

---

# CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL DE HARINAS CRUDAS OBTENIDAS A PARTIR DE DIFERENTES VARIEDADES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz), BATATA (*Ipomoea batatas* Lam) Y ÑAME (*Dioscorea alata*), CULTIVADAS EN VENEZUELA

---

Nora Techeira, Lilliam Sívoli, Brunilda Perdomo, Alejandra Ramírez y Francisca Sosa

## RESUMEN

Se evaluaron harinas crudas obtenidas de diferentes variedades de yuca, batata y ñame, procedentes de dos instituciones venezolanas, siendo caracterizadas físicoquímica, funcional y nutricionalmente según la metodología oficial. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras estudiadas para acidez titulable (de 0,20 a 1,55 meq/100g), color (índices de blancura de 76,60 para harina de ñame amarillo a 86,70 para harina de yuca blanca), densidad relativa (0,48-0,69 g·ml<sup>-1</sup>), humedad (5,07-8,69%), cenizas (valores más altos de 3,39% para harinas de batata morada y 3,33% para la anaranjada), fibra dietética (5,02-12,35%), proteína cruda (el valor más

alto de 12,33% para batata anaranjada) y almidón (valores más altos en la harina de yuca, de 72,37 y 77,49%). Las harinas de yuca amarilla y batata morada tuvieron los valores más altos de poder de hinchamiento (34,4 y 29,7%) y solubilidad en agua fría (59,8 y 58,6%), mientras que en el estudio de viscosidad la harina de yuca amarilla fue la que tuvo el valor más alto a 90°C (1180 cps). En cuanto a las características nutricionales, se determinó que las harinas de batata presentaban una mayor proporción de almidón resistente (73,56 a 87,18%) y los valores más bajos de digestibilidad (35,43%).

---

## Introducción

Las raíces y tubérculos tropicales son considerados alimentos básicos en la dieta de los pobladores de América Latina, África y Asia; y a pesar de que un gran número de estos cultivos son capaces de desarrollarse a nivel mundial, apenas cinco especies constituyen el 99% del total de la producción (Jayakody *et al.*, 2007): papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), batata (*Ipomoea batatas*), ñame (*Dioscorea* spp.) y ocumo (*Colocassia*, *Cytosperma* y *Xanthosoma* spp.).

En Venezuela, la mayoría de los cultivos de raíces y tubérculos, y principalmente los de

batata, también conocida como camote o boniato; los de ocumo, apio (*Arracacia xanthorrhiza*) y ñame se manejan en el ámbito de pequeños sembradíos, y la comercialización es principalmente nacional, por lo que no penetran en los canales internacionales de comercio, mostrando un valor comercial bastante escaso. Son rubros perecederos, lo cual trae como consecuencia pérdidas postcosecha que alcanzan hasta un 30% a nivel mundial (Pérez y Pacheco, 2005; Lebot, 2009).

Debido a la estacionalidad de las lluvias, gran parte de la producción de raíces y tubérculos en Venezuela se concentra en determinadas épocas

del año. Esta situación ocasiona una escasez de materia prima durante algunos meses y abundancia en otros, pérdidas de las raíces frescas y oscilaciones en los precios de la materia prima y del almidón. A lo anterior se une el que en ciertas épocas la escasez impide cubrir la demanda para su transformación postcosecha. Los obstáculos que han impedido la consolidación de estos rubros en muchos países son los altos costos de producción, la baja productividad y las técnicas inadecuadas de transformación (Scott *et al.*, 2000; Sánchez y Alonso, 2002; Jain *et al.*, 2010).

En la mayoría de los países en que se cultivan, las raíces y

tubérculos no se han visto beneficiadas por inversiones a nivel de tecnologías de siembra, cosecha y poscosecha, ni de investigación sobre productos de alto valor agregado. La industrialización de estos rubros mejoraría la rentabilidad de la cadena agroindustrial y podría abastecer un mercado insatisfecho. La promoción de nuevas plantaciones tendría justificación en el momento en que se hayan desarrollado los mercados para los productos de yuca, batata y ñame entre otros (Tsou y Hang, 1992; Espinosa y Crissman, 1997; Scott *et al.*, 2000; Ceballos y De la Cruz, 2002; Jain *et al.*, 2010).

Si se considerara a los cultivos de raíces y tubérculos tro-

---

## PALABRAS CLAVE / Análisis Físicoquímico / Análisis Funcional / Análisis Nutricional / Batata / Harinas / Ñame / Raíces y Tubérculos / Yuca /

Recibido: 15/08/2013. Modificado: 25/02/2014. Aceptado: 28/02/2014.

**Nora Techeira.** Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela (UCV). Laboratorio de Bioquímica de Alimentos. Profesora, UCV, Venezuela. Dirección: Departamento e Instituto de Química y Tecnología, Facultad de

Agronomía, UCV. Av. Universidad Vía El Limón, Maracay, Edo. Aragua. Apartado postal 1050. e-mail: noratecheira@gmail.com

**Lilliam Sívoli.** Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos, UCV, Venezuela. Profesora, UCV, Venezuela.

**Brunilda Perdomo.** Ingeniera Agrónoma, UCV; Venezuela. Profesora, UCV, Venezuela.

**Alejandra Ramírez.** Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos, UCV, Venezuela. Profesora, UCV, Venezuela.

**Francisca Sosa.** M.Sc. en Agronomía, UCV, Venezuela. Profesora, UCV, Venezuela.

# PHYSICO-CHEMICAL, FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF RAW FLOURS OBTAINED FROM DIFFERENT VARIETIES OF TAPIOCA (*Manihot esculenta* Crantz), SWEET POTATO (*Ipomoea batatas* Lam) AND PURPLE YAM (*Dioscorea alata*) GROWN IN VENEZUELA

Nora Techeira, Lilliam Sívoli, Brunilda Perdomo, Alejandra Ramírez and Francisca Sosa

## SUMMARY

The physicochemical, functional and nutritional characteristics of raw flours obtained from different varieties of tapioca, sweet potato and purple yam from two Venezuelan institutions were evaluated according to the official methods. Statistically significant differences were found between the samples studied in titratable acidity (from 0.20 to 1.55meq/100g), color (whiteness indexes of 76.60 for yellow yam to 86.70 for white tapioca flour), relative density (0.48-0.69g·ml<sup>-1</sup>), humidity (5.07-8.69%), ashes (highest values of 3.39% for purple yam and 3.33 for orange yam flours), dietetic fiber (5.02-12.35%), crude

protein (highest value of 12.33 for orange yam) and starch (highest values in tapioca flour, of 72.37 and 77.49%). The yellow tapioca and purple yam flours had the highest values of swelling power (34.4 and 29.7%) and cold water solubility (59.8 y 58.6%), while the yellow tapioca flour had the highest viscosity value at 90°C (1180cps). Concerning the nutritional characteristics, it was determined that yam flours showed a higher proportion of resistant starch (73.56 to 87.18%) and the lowest digestibility values (35.43%).

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICOQUÍMICA, FUNCIONAL E NUTRICIONAL DE FARINHAS CRUAS OBTIDAS A PARTIR DE DIFERENTES VARIEDADES DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz), BATATA (*Ipomoea batatas* Lam) E INHAME (*Dioscorea alata*), CULTIVADAS NA VENEZUELA

Nora Techeira, Lilliam Sívoli, Brunilda Perdomo, Alejandra Ramírez e Francisca Sosa.

## RESUMO

Avaliaram-se farinhas cruas obtidas de diferentes variedades de mandioca, batata e inhame, procedentes de duas instituições venezuelanas, sendo caracterizadas físico-química, funcional e nutricionalmente segundo a metodologia oficial. Encontraram-se diferenças estatisticamente significativas entre as amostras estudadas para acidez titulável (de 0,20 a 1,55meq/100g), cor (índices de brancura de 76,60 para farinha de inhame amarelo a 86,70 para farinha de mandioca branca), densidade relativa (0,48-0,69g·ml<sup>-1</sup>), umidade (5,07-8,69%), cinzas (valores mais altos de 3,39% para farinhas de batata roxa e 3,33% para a laranja), fibra dietética (5,02-12,35%), proteína crua (o valor mais

alto de 12,33% para batata laranja) e amido (valores mais altos na farinha de mandioca, de 72,37 e 77,49%). As farinhas de mandioca amarela e batata roxa tiveram os valores mais altos de poder de inchamento (34,4 e 29,7%) e solubilidade na água fria (59,8 e 58,6%), enquanto que no estudo de viscosidade a farinha de mandioca amarela foi a que teve o valor mais alto a 90°C (1180cps). Em quanto às características nutricionais, foi determinado que as farinhas de batata apresentaram uma maior proporção de amido resistente (73,56 a 87,18%) e os valores mais baixos de digestibilidade (35,43%).

picales como un producto estratégico y base para el desarrollo de numerosas industrias y se le diera el tratamiento correspondiente en cuanto a inversiones, seguramente podrían favorecer el desarrollo del sector agroalimentario e industrial de países en desarrollo, contribuyendo a la generación de riqueza y de empleo rural y urbano. Sin embargo, para hacer viable su consolidación se deben desarrollar sistemas de producción rentables y sostenibles, por lo que es cada vez más urgente la adaptación, desagregación o generación de tecnologías (Fairlie *et al.*, 1999; Navas *et al.*, 1999; Lebot, 2009).

En este sentido, la utilización de harinas y almidones obtenidos a partir de raíces y

tubérculos, como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos, es una forma de incentivar e incrementar la producción y demanda de estos rubros, ya que al deshidratarse bajo la forma de harinas y almidones pueden ser utilizados en la elaboración de productos tales como sopas, galletas, panes, bebidas y pudines, entre otros (Fioreze y Morini, 2000; Akisoe *et al.*, 2004; Pérez y Pacheco, 2005).

En virtud de lo expuesto, se planteó como objetivo del presente trabajo evaluar las harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca, batata y ñame, caracterizándolas físicoquímica, funcional y nutricio-

nalmente para determinar su posible uso en la industria alimentaria.

## Materiales y Métodos

### Materia prima

Las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz, variedades blanca y amarilla) y batata (*Ipomoea batatas* Lam, variedades blanca, morada y anaranjada) fueron suministradas por la Estación Experimental de Samán Mocho, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, mientras que las raíces de ñame (*Dioscorea alata*, variedades blanca y amarilla), fueron proporcionadas por el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Barinas), Venezuela.

### Elaboración de harinas crudas

Las harinas fueron obtenidas siguiendo la metodología de Pérez y Pacheco (2005). Las raíces de yuca, batata y ñame fueron sometidas a un proceso de lavado y limpieza para la eliminación de mucílago e impurezas, y posteriormente ser peladas manualmente. Luego se lavó la parte comestible y se cortó en trozos que se sumergieron en una solución de ácido cítrico 0,1%, con la finalidad de evitar su oscurecimiento, para luego ser secadas en un secador de bandejas con circulación de aire forzado (Proctor and Schwartz SCM Corp., Philadelphia, PA, USA) a 45°C durante 6h. Las raíces y tubérculos deshidratados fueron sometidos a un proceso de mo-

lienda haciendo uso de un molino de martillos, para ser tamizadas bajo la forma de harinas, hasta alcanzar un tamaño de partícula de 250µm. Las harinas así obtenidas y tamizadas, fueron envasadas en recipientes de vidrio y se almacenaron a temperatura ambiente.

#### Caracterización físico-química y composición química de las harinas

El pH y acidez titulable se determinaron de acuerdo a los métodos N° 943.02 y 975.11 de AOAC (2000); la densidad aparente según Smith (1967) y el color de acuerdo a Giese (1995) y el Hunter Lab Manual (2001). En este último caso se registraron los valores de L\* (luminosidad), a\* (posición de la muestra en el eje rojo-verde) y b\* (posición de la muestra en el eje azul-amarillo). Con estos datos se determinó el índice de blancura (WI), que considera los valores de luminosidad y las tonalidades, siendo obtenido mediante la fórmula

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

Para la determinación de la composición química de las harinas se siguió la metodología descrita por la AOAC (2000), evaluando el contenido de humedad (N° 925.09), cenizas (N° 923.03), proteína cruda (N° 979.09) y grasa cruda (N° 920.39); y los métodos establecidos por McCready *et al.* (1950) y Juliano (1971) para la evaluación del contenido de almidón y amilosa, respectivamente. La cantidad de fibra dietética y de polifenoles totales fueron evaluados siguiendo la metodología de la AOAC (2000) (N° 985.29) y de Kaluza *et al.* (1980). Todos los análisis se realizaron por triplicado.

#### Propiedades funcionales de las harinas

La capacidad de absorción de agua, solubilidad en agua y po-

TABLA I  
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS HARINAS CRUDAS DE ÑAME BLANCO (HNB), ÑAME AMARILLO (HNA), BATATA BLANCA (HBB), BATATA MORADA (HBM), BATATA ANARANJADA (HBA), YUCA BLANCA (HYB) Y YUCA AMARILLA (HYA)

	HNB	HNA	HBB	HBM	HBA	HYB	HYA
pH	6,21 ±0,01 a	6,12 ±0,03 a	5,70 ±0,00 a	6,24 ±0,02 a	6,00 ±0,00 a	6,34 ±0,05 a	6,10 ±0,00 a
Acidez titulable (meq NaOH/100g)	0,52 ±0,10 a	0,63 ±0,21 b	1,55 ±0,00 c	0,55 ±0,00 a	1,41 ±0,20 c	0,20 ±0,00 a	0,94 ±0,00 b
Densidad (g·ml <sup>-1</sup> )	0,73 ±0,11 c	0,74 ±0,05 c	0,69 ±0,02 b	0,67 ±0,08 b	0,69 ±0,00 b	0,51 ±0,09 a	0,48 ±0,02 a
Color							
L*	84,31 ±1,98 c	78,45 ±0,80 b	87,43 ±0,92 c	82,15 ±1,92 b	69,56 ±1,32 a	88,22 ±0,87 c	81,76 ±0,70 b
a*	0,68 ±0,12 b	0,59 ±0,05 b	0,22 ±0,05 a	0,29 ±0,07 a	5,40 ±0,63 d	1,78 ±0,65 c	1,55 ±0,60 c
b*	7,93 ±0,78 b	9,12 ±0,34 b	5,88 ±0,27 a	12,87 ±0,56 c	13,10 ±0,40 c	5,92 ±1,32 a	8,90 ±1,10 b
WI	82,41	76,60	86,12	78,00	84,80	86,70	79,65

der de hinchamiento se determinó según Anderson (1982) y la solubilidad en agua fría según el método de Eastman y Moore (1984), modificado por Bello *et al.* (2002). La estabilidad y claridad de las pastas y estabilidad al congelamiento-deshielo se evaluaron de acuerdo al método de Bello *et al.* (2002), haciendo uso de suspensiones pregelatinizadas de las harinas al 4%, calentadas a 100°C durante 30min; mientras que la viscosidad aparente se determinó según metodología de Bello *et al.* (2002) para suspensiones de harinas al 4%, pregelatinizadas a 30, 60 y 90°C durante 30min.

#### Propiedades nutricionales de las harinas

Se evaluó la digestibilidad del almidón presente en las harinas, según Holm *et al.* (1985), el contenido de almidón resistente de acuerdo a Goñi *et al.* (1996) y la digestibilidad de la proteína por el método de Akenson y Stahmann (1964). Las muestras analizadas no fueron sometidas a ningún proceso de cocción previa.

#### Resultados y Discusión

##### Caracterización físico-química

Los resultados obtenidos para las características físico-químicas de las harinas se presentan en la Tabla I. En lo que respecta al pH, se puede apreciar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, reportándose valores promedio entre 5,70 y 6,34. Estos resultados coinci-

den con los valores presentados por Alvarado y Cornejo (2010) para harina de yuca (6,10), por Reátegui y Maury (2001) para harinas de *D. decorticans* (6,40) y *D. trifida* (6,50), y por Salazar y Marcano (2011) para harina de *D. alata* (5,82).

Sin embargo, en cuanto a la acidez titulable sí se encontraron diferencias significativas, obteniéndose los valores más altos para las harinas de batata blanca y anaranjada (1,55 y 1,41meq NaOH/100g muestra, respectivamente), debido posiblemente a su mayor contenido de ácidos orgánicos. Al comparar los resultados obtenidos con los reportados en otros estudios se observa que las harinas de yuca en el presente trabajo mostraron valores inferiores a los reportados por Leite *et al.* (2008) en harinas de diferentes variedades de yuca (de 1,20 a 3,72meq NaOH), mientras que para las harinas de ñame, los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Techeira (2009) y Salazar y Marcano (2011).

En lo que se refiere a los valores de densidad relativa, las harinas de yuca fueron las que reportaron los valores más bajos (0,48 y 0,51g·ml<sup>-1</sup>), y las de ñame los más altos (0,73 y 0,74g·ml<sup>-1</sup>). Esta variable se relaciona con el tamaño medio de partícula de las harinas; la presencia de una mayor cantidad de partículas finas se asocia con una densidad más alta, característica que facilita su almacenamiento (Bedolla y Rooney, 1984; Bressani *et al.*, 2001).

En la evaluación de color, los valores de L, a y b mostraron

diferencias estadísticamente significativas entre muestras, siendo las harinas de yuca, batata y ñame de las variedades blancas las que presentaron una mayor luminosidad (88,22; 87,43 y 84,31, respectivamente) y por consiguiente un mayor índice de blancura (WI); por lo tanto, estas harinas son las que presentan una mayor tendencia hacia el color blanco, y por ello una mayor claridad. Los valores más bajos de WI, determinados para el resto de las muestras, pudieran atribuirse al contenido de carotenoides y polifenoles presentes en las harinas (Palomino *et al.*, 2010).

#### Composición química

En la Tabla II se muestran los valores para la composición química en base seca. En primer lugar, en cuanto al contenido de humedad se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, presentando valores comprendidos entre 5,07 y 8,69%. Estas diferencias pudieran atribuirse al hecho de que se trata de rubros diferentes y de variedades distintas, las cuales antes de ser sometidas al proceso de secado, presentaban diferencias en el contenido de humedad inicial. Cabe destacar que los valores obtenidos para la humedad se encuentran dentro de los límites establecidos por las Normas COVENIN N° 2135 (1996) para harina de maíz y la N° 217 (2001) para harina de trigo, que señalan que el porcentaje de humedad máximo no debe ser superior a 13,5 y 15%, respectivamente.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN BASE SECA) DE LAS HARINAS CRUDAS DE ÑAME BLANCO (HNB), ÑAME AMARILLO (HNA), BATATA BLANCA (HBB), BATATA MORADA (HBM), BATATA ANARANJADA (HBA), YUCA BLANCA (HYB) Y YUCA AMARILLA (HYA)

Componentes	HNB	HNA	HBB	HBM	HBA	HYB	HYA
Humedad	5,15 ±0,03 a	8,69 ±0,17 c	5,07 ±0,14 a	6,47 ±0,00 b	5,65 ±0,04 a	5,93 ±0,22 a	8,12 ±0,88 c
Cenizas	2,01 ±0,01 a	2,83 ±0,26 a	2,59 ±0,06 a	3,39 ±0,06 b	3,33 ±0,01 b	2,03 ±0,02 a	2,43 ±0,04 a
Proteína cruda	7,30 ±0,44 c	9,23 ±0,56 d	9,43 ±0,00 d	4,67 ±0,21 b	12,33 ±0,25 e	1,86 ±0,15 a	2,50 ±0,11 a
Grasa cruda	0,45 ±0,02 a	0,37 ±0,01 a	0,56 ±0,05 a	0,68 ±0,02 b	0,25 ±0,00 a	0,34 ±0,05 a	0,41 ±0,03 a
Fibra dietética	10,40 ±1,45 c	1,27 ±0,00 a	5,02 ±0,12 b	12,35 ±2,10 d	5,51 ±0,32 b	10,61 ±0,05 c	6,85 ±0,50 b
Almidón	62,65 ±2,60 b	69,59 ±4,20 b	65,29 ±1,30 b	65,59 ±0,00 b	42,27 ±0,00 a	77,49 ±2,29 c	72,37 ±0,00 c
Amilosa	37,00 ±1,00 b	37,22 ±8,60 b	29,98 ±0,00 a	37,00 ±3,00 b	29,43 ±0,00 a	31,28 ±0,00 a	28,25 ±0,00 a
Amilopectina	63,00 ±1,00 a	62,78 ±4,54 a	70,02 ±0,00 b	63,00 ±3,00 a	70,57 ±0,00 b	63,00 ±3,00 a	71,75 ±0,00 b
Azúcares totales	14,42 ±0,31 a	14,28 ±0,87 c	11,66 ±0,05 c	3,46 ±0,32 a	35,63 ±0,20 d	8,03 ±0,30 b	9,57 ±0,09 b
Azúcares reductores	11,98 ±0,56 b	12,78 ±0,18 b	2,08 ±0,04 a	ND	18,20 ±0,02 c	ND	1,93 ±0,01 a
Polifenoles	0,68 ±0,02 c	0,43 ±0,05 b	0,45 ±0,01 b	0,16 ±0,03 a	0,54 ±0,01 b	0,66 ±0,03 c	0,68 ±0,02 c

En cuanto al contenido de cenizas, se pueden apreciar que también existen diferencias significativas, obteniéndose el valor más alto para las harinas de batata morada (3,39%) y anaranjada (3,33%), ya que éstas posiblemente presenten un mayor contenido de minerales y sales inorgánicas (Thomas y Atwell, 1999; Pérez y Pacheco, 2005). Estos valores fueron superiores a los reportados por Sandoval *et al.* (2007) en harina de yuca (1,73%) pero inferiores a los determinados por Rincón *et al.* (2000) para harinas de *D. trifida* (4,14%) y *D. bulbifera* (4,54%).

En lo que se refiere a la proteína cruda, se observan diferencias estadísticamente significativas, siendo la harina de batata anaranjada la que presentó el valor más alto (12,33%), seguida por la batata blanca (9,43%) y el ñame amarillo (9,23%), por lo que podrían ser consideradas para la sustitución parcial o total de ingredientes con alto valor proteico (Rincón *et al.*, 2000; Bou *et al.*, 2006). No obstante, a pesar de que las harinas de yuca presentaron una menor cantidad de proteína (1,86 y 2,50%), éstas fueron similares a los valores reportados para harinas de yuca por Benítez *et al.* (2008) y Henao y Aristizábal (2009).

Para el contenido de grasa cruda, no existen diferencias significativas entre las harinas de yuca y ñame, pero la harina de batata morada presenta valores ligeramente superiores (0,68%). Este valor es similar al reportado por Pérez y Pacheco (2005) en harina de batata (0,66%), pero inferior a los en-

contrados en harinas de ocumo chino (1,07%) y ocumo criollo (0,88%) por Pérez (2001). Sin embargo, cabe destacar que todos los resultados obtenidos fueron bajos, ya que se trata de harinas obtenidas a partir de raíces y tubérculos, las cuales por su naturaleza muestran una menor cantidad de grasa que las harinas de cereales como el maíz (4,9%) y el trigo (1,5-2%) (Kent, 1994).

Los resultados encontrados para fibra dietética muestran diferencias estadísticamente significativas, con valores comprendidos entre 5,02 y 12,35%, siendo la harina de batata morada la que presentó el valor más elevado. Estos resultados son similares a los reportados por Sangronis *et al.* (2006) en harinas de batata y ñame y a los reportados por Palomino *et al.* (2010) en harinas de ocumo chino y criollo, superiores al evaluado por Mantuano y Morillo (2011) en harinas de batata (4,47 y 4,76%) pero inferiores al determinado por Yupanki *et al.* (2011) en harinas de ñame (14,15%).

Entre los componentes químicos de mayor importancia en las harinas de raíces y tubérculos destaca el almidón, ya que éste es el responsable de la mayoría de las propiedades funcionales que determinan su utilización en diferentes productos alimenticios. La proporción de almidón en las muestras en estudio reportó diferencias significativas, obteniéndose los valores más altos en la harina de yuca (72,37 y 77,49%); no obstante, para las harinas de batata y ñame también se determinaron valores elevados (42,27

y 65,59% respectivamente). Estos resultados fueron superiores a los presentados por Pérez y Pacheco (2005) y Navas *et al.* (1999) en harinas de batata (de 48,38% y 30,73% respectivamente), pero inferiores a los reportados por Pacheco *et al.* (2008) en harina extruida de ñame (80,10%), Bou *et al.* (2006) en harina de *D. trifida* (99,50%) y Gutiérrez y Schulz (1992) para harina de yuca (86,21%).

El menor contenido de amilosa presente en las harinas de yuca blanca (28,25%), batata amarilla (29,43%) y blanca (29,98%) permite recomendar su utilización en la elaboración de productos de panadería, ya que bajos contenidos de esta enzima se asocian con una menor tendencia a la retrogradación del almidón y, por consiguiente, a una menor tendencia del pan a sufrir ‘envejecimiento’ (Benedito, 1994).

Al comparar el contenido de almidón y la relación amilosa/amilopectina para las dos variedades de yuca en estudio con los resultados obtenidos por Mejía-Aguero *et al.* (2012) en 25 cultivares venezolanos de yuca, se puede apreciar que existe una gran variabilidad, atribuida principalmente a las diferencias naturalmente existentes entre cultivares y además a las condiciones agronómicas y ambientales.

En lo que se refiere el contenido de polifenoles para las harinas de yuca y ñame blanco, éstos son significativos, ya que presentaron valores de 0,66 y 0,68%. La presencia de estos compuestos químicos en las ha-

rinas permite suponer que las mismas cuentan con propiedades antioxidantes. Por lo tanto, el consumo de productos alimenticios elaborados a partir de las mismas sería beneficioso, en busca de disminuir el efecto de las reacciones mediadas por radicales libres, las que están involu-

cradas en procesos degenerativos o patológicos (Gey, 1990; Hou *et al.*, 2001).

#### Propiedades funcionales

En las Figuras 1a, b y c se muestran los resultados obtenidos en cuanto a la absorción de agua, la solubilidad en agua y el poder de hinchamiento de las harinas en estudio. Se puede apreciar que entre los 65 y 70°C se produce el incremento gradual en dichas propiedades, debido a la relajación progresiva de las fuerzas de enlaces intragranulares, lo que permite el ingreso de las moléculas de agua al interior de los gránulos de almidón contenidos en las harinas, provocando un aumento de tamaño que se traduce en un mayor poder de hinchamiento (Bello *et al.*, 2002)

Los valores más altos de poder de hinchamiento y absorción de agua a 95°C se obtuvieron para las suspensiones de harina de yuca amarilla y de harina de batata morada, debido posiblemente a la presencia de fuerzas intragranulares más débiles, que permitieron el paso de las moléculas de agua a esa temperatura (Akişsoe *et al.*, 2004; Jayakody, *et al.*, 2007; Sandoval *et al.*, 2007).

En cuanto a la solubilidad (Figura 1b), los valores más altos para cada una de las muestras evaluadas, se obtuvieron en el intervalo comprendido entre los 75 a 95°C, destacándose el comportamiento de las harinas de batata, para las cuales se reportan los mayores valores de solubilidad, debido a que pre-

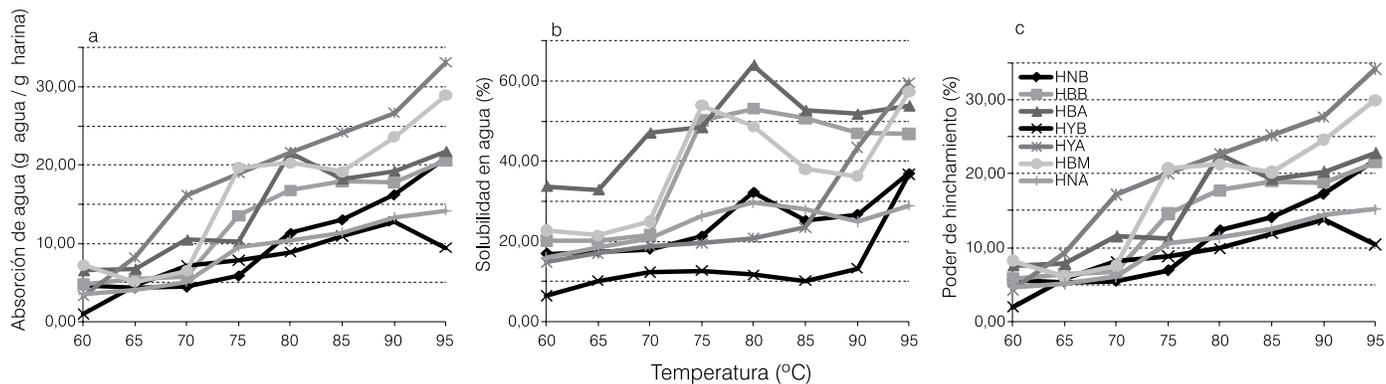


Figura 1. a: absorción de agua (g agua / g harina), B: solubilidad en agua (%), y c: poder de hinchamiento (%) de las suspensiones de harinas de ñame blanco (HNB), ñame amarillo (HNA), batata blanca (HBB), batata morada (HBM), batata anaranjada (HBA), yuca blanca (HYB) y yuca amarilla (HYA).

presentan una estructura intragranular más débil, que se rompe con mayor facilidad, permitiendo la exudación de un mayor número de componentes moleculares a la dispersión (Gutiérrez y Schulz, 1992)

En lo que respecta a la solubilidad en agua fría (Tabla III), se observa la existencia de diferencias significativas entre muestras, ya que las harinas de batata morada y yuca blanca fueron las que reportaron los valores más altos (30,40 y 42,60%), debido posiblemente a que los gránulos de almidón de estas harinas podrían presentar un menor grado de orden intragranular, lo que facilita la dispersión en el agua de los componentes moleculares del gránulo, incrementando su solubilidad (Cooke y Gidley, 1992; Han y Hamaker, 2002; Freitas *et al.*, 2004).

En la Tabla III también se presentan los resultados obtenidos para la estabilidad y claridad de las suspensiones de harinas, donde a medida que transcurre el tiempo se puede apreciar que se produce una disminución en los valores de transmitancia, tanto a temperatura ambiente (25°C) como bajo refrigeración (4°C), lo que se traduce en mayores valores de absorbancia, y por consiguiente en la obtención de suspensiones de harinas más opacas, debido a la reorganización y reforzamiento de los enlaces existentes princi-

palmente en la fracción de almidón, que conducen al incremento en la opacidad de las muestras. En el caso de las suspensiones de harinas sometidas a 4°C, los valores de transmitancia obtenidos fueron inferiores a los reportados en las muestras a temperatura ambiente (25°C), debido a que las bajas temperaturas incrementan la retrogradación que experimentan las moléculas de almidón. Este fenómeno es determinado por la gelificación de la fracción de amilosa y por la recristalización de la amilopectina, una vez ocurrida la gelatinización, en la fase de enfriamiento (Bello *et al.*, 2000; Pacheco *et al.*, 2008).

En cuanto a la estabilidad al congelamiento y deshielo (Figura 2) se puede apreciar que las muestras que fueron sometidas a un calentamiento previo presentaron una mayor estabilidad

al congelamiento, ya que eliminaron de 74 a 77% del agua, debido a que a los 90°C ya ha ocurrido la gelatinización del almidón y con ello ha aumentado la capacidad de retención de agua en la estructura del gel. Por el contrario, las muestras que no fueron calentadas presentaron una baja estabilidad a los procesos de congelación y deshielo, ocasionando una mayor pérdida del agua atrapada en el gel (97,50-96,25%).

Cabe destacar que en ambos tratamientos las harinas de yuca fueron las que reportaron una mayor cantidad de agua separada del gel (74 y 97,50%), resultados

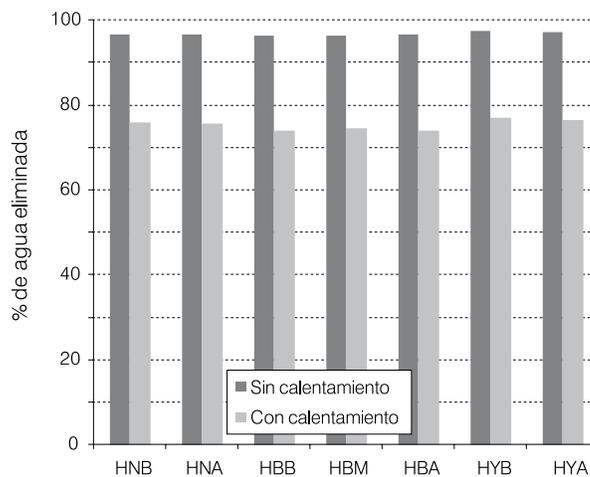


Figura 2. Estabilidad al congelamiento y deshielo de los geles de harinas gelatinizadas de ñame blanco (HNB), ñame amarillo (HNA), batata blanca (HBB), batata morada (HBM), batata anaranjada (HBA), yuca blanca (HYB) y yuca amarilla (HYA).

TABLA III  
SOLUBILIDAD EN AGUA FRÍA (%) Y ESTABILIDAD Y CLARIDAD DE LAS PASTAS DE HARINAS CRUDAS DE ÑAME BLANCO (HNB), ÑAME AMARILLO (HNA), BATATA BLANCA (HBB), BATATA MORADA (HBM), BATATA ANARANJADA (HBA), YUCA BLANCA (HYB) Y YUCA AMARILLA (HYA)

Parámetros	HNB	HNA	HBB	HBM	HBA	HYB	HYA
Solubilidad en agua fría (%)	13,48 ±0,84 b	6,36 ±0,50a	19,28 ±0,00c	30,40 ±0,88 d	11,10 ±0,04b	42,60 ±0,38d	12,76 ±0,00 b
Estabilidad y claridad a 25°C							
0h	11,00 ±1,00 a	10,00 ±0,00 a	21,00 ±0,00 a	9,00 ±0,00a	30,50 ±0,50 a	35,00 ±0,50 a	30,00 ±0,00 a
24h	8,25 ±0,25 a	7,00 ±0,00 a	20,00 ±0,00 a	7,50 ±0,00 a	30,00 ±1,00 a	32,50 ±0,00 a	30,00 ±0,00 a
48h	6,50 ±0,50 b	5,50 ±0,50 b	17,50 ±0,50 b	6,00 ±0,50 a	24,00 ±0,00 b	30,00 ±0,00 b	30,50 ±1,50 a
72h	4,00 ±0,00 b	3,25 ±0,25 b	17,50 ±2,50 b	2,00 ±0,50 b	20,00 ±0,00 b	30,00 ±0,00 b	28,50 ±0,00 a
Estabilidad y claridad a 4°C							
0h	11,00 ±1,00 a	10,00 ±0,00 a	21,00 ±0,00 a	9,00 ±0,00 a	30,50 ±0,50 a	35,00 ±0,50 a	32,00 ±0,50 a
24h	6,50 ±0,50 b	7,00 ±0,50 a	19,50 ±0,50 a	4,00 ±0,50 b	28,50 ±0,50 b	28,00 ±0,50 b	31,50 ±0,50 a
48h	4,00 ±0,00 b	4,50 ±0,50 b	19,00 ±1,00 a	2,00 ±0,50 b	28,00 ±1,00 b	25,50 ±0,00 b	30,50 ±0,00 b
72h	2,00 ±0,00 c	1,25 ±0,25 c	18,50 ±1,50 b	0,00 ±0,00 c	27,00 ±1,00 b	20,00 ±1,00 c	29,50 ±0,00 b

que difieren de los reportados por Mejía-Agüero *et al* (2012), quienes señalan que todas las muestras de harinas de 25 cultivares de yuca evaluadas, formaron geles estables bajo refrigeración, los cuales solo diferían en su grado de firmeza sin manifestar sinéresis, tal como también lo señalan Pérez *et al* (2007). Estas diferencias pudieran atribuirse al hecho que en la presente investigación las suspensiones de harinas fueron preparadas al 4% para evaluar la estabilidad del gel al congelamiento, mientras que Mejía-Agüero *et al* (2012) prepararon dichas suspensiones al 8%, por lo que posiblemente el menor porcentaje de las suspensiones utilizadas no permitieron retener la cantidad de agua suficiente para formar un gel estable. De acuerdo a Elliason y Gudmundsson (1996), el contenido de agua conjuntamente con la temperatura de almacenamiento son factores muy importantes que controlan la velocidad y la magnitud de la retrogradación.

En la Figura 3 se reportan los valores de viscosidad obtenidos a una velocidad de deformación de 30rpm, a las temperaturas de 30, 60 y 90°C. Se aprecia que las harinas de yuca experimentan los mayores valores de viscosidad, en comparación con las de batata y ñame, debido probablemente al mayor contenido de almidón. Cabe destacar que la harina de yuca amarilla muestra una disminución en sus valores de viscosidad conforme aumenta la temperatura, mientras que el resto mantienen su viscosidad constante, por lo que se recomienda su aplicación en alimentos sometidos a procesos de calentamiento y posterior enfriamiento, tales como puré de frutas, salsas, sopas y bebidas instantáneas, entre otros.

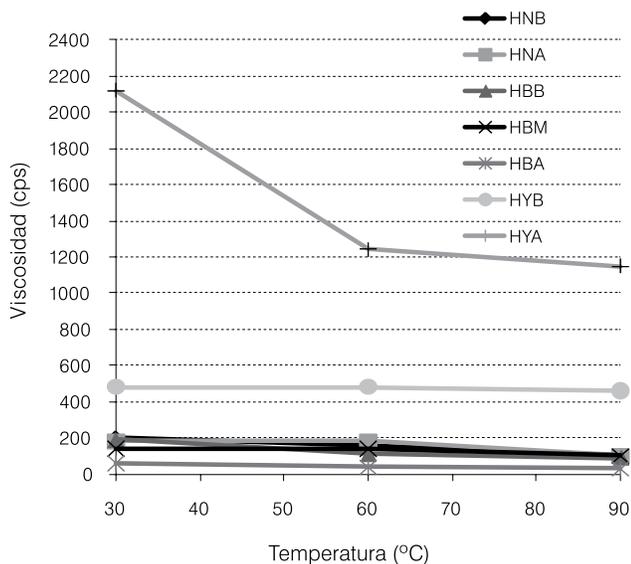


Figura 3. Viscosidad de las harinas crudas de ñame blanco (HNB), ñame amarillo (HNA), batata blanca (HBB), batata morada (HBM), batata anaranjada (HBA), yuca blanca (HYB) y yuca amarilla (HYA), en función del tiempo, a velocidad constante de 30rpm.

#### Propiedades nutricionales

En cuanto a la digestibilidad del almidón, se determinó que el porcentaje de hidrólisis se incrementaba a medida que transcurría el tiempo; el mayor grado de amilólisis *in vitro*, se obtuvo a las 2h de incubación con la  $\alpha$ -amilasa pancreática, con valores promedio de 71,20% para harinas de yuca, 48,03% para ñame y 35,43% para batata. Los bajos valores de digestibilidad obtenidos para la batata, se deben posiblemente a que los gránulos de almidón se encuentran asociados a lípidos y proteínas, con los que forman especies de complejos que retardan la hidrólisis de los enlaces glucosídicos (Parada y Rozowski, 2008). Además, existen otros factores importantes tales como la relación amilosa/amilopectina, el patrón de cristalinidad granular, la relación agua/almidón, el tamaño y forma del gránulo y los parámetros de cocción (Pérez-Navarrete *et al*, 2007).

La dificultad en la digestión del almidón contenido en la harina de batata podría también estar relacionada con el mayor tamaño de los gránulos (25 $\mu$ m) si se le compara con el almidón de yuca o de cereales, cuyas longitudes promedio son de 12 $\mu$ m, aunado al hecho de que se trata de harinas crudas. Por

consecuencia, los contenidos de almidón resistente de las muestras de harinas de batata fueron los que reportaron los valores más altos (entre 73,56 y 87,18%), mientras que para las de ñame fueron de 19,85 y 21,41% y para las de yuca de 17,89 y 19,45%. Mejía-Agüero *et al*. (2012), obtuvieron valores comprendidos entre 7,6 y 19,6% de almidón resistente para diferentes cultivares de

yuca, similares a los reportados en el presente estudio; mientras que Nishimura *et al*. (2011) reportaron valores de 33,9% para harinas crudas de ñame, superiores a los evaluados.

En lo que se refiere a los resultados obtenidos al determinar la digestibilidad de la proteína *in vitro*, se evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, obteniéndose valores entre 11,43 y 12,03%.

#### Conclusiones

Las harinas de yuca, batata y ñame en estudio presentaron características fisicoquímicas deseables, y una composición química representada principalmente por un elevado contenido de fibra dietética y almidón. En cuanto a las propiedades funcionales, destaca la mayor capacidad de absorción de agua y poder de hinchamiento de las harinas de yuca amarilla y de batata morada, así como la mayor solubilidad en agua de todas las muestras de harina de batata. En lo que se refiere al desarrollo de viscosidad, las harinas de yuca se caracterizaron por reportar los valores más elevados; sin embargo, éstos varían por efecto de la temperatura, a diferencia de las suspensiones de harina de batata y

ñame que muestran una gran capacidad para mantener los valores de viscosidad constantes. Respecto a las propiedades nutricionales, los valores más bajos de digestibilidad del almidón fueron reportados para las harinas de batata, lo cual se corresponde con una mayor proporción de almidón resistente; sin embargo, al determinar la digestibilidad de las proteínas no se observaron diferencias entre muestras.

#### AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Consejo para el Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV), por el financiamiento de este trabajo, enmarcado en el Proyecto N° PG-01-7844-2009/1.

#### REFERENCIAS

- Akenson W, Stahmann M (1964) A pepsin pancreatic digest index of protein quality evaluation. *J. Nutr.* 83: 257-261.
- Akissoe N, Hounhouigan J, Mestres C, Nago M (2004) Effect of tuber storage and pre and post blanching treatments on the physicochemical and pasting properties of dry yam flour. *Food Chem.* 85: 141-149.
- Alvarado G, Cornejo F (2010) Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/63911/1/Obtenci%C3%B3n%20de%20harina%20de%20yuca%20para%20el%20desarrollo%20de%20productos%20dulces.pdf>
- Anderson R (1982) Water Absorption and solubility and amylographic characteristic of roll cooked small grain product. *Cereal Chem.* 59: 265-269.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Bedolla S, Rooney L (1984) Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 32: 372-375.
- Bello L, Contreras S, Romero R, Solorza J, Jiménez A (2002) Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca* L.) (var. macho). *Agrociencia* 36: 169-180.

- Benedito C (1994) *Curso de Tecnología de la Panificación y Productos de Panadería*. Universidad Politécnica de Valencia. España. 65 pp.
- Benítez B, Archile A, Rangel L, Ferrer K, Barboza Y, Márquez E (2008) Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Inter-ciencia* 33: 61-65.
- Bou L, Vizcarrondo C, Rincón A, Padilla F (2006) Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. *Arch. Latinoam. Nutr.* 56: 375-383.
- Bressani R, Turcios J, Reyes L, Mérida R (2001) Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *Arch. Latinoam. Nutr.* 51: 309-313.
- Ceballos H, De la Cruz A (2002) Taxonomía y morfología de la yuca. En Ceballos H, Ospina B (Eds.) *La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 17-33.
- Cooke D, Gidley M (1992) Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization. *Carbohydr. Res.* 227: 103-112.
- COVENIN (1996) *Harina de Maíz Precocida 2135*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas. Venezuela.
- COVENIN (2001) *Harina de Trigo. Norma 217*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
- Eliasson A, Gudmundsson M (1996) Starch: physicochemical and functional aspects. En Eliasson AC (Ed.) *Carbohydrates in Food*. Dekker. Nueva York, EEUU. pp. 431-503.
- Espinosa P, Crissman C (1997) *Raíces y Tubérculos Andinos: Consumo, Aceptabilidad, Procesamiento*. Abya-Yala. Quito, Ecuador. 135 pp.
- Fairlie T, Morales M, Holle M (1999). Raíces y tubérculos andinos. En *Avances de Investigación I*. CONDESAN. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. pp. 94-95.
- Fioreze R, Morini B (2000) Yam (*Dioscorea sp.*) drying with different cuts and temperatures: Experimental and simulated results. *Cienc. Tecnol. Alim.* 20: 262-266.
- Freitas R, Paula R, Feitosa J, Rocha S, Sierakowski M (2004) Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. *Carbohydr. Polym.* 55: 3-8.
- Gey K (1990) The antioxidant hypothesis of cardiovascular disease: epidemiology and mechanisms. *Biochem. Soc. Trans.* 18: 1041-1045.
- Giese J (1995) Measuring physical properties of foods. *Food Technol.* 49(2): 54-63.
- Goñi I, García-Díaz L, Mañas E, Saura-Calixto F (1996) Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem.* 56: 445-449.
- Gutiérrez B, Schulz E (1992) Características físicas y químicas de harina blanca y almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.). *Rev. Fac. Agron. UCV* 18: 95-105.
- Han X, Hamaker B (2002) Functional and microstructural aspects of soluble corn starch in pastes and gels. *Starch/Stärke* 52: 76-80.
- Henao S, Aristizábal J (2009) Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. *Rev. Ing. Invest.* 29: 39-46.
- Holm J, Björck I, Asp N, Sjöberg L, Lundquist I (1985) Starch availability in vitro and in vivo after flaking, steam cooking and popping of wheat. *J. Cereal Sci.* 3: 193-197.
- Hou W, Lee M, Chen H, Liang W, Han C, Liu Y, Lin Y (2001) Antioxidant activities of Dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea* spp.) tuber. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4956-4960.
- Hunter Lab Manual. (2001). Hunter Associates Laboratory Universal software version 3.8 ISO 9001 certified.
- Jain P, Hansra B, Chakraborty K, Kurup J (2010) *Sustainable Food Security*. Mittal. Nueva Delhi, India. 391 pp.
- Jayakody L, Hoover R, Liu Q, Donner E (2007) Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* spp.) starches in Sri Lanka. *Carbohydr. Polym.* 10:1016-1023.
- Juliano (1971) A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16: 334-360.
- Kaluza W, McGrath R, Roberts T, Shoroder H (1980) Separation of phenolics of sorghum bicolor. *J. Agric. Food Chem.* 28: 1191-1196.
- Kent N (1994) *Technology of Cereal: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture*. AACC. St Paul, MN, EEUU. pp 234-236.
- Lebot V (2009) Tropical root and tuber crops. Cassava, sweet potato, yams and aroids. CABI. Cambridge, MA, EEUU. 326 pp.
- Mantuano M, Murillo M (2011) *Optimización del Método de Elaboración de Harina a Partir del Germoplasma de Camote (Ipomoea batatas L.) del INIAP*. Tesis. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Ecuador. 120 pp.
- McCready RM, Guggolz J, Silveira V, Owens H (1950) Determination of starch and amylose in vegetables: application to peas. *Anal. Chem.* 22: 1156-1158.
- Mejía-Aguero L, Galeno F, Hernández-Hernández O, Matehus J, Tovar J (2012) Starch determination, amylose content and susceptibility to in vitro amylolysis in flours from the roots of 25 cassava varieties. *J. Sci. Food Agric.* 92: 673-678.
- Navas P, Carrasquero A, Mantilla J (1999) Avances en la caracterización química de la harina de batata (*Ipomoea batatas*) var. Carolina. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 16: 11-18.
- Nishimura N, Tanabe H, Yamamoto T, Fukushima M (2011) Raw chinese yam promotes cecal fermentation and reduces plasma non-HDL cholesterol concentration in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 57: 340-347.
- Pacheco E, Techeira N, García A (2008) Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extrudida de ñame (*Dioscorea alata*). *Rev. Chil. Nutr.* 35: 452-459.
- Palomino C, Molina Y, Pérez E (2010) Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* Schott y *Xanthosoma sagittifolium* Schott. *Rev. Fac. Agron. UCV* 36(2): 58-66.
- Parada J, Rozowski J (2008) Relación entre la respuesta glicémica del almidón y su estado microestructural. *Rev. Chil. Nutr.* 35: 84-92.
- Pérez E (2001) *Caracterización de Harina y Almidones Obtenidos a Partir de Ocumo Chino, Batata y Ocumo Criollo*. Tesis. Universidad Central de Venezuela. 324 pp.
- Pérez E, Pacheco E (2005) Características químicas, físicas y reológicas de la harina y almidón nativo aislado de *Ipomoea batatas*. *Acta Cient. Venez.* 56: 12-20.
- Pérez E, Lares M, González Z, Tovar J (2007) Production and characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flours using different UV irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydr. Polym.* 53: 233-240.
- Pérez-Navarrete C, Betancur D, Casotto M, Carmonay A, Tovar J (2007) Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima. *Arch. Latinoam. Nutr.* 57: 278-286.
- Reátegui D, Maury M (2001) Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. *Rev. Amaz. Invest. Alim.* 1: 43-48.
- Rincón A, Araujo C, Carrillo F, Martín E (2000) Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). *Arch. Latinoam. Nutr.* 50: 286-290.
- Salazar E, Marcano M (2011) La harina de ñame (*Dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. *Saber* 23: 134-140.
- Sánchez T, Alonso L (2002) *Conservación y Acondicionamiento de las Raíces Frescas*. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.
- Sandoval A, Farha I, Fernández A (2007) Comportamiento reológico de harinas y almidones de yuca (*Manihot Esculenta* Crantz) durante un proceso de extrusión. *Rev. Fac. Quim. Farmac.* 14: 6-15.
- Sangronis E, Teixeira P, Otero M, Guerra M, Hidalgo G (2006) Manaca, batata y ñame: posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos Etnias del Amazonas venezolano. *Arch. Latinoam. Nutr.* 56: 77-82.
- Smith RJ (1964) *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol. IV. Academic Press. Nueva York, EEUU. pp. 101-103.
- Scott G, Rosegrant M, Ringler C (2000) *Raíces y Tubérculos para el Siglo XXI. Tendencias, Proyecciones y Opciones de Políticas Alimentarias*. Lima, Perú. 60 pp.
- Techeira N (2009) *Formulación y Evaluación de Productos Alimenticios Dirigidos al Adulto Mayor a Base de Almidones Modificados y Harina de Ñame* (*Dioscorea alata*). Tesis. Universidad Central de Venezuela. 341 pp.
- Thomas D, Atwell W (1999) *Starches. Practical Guide for The Food Industry*. Eagan. St. Paul, MN, EEUU. pp. 1-12.
- Tsou S, Hang T (1992) The nutrition and utilization of sweet potato. En Hill WA, Bonsi CK, Lorilan PA (Eds.) *The Sweet Potato Technology for the 21st Century*. Japón.
- Yupanki E, Aliaga E, Espinoza A, Martínez V (2011) Evaluación de la harina de *Dioscorea amacchensis* Knuth como fuente de nutriente del distrito de Catac, provincia de Recuay, Ancash. *Aporte Santiaguino* 4(1): 27-31.