

Efecto de la adición de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) sobre la calidad química, nutricional y sensorial del casabe

Effect of the addition of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour on the chemical, nutritional and sensory quality of cassava bread (“casabe”)

A.T. Ciarfella P.¹, E. Pérez S.², J. Tovar^{3,4}, T. Sánchez⁵, D. Dufour^{5,6}

¹Unidad de Cursos Básicos, Núcleo de Anzoátegui, Universidad de Oriente (UDO). Código postal: 6022.

²Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela (UCV).

³Instituto de Biología Experimental (IBE), Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela (UCV)

⁴Functional Food Science Centre, Lund University. Suecia.

⁵International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia

⁶Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), UMR, Qualisud, Montpellier, Francia

Resumen

El casabe es un producto elaborado con pulpa rallada y fermentada de yuca amarga, muy popular en algunos países caribeños, rico en carbohidratos, de bajo contenido proteico y con un nivel aceptable de cianuro. Es por ello que se estudió el efecto de la adición de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*), como fuente proteica, sobre la calidad química, nutricional y sensorial del casabe, comparando los parámetros evaluados con los observados para la catebía (harina de yuca para elaborar el casabe) y el casabe control elaborado sin harina de quinchoncho. Los casabes elaborados con adición de 25 y 35% de harina de quinchoncho (C-75/25 y C-65/35, respectivamente) presentaron mayor contenido de proteína, grasa, fibra, ceniza y almidón resistente, y menor contenido de carbohidratos, cianuro, tasa de amilólisis in vitro y calorías que los valores mostrados por el casabe control. La aceptabilidad de los casabes con harina de quinchoncho fue similar a la del control, pero con evaluación más baja para el color y el olor, y superior para

Recibido el 10-2-2012 ● Aceptado el 3-10-2012

Autor de correspondencia e-mail: atciarfella@gmail.com

la textura y el sabor. El incremento de los niveles de proteína y de almidón resistente en los casabes con harina de quinchoncho, combinado con un menor aporte calórico, podría beneficiar a personas que requieran una dieta baja en carbohidratos, así como a pacientes diabéticos y obesos; además, se incentivaría el cultivo y uso del quinchoncho como leguminosa de alto valor proteico.

Palabras clave: almidón resistente, casabe, composición proximal dietas especiales, quinchoncho, yuca.

Abstract

Cassava bread (“*casabe*”) is a product elaborated with grated and fermented pulp of bitter cassava, very popular in some Caribbean countries, rich in carbohydrates, low protein content and an acceptable level of cyanide. The goal of this research was to study the effect of the addition of pigeon pea flour (*Cajanus cajan*), as protein source, on the chemical, nutritional and sensory quality of cassava bread as compared to those shown by the “*catebía*” (cassava flour used to produce cassava bread) or a cassava bread sample elaborated without pigeon pea flour (control). Cassava breads elaborated with the addition of 25 and 35% of pigeon pea flour (C-75/25 y C-65/35) presented higher content of protein, fat, fiber, ash and resistant starch, and lower contents of carbohydrates, cyanide, *in vitro* alpha- amylolysis rate and calories than those shown by their counterpart without pigeon pea flour. The acceptability of cassava breads containing pigeon pea flour was similar to the control, but with lower values for color and odor, and higher with regard to texture and flavor. The increased levels of protein and resistant starch in cassava bread with pigeon pea flour, combined with lower caloric intake, may benefit people requiring a low carbohydrate diet and diabetic and obese patients; moreover, would encourage the cultivation and use of pigeon pea as high protein legume.

Key words: “casabe”, cassava, pigeon pea, proximate composition, resistant starch, special diets

Introducción

En Venezuela, el casabe es el producto alimenticio más importante obtenido a partir de la yuca amarga y su elaboración puede ser considerada como una de las técnicas de preparación de alimentos más antigua del continente americano (Carrizales, 1984; Dufour, 1994). Es una especie de galleta que tiene, generalmente, medio centímetro de espesor, 60 cm de diá-

Introduction

In Venezuela, cassava bread (casabe) is the most important food product obtained after bitter cassava, and its elaboration might be considered as one of the most antique food preparation techniques in America (Carrizales, 1984; Dufour, 1994). It is a kind of bread with generally half centimeter of thickness, 60 cm of diameter and 500 g of weight; it is

metro y 500 g de peso; se prepara colocando una porción de catebía (harina de yuca amarga fermentada) sobre una placa de metal, donde se cocina por ambos lados (Lovera, 1996). El proceso, que dura entre 18 y 24 h, involucra una fermentación láctica de la pulpa rallada de la raíz, para mejorar su palatabilidad y disminuir su toxicidad (Ciarfella, 1993). Para el año 2007 la producción de casabe en Venezuela fue de 26.983 toneladas y el consumo per cápita se ubicó en 1 kg.per.año⁻¹ (FEDEAGRO, 2011).

Debido a la baja calidad proteica de la yuca, la suplementación o fortificación de productos elaborados con sus raíces se ha probado desde hace algunos años. El “gari”, producto típico de África, se ha suplementado con harina de soya (Edem *et al.*, 2001). Otros investigadores mezclaron yuca pre-cocida con pescado deshuesado (Rey, 1981). También se ha probado con la fermentación en estado sólido (Noomhorn *et al.*, 1992). Estos productos, así fortificados, ayudarían a disminuir los niveles de desnutrición que se presentan en zonas rurales, donde la yuca y sus productos son altamente consumidos.

Las leguminosas se cultivan en zonas donde tradicionalmente se cultiva la yuca en nuestro país y su elevado contenido proteico, las convierte en una fuente económica de proteínas vegetales, aunque también pueden aportar carbohidratos, minerales (calcio, hierro, zinc, fósforo y magnesio), vitaminas (tiamina, niacina, ácido fólico), fibra dietética (Peñalver *et al.*, 2007) y lípidos (Martínez y Zulet, 2003). Entre las leguminosas, cultivadas en Venezuela, el quinchoncho

prepared putting a portion of “catetebía” (fermented bitter cassava flour) on a metal plate, where it is cooked in both sides (Lovera, 1996). The process, which lasts from 18 to 24 h, includes a lactic fermentation of the grated pulp of the root, in order to improve its tastes and reduce its toxicity (Ciarfella, 1993). In 2007, the cassava production in Venezuela was of 26.963 tons, and the per capita consumption was in 1Kg/per/year (FEDEAGRO, 2011).

The supplementation or fortification of the products elaborated with the cassava roots have been proved from some years ago, due to the low protein quality of the cassava. The “gari”, a typical product from Africa, has been supplemented with soy flour (Edem *et al.*, 2001). Other researchers have mixed pre-cooked cassava with deboned fish (Rey, 1981). It has also been tested with the fermentation in solid phase (Noomhorn *et al.*, 1992). These fortified products, might help reducing the malnutrition levels presented in rural areas, where cassava and its products, are highly consumed.

Legumes are cropped in areas where cassava is traditionally cultivated in our country, and its high protein content makes it into an economical protein source of vegetables, even though it also provides carbohydrates, minerals (calcium, iron, zinc, phosphorous and magnesium), vitamins (thiamin, niacin, folic acid), dietetic fiber (Peñalver *et al.*, 2007) and lipids (Martínez and Zulet, 2003). Among the legumes cropped in Venezuela, is pigeon pea (*Cajanus cajan*), with a

(*Cajanus cajan*) posee alta capacidad de rendimiento de grano y de adaptabilidad a los diferentes pisos agroclimáticos de nuestro país, alcanzando, para el año 2007, una producción de 1873 toneladas (FEDEAGRO, 2011). El uso de esta leguminosa para la fortificación de otros productos podría ser una excelente alternativa para ofertar alimentos autóctonos de bajo costo pero nutritivos, en virtud de la creciente demanda de alimentos.

Con la finalidad de promover la fortificación del casabe con una fuente proteica de bajo costo, en la presente investigación se planteó como objetivo comparar el casabe con y sin adición de harina de quinchoncho en relación a sus propiedades químicas, nutritivas y organolépticas.

Materiales y métodos

Materiales. Se utilizaron raíces de yuca amarga (clones 2192 y 2306) del Banco de Germoplasma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, cosechadas a los 11 meses de desarrollo de la planta. Los granos secos de quinchoncho (*Cajanus cajan*) fueron adquiridos en el mercado local.

Diseño del experimento. Los casabes fueron elaborados con tres tipos de materias primas (un control y dos mezclas) a los que se estudiaron tres factores de calidad (química, nutricional y sensorial).

Elaboración de harina de quinchoncho (HQ). Para elaborar la harina de quinchoncho se siguió el procedimiento de Praderes *et al.* (2009) con algunas modificaciones: los granos secos de quinchoncho (*Cajanus cajan*)

high yield capacity of the grain and adaptability to different agroclimatic types of our country, reaching in 2007, a production of 1.873 tons (FEDEAGRO, 2011). The use of this legume for the fortification of other products might be an excellent alternative with the aim of offering autochthonous and low-price food products, due to the high demand of food.

This research, with the aim of promoting the fortification of cassava with a low-price protein source, posed the objective of comparing the cassava with and without the addition of pigeon pea flour in relation to its chemical, nutritive and organoleptic properties.

Materials and methods

Materials. Roots of bitter cassava were used (clones 2192 and 2306), obtained from the Germplasm Bank at the Agronomy Faculty of Universidad Central de Venezuela, harvested within 11 months of the plant's development. The dry grains of pigeon pea (*Cajanus cajan*) were acquired in the local market.

Experimental design. Cassava breads were elaborated with three types of raw matter (one control and two mixes) to which were studied three quality factors (chemical, nutritional and sensory).

Elaboration of pigeon pea flour (HQ). To prepare pigeon pea flour, the procedure elaborated by Praderes *et al.*, (2009) was followed, with some modifications: dry grains of pigeon pea (*Cajanus cajan*) were soaked for 16 hours in distilled water, at a proportion of 1:2 (pigeon pea

se dejaron en remojo durante 16 horas en agua destilada, en una proporción de 1:3 (granos de quinchoncho:agua). Transcurrido este tiempo, se eliminó el agua y con otra porción de agua limpia se cocinaron a tacho abierto hasta que estuvieron blandos (~1hora). Se eliminó el caldo de cocción y los granos cocidos fueron deshidratados a 45°C, durante 24 horas, en un deshidratador de bandeja con corriente de aire (Mitchell Dryers, N° 655149, Manchester, UK). De los granos secos se obtuvo la harina, usando un molino de martillo (Fitz Mill Comminuting Machine, Model D, The Fitzpatrick Company Inc., Chicago, EUA), que fue envasada en recipientes plásticos para su posterior uso.

Elaboración de casabes. Para elaborar los casabes se siguió el proceso tradicional de las casaberas (figura 1) con modificaciones (Carrizales, 1991). Se preparó un casabe control (CC) y otros dos con adición de 25 y 35% de harina de quinchoncho (C-75/25 y C-65/35) en base al peso fresco.

Composición proximal. El contenido de humedad, grasa, proteínas, ceniza y fibra dietética fue determinado para los casabes y la harina de quinchoncho por los métodos de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales y disponibles se calcularon por diferencia, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$CH_{\text{totales}} (\%) = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteínas} + \% \text{grasa} + \% \text{ceniza})$$

$$CH_{\text{disponibles}} (\%) = \% CH_{\text{totales}} - \% \text{fibra dietética}$$

Los valores de energía se calcularon mediante los factores generales de Atwater: 4 kcal.g⁻¹ para carbohidratos, 4 kcal.g⁻¹ para proteí-

grains:water). After this time, the water was eliminated and with clean water the grains were cooked until got soft (~1 hour). The water was eliminated and the cooked grains were dehydrated at 45°C for 24 hours, in a tray air-flow dehydrator (Mitchell Dryers, N° 655149, Manchester, UK). The flour was obtained from the dried grains, using a hammer mill Fitz Mill Comminuting Machine, Model D, The Fitzpatrick Company Inc., Chicago, EUA), and stored in plastic containers for its posterior use.

Elaboration of cassava bread. To elaborate the cassava breads, the traditional process of the cassava bread makers was used (figure 1), with some modifications (Carrizales, 1991). Control cassava bread was prepared (CC) and other two with addition of 25 and 35% of pigeon pea flour (C-75/25 and C-65/35) in based on fresh weight.

Proximal composition. The humidity, fat, proteins, ash and dietetic fiber were determined for cassava breads and the pigeon pea flour with the methods of AOAC (1997). The total and available carbohydrates were calculated by difference, according to the following equations:

$$\text{Total CH} (\%) = 100 - (\text{Humidity} \% + \text{Proteins} \% + \text{fat} \% + \text{ash} \%)$$

$$\text{Available CH} (\%) = \text{Total CH} \% - \text{dietetic fiber} \%$$

The energy values were calculated using the general Atwater factors: Atwater: 4 kcal.g⁻¹ for carbohydrates, 4 kcal.g⁻¹ for proteins and 9 kcal.g⁻¹ for lipids (INN, 2001).

Resistant starch. It was determined for cassava breads and

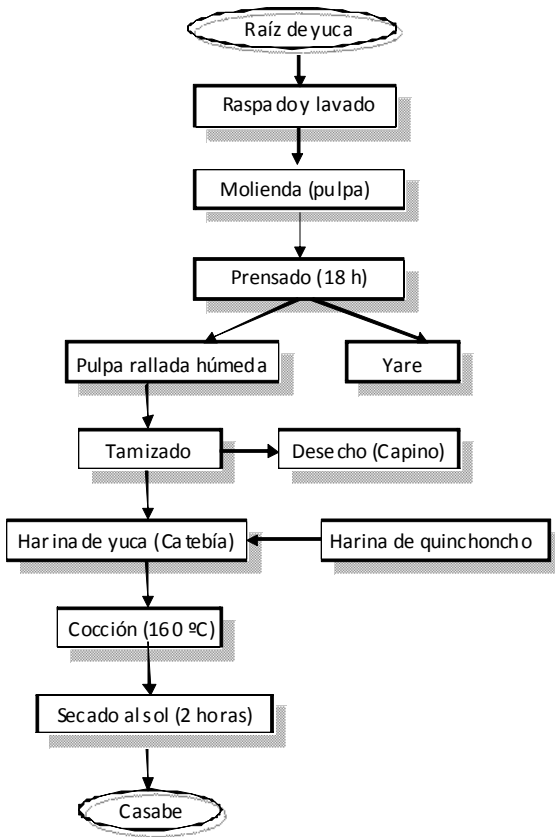


Figura 1. Flujograma de elaboración del casabe (Carrizales, 1991; modificado por la autora).

Figure 1. Flow chart of the cassava bread elaboration (Carrizales, 1991; modified by the author).

nas y 9 kcal.g^{-1} para lípidos (INN, 2001).

Almidón resistente. Fue determinado para los casabes y la harina de quinchoncho por el método de Goñi *et al.* (1996).

Color. Fue determinado para los casabes con un colorímetro marca Hunter Lab (modelo COLORFLEX CX1819) siguiendo la metodología descrita en el Hunter Manual Lab (2001),

pigeon pea flour using the Goñi *et al.* (1996) method.

Color. It was determined for cassava breads with a colorimeter, Hunter Lab brand (model COLORFLEX CX1919), following the methodology described in the Hunter Manual Lab (2001), with an observer 10^{a} and lighter D65. The whiteness index (IB) (Manresa and Vicente, 2007) and the color

con observador 10° e iluminante D65. Con los valores obtenidos utilizando la escala CIEL*a*b* se calcularon el índice de blancura (IB) (Manresa y Vicente, 2007) y la diferencia de color (ΔE) entre los casabes con quinchoncho y el casabe control, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

Donde:

IB: índice de blancura

ΔE: variación total del color entre las muestras comparadas

L*: índice de luminosidad (100 = blanco; 0 = negro)

a*: posición de la muestra en el eje rojo (+) - verde(-)

b*: posición de la muestra en el eje amarillo (+) - azul (-)

Digestibilidad del almidón *in vitro*. Se evaluó, para los casabes y la catebía, la tasa de alfa-amilólisis por el método de Holm *et al.* (1985), previa evaluación del contenido de almidón disponible por el método de Holm *et al.* (1986). Los ensayos de amilólisis se realizaron utilizando la cantidad de muestra que proporciona 500 mg de almidón disponible.

Ácido cianhídrico. Fue determinado a los casabes en los laboratorios del CIAT en Colombia, de acuerdo al método de Cooke (1978) y Essers *et al.* (1993).

Evaluación sensorial del casabe. La evaluación sensorial de los casabes se realizó con un panel semi-entrenado de 26 personas empleando una escala hedónica de 7 puntos (7= me gusta extremadamente y 1= me

difference (ΔE) were calculated, with the values obtained using the scale CIEL *a*b*, according to the following equations:

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

Where:

IB: whiteness index

ΔE: total variation of the color among the compared samples

L*: lightning index (100= white; 0= black)

A*: sample position in the red axis (+) – green (-)

B*: sample position in the yellow axis (+) – blue (-)

Digestibility of the starch *in vitro*. The alpha-amylolysis rate was evaluated in cassava breads and “catebía”, using the Holm *et al.* (1985) method, with a previous evaluation of the available starch content by the Holm *et al.* (1986) method. The amylolysis trials were carried out using the sample quantity which provides 500 mg of available starch.

Hydrocyanic acid. It was determined in cassava breads, in the laboratories of CIAT in Colombia, according to the method of Cooke (1978) and Essers *et al.* (1993).

Sensory evaluation of cassava bread. The sensory evaluation of cassava breads was done with a semi-trained panel of 26 people, employing a 7 point hedonic scale (7= I really like it and 1= I do not like it). The parameters of color, odor, texture and taste were evaluated.

Statistical analysis. The results are the average of three determinations. To compare the

disgusta extremadamente). Se evaluaron los parámetros de color, olor, textura y sabor.

Análisis estadístico. Los resultados son el promedio de tres determinaciones. Para comparar las medias se utilizó el programa estadístico Statgraphics plus versión 4.0., aplicando el diseño ANOVA y la prueba a posteriori de Diferencia Mínima Significativa (DMS), cuando se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las variables.

Resultados y discusión

Composición proximal. En el cuadro 1 se resumen los resultados de la composición proximal de los casabes y de la harina de quinchoncho. El con-

means, the statistical software Statgraphics, 4.0 was used, applying the ANOVA design and the posteriori test of Minimal Significant Difference (DMS), when statistical significant differences presented between the variables.

Results and discussion

Proximal composition. In table 1 are presented the proximal composition results of cassava breads and pigeon pea flour. The humidity content of cassava breads was similar in between them ($P < 0.05$), and are inside the rank of humidity values generally accepted for dehydrated products, which guarantees a longer storing time for its microbiological

Cuadro 1. Composición y propiedades de los casabes y de la harina de quinchoncho.

Table 1. Composition and properties of cassava breads and pigeon pea flour.

Parámetros	Casabe control	Casabe 75/25	Casabe 65/35	Harina de quinchoncho
Humedad (%)	12,65a	10,46a	10,48a	10,16
Proteínas* (%)	1,26a	9,46b	10,88c	24,23
Grasa* (%)	0,27a	0,76b	0,97b	1,87
Fibra dietética* (%)	7,39a	10,94ab	13,95b	19,79
Ceniza* (%)	1,59a	1,85b	1,94b	2,44
Carbohidratos totales (%)	84,24b	77,48a	75,74a	41,51
Carbohidratos disponibles (%)	76,85b	66,54a	61,80a	21,72
Energía kcal/100g	314,93a	310,68a	299,39a	200,63
RS* (%)	3,79a	5,73b	6,52b	9,91
IB	83,61	79,64	79,78	ND
ÄE	0	3,46	6,63	ND

Medias con letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

* base seca

ND= no determinado

tenido de humedad de los casabes fue similar entre ellos ($P < 0,05$) y están dentro del rango de valores de humedad generalmente aceptado para productos deshidratados, lo que garantiza un tiempo de almacenamiento más largo por su estabilidad microbiológica (Jay, 1996). El casabe control presentó un nivel de proteína similar al reportado por el Instituto Nacional de Nutrición (INN, 2001), pero los casabes preparados con la mezcla yuca-quinchoncho tuvieron niveles de proteína superiores ($P < 0,05$) al control debido al alto contenido de proteína que aporta la harina de quinchoncho. Se han reportado contenidos de proteínas en harina de quinchoncho entre 19,73 y 24,7% (Li *et al.*, 1981; Ene y Carnovale, 1992; León *et al.*, 1993; Igbedioh *et al.*, 1994; Apata y Ologhobo, 1994; INN, 2001; Praderes *et al.*, 2009; Tiwari *et al.*, 2011; Sreerama *et al.*, 2012). El incremento, con respecto al casabe control, observado en el contenido proteico de los casabes con quinchoncho fue de: 651% para los casabes C-75/25 y de 763% para los casabes C-65/35, por lo que se mejoró sustancialmente la calidad nutricional del casabe. El contenido de grasa y de ceniza fue menor ($P < 0,05$) en el casabe control por el aporte de la harina de quinchoncho a los casabes preparados con la mezcla. En harina de quinchoncho el contenido de fibra dietética fue inferior a los reportados por Herrera *et al.* (1998) (22,1%) y el Instituto Nacional de Nutrición (INN, 2001) (23,8%) y superior al reportado por Praderes *et al.* (2009) (15,8%). El casabe control presentó un contenido de fibra dietética similar al encontrado por Chonchol y Tovar (1988), supe-

stability (Jay, 1996). The control cassava bread presented a protein level similar to the reported by the National Nutrition Institute (INN, 2001), but the cassava breads prepared with the cassava-pigeon pea flour had superior protein levels ($P < 0.05$) than the control, due to the high protein content provided by pigeon pea flour. Protein contents in pigeon pea flour have been reported from 19.73 to 24.7% (Li *et al.*, 1981; Ene and Carnovale, 1992; León *et al.*, 1993; Igbedioh *et al.*, 1994; Apata and Ologhobo, 1994; INN, 2001; Praderes *et al.*, 2009; Tiwari *et al.*, 2011; Sreerama *et al.*, 2012). The increment, regarding the control cassava bread, observed in the protein content of cassava breads with pigeon pea was of: 651% for cassava breads C-75/25 and 763% for cassava breads C-65/35, which substantially improved the nutritional quality of cassava bread. The fat and ash content was lower ($P < 0.05$) in the control cassava by the provision of pigeon pea flour than in cassava breads prepared with the mix. In pigeon pea flour, the dietetic fiber content was inferior to the reported by Herrera *et al.* (1998) (22.1%) and the National Nutritional Institute (INN, 2001) (23.8%), and superior than the reported by Praderes *et al.* (2009) (15.8%). The control cassava bread presented a similar dietetic fiber content than the one found by Chonchol and Tovar (1988), and superior to the reported by the National Nutritional Institute (INN, 2001), and lower ($P < 0.05$) than the cassava breads prepared with pigeon pea flour. The latter observation evidences the contribution of this legume to the fiber of the final product. Dietetic fiber,

rior al reportado por el Instituto Nacional de Nutrición (INN, 2001), y menor ($P < 0,05$) que el de los casabes preparados con harina de quinchoncho. Esta última observación evidencia el aporte de la leguminosa al tenor de fibra del producto final. La fibra dietética, que es una mezcla heterogénea de varios tipos de polisacáridos indigeribles, se encuentra en gran proporción en las leguminosas, especialmente en la cáscara, y ejerce efectos beneficiosos para la salud (Tharanathan y Mahadevamma, 2003). En los casabes la presencia de fibra dietética puede ser atribuida, además del aporte de la harina de quinchoncho, al aglutinamiento de los gránulos de almidón a consecuencia de la fermentación láctica del proceso (George *et al.*, 1995) y a la presencia de almidón retrogradado (Vidal y Frías, 1991; Peñalver *et al.*, 2007), fenómenos que redundan en un descenso de la digestibilidad del almidón. Los carbohidratos totales, carbohidratos disponibles y el aporte calórico disminuyeron al incrementar la sustitución con quinchoncho.

Almidón resistente. El almidón resistente se incrementó ($P < 0,05$) en los casabes al aumentar la sustitución por harina de quinchoncho, en comparación con el casabe control (cuadro 1). Este incremento puede ser debido, a la incompleta gelatinización de los gránulos del almidón como consecuencia de la cocción a baja humedad y alta temperatura. Sin embargo, el aporte de la harina de quinchoncho a este fenómeno, por efecto de la retrogradación del almidón, es evidente. Tharanathan y Mahadevamma (2003) postularon que durante el pro-

which is a heterogeneous mix from different types of indigestible polysaccharides, is mainly found in legumes, especially in the peel, and has beneficial effects for the health (Tharanathan and Mahadevamma, 2003). In cassava breads, the presence of dietetic fiber might be attributed, besides the provision of the pigeon pea flour, to the agglutination of the starch grains as a consequence of the lactic fermentation of the process (George *et al.*, 1995) and the presence of the retrograde starch (Vidal and Frías, 1991; Peñalver *et al.*, 2007), phenomena that involves a descend of the starch digestibility. The total carbohydrates, available carbohydrates and the caloric provision reduced when the substitution of pigeon pea increased.

Resistant starch. The resistant starch increased ($P < 0,05$) in cassava breads when increasing the substitution of pigeon pea flour, compared to the control cassava bread (table 1). This increment might be due to the incomplete gelatinization of the starch grains, as a consequence of cooking them at low humidity and high temperature. However, the provision of the pigeon pea flour to this phenomenon is evident by effect of the retrogradation of the starch. Tharanathan and Mahadevamma (2003) said that during the processing of legumes, starch transforms partially into a resistant starch, and Kaur and Singh (2010) reported high retrograde resistant starch content in grains of two cultivars of *Cajanus cajan* in India. In fact, Peñalver *et al.* (2007) determined that an important part of the indigestible portion of pigeon pea

cesamiento de las leguminosas, el almidón se transforma parcialmente en almidón resistente y Kaur y Singh (2010) reportaron un alto contenido de almidón resistente retrogradado en granos de dos cultivares de *Cajanus cajan* en La India. De hecho, Peñalver *et al.* (2007) determinaron que una parte importante de la porción indigerible del quinchoncho y otras leguminosas cocidas, es en realidad almidón retrogradado.

Color. En general se observó (cuadro 1) que al incrementarse la sustitución con quinchoncho el casabe fue más oscuro (menor IB) y la diferencia de color se incrementó con respecto al control, por la presencia de restos de cáscara de la leguminosa.

Digestibilidad *in vitro*. La trayectoria en función del tiempo del índice de digestión *in vitro* de los almidones se muestra en la figura 2. El valor de la hidrólisis no sufrió cambios

and other cooked legumes is a retrograde starch.

Color. In general, it was observed (table 1) that when the substitution with pigeon pea increased, the cassava bread got darker (lower IB), and the difference of the color increased in relation to the control, by the presence of remaining peels of the legume.

Digestibility *in vitro*. The trajectory in function of the digestion index time *in vitro* of starches is shown in figure 2. The hydrolysis value did not suffer significant changes ($P < 0.05$) during the enzymatic reaction (0-60 min) for the “catebía” sample, because on it, the starch is practically in a native phase making it little accessible to the amylolysis enzymes. The low values agree to the reported by other authors for native starches (Tovar *et al.*, 1999; Laurentin *et al.*, 2003), included the starchy fraction present

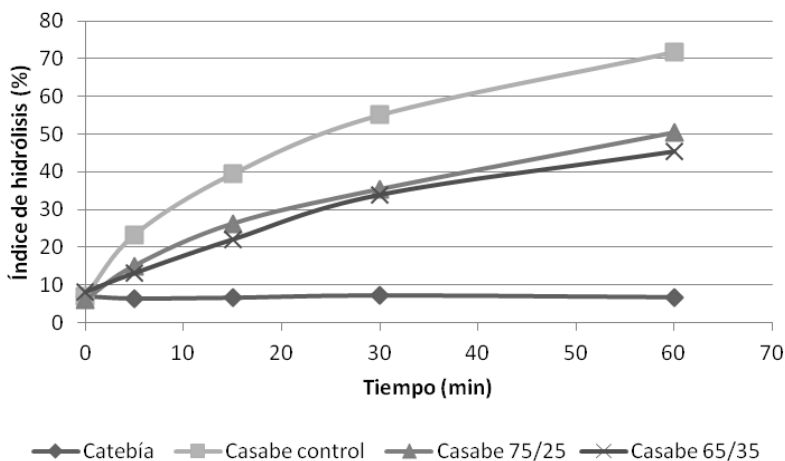


Figura 2. Índice de hidrólisis de la catebía y de los casabes.

Figure 2. Hydrolysis index of “catebía” and cassava breads.

significativos ($P < 0,05$) durante la reacción enzimática (0-60 min) para la muestra de catebía debido a que en ella el almidón se encuentra prácticamente en estado nativo, haciéndose poco accesible a las enzimas amilolíticas. Los bajos valores coinciden con los reportados por otros investigadores para almidones nativos (Tovar *et al.*, 1999; Laurentin *et al.*, 2003), incluida la fracción amilácea presente en harinas crudas de yuca (Mejía-Agüero *et al.*, 2012). Cuando se compara la tasa de amilólisis a los 60 minutos, del casabe control con la catebía, se observa un aumento significativo ($P < 0,05$). La cocción del almidón a niveles restringidos de humedad cambia dramáticamente las propiedades del mismo, especialmente en los derivados de raíces y tubérculos (Lorenz, 1982). La mayor digestibilidad de los casabes con respecto a la catebía se explica, porque en el casabe ya han ocurrido transformaciones en el almidón por efecto de la gelatinización que ocurre durante la cocción. Los valores de amilólisis registrados para el casabe control (figura 2) se asemejan a los reportados por Tovar *et al.* (1989) para casabes de origen comercial. Al comparar el casabe control y los casabes con quinchoncho, se observa que el valor de la hidrólisis difiere en todas las muestras durante el tiempo de reacción (0-60 min), siendo menor ($P < 0,05$) en los casabes con quinchoncho. Los niveles de hidrólisis alcanzados por el casabe control estuvieron cercanos a 70% y, a medida que aumentó la sustitución con harina de la leguminosa, disminuyó ($P < 0,05$) a valores cercanos a 50%, debido posiblemente al efecto de las fracciones viscosas de fibra die-

in raw cassava flours (Mejía-Agüero *et al.*, 2012). When comparing the amylolysis rate in min 60, the control cassava bread with “catebía” increased significantly ($P < 0.05$). The cooking of the starch at restricted levels of humidity changes drastically its property, especially in those derived from roots and tubers (Lorenz, 1982). The highest availability of cassava breads regarding the “catebía” is explained, because in cassava bread has already occurred transformation in the starch by the gelatinization effect that takes place during cooking. The amylolysis values registered for the control cassava bread (figure 2) are similar to the reported by Tovar *et al.*, (1989) for commercial cassava breads. When comparing the control cassava bread and the cassava breads with pigeon pea, is observed that the hydrolysis value differs in all the samples during the reaction time (0-60 min), being the lowest ($P < 0.05$) in cassava breads with pigeon pea. The hydrolysis levels reached by the control cassava bread were closed to 70%, and at the time that increased the substitution with the legume flour, it reduced ($P < 0.05$) to values closed to 50%, mainly due to the effect of the fractions of soluble dietetic viscose fiber, which contain the legume and the low hydrolysis rate, typical of the starch present in these grains (Björck *et al.*, 1994). The lowest hydrolysis rate of cassava breads with substitution of pigeon pea flour suggests that these might cause a postprandial glycaemia response *in vivo* Björck *et al.*, 1994). It has been mentioned that the high temperatures of the process, a low humidity content or enclosure of

tética soluble, que contiene la leguminosa, y a la baja tasa de hidrólisis, propia del almidón presente en estos granos (Björck *et al.*, 1994). La menor tasa de hidrólisis de los casabes con sustitución de harina de quinchoncho sugiere que estos podrían provocar una menor respuesta glicémica postprandial *in vivo* (Björck *et al.*, 1994). Se ha señalado que las altas temperaturas de procesamiento, un bajo contenido de humedad o encapsulamiento de ingredientes en tejido botánico intacto pueden obstruir la hidratación del almidón en el producto, disminuyendo su digestibilidad (Björck y Asp, 1994).

Ácido cianhídrico. El contenido de cianuro total y no glucosídico en el casabe control fue superior ($P < 0,05$) al de los casabes elaborados con harina de quinchoncho, ya que la cantidad de catebía para hacer el casabe disminuyó con la adición de la harina de quinchoncho (figura 3). El cianuro no glucosídico representó la mayor fracción de cianuro total. Es probable que los bajos valores de pH alcanzados durante la fermentación y las altas temperaturas de la cocción hayan inactivado a la enzima linamarasa e impidieron la descomposición espontánea de la cianohidrina formada, como lo señala Hughes *et al* (1994). Los niveles de cianuro libre fueron inferiores en todos los casos a 2 mg.kg^{-1} , valor máximo establecido en la norma del CODEX (1989) para el “gari”. En estudio realizado por Dufour (1989), se encontró que el proceso de preparación del casabe en la región amazónica, reduce la concentración de cianuro total a niveles tolerables en solo un día, ya que se concentra en el yare que se ex-

ingredientes in intact botanical tissue, might obstruct the hydration of the starch in the product, reducing its digestibility (Björck and Asp, 1994).

Hydrocyanic acid. The content of total cyanides and non glycosidic in the control cassava bread was superior ($P < 0.05$) to the cassava breads elaborated with pigeon pea flour, since the quantity of “catebía” to prepare the cassava bread reduced with the addition of pigeon pea flour (figure 3). The non glycosidic cyanide represented the highest fraction of total cyanide. It is probable that the low pH values reached during the fermentation, and the high cooking temperatures have inactivated the linamarase enzyme and unable the spontaneous decomposition of the formed cyanohydrin, as mentioned by Hughes *et al.* (1994). The levels of free cyanide were inferior in all the cases at 2 mg.kg^{-1} , maximum value established in the CODEX norm (1989) for “gari”. In a research carried out by Dufour (1989), was found that the preparation process of cassava bread in the Amazonian region reduces the concentration of total cyanide at tolerable levels in just one day, since it concentrates in El Yare and is expelled with the pressure. Other researchers have mentioned that the reduction of cyanide during the processing of cassava bread is bounded to the microbial activity that develops during the fermentation (Giraud *et al.*, 1992; Ciarfella, 1993; Amoa and Jakobsen, 1995). It has also been reported that the drying temperature affects significantly the total cyanide content, being higher the reduction when the temperature increases (Quiñones *et al.*, 2007).

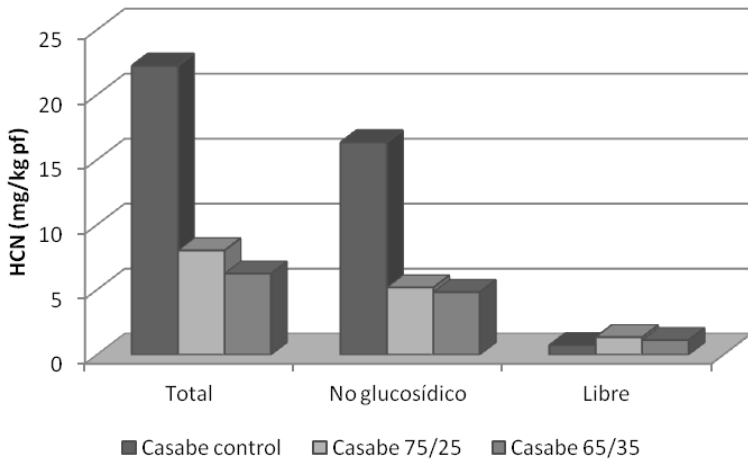


Figura 3. Contenido de HCN en los casabes (peso fresco).

Figure 3. HCN content in cassava breads (fresh weight).

pulsa con el prensado. Otros estudios han señalado que la disminución del cianuro, durante el procesamiento del casabe, está ligada a la actividad microbiana que se desarrolla durante la fermentación (Giraud *et al.*, 1992; Ciarfella, 1993; Amoa y Jakobsen, 1995). También se ha reportado que la temperatura de secado afecta significativamente el contenido de cianuro total, siendo mayor la disminución al incrementarse la temperatura (Quiñones *et al.*, 2007).

Evaluación sensorial del casabe. Los resultados de la evaluación sensorial de los casabes se muestran en la figura 4. Las respuestas de los panelistas no mostraron diferencias ($P < 0,05$) para ninguno de los 4 atributos evaluados y tuvieron, en promedio, valores entre 4 y 6 (me es indiferente-me gusta mucho) a excepción de la textura del casabe control que fue inferior a 4, lo que indica que a los panelistas gustó más el casabe con

Sensory evaluation of the cassava bread. The results of the sensory evaluation of cassava bread are shown in figure 4. The responses of the panelist did not show differences ($P < 0,05$) for any of the 4 of the evaluated attributes and had, in average, values from 4 to 6 (is indifferent – I like it a lot) excepting the texture of the control cassava bread, which was inferior to 4, which indicates that the panelist preferred the cassava bread with pigeon pea with less firmness. In the case of the color and odor, it was observed a tendency to a higher preference for the control cassava bread, meanwhile, in the attribute of taste was observed a tendency to increase the preference with the increment of pigeon pea flour in the cassava bread.

Conclusions

The results suggest the feasibility of using the pigeon pea at a

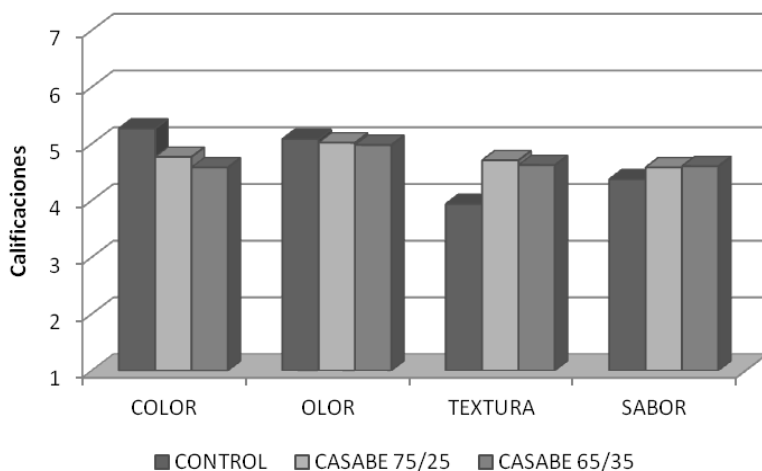


Figura 4. Evaluación sensorial de los casabes.

Figure 4. Sensory evaluation of cassava breads.

quinchoncho, de menor dureza. En el caso de los atributos color y olor se observó tendencia a una mayor preferencia por el casabe control, mientras que para el atributo sabor se observó tendencia a incrementar la preferencia con el incremento de harina de quinchoncho en el casabe.

Conclusiones

Los resultados sugieren la factibilidad de usar harina de quinchoncho a un nivel de sustitución de 25 % y 35%, para la elaboración de casabes con niveles proteicos superiores; sin embargo, se deben evaluar otros niveles de sustitución a fin de alcanzar un mayor grado de preferencia por parte del consumidor. El color se puede mejorar utilizando harina de quinchoncho sin cáscara, sin embargo, la textura deberá ser evaluada, ya que gusta un casabe más frágil, pero

substitution level from 25% to 35% for the elaboration of cassava breads with superior protein levels; however, other substitution levels must be evaluated with the aim of obtaining a higher preference level by hands of the consumers.

The color might be improved using unpeeled pigeon pea flour, however, the texture must be evaluated, since a more fragile cassava bread is preferred, but this is a very important factor for the seller, because thicker cassava breads implies less losses during the commercialization. The lowest enzymatic hydrolysis rate in cassava breads with substitution of pigeon pea flour and its higher resistant starch content might be an important factor at the time of designing diets for people with special food regimes, such as diabetic patients.

éste es un factor de mucha importancia para el expendedor del producto debido a que un casabe más duro implica menos pérdida durante la comercialización. La menor tasa de hidrólisis enzimática en los casabes con sustitución de harina de quinchoncho y su mayor contenido de almidón resistente podría ser un factor importante al momento de diseñar dietas para personas con regímenes especiales de alimentación, como por ejemplo pacientes diabéticos.

Agradecimiento

Los autores agradecen la colaboración de las siguientes instituciones: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) e Instituto de Biología Experimental de la Universidad Central de Venezuela, y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia.

Literatura citada

- AOAC. 1997. *Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. International Association of Official Analytical Chemist. Washington, EUA.
- Amoa W. y M. Jakobsen. 1995. The role of *Bacillus* species in the fermentation of cassava. *Journal of Applied Bacteriology*. 79: 250 -256
- Apata D. y A. Ologhobo. 1994. Biochemical evaluation of some nigerian legume seeds. *Food Chemistry*, 49: 333-338
- Björck I. y N-G. Asp. (1994). Controlling the nutritional properties of starch in foods: A challenge to the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 5: 213-218.
- Björck I., Y. Granfeldt, H. Liljeberg, J. Tovar, N-G. Asp. 1994. Food properties

Acknowledgment

The authors thanks the following institutions by their collaboration; Institute of Science and Technology of Food (ICTA) and the Experimental Biology Institute of Universidad Central de Venezuela, and the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) of Colombia

End of english version

affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 699S-705S.

- Carrizales V. 1984. Evolución histórica de la tecnología del casabe. *Interciencia*. 9 (4): 206-213
- Carrizales V. 1991. Cassava bread technology and its future. FAO, Rome.
- Chonchol N. y J. Tovar. 1988. Dietary fiber content and starch digestibility in cassava bread. *Nutrition Reports International*. 38:437-443
- Ciarfella A. 1993. Comportamiento de la yuca procesada bajo condiciones de fermentación anaeróbica. Trabajo de grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas
- CODEX. 1989. Norma del CODEX para el Gari. CODEX STAN 151-1989
- Confederación Nacional de Asociaciones de productores agropecuarios (FEDEAGRO). 2011. Disponible en: www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp [Consultado: febrero 2011]
- Cooke, R. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). *Journal of Science and Food Agriculture*. 29: 345- 352

- Dufour, D. 1989. Effectiveness of cassava detoxification techniques used by indigenous peoples in Norwest Amazonia. *Interciencia*, 14 (2): 86-91
- Dufour, D. 1994. Cassava in Amazonia: lessons in utilization and safety from native peoples. *Acta Horticulturae*. 375: 175-182
- Edem, D., J. Ayatse and E. Itam. 2001. Effect of soy protein supplementation on the nutritive value of gari (farina) from *Manihot esculenta*. *Food Chemistry*. 75: 57- 62
- Ene, H. and E. Carnovale. 1992. A comparison of the proximate, mineral and aminoacid composition of some known and lesser known legumes in Nigeria. *Food Chemistry*. 43: 169-175
- Essers S., M. Bosveld, R. van der Grift and A. Voragen. 1993. Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. *Journal of Science and Food Agriculture*. 63: 287-296
- George M., S. Moorthy and G. Padmaja. 1995. "Biochemical changes in cassava tuber during fermentation and its effects on extracted starch and residue". *Journal of Science and Food Agriculture*. 69: 367-371
- Giraud E., L. Gosselin y M. Raimbautl. 1992. Degradation of cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotechnology Letters*. 14 (7): 593-598
- Goñi I., L. García, E. Mañas and F. Saura. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry*, 56 (4): 445-449
- Herrera I., E. González y J. Romero. 1998. Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 48 (2): 179-182
- Holm J., I. Björck, N-G. Asp, L. Sjöberg and I. Lundquist. 1985. Starch availability in vitro and in vivo after flaking, steam-cooking and popping of wheat. *Journal of Cereal Science*, 3: 193-206.
- Holm J., I. Björck, A. Drews and N-G. Asp. 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Starch/Stärke*, 38: 224-226.
- Hughes J., F. Carvalho and M. Hughes. 1994. Purification, characterization and cloning of a-hidroxinitrile lyase from cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 311 (2): 496- 502
- Hunter Lab Manual. 2001. Hunter associates laboratory universal software, version 3.8. ISO 9001 certified. 55p
- Igbedioh S., K. Olugbemi and M. Akpapunam. 1994. Effects of processing methods on phytic acid level and some constituents in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*). *Food Chemistry*, 50: 147-151.
- INN. 2001. Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela.
- Jay J. 1996. Modern food microbiology. Fifth edition. Editorial Chapman & Hall, New York
- Kaur M., K. Singh y S. Lim. 2010. Microstructure, physicochemical properties and *in vitro* digestibility of starches from different Indian lentil (*Lens culinaris*) cultivars. *Carbohydrate Polymers*. 79 (2): 349-355
- Laurentin A., M. Cárdena, J. Ruales, E. Pérez y J. Tovar J. 2003. Preparation of indigestible pyrodextrin from different starch sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 5510-5515
- León, A., I. Angulo, M. Jaramillo, F. Requena y H. Calabrese. 1993. Caracterización química y valor nutricional de granos de leguminosas tropicales para la alimentación de aves. *Zootecnia Tropical*, 11(2): 151-170
- Li, M., C. Campabadal; E. Vargas. 1981. Complementación del frijol gandul (*Cajanus cajan*) con harina de soya y pescado en dietas para ratas de laboratorio. *Agronomía Costarricense*, 5(1/2): 89-96.
- Lorenz, K. 1982. Cereal and root starch modification by heat-moisture

- treatment. I. Physico-chemical properties. *Starch/Stärke*, 34: 50-54
- Lovera, J. 1996. Alimentación e historia en Venezuela colonial: El caso de los panes. *Anales Venezolanos de Nutrición*. 9: 43- 54
- Manresa, A. y I. Vicente. 2007. Medición del color. En: *El color en la industria de alimentos*. Ed. Universitaria, La Habana, Cuba. p. 64
- Martínez, A. y M. Zulet. 2003. Leguminosas. En: *Alimentos: composición y propiedades*. Astiasarán I.; J. Martínez (Eds). Editorial McGraw Hill, España.
- Mejía-Agüero L., F. Galeno, O. Hernández-Hernández, J. Matheus and J. Tovar. 2012. Starch determination, amylose content and susceptibility to in vitro amylolysis in flours from the roots from 25 cassava varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. En prensa (DOI 10.1002/jfsa.4629)
- Noomhorm, A., S. Llangitileke and M. Bautista. 1992. Factors in the protein enrichment of cassava by solid state fermentation. *Journal of Science and Food Agriculture*. 58: 117-123
- Peñalver, C., I. Herrera and J. Tovar. 2007. Indigestible starch associated to dietary fiber residues from cooked legumes consumed in Venezuela. *Interciencia*. 32:620-623
- 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
- Quiñones R., C. González, D. Polanco, B. Perdomo y H. Araque. 2007. Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química. *Zootecnia Tropical* 25 (1): 37-41
- Rey J. 1981. Elaboración de un producto intermedio a partir de yuca y pescado como ingrediente para la preparación de alimentos de alto valor nutritivo. Trabajo de grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas
- Sreerama Y., V. Sashikala, V. Pratapa and V. Singh. 2012. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry*. 131 (2): 462-468
- Tharanathan R. and S. Mahadevamma. 2003. Grain legumes- a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*. 14 (12): 507-518
- Tiwari B., C. Brennan, R. Jaganmohan, A. Surabi and K. Alagusundaram. 2011. Utilisation of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) byproducts in biscuit manufacture. *LWT-Food Science and Technology*. 44 (6): 1533-1537
- Tovar J., I. Björck y N-G. Asp. 1989. On the nutritional properties of starch and dietary fiber in cassava bread. *Nutrition Reports International*. 39:1237-1246
- Tovar J., E. Herrera; A. Laurentin; C. Melito and E. Pérez. 1999. In vitro digestibility of modified starches. *Agricultural and Food Chemistry*, 3: 1-10
- Vidal C. and J. Frías. 1991. Legume processing on dietary fiber components. *Journal of Food Science*, 56 (5): 1350-1352