

**Ciencia y Tecnología  
Alimentaria**

Ciencia y Tecnología Alimentaria

ISSN: 1135-8122

somenta@gmail.com

Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología  
de Alimentos  
México

García, A.; Pacheco Delahaye, E.; Tovar, J.; Pérez, E.  
Caracterización fisicoquímica y funcional de las harinas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) para  
sopas instantáneas  
Ciencia y Tecnología Alimentaria, vol. 5, núm. 5, 2007, pp. 384-393  
Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos  
Reynosa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72450510>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE LAS HARINAS DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA SOPAS INSTANTÁNEAS

### PHYSICOCHEMICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF THE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza*) FLOURS FOR INSTANT SOUPS

García, A.<sup>1\*</sup>; Pacheco-Delahaye, E.<sup>1</sup>; Tovar, J.<sup>2</sup>; Pérez, E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Bioquímica de Alimentos del Instituto de Química y Tecnología, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, estado Aragua, Venezuela. Código Postal 2105. <sup>2</sup>Laboratorio de Bioquímica, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela-Caracas. <sup>3</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela-Caracas, Venezuela.

Recibido/Received 10-07-2007; aceptado/accepted 30-09-2007

\*Autor para la correspondencia/Corresponding author. E-mail: aurisgarcia@hotmail.com

#### Abstract

To increase the added value of arracacha flour, a soup type food was designed considering the traditional culinary recipes of this root. The methodology applied for this purpose, allowed to obtain the baked flour, and also the characterization of the physicochemical, functional composition, and *in vitro* digestibility; as well as to propose some formulations varying the flour contents from 40 to 65 %. From these mixtures, four formulations were obtained; the sample with 60 % of flour had the most sensorial preference; when the organoleptic ranking test for color, odor, taste and consistency attributes, was applied upon this sample. When this sample was rehydrated and boiled for 10 min; it resulted in an instant preparation with an average viscosity (2800 cps) with high levels of protein (10.07 %), carbohydrates (58.3 %), fat (10.07 %) and minerals, mainly phosphorus, calcium, iron, and magnesium; as well as dietary fiber (8.53 %) and resistant starch (2.30 - 2.38 %). The stability analysis during 90 days at room temperature, showed that the low moisture content (5.75 %) and water activity ( $a_w$ : 0.46), allowed to maintain the functional characteristics of high water absorption, solubility, and starch swelling power. *in vitro* digestibility was high (79.20%), showing the easy digestion of the soup. The results suggest that the arracacha flour can be a good ingredient for the formulation of new soup type products with a high nutritional and energetic value.

#### Resumen

Para añadir valor agregado a la harina de arracacha, se diseñó un alimento tipo sopa considerando las recetas culinarias de esta raíz. Para ello, se aplicó una metodología que permitió la obtención de la harina horneada y la caracterización de su composición físicoquímica, funcional y de digestibilidad *in vitro*, así como proponer algunas formulaciones variando el contenido de la harina de 40 a 65 %. De estas mezclas se obtuvieron cuatro formulaciones, siendo la de mayor preferencia sensorial la muestra con el 60 % de harina (F1), al aplicar la prueba organoléptica por ranqueo para los atributos de color, olor, sabor y consistencia. Al someter esta mezcla a las pruebas de rehidratación con agua y cocción por 10 minutos, se obtuvo una preparación instantánea con una viscosidad promedio (2800 cps), caracterizada por presentar un alto contenido de proteína (10,76 %), carbohidratos (58,3 %), grasa (10,07 %) y minerales principalmente fósforo, calcio, hierro y magnesio. Además de fibra dietética (8,53 %) y almidón resistente (2,30-2,38 %). El análisis de estabilidad durante 90 días a temperatura ambiente demostró que el bajo contenido de humedad (5,75 %) y de actividad del agua ( $a_w$ : 0,46), permitió mantener las características funcionales de alta absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento del almidón. La prueba de digestibilidad *in vitro* fue alta (79,20 %) demostrada por la fácil digestión de la sopa. En conclusión, se indica que la harina de arracacha puede representar un buen ingrediente en la formulación de nuevos productos tipo sopa con un alto valor nutricional y energético.

Keywords: Roots, fiber, starch, amylolysis, dehydrated foods

Palabras clave: Raíces, fibra, almidón, amilólisis, alimentos deshidratados

#### INTRODUCCIÓN

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), es una raíz poco conocida científicamente, pero reconocida en la mayoría de los países latinoamericanos y de las regiones

andinas por representar un alimento tradicional, consumido hervido en agua con otros tubérculos y hortalizas (Noguera y Pacheco, 2000). Desde el punto de vista nutricional, aporta calorías, fibra y minerales principalmente calcio, fósforo, magnesio, hierro (Adetan *et al.*, 2003, Dufour *et*

*al.*, 1996). La harina y almidón de esta raíz presentan propiedades funcionales y reológicas que permite diseñar una variedad de productos atractivos al consumidor como por ejemplo, las mezclas en polvo para preparar sopas instantáneas, que además de contribuir en menor tiempo a satisfacer el hambre, proveen los requerimientos mínimos para disminuir los problemas de la nutrición a corto plazo (Mújica *et al.*, 2003; Noguera y Pacheco, 2000).

Estas «sopas o cremas en polvo», pertenecen a la gama de alimentos deshidratados más representativas y reconocidas en el mercado como alimentos instantáneos, que solo requieren la adición de agua y calentamiento corto para su preparación (Pacheco, 2001). Siendo, su impacto social positivo frente al consumidor, principalmente en aquellas personas que dispone de poco tiempo para cocinar, no solo por ampliar la gama de productos nutritivos asociados a una comida completa basada en recetas tradicionales, sino por tratarse de alimentos que pueden ser consumidos por todos los miembros de la familia y elaborarse de forma rápida, incluso añadiendo sabores según las costumbres, sin riesgos alimentarios y a un costo económico (Oseguera, 2004).

Es importante mencionar, que en formulación de estos productos, las harinas de arracacha pueden emplearse como ingrediente principal o combinado con otras harinas o almidones convencionales, además de la leche entera y derivados, condimentos y saborizantes naturales para realzar el sabor y la preferencia de gustos del consumidor (Pacheco, 2001, Wicks, *et al.*, 2006). Por ello, las sopas en polvo son consideradas un buen vehículo para hacer llegar a la población no solo un elevado aporte de proteínas y minerales, sino también de fibra dietética, a la cual se reconocen los efectos fisiológicos positivos en el organismo como disminución del tiempo de tránsito intestinal, reducción del nivel de colesterol y que de ser fermentado en el colon, tiene una acción similar a la fibra soluble (Sáenz *et al.*, 2002, Herrera *et al.*, 2002, Padonou *et al.*, 2005).

Con relación a algunas propiedades de los gránulos de almidón en arracacha y la importancia de estos en el desarrollo de productos tipo sopa instantáneas, se menciona que por presentar un mayor contenido de amilopectina que de amilosa, alcanzan la temperatura de gelatinización en menos tiempo, con una tendencia menor a retrogradar (Hung y Morita, 2005), lo cual representa una influencia favorable en la estabilidad de los geles en los productos finales (Jayakody *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005). Resultando esta temperatura de gelatinización (60 °C) más baja que la de almidones de cereales (Melo *et al.*, 2003; Hoover, 2001) por lo que requieren menor cantidad de energía para su cocción y por ende se considera ideal para la obtención de un producto instantáneo (Santacruz *et al.*, 2002; Tovar *et al.*, 2002, Silverio *et al.*, 2000; Dufour *et al.*, 1996). Adicionalmente, estos materiales amiláceos tienen propiedades espesantes y gelificantes (Jayakody *et al.*, 2005; Suh y Jane, 2003) con una alta

tendencia de incrementar la absorción de agua, solubilidad y capacidad de poder de hinchamiento al aumentar la temperatura (Menoli y Beleia, 2007; Adebawale *et al.*, 2005; Padonou *et al.*, 2005), esta última debido a la relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo (Araujo *et al.*, 2004, Gunaratne y Hoover, 2002; Yune y Yeh, 2001).

El almidón resistente se encuentra en la mayoría de los materiales amiláceos de raíces y tubérculos en contenidos variables (2-7 %) (Hoover, 2001) y se define como la suma del almidón y productos de la degradación del almidón que no se absorben en el intestino delgado de individuos sanos y que se resiste la hidrólisis enzimática (Nieto *et al.*, 2005, Araya *et al.*, 2004), siendo esta establecida como una medida de la digestibilidad del almidón (Rodríguez y Silva, 2003, Tovar, 2001, Perales *et al.*, 2005) la cual es afectada por el tamaño del gránulo de almidón, la relación amilosa/amilopectina y las posibles interacciones o complejos que puedan existir del almidón con lípidos, proteínas y taninos (Sajilata *et al.*, 2006, Plata *et al.*, 2004).

Por otro lado, se considera que el almidón resistente, presenta efectos similares a la fibra dietética y que su ingesta tiene algunas implicaciones fisiológicas benéficas a la salud, asociadas con el funcionamiento de la mucosa del colon, la fermentación a nivel del colon, la actividad metabólica hepática y la modulación de la glucemia postprandial (Laurentin y Edwards, 2005, Nieto *et al.*, 2005, Araya *et al.*, 2004, Blanco *et al.*, 2004). Las notables diferencias que pueden observarse en el índice glucémico de los distintos alimentos amiláceos, se deben a la heterogeneidad en la tasa de digestión de los almidones (Tovar *et al.*, 2005, Tester *et al.*, 2004).

Considerando que la digestibilidad por enzimas amilolíticas es un factor clave en el aporte de energía de los alimentos, Laurentin y Edwards (2005) y Tovar *et al.* (2005) señalan que al procesar térmicamente estos, se puede incrementar la hidrólisis enzimática del almidón en diferentes grados, por efecto de diversos factores, tales como la gelatinización, cambios en la cristalinidad, destrucción de la estructura proteínica y paredes celulares que encapsulan el gránulo, así como la destrucción física de la muestra. Ya que estos almidones se encuentra presentes en cuatro tipos, el tipo I, característico de granos enteros del grupo de cereales y leguminosas, donde el almidón se encuentra físicamente inaccesible; tipo II, constituido por gránulos de almidón nativo, identificado en raíces y tubérculos; el tipo III, llamado también almidón resistente retrogradado, que corresponde a la fracción del almidón que se forma después de tratamientos de calor-humedad, como el almidón gelatinizado y el tipo IV, referidos a los almidones modificados química o térmicamente, debido a la formación de enlaces glucosídicos diferentes a  $\alpha(1-4)$  o  $\alpha(1-6)$  o por la presencia de algunos sustituyentes (Tester *et al.*, 2004; Plata *et al.*, 2004; Tovar *et al.*, 2005; Laurentin y Edwards, 2005).

Al aumentar la disponibilidad del almidón a la acción de las amilasas (amilasas de los tipos  $\alpha$ -amilasas y las  $\beta$ -amilasas, glucoamilasas e hidrolasas oligosacáridas), se logra incrementar la digestibilidad *in vitro*, *in situ* e *in vivo* del almidón, mejorando con ello la eficiencia parcial de utilización del alimento. Durante la actividad se producen oligosacáridos, maltotriosas, maltosas, maltohexosas, maltopentosas, maltotetrosas, dextrinas y pequeñas cantidades de glucosa, encontrándose que la velocidad de hidrólisis el almidón, catalizada por ésta enzima, se incrementa en proporción directa con el peso molecular del sustrato, permitiendo en pruebas *in vitro* conocer el porcentaje de digestibilidad aparente de la materia seca, en la dieta de referencia (Nieto *et al.*, 2005; Araya *et al.*, 2004; Buendía *et al.*, 2003). Por otro lado, es importante señalar que la biodisponibilidad del almidón varía de una especie a otra, así por ejemplo, la hidrólisis enzimática progresiva de diferentes almidones nativos de raíces y tubérculos por la  $\alpha$ -amilasa (expresada como porcentaje de almidón hidrolizado por la enzima con relación al almidón total) a 37 °C, muestra resistencia a la acción de esta enzima, evidenciada por la poca cantidad de azúcares liberados, en un corto tiempo de hidrólisis, que se traduce en un bajo grado de hidrólisis (Sajilata *et al.*, 2006), siendo mayor en los materiales amiláceos modificados, como ocurre en las harinas horneadas o tratadas térmicamente, por encontrarse los almidones gelatinizados (Baks *et al.*, 2006; Tester *et al.*, 2006).

En base a los trabajos estudiados anteriormente se fijaron como objetivos del presente trabajo, formular y evaluar fisicoquímicamente un alimento energético con alto valor nutricional basado en una sopa instantánea de fácil preparación a base de la harina horneada de arracacha.

## MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración de las sopas instantáneas se utilizó como materia prima raíces de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) de los morfotipos blanco y amarillo, procedente de la principal zona de producción ubicada en Timotes Municipio Tovar del estado Mérida-Venezuela, la cual fue donada por la empresa Agrocerec s.a.

### Preparación de la harina de arracacha

Para la obtención de la harina, las raíces de arracacha fueron lavadas, peladas, cortadas y sometidas a un proceso de deshidratación por el método de convección usando un secador de bandeja, con circulación de aire seco caliente a 70 °C por 4 h y a 80 °C por 3 h, seguidos de una molienda y tamizado en mallas de 60 mesh, empacando la harina homogénea en bolsas aluminadas, selladas en calor en un equipo marca Kapak pouches 602B-1M y conservadas en congelación (-10 °C) hasta el momento de la formulación y elaboración de las sopas. Como saborizantes naturales, se usó el polvo de vegetales preparados a nivel de laboratorio,

**Tabla 1.** Formulaciones propuestas para el estudio de la sopa instantánea de arracacha.

**Table 1.** Proposed formulations for the study of arracacha instant soup.

Tipo de Harina	Formulas propuestas
(F1) Arracacha blanca deshidratada a 70 °C	65 % harina 25 % leche entera 10 % especias y sal
(F2) Arracacha amarilla deshidratada a 70 °C	65 % harina 25 % leche entera 10 % especias y sal
(F3) Arracacha blanca deshidratada a 80 °C	40 % harina 25 % almidón 20 % leche entera 15 % especias y sal
(F4) Arracacha amarilla deshidratada a 80 °C	40 % harina 25 % almidón 20 % leche entera 15 % especias y sal

correspondientes a: cebolla (*Allium cepa*), ajo porro (*Allium porrum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), perejil (*Petroselinum crispum*) y pimentón (*Capsicum annuum*), los cuales fueron lavados, cortados, secados en un horno por convección a 60 °C por 3 h, molidas y tamizadas hasta obtener un polvo homogéneo a 60 mesh, que se empacó en bolsas aluminizadas y se conservó en las mismas condiciones de la harina de arracacha (Pacheco, 2001).

### Formulaciones

Para las formulaciones se realizaron algunas pruebas preliminares, tomando como referencia los resultados de Pacheco (2001) y utilizando como ingredientes la harina de arracacha deshidratada a 70 y 80 °C en una relación entre 60-65 %, leche entera en polvo (10-15 %), vegetales deshidratados en polvo (10-15 %) y sal (3-5 %). Como patrón de comparación se eligió una sopa instantánea de vegetales existente en el mercado (muestra comercial). Bajo este esquema se propusieron cuatro formulaciones (Tabla 1), de las cuales dos fueron elaboradas con la harina deshidratada a 70 °C y las otras dos con harinas deshidratadas a 80 °C, mostrando estas últimas una consistencia débil y no estable, requiriendo la incorporación de un almidón de maíz comercial como espesante, para establecer las características de viscosidad en la sopa reconstituida similar a la muestra comercial. El modo de reconstitución y preparación de los polvos, se realizó siguiendo las instrucciones descritas en la muestra comercial, donde 20 g de polvo se disolvieron en 250 ml de agua y se sometió a cocción por 10 min. Para realizar el análisis de digestibilidad *in vitro* previamente se seleccionó la formulación de mayor preferencia, aplicando una evaluación sensorial, basada en pruebas estadísticas de comparación por rango múltiple de preferencia por el método de Kramer, para los atributos de color, olor, sabor

**Tabla 2.** Evaluación sensorial (prueba de Friedman) de preferencias por rangos. Tamaño de la muestra (n) = 50. Letras diferentes en una misma columna denota diferencias significativas entre las muestras ( $P < 0,05$ ).

**Table 2.** Sensory evaluation (Friedman's test) for preferences ranges. Sample size (n) = 50. Different letters in the same column denote significant differences between samples ( $P < 0.05$ ).

Muestra	Color	Olor	Sabor	Consistencia
F1	113,0 <sup>a</sup>	112,5 <sup>a</sup>	124,0 <sup>a</sup>	125,5 <sup>a</sup>
F2	84,0 <sup>b</sup>	84,5 <sup>b</sup>	94,0 <sup>b</sup>	99,0 <sup>b</sup>
F3	83,0 <sup>b</sup>	83,5 <sup>b</sup>	82,5 <sup>b</sup>	84,5 <sup>b</sup>
F4	82,5 <sup>b</sup>	81,5 <sup>b</sup>	67,0 <sup>b</sup>	60,0 <sup>c</sup>

y consistencia, con un panel de 50 consumidores no entrenados. Los resultados fueron sometidos a las prueba no paramétrica del análisis de varianza por Friedman de dos vías, para determinar la existencia de diferencias significativas entre las muestras, a un nivel de confianza de  $\alpha = 0,05$ . La comparación de medias, fue realizada por diferencias críticas, de la suma de rangos para todas las formulaciones a nivel de confianza de 5 % (Newell y MacFarlane, 1987). Resultando la formula F1 como la de mayor preferencia, elaborada a base de 65 % harina de arracacha del morfotipo blanco deshidratada a 70 °C, 25 % leche entera en polvo, 10 % vegetales en polvo y sal (Tabla 2).

#### Análisis químicos

La composición fisicoquímica fue determinada por los métodos de la AOAC (1990) para humedad (925.09), proteína (979.09), ceniza total (923.03), grasa (920.39), fibra dietética (método enzimático-gravimétrico, 985.29), azúcares totales y reductores (925.36), contenido en minerales de calcio (975.03), hierro (963.09) y fósforo (965.17). Mientras el almidón disponible se hizo por el método multienzimático de Holm *et al.*, (1986). Los análisis se realizaron por cuadruplicado.

#### Análisis de la propiedad funcional

Se determinó la capacidad de absorción de agua del almidón a temperatura ambiente por el método de Wang y Kinsella, (1976) y al análisis del efecto del aumento gradual de la temperatura entre los 60 y 95 °C a intervalos de 5 °C sobre la absorción de agua, la solubilidad y poder de hinchamiento del almidón siguiendo la metodología de Whistler (1964). Los análisis se realizaron por cuadruplicado en la muestra F1 seleccionada como de mayor preferencia.

#### Análisis de la digestibilidad del almidón *in vitro*

Para este análisis se determinó la tasa de amilólisis por método Holm *et al.* (1986) y para la interpretación de los resultados se cuantificó previamente el contenido de almidón resistente por el método de Goñi *et al.* (1996). Los análisis se realizaron por cuadruplicado.

#### Análisis de estabilidad

La estabilidad del producto se determinó por un periodo de tres meses bajo condiciones de temperatura ambiente, analizando cada 15 días, el contenido de humedad (AOAC, 1990-n° 925.09), actividad del agua medida con el equipo psicrométrico Equoi Aqualab Decagon cx-2-, viscosidad usando el viscosímetro de BrookField aguja número 2 y el color por el método de Hunter Lab. Los análisis se realizaron por cuadruplicado (Pacheco, 2001).

#### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de varianza de dos vías y la prueba de media por Tukey ( $\alpha = 0,05$  y tamaño de muestra por tratamiento,  $n = 4$  con 4 repeticiones para un total de 16 muestras) para formar los grupos homogéneos y seleccionar los tratamientos que presentaron mejor comportamiento, siempre y cuando el análisis de varianza fuese significativo, en un diseño unifactorial totalmente aleatorizado, donde el único factor fue el contenido de harina de arracacha, variando los niveles de acuerdo a las formulaciones en estudio. A partir de estas relaciones se determinaron diferencias significativas entre las muestras, utilizando el programa estadístico Statistix (Montgomery, 1991). Para las curvas de las propiedades funcionales y de viscosidad se hizo un análisis de regresión lineal simple y para las curvas de digestibilidad del almidón *in vitro*, se determinó el análisis de regresión polinomial de segundo orden, en ambos para estimar los valores óptimos de cada una de las variables estudiadas, usando el Statgraphics plus versión 5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química promedio de la sopa instantánea, indicó un alto aporte de almidón (48,89 a 52,94 %), proteína (9,60 a 10,76 %) y grasa (9,65 a 10,68 %) (Tabla 3) ubicando a este producto en una categoría de un alimento muy heterogéneo, que provee fluidos dietéticos energéticos, principalmente de los hidratos de carbono. Esta característica se encuentra en la mayoría de las sopas comerciales de vegetales, donde las proporciones de las grasas y proteínas tienden a variar de acuerdo a los sólidos presentes. Por otra parte, la relación de una mayor proporción de carbohidratos, seguido de la proteína y las grasas, al parecer no solo contribuyen a la saciedad del hambre, sino también al balance nutricional energético, teniendo un efecto positivo sobre algunas funciones biológicas del organismo humano, así como en el control de las deficiencias nutricionales y en la prevención de enfermedades crónicas. Considerándose, que la ingesta de este tipo de alimentos nutritivos, podría favorecer el mantenimiento del balance de nutrientes en la dieta diaria y promover el equilibrio en la salud (Wicks *et al.*, 2006).

En la disponibilidad de minerales en la sopa de arracacha (Tabla 4), se encontró que esta aporta



**Tabla 3.** Composición química de las sopas instantáneas formuladas con harina arracacha horneada. Letras diferentes en una misma columna denota diferencias significativas entre las muestras ( $P<0,05$ ).

**Table 3.** Chemical composition of instant soups formulated with baked arracacha flour. Different letters in the same column denote significant differences between samples ( $P<0.05$ ).

Composición química (%)	Formulación			
	F1	F2	F3	F4
Humedad	$5,75 \pm 0,02^a$	$5,75 \pm 0,01^a$	$5,73 \pm 0,02^b$	$5,75 \pm 0,02^a$
Ceniza	$6,77 \pm 0,02^a$	$6,75 \pm 0,01^a$	$6,22 \pm 0,02^b$	$6,24 \pm 0,02^c$
Proteína	$10,76 \pm 0,01^a$	$10,75 \pm 0,02^a$	$9,67 \pm 0,02^b$	$9,60 \pm 0,02^c$
Grasa	$10,07 \pm 0,01^b$	$10,68 \pm 0,01^a$	$9,68 \pm 0,01^d$	$9,65 \pm 0,01^c$
Azúcares totales	$8,76 \pm 0,02^b$	$8,80 \pm 0,03^a$	$7,45 \pm 0,01^d$	$7,45 \pm 0,01^c$
Azúcares reductores	$3,50 \pm 0,01^a$	$3,51 \pm 0,01^a$	$3,52 \pm 0,01^a$	$3,50 \pm 0,01^a$
Almidón	$49,54 \pm 0,02^b$	$48,89 \pm 0,02^c$	$52,94 \pm 0,03^a$	$52,93 \pm 0,02^a$
Fibra dietaria	$8,35 \pm 0,01^a$	$8,38 \pm 0,03^a$	$8,31 \pm 0,02^b$	$8,29 \pm 0,02^c$

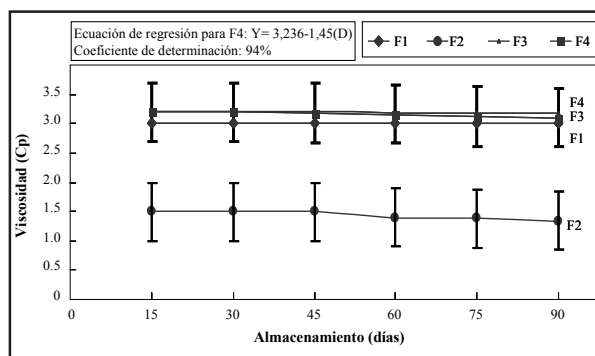
**Tabla 4.** Contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro en las sopas instantáneas formuladas con harina de arracacha horneada. Letras diferentes en una misma columna denota diferencias significativas entre las muestras ( $P<0,05$ ).

**Table 4.** Potassium, calcium, magnesium, and iron content in the instant soups formulated with baked arracacha flour. Different letters in the same column denote significant differences between samples ( $P<0.05$ ).

Minerales (mg/kg)	Formulación			
	F1	F2	F3	F4
Calcio	$780 \pm 0,003^c$	$740 \pm 0,001^b$	$700 \pm 0,002^d$	$760 \pm 0,002^a$
Fósforo	$10480 \pm 0,003^c$	$10600 \pm 0,001^a$	$10500 \pm 0,003^b$	$10600 \pm 0,002^a$
Hierro	$51 \pm 0,001^c$	$54 \pm 0,001^b$	$51 \pm 0,002^c$	$55 \pm 0,001^a$
Magnesio	$148 \pm 0,001^c$	$151 \pm 0,004^b$	$144 \pm 0,002^d$	$158 \pm 0,005^a$
Potasio	$830 \pm 0,002^a$	$750 \pm 0,003^c$	$730 \pm 0,003^d$	$770 \pm 0,002^b$

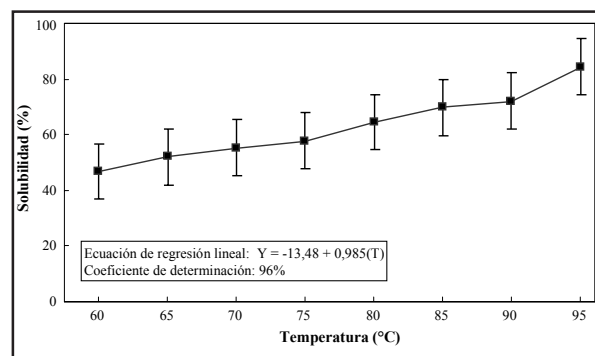
principalmente calcio (780 mg/kg), fósforo (10,480 mg/kg), potasio (830 mg/kg), hierro (51 mg/kg) y magnesio (148 mg/kg), cuyas proporciones por cada 100 g de alimento, puede representar una compensación diaria por la contribución de algunos elementos esenciales, que participan en las funciones fisiológicas del cuerpo humano y que han demostrado tener beneficios para la reducción de enfermedades degenerativas. Los contenidos promedios presentes en la sopa se ubicaron entre los requerimientos de ingesta diaria del venezolano, variables en su aprovechamiento según la edad y el sexo. Sin embargo, se estimó que una ración de 200 g de la sopa en algunas de las comidas diarias para los adultos, puede satisfacer la demanda recomendada en hierro que oscila entre 5-28 mg/día para promover beneficios en las funciones de transporte de oxígeno, en magnesio de 27-400 mg/día favoreciendo su intervención como componente activador de muchas enzimas, en potasio de 20-300 mg/día contribuyendo a las funciones de mantenimiento de la presión osmótica, especialmente en el interior de las células y en la transmisión nerviosa y en calcio de 50-1000 mg/día al compensar parte de las deficiencias principalmente a nivel de los huesos y dientes (MSDS,1999).

Con relación a la fibra dietética en la sopa de arracacha, se promediaron valores de 8,29 a 8,38 %, estimándose de acuerdo a las consideraciones de Moreno *et al.* (2006), que una cantidad aproximada de 250 g de sopa por día, aportaría en promedio una ingestión óptima de fibra recomendada (RDA) de 20 g por día o de 10 g / 1000 kcal para el adulto normal y una cantidad menor (150 g) de sopa podría satisfacer un contenido mas bajo para ancianos (12 g por día). Es importante mencionar que este cantidad de fibra atribuye características de alimento funcional al producto, siendo posible que la continuidad en la ingesta de este alimento tenga efectos positivos sobre algunas funciones metabólicas del organismo, debido a que este tiene un valor calórico negativo, indicativo de que no se absorbe ni se metaboliza para obtener energía o bien puede suceder que sean absorbidos muy lentamente en el intestino delgado, evitando un aumento brusco del nivel de glucosa en sangre (Pacheco *et al.*, 2004; Herrera *et al.*, 2002). Esta característica de la fibra dietética en la dieta, demuestra sus efectos en la prevención de enfermedades crónicas reportada en estudios epidemiológicos por la correlación con la baja incidencia de diabetes, hipertensión arterial y obesidad (Pacheco *et al.*, 2004; Jenkins *et al.*, 2000).



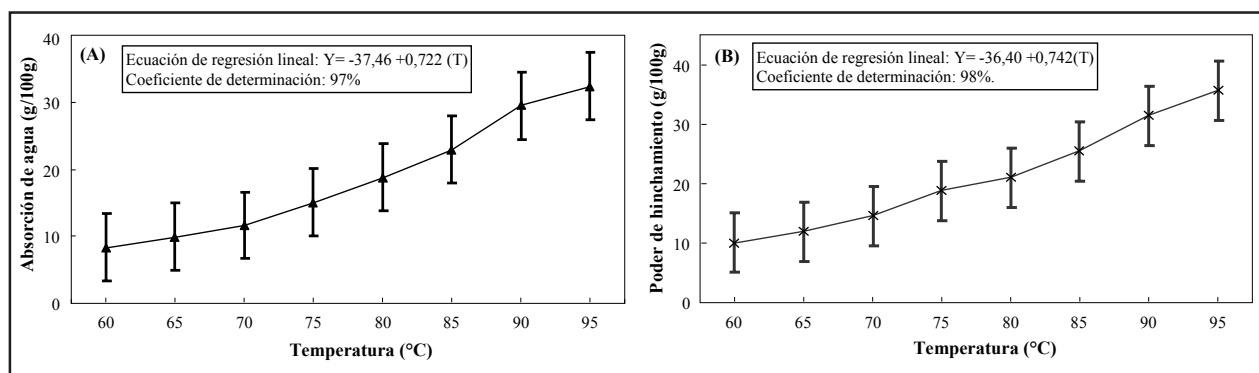
**Figura 1.** Variación de la viscosidad (Cp) de las sopas instantáneas formuladas con harina de arracacha horneada durante el almacenamiento por 90 días a temperatura ambiente.

**Figure 1.** Viscosity variation (Cp) of instant soups formulated with baked arracacha flour, during storage for 90 days at room temperature.



**Figura 2.** Variación de la solubilidad del almidón (%) en función a la temperatura de calentamiento (°C) en la sopa instantánea de arracacha (F1).

**Figure 2.** Starch solubility (%) variation as a function of heating temperature (°C) of arracacha instant soup.



**Figura 3.** Variación de capacidad de absorción de agua y del poder de hinchamiento de la harina en función de la temperatura de calentamiento (°C) en la sopa instantánea de arracacha (F1). (A): curva de la capacidad de absorción de agua, referida a la cantidad de g agua absorbida por cada 100g de harina (g/100g); (B): curva de la capacidad de poder de hinchamiento, referida a la cantidad de g de gel formados por cada 100 g de harina (g/100g).

**Figure 3.** Water absorption capacity and starch swelling power in accordance with the heating temperature (°C) of the arracacha instant soup (F1): (A). Water absorption curve (g/100g); (B): Swelling power curve (g/100g).

Al analizar el contenido de almidón resistente (AR) se encontraron promedios de 2,30-2,32 %, los cuales tienden a incrementar en las formulaciones, donde se incorporó el almidón de maíz (2,36-2,38 %), encontrándose diferencias significativas entre los tipos de sopas. Sin embargo, se consideró que la fracción de vegetales en polvo tuvo una contribución importante en este contenido. De acuerdo a la literatura, se puede considerar que este AR, corresponde al denominado almidón resistente por retrogradación o tipo 3 (Aparicio *et al.*, 2007; Islas *et al.*, 2006; Hung y Morita, 2005; Araujo *et al.*, 2004; Chim *et al.*, 2003; Hoover, 2001; Tovar, 2001). Por otra parte, la disponibilidad de AR en la sopa de arracacha es importante no solo por estar asociado a la fibra dietética, sino por las implicaciones sobre la tasa de hidrólisis de los almidones y su influencia en la disminución de la curva postprandial y del índice glucémico (Pacheco y Testa, 2005; Pacheco, 2001).

Con relación al estudio de estabilidad comercial del producto durante 90 días, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de humedad (5,75 %) entre

las muestras ( $P > 0,05$ ), ni en los valores promedios de la actividad de agua ( $a_w = 0,46$ ). Indicando esta respuesta un equilibrio termodinámico en la sorción de humedad, que bajo las condiciones del empaque utilizado, puede extender la vida útil y comercial del producto a temperatura ambiente (Moreno *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2005; Pacheco *et al.*, 2004). Los valores bajos de  $a_w$  también contribuyen a minimizar las posibles reacciones de deterioro de origen químico o microbiano que deterioran la calidad física y sensorial del producto. Este resultado fue similar al reportado por Sáenz *et al.* (2002) en un producto de preparación instantáneo formulado como un flan de vegetales, con un  $a_w$  promedio de 0,48 y un contenido de humedad de 3,58 %.

En el análisis de la viscosidad en las sopas (Figura 1) formuladas con la harina de arracacha (F1:  $3000 \pm 10$  cps; F2:  $1380 \pm 10$  cps) y almidón de maíz (F3:  $3200 \pm 20$  cps; F4:  $3100 \pm 10$  cps), se encontraron diferencias significativas en función del tiempo y una ligera inestabilidad del gel, dada la tasa de variación indicando de una tendencia

**Tabla 5.** Variación del color por el método de Hunter Lab en sopas instantáneas de arracacha durante tres meses de almacenamiento. L = valores de luminosidad, 100= blanco, 0= negro, valores: +a = rojo, -a = verde, +b = amarillo, -b = azul.

**Table 5.** Color variation by the Hunter Lab method, in arracacha instant soups during three-months storage. L = lightness values, 100= white, 0= black, values: +a = red, -a = green, +b = yellow, -b = blue.

Muestras	Almacenamiento (meses)	L	a	b
F1	1	86,72 ± 0,04	8,92 ± 0,03	13,91 ± 0,06
	2	86,23 ± 0,03	8,81 ± 0,02	13,88 ± 0,03
	3	85,55 ± 0,06	8,40 ± 0,02	13,93 ± 0,07
F2	1	79,99 ± 0,09	6,92 ± 0,06	12,88 ± 0,04
	2	77,82 ± 0,06	6,85 ± 0,04	12,77 ± 0,04
	3	77,65 ± 0,06	6,86 ± 0,03	12,76 ± 0,02
F3	1	86,97 ± 0,05	8,74 ± 0,01	16,87 ± 0,06
	2	86,86 ± 0,06	8,72 ± 0,02	16,87 ± 0,04
	3	86,64 ± 0,08	8,68 ± 0,02	16,86 ± 0,04
F4	1	83,72 ± 0,06	7,78 ± 0,02	14,75 ± 0,03
	2	83,68 ± 0,04	7,77 ± 0,02	14,64 ± 0,02
	3	83,66 ± 0,04	7,69 ± 0,02	14,47 ± 0,03

decreciente de la viscosidad a partir de los 45 días hasta el tiempo final de almacenamiento (90 días). Esta respuesta puede relacionarse no solo con el tamaño de los gránulos de almidón, sino también con su capacidad promedio de absorción de agua ( $1, 86 \pm 0,1$  l g de agua/g de harina), ya que una alta capacidad de absorción de agua, se relaciona con el aumento del grado de asociación entre los polímeros del almidón. En la medida que aumenta la temperatura durante la formación del gel, se incrementa la solubilización de las moléculas de amilosa ( $84,46 \pm 0,02$  %) en forma directamente proporcional (Coeficiente de determinación: 97 %) hasta alcanzar la viscosidad en términos de un gel de consistencia estable en la sopa (Figura 2).

Es importante señalar que los geles de la formula F1 se mostraron uniformes en el tiempo de almacenamiento ya que no presentaron sinéresis, conduciendo ello a la inexistencia de diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en los valores promedio de la viscosidad, desde inicio hasta el final del periodo de evaluación. Esta respuesta, se relacionó con las característica funcionales de alta tasa de absorción de agua del almidón ( $32,38 \pm 0,02$  g agua/g harina) y poder de hinchamiento ( $35,67 \pm 0,03$  g gel/g harina), que de acuerdo al análisis de correlación lineal resultaron directamente proporcionales al incremento de la temperatura para la formación del gel del almidón (Figura 3) a causa de las fuerzas asociativas débiles entre los gránulos, que permitió aumentar la fuerza micelar para ligarse al agua, favoreciendo consecuentemente la solubilidad del almidón y la formación del gel, con propiedades espesantes, observadas por la alta estabilidad de la viscosidad en el producto terminado.

En general estos resultados se asocian a lo explicado por Beleia *et al.*, (2006) y Adebawale *et al.* (2005) al indicar que la viscosidad tiende a ser una característica propia de todos los polisacáridos solubles, debido a que estos forman soluciones viscosas que, dependiendo de la forma,

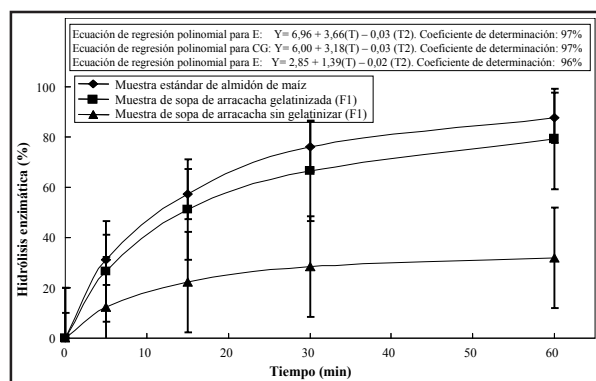
el tamaño y de la conformación de la molécula en la disolución, tienden a presentar una mayor o menor consistencia, como consecuencia del volumen efectivo que ocupen las moléculas. Probablemente también esté relacionado a las bajas temperaturas de gelatinización, que se promueve no solo por el tamaño del gránulo de almidón, sino quizás por la presencia de los contenidos de fibra, lípidos y azúcares que limitan la rápida formación de la red micelar (Aryee *et al.*, 2006; Jayakody *et al.*, 2005; Padonou *et al.*, 2005).

Por estas premisas se estableció que la viscosidad del gel formado durante y después del calentamiento, resultó un factor importante para definir el producto final y seleccionar un proceso de elaboración industrial (Padonou *et al.*, 2005; Yune y Yeh, 2001; Hoover, 2001). Considerándose, que para usos industriales, se busca un alto poder espesante y de viscosidad con bajos niveles de retrogradación en los almidones (Suh y Jane, 2003; Gunaratne y Hoover, 2002; Hoover, 2001), tal como ha resultado la harina de arracacha, siendo por ello considerada adecuada en la formulación de una sopa instantánea.

Con respecto al color de las sopas durante el almacenamiento (Tabla 5), se encontraron valores promedio de luminosidad altos, sin que existiera diferencias significativas entre las muestras formuladas con harina de arracacha blanca y las elaboradas con almidón de maíz ( $86,97 \pm 0,01$  y  $87,87 \pm 0,01$ ). Mientras en las sopas preparadas con harina de arracacha amarilla ( $79,99 \pm 0,02$ ), se detectaron diferencias significativas atribuidas al almidón de maíz en la formulación ( $83,72 \pm 0,01$ ). Con respecto a la contribución del color amarillo y rojo (valores de a y b) se puede señalar que la adición de vegetales deshidratados a la mezcla en polvo enmascaró el color característico de la harina de arracacha blanca (a: 0,89-0,87; b: 14,75-16,87) y de la amarilla (a: 0,69-0,77; b: 12,88-13,91), oscureciendo esta última con más intensidad, dando lugar a un color con la tonalidad aportada por los ingredientes de color amarillo (polvo de harina de apio, ajo porro, cebolla), color verde (polvo del cilantro, perejil) y color rojo (polvo de pimentón rojo). Al analizar su comportamiento durante el periodo de almacenamiento, las muestras F2 y F4 no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) permitiendo inferir que el empaque utilizado, resultó adecuado para prevenir la oxidación de los pigmentos responsables del color.

La tasa de amilólisis en la formulación de la sopa de arracacha de mayor preferencia sensorial (F1), presentó una alta digestibilidad del almidón «*in vitro*» por la acción de la  $\alpha$ -amilasa pancreática en las muestras gelatinizadas determinada por el estimado de la ecuación de regresión polinomial de segundo orden en 79,20 % para un coeficiente de determinación de 97 %, con respecto a las muestras no gelatinizadas, donde el estimado óptimo de la ecuación de regresión polinomial fue de 32,10 % y coeficiente de determinación de 96 % (Figura 4). Se considera la posibilidad de que la presencia de almidón resistente y de





**Figura 4.** Tasa de amilólisis de la sopa instantánea (F1): muestra seleccionada de mayor preferencia sensorial.

**Figure 4.** Amylolytic rate of instant soup (F1): selected sample of the most sensorial preference.

fibra dietética impidiera la hidrólisis total del almidón. Es evidente que la digestibilidad de estos almidones, previo tratamiento térmico, aumentará la digestión en la matriz del alimento donde este se encuentra interaccionando con lípidos, proteínas y azúcares, entre otros compuestos. Al parecer, la cocción de la sopas, puede incrementar la disponibilidad enzimática del almidón en diferentes grados, permitiendo que este carbohidrato se digiera y absorba completamente en el intestino delgado. Esta respuesta permite sugerir que el proceso de preparación de la harina, incluyendo su molienda y tamizado, contribuyó al deterioro extenso de la estructura del almidón, liberando los gránulos de cualquier impedimento físico para su digestión por las enzimas amilolíticas.

La digestibilidad con las enzimas amilolíticas o de complejos multienzimáticos dan lugar a una digestión más fácil en el intestino delgado (Zamora, 2003). Sin embargo, se reconoce que una porción del almidón presente en este alimento resiste la digestión enzimática, denominado anteriormente como almidón resistente (AR). Resultados similares han sido reportado por otros autores (Aparicio *et al.*, 2007; Aryee *et al.*, 2006; Islas *et al.*, 2006; Tovar *et al.*, 2002; Tovar, 2001), quienes indican que el AR tipo III se forma después de ciertos tratamientos hidrotérmicos. En términos generales, se considera que la determinación de la velocidad de amilólisis *in vitro*, tiende a ser un elemento útil para la predicción de la respuesta glucémica postprandial que inducen los alimentos (Osorio *et al.*, 2004; Araya *et al.*, 2004) por lo que su evaluación es importante dentro de la caracterización de las propiedades nutricionales de las formulaciones con materiales amiláceos.

## CONCLUSIONES

La harina de arracacha por sus propiedades funcionales, composición fisicoquímica y grado de alta

digestibilidad, puede ser utilizada en formulaciones de harinas compuestas o como ingrediente principal en la preparación de polvos de mezclas para sopas instantáneas e incluso representar un buen aditivo natural en la formulación de nuevos productos, constituyendo una alternativa no solo para diversificar su uso en la elaboración de distintos alimentos regionales, sino también por el aporte nutricional.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento al CDCH-UCV a través de los proyectos PG-01-37447-2002 y PG-01-005994-2005, a la agroindustria Corporación Agroceres c.a en Timotes, estado Mérida, al Laboratorio de Bioquímica de la Escuela de Biología de la UCV y a la ayuda técnica de Gloria de Pinto.

## REFERENCIAS

- Adebawale, I.; Adeyemi, I.; Oshodi, A. 2005. Functional and physicochemical properties of flours of six *Mucuna* species. *African Journal of Biotechnology* **4**(12), 1461-1468.
- Adetan, D.; Adekoya, L.; Aluko, O. 2003. Characterization of some properties of cassava root tubers. *Journal of Food Engineering* **59**(4), 349-353.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th edition. Washington, DC; Association of Official Analytical Chemists. 1298 p.
- Aparicio, A.; Sáyo, S.; Vargas, A.; Tovar, J.; Ascencio, T.; Bello, L. 2007. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich winterized banana starch. *Journal of Food Composition and Analysis* **20**(3-4), 175-181.
- Araujo, C.; Rincón, A.; Padilla, F. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **54**(2), 241-245.
- Araya, H.; Pak, N.; Vera, G.; Alvina, M. 2004. Digestion rate of legume carbohydrates and glycemic index of legume-based meals. *International Journal of Food Science Nutrition* **54**, 119-126.
- Aryee, F.; Oduro, I.; Ellis, W.; Afuakwa, J. 2006. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava *Food Control* **17**(11), 916-922.
- Baks, T.; Janssen, A.; Boom, R. 2006. The effect of carbohydrates on  $\alpha$ -amylase activity measurements. *Enzyme and Microbial Technology* **39**(1), 114-119.
- Beleia, A.; Butarelo, S.; Sergio, R.; Silva, F. 2006. Modeling of starch gelatinization during cooking of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Food Science and Technology* **39**(4), 400-405.

- Blanco, A.; Tovar, J.; Fernández, M. 2004. Caracterización nutricional de los carbohidratos y composición centesimal de raíces y tubérculos tropicales cocidos, cultivados en Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **54**(3), 322-327.
- Buendía, G.; Mendoza, G.; Bárcena, R.; Ortega, M.; Solís, J.; Lara, A. 2003. Efecto de la glucoamilasa de *Aspergillus Níger* en la digestibilidad *in vitro* de maíz y sorgo, y en la productividad de borregos. *Revista Agrociencia* **37**, 317-322.
- Chim, A.; López, J.; Betancur, D. 2003. Incorporación de fracciones de almidón primario y secundario de *Canavalia ensiformis* L. Y *Phaseolus lunatus* L. en galletas. *Acta Científica Venezolana* **54**(2), 138-147.
- Dufour, D.; Hurtado, J.; Wheatley, C. 1996. Characterization of starches from noncereal crops cultivated in tropical América: Comparative analyses of starch behavior under different stress conditions. *International Symposium on Cassava Starch and Starch Derivatives*. Nanning, China 23 p.
- Goñi, I.; García, L.; Mañas, E.; Saura, A. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry* **56**, 445-449.
- Gunaratne, A.; Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers* **49**, 425-437.
- Herrera, I.; Pacheco, E.; Schnell, M.; Tovar, J. 2002. Ingesta de fibra dietética y almidón resistente en Venezuela. Implicaciones en salud pública. *En Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud*. Varela. São Paulo, Brasil **1**, 453-462.
- Holm, J.; Bjorck, I.; Drews, A.; Asp, N. 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Starch/Stärke* **38**, 224-226.
- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers* **45**(3), 253-267.
- Hung, P.; Morita, N. 2005. Physicochemical properties and enzymatic digestibility of starch from edible canna (*Canna edulis*) grown in Vietnam. *Carbohydrate Polymers* **61**(3), 314-321.
- Islas, J.; Rendón, R.; Agama, E.; Gutiérrez, F.; Tovar, J.; Arámbula, G.; Bello, L. 2006. In vitro digestion rate and resistant starch content of tortillas stored at two different temperatures. *Food Science and Technology* **39**(8), 947-951.
- Jayakody, L.; Hoover, R.; Liu, Q.; Weber, E. 2005. Studies on tuber and root starches. I. Structure and physicochemical properties of innala (*Solenostemon rotundifolius*) starches grown in Sri Lanka. *Food Research International* **38**(6), 615-629.
- Jenkins, D.; Kendall, C.; Vuksan, V. 2000. Viscous fibers, health claims and strategies to reduce cardiovascular disease risk. *Journal of Clinical Nutrition* **71**, 401-402.
- Laurentin, A.; Edwards, C. 2005. Resistant starch and oligosaccharides. *Carbohidratos*, 320-329.
- MSDS. 1999. Normas generales de suplementos dietéticos: vitaminas y minerales. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. *Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel. Republica Bolivariana de Venezuela* **39**, 22-36.
- Mélo, E.; Stamford, T.; Silva, M.; Krieger, N. 2003. Functional properties of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) starch. *Bioresource Technology* **89**(1), 103-106.
- Menoli, A.; Beleia, A. 2007. Starch and pectin solubilization and texture modification during pre-cooking and cooking of cassava root (*Manihot esculenta* Crantz). *Food Science and Technology* **40**(4), 744-747.
- Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Iberoamericana. Caracas. 589 p.
- Moreno, C.; Pilar, M.; Ancos, B.; Plaza, L.; Olmedilla, B.; Granado, F.; Martín, A. 2006. Mediterranean vegetable soup consumption increases plasma vitamin C and decreases F<sub>2</sub>-isoprostanes, prostaglandin E<sub>2</sub> and monocyte chemotactic protein-1 in healthy humans. *The Journal of Nutritional Biochemistry* **17**(3), 183-189.
- Mújica, A.; Jacobsen, S.; Izquierdo, J.; Roca, W. 2003. Potencialidades de los cultivos Andinos menos estudiados para su adecuado aprovechamiento mediante la biotecnología. *Revista Centro Internacional de la Papa* **12**, 155-158.
- Newell, G.; MacFarlane, D. 1987. Expanded table for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food Science* **52**(6), 1721-1723.
- Nieto, M.; Ricque, D.; Ezquerro, M. 2005. Técnica de digestibilidad *in vitro* en ingredientes y alimentos. *Revista Ciencia UANL* **18**(1), 65-73.
- Noguera, Y.; Pacheco, E. 2000. Caracterización física, química y sensorial de hojuelas fritas de apio. *Revista Agronomía Tropical* **50**(2), 241-252.
- Oseguera, E. 2004. Comidas peligrosas: La percepción social de la inseguridad alimentaria. *Revista Estudios sobre las Culturas Contemporáneas* **10**(19), 31-51.
- Osorio, P.; Acevedo, E.; Carmona, R.; Tovar, J.; Paredes, O.; Bello, L. 2004. Resistant starch and in vitro starch digestibility of cooked «ayocote» bean (*Phaseolus coccineus*). *Revista Interciencia* **29**, 510-514.
- Padonou, W.; Mestres, C.; Coffi, M. 2005. The quality of boiled cassava roots: instrumental characterization and relationship with physicochemical properties and sensorial properties. *Food Chemistry* **89**(2), 261-270.

- Pacheco, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad *in vitro* del almidón. *Acta Científica Venezolana* **52**, 278–282.
- Pacheco, E.; Pérez, R.; Schnell, M. 2004. Evaluación nutricional y sensorial de polvos para bebidas a base de papaya, plátano verde y salvado de arroz. Índice glucémico. *Revista Interciencia* **29**(1), 46–51.
- Pacheco, E.; Testa, G. 2005. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Revista Interciencia* **30**(5), 300–305.
- Perales, J.; Gutiérrez, R.; Milán, J.; Bello, L.; Reyes, C. 2005. Cambios en el almidón de maíz de calidad proteínica durante la producción de harinas instantáneas y tortillas. *Revista Ciencia y Tecnología* **3**, 150–154.
- Plata, F.; Ricalde, R.; Melgoza, L.; Mendoza, G.; Franco, F. 2004. Efecto de la dosis de  $\alpha$ -amilasa (*Bacillus licheniformis*), temperatura de solución y molido del grano de sorgo en la aglutinación del almidón y digestibilidad ruminal *in Vitro*. *Revista Interciencia* **29**(12), 687–691.
- Rodríguez, D.; Espitia, M.; Caicedo, Y.; Córdoba, Y.; Baena, I.; Mora, C. 2005. Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*). *Revista Colombiana de Ciencias Químicas y Farmacéuticas* **34**(2), 140–146.
- Rodríguez, L.; Silva, S. 2003. Resistant starch and its physicochemical properties. *Revista de Nutrición* **16**(2), 219–226.
- Sáenz, C.; Sepúlveda, E.; Pak, N.; Vallejos, X. 2002. Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **52**(4), 134–138.
- Sajilata, M.; Singhal, S.; Pushpa, K. 2006. Resistant Starch. A Review. Comprehensive. *Reviews in Food Science and Food Safety* **5**, 1–17.
- Santacruz, S.; Koch, K.; Svensson, E.; Ruales, J.; Eliasson, A. 2002. Three underutilized sources of starch from the Andean region in Ecuador Part I. Physicochemical characterization. *Carbohydrate Polymers* **49**(1), 63–70.
- Silverio, J.; Fredriksson, H.; Andersson, R.; Eliasson, A.; Åman, P. 2000. The effect of temperature cycling on the amylopectin retrogradation of starches with different amylopectin unit-chain length distribution. *Carbohydrate Polymers* **42**(2), 175–184.
- Suh, D.; Jane, J. 2003. Comparison of starch pasting properties of various cooking conditions using the microvisco-amylograph and the rapid visco-analyzer. *Cereal Chemistry* **80**, 745–749.
- Tester, R.; Karkalas, J.; Qi, X. 2004. Starch structure and digestibility enzyme-substrate relationship. *World Poult Science Journal* **60**, 186–195.
- Tester, R.; Qi, X.; Karkalas, J. 2006. Hydrolysis of native starches with amylases. Review. *Animal Feed Science and Technology* **130**(1–2), 39–54.
- Tovar, J. 2001. Métodos para la determinación del contenido de almidón resistente en los alimentos. En: *Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud*. Editorial Lajolo, Sao Paulo.
- Tovar, J.; Melito, C.; Herrera, E.; Rascón, A.; Pérez, E. 2002. Resistant starch formation does not parallel syneresis tendency in different starch gels. *Food Chemistry* **76**(4), 455–459.
- Tovar, J.; Fernández, M.; Blanco, A. 2005. Digestibilidad *in vitro* del almidón en preparaciones cocidas y molidas de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Interciencia*, **30**(12), 780–783.
- Wang, J.; Kinsella, J. 1976. Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf protein. *Journal of Food Science* **4**, 286.
- Wicks, R.; Trevena, L.; Quine, S. 2006. Experiences of food insecurity among urban soup kitchen consumers: Insights for improving nutrition and well-being. *Journal of the American Dietetic Association* **106**(6), 21–924.
- Whistler, R. 1964. Swelling power. En *Methods in Carbohydrate Chemistry* Edition. Academic Press. New York, USA. 325p.
- Yune, J.; Yeh, A. 2001. Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. *Journal of Food Engineering* **50**(3), 141–148.
- Zamora, N. 2003. Efecto de la extrusión sobre los factores anti-nutricionales y digestibilidad *in vitro* de proteínas y almidón en harinas de *Canavalia ensiformis*. *Archivo Latinoamericano de Nutrición* **53**(3), 293–298.