

## Functional Properties of Starch Yam (*Dioscorea bulbifera*, *Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*)

Javier Espitia<sup>a</sup>, Jairo G. Salcedo<sup>b\*</sup>, Carlos A. Garcia<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Institución Educativa Julio C. Miranda San Antero. Córdoba, Colombia.

<sup>b</sup>Programa de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre. Sincelejo, Sucre, Colombia. \*e-mail: jairo.salcedo@unisucra.edu.co

### Abstract

The physicochemical and rheological properties of three yam (*D. bulbifera*, *D. trifida* and *D. esculenta*) species were studied using a completely random with unifactorial arrangement design. The results presented significant differences ( $p < 0,05$ ) with a water absorption capacity between 134 % and 165 %, electrical capacity between 100,7  $\mu\text{ohms cm}^{-1}$  to 1730  $\mu\text{ohms cm}^{-1}$  and Solubilities values at 30 °C, 50 °C and 70 °C of 15,1 % to 13,8, 13,9 to 15,5 % and 14,0 to 15,4 % respectively. The amylose content showed values between 2,9 % and 19,32 %, gelatinization temperature between 79 °C and 79,9 °C, pH values between 6,1 to 7,8. Overall species of yam exhibited pseudoplastic behavior. The functional properties of native of yam starch *D. trifida* and *D. esculenta* species be showed attractions for use as stabilisers to freezing and thawing, starch of the species *D. trifida* species can be applied to bakery products due its greater water capacity retention, maximum viscosity at 90 °C (543 U.B.) and low resistance to the syneresis. The properties exhibited by the native starches provide alternatives to increase its resistance to stressful treatments using physicochemical changes.

**Key words:** yam, physicochemical properties, viscosity, pseudoplastic behavior.

## Propiedades Funcionales de Almidones de Ñame (*Dioscorea bulbifera*, *Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*)

### Resumen

Las propiedades fisicoquímicas y reológicas de tres especies de ñame (*D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta*) fueron estudiadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo unifactorial. Los resultados presentando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con una capacidad de retención entre 134 y 165 %, capacidad eléctrica de 100,7  $\mu\text{ohms cm}^{-1}$  a 1730  $\mu\text{ohms cm}^{-1}$ , solubilidades a 30 °C, 50 °C y 70 °C entre 13,8 a 15,1 %, 13,9 a 15,5 % y 14,0 a 15,4 % respectivamente, contenido de amilosa entre 2,9 and 19,32 %, temperatura de gelatinización entre 79 y 79,95 °C, pH entre 6,1 a 7,8 y un comportamiento pseudoplástico. Las propiedades funcionales de los almidones nativos de las especies de ñame *D. trifida* y *D. esculenta* los hacen atractivos para el uso como estabilizantes a la congelación y descongelación, el almidón de la especie *D. trifida* se puede aplicar en productos de panadería y repostería por su mayor capacidad de retención de agua, máxima viscosidad a 90 °C (543 U.B.) y la baja resistencia a la sinéresis. Las propiedades exhibidas de los almidones nativos brindan alternativas para aumentar su resistencia a tratamientos estresantes mediante modificaciones fisicoquímicas.

**Palabras clave:** ñame, propiedades fisicoquímicas, viscosidad, comportamiento pseudoplástico.

## Introducción

El ñame es un cultivo de pequeños y medianos agricultores que constituyen en muchas regiones la principal fuente de empleo rural y oferta de alimento a sus pobladores [1]. Se reporta un total de 29 mil hectáreas sembradas, concentradas en 25 municipios de los Montes de María entre Sucre y Córdoba con exportaciones de 4200 toneladas a Centro América y Estados Unidos [2]. En Colombia se encuentran las especies ñame criollo (*D. alata*), ñame espino (*D. rotundata*), ñame papa (*D. bulbifera*), ñame azúcar (*D. esculenta*) y ñampín (*D. trifida*). Se considera que *D. alata* y *D. rotundata* son las especies de mayor importancia tanto por el área sembrada como por la demanda del tubérculo, caso contrario para las especies *D. trifida*, *D. bulbifera* y *D. esculenta* donde el área sembrada es muy reducida. El ñame (*Dioscorea* sp.) es un producto característico de la franja del trópico y forman parte de la dieta diaria de las personas que viven en estas regiones. A pesar de esto, las nuevas generaciones y las facilidades del comercio actual han llevado a experimentar con nuevos productos, dejando un poco de lado el consumo tradicional de estas raíces [3].

El objetivo de este estudio es conocer las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones nativos de las especies de ñame *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta* para valorar estos almidones como materia prima en aplicaciones industriales alimentarias y no alimentarias, que contribuya a evitar la desaparición del germoplasma de las especies, porque no existen alternativas de comercialización y agroindustrialización viables que incentiven a este cultivo en Colombia.

## Parte Experimental

Los rizomas de ñame *D. trifida*, *D. esculenta* y *D. bulbifera* que pertenecen al banco de germoplasma en zonas de la Costa Atlántica que comprenden principalmente los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar fueron suministrados por la Universidad de Córdoba, Colombia. La obtención del almidón de ñame se realizó en forma manual y consistió en el lavado, pelado, rallado de los rizomas, extracción con agua, sedimentación y secado artificial. El material rallado se suspendió en una solución de amoníaco (0,03 M) con el objetivo de retirar los mucílagos [4]. El almidón se secó a 40 °C hasta que se obtuvo una humedad de 10 - 12 % en base seca.

## Análisis proximal

Se utilizaron métodos basados en las normas Official Methods of Analysis [5]. La determinación de cenizas según método 7.009/84; humedad por el método 7.003/84; extracto etéreo según método

7.060/84, 920.39/90; proteína total según método Kjeldahl 2001.11 y fibra bruta por el método 930.20. El contenido de amilosa se determinó por la norma ISO [6]. Para la determinación de acidez total se usó el método 10.039/84, 950.07/90 de la AOAC adaptado.

## Determinación de las propiedades funcionales

Para determinar la capacidad de retención de agua (C.R.A.) se preparó una suspensión al 10% de almidón con agua destilada a 30 °C, se transfirieron 15 g a un tubo de ensayo, centrifugando a una velocidad de 3500 rpm por 30 min y el agua libre se removió y se pesó. En la determinación del pH y conductividad eléctrica, se prepararon suspensiones acuosas al 10 % (p/v) de almidón a 20 °C, las mediciones se realizaron utilizando un pHmetro 691 Metroh [7] y para medir la conductividad eléctrica un conductímetro multiparametro WTW Multi 340i [8]. En la cuantificación de la solubilidad en agua fría y caliente se preparó una muestra de 15 g de suspensión de almidón al 10 % (p/v) y se agitó manualmente en un tubo de ensayo, se centrifugó a 3500 rpm por 15 min a 30 °C, 50 °C y 70 °C. Una vez centrifugada, la masa de líquido sobrenadante se pesó, se transfirieron 5g a una cápsula y se secó en estufa de aire caliente a 105 °C hasta peso constante [9], la solubilidad se determinó por la siguiente expresión:

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{Masa sólido en la capsula} \times \text{Masa total sobrenadante}}{\text{Muestra de sobrenadante a secar} \times \text{Masa total de almidón en la suspensión}} \times 100 \quad (1)$$

Las propiedades reológicas de las suspensiones de almidón al 8 % (p/v) fueron determinadas con un viscosímetro Haake Rotovisco RV20 deformando cada 50 rpm desde 50 rpm hasta 500 rpm primero en forma ascendente y luego en forma descendente y tomándose la lectura de la tensión tangencial ( $\tau$ ) a intervalos de tiempo de un minuto. Las lecturas de esfuerzo cortante se hicieron a 50 y 70 °C. En la estimación del comportamiento de la pasta en caliente y en frío, se prepararon suspensiones con 8 % (p/v) de almidón, se midió de manera continua la viscosidad durante su cocción y enfriamiento, la suspensión de almidón en agua se calentó en la cápsula del sistema sensor NV agitando a velocidad constante (350 rpm) y calentando rápidamente hasta 50 °C a una velocidad de calentamiento de aproximadamente 1,5 °C min<sup>-1</sup>. Seguidamente, se calentó a 90 °C por 20 min, se enfrió hasta 50 °C a una velocidad de 1,5 °C min<sup>-1</sup> y se mantuvo a 50 °C por 20 min. En la evaluación de la resistencia a la congelación, se prepararon geles al 2 % (p/v) de almidón, se empacaron en bolsas plásticas, luego se congelaron a -10 °C durante dos semanas, se tomaron 5 g de gel en tubos de ensayo, se centrifugaron a 360 rpm durante 15 min para medir la sinéresis. La sinéresis fue determinada como el porcentaje de la ración de masa separada del líquido en la porción de gel inicial.

## Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo unifactorial categórico con 3 niveles correspondientes a las especies de ñame (*D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta*) y 9 repeticiones para un total de 27 unidades experimentales. Las medias de las variables respuesta análisis composicional, propiedades funcionales y reológicas de los tratamientos que presentaron diferencias significativas a un nivel del 5% se compararon con el test de Tukey. Se utilizó Statgraphic Plus versión 5.0.

## Discusión de resultados

Los resultados del análisis proximal en base seca (Tabla 1) indican que existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los componentes para los almidones nativos de *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta*. Presentan una pureza interpretada como almidón entre el 93,6 a 95,3 %, valores cercanos a los presentados por Hurtado y Dufour [10]; Hurtado *et al.* con valores del 94,0 % [5] y 91,4 % ñame *D. trifida* [11] e inferiores al ñame comercial, blanco y purpura (99,71 a 99,9 %) [12]. El contenido de amilosa presenta valores menores comparado con almidones de ñame *D. alata* y *D. rotundata* [13] y otros tubérculos como yuca valencia 37 % [14]. La baja proporción de amilosa, especialmente en las especies de ñame *D. trifida* y *D. esculenta*, representa una elevada cantidad de amilopectina en el almidón confiriéndole características de geles que alcanzan mayor volumen [15] y una mayor capacidad de hinchamiento.

**Tabla 1.** Análisis composicional de los almidones nativos de ñame

| Componentes (%) | <i>D. bulbifera</i> | <i>D. trifida</i> | <i>D. esculenta</i> |
|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Materia seca    | 95,94±0,02a         | 92,63±0,37b       | 90,18±1,53c         |
| Proteína        | 2,56±0,02a          | 1,32±0,03b        | 1,03±0,06c          |
| Ceniza          | 0,56±0,08ab         | 0,41±0,06a        | 0,64±0,08b          |
| Fibra           | 2,12±0,35a          | 1,46±0,24b        | 0,47±0,05c          |
| E. Etéreo       | 0,21± 0,09a         | 0,213±0,01a       | 0,026±0,1b          |
| Almidón         | 95,33±0,57a         | 93±1,52a          | 93,66±1,0a          |
| Amilosa         | 19,32±0,72a         | 3,72±0,51b        | 2,90±0,5b           |

En las propiedades funcionales de los almidones nativos de ñame *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta* (Tabla 2), se observa que las capacidades de retención de agua (C.R.A) de los almidones de estas especies de ñame son mayores que las C.R.A de almidones de *D. alata* [16] y semejantes a almidones de *D. rotundata* [17]. Los almidones modificados enzimáticamente de *D. trifida* presentaron menores CRA en comparación con el almidón nativo de esta especie, comportamiento que se debe al aumento de los gránulos fragmentados producto de la acción enzimática [18]. En almidón de cebada oxidado a altos niveles del agente oxidante la reducción de la capacidad de enlazar agua se debe a la presencia de los grupos carbonilo y carboxilo, además de la despolimerización del almidón y el efecto de la hidrólisis de la amilopectina [19] y en maíz acetilado se incrementó respecto al nativo [20].

**Tabla 2.** Propiedades funcionales de almidones nativos de ñame

| Propiedades  | <i>D. bulbifera</i> | <i>D. trifida</i> | <i>D. esculenta</i> |
|--|---------------------|-------------------|---------------------|
| C.R.A. (% p/p)                                       | 165,66±5,07a        | 186,00±6b         | 134,33±10,6c        |
| pH   | 6,18±0,046a         | 7,80±0,03b        | 6,45±0,03c          |
| Acidez (mg ácido láctico)                            | 0,40±0,005a         | 0,063±0,05b       | 0,106±0,01c         |
| Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{ohms cm}^{-1}$ ) | 1332,67±61,7a       | 1730,0±85b        | 100,77±21,12c       |
| Solubilidad 30°C (% p/p)                             | 13,88±0,33a         | 14,43±0,47a       | 15,15±0,78a         |
| Solubilidad 50°C (% p/p)                             | 13,90±0,0a          | 14,50±0,1a        | 15,46±0,0a          |
| Solubilidad 70°C (% p/p)                             | 14,04±0,07a         | 14,67±0,2a        | 15,46±0,4a          |
| Sinéresis  | 60,23±0,42a         | 52,2±0,56b        | 55,13±0,56c         |

En general, las tres especies presentaron en promedio un rango de pH neutro, lo cual favorece su aplicación en mezclas con otros tipos de alimentos. Los valores obtenidos para la acidez, muestran que el almidón de *D. bulbifera* posee el mayor valor; aun así, todos los resultados reflejan una acidez bastante baja, lo cual se podría justificar al revisar los valores de pH para los almidones evaluados. El almidón del ñame *D. esculenta* presentó el menor valor pH que el obtenido por las demás especies, las cuales mostraron conductividades eléctricas en un rango más elevado, destacándose la especie *D. trifida* con un valor de  $1730 \mu\text{ohms cm}^{-1}$ , el cual es mucho más alto que el dato reportado para el almidón nativo de yuca de  $190,7 \mu\text{ohms cm}^{-1}$ . Estos valores de conductividad se correlacionan con

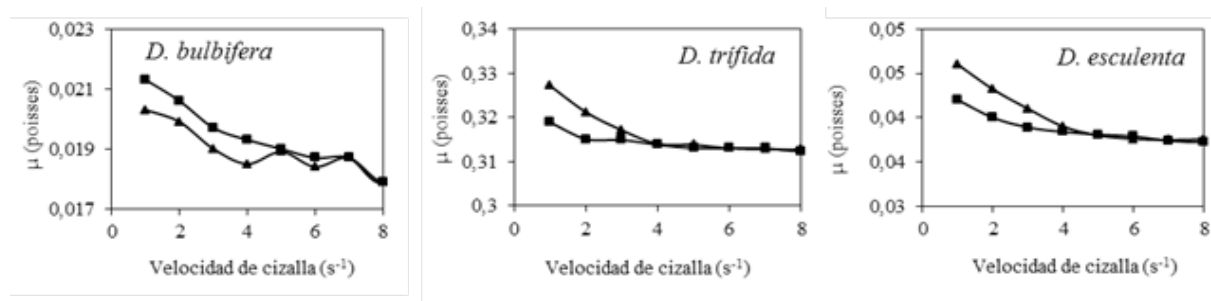
los valores obtenidos de pH, donde el cambio de pH del almidón nativo a pH ácido en los almidones modificados, es el principal factor que interviene en la conductividad eléctrica.

Las solubilidades de las especies de ñame *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta* evaluados a temperaturas 30, 50 y 70 °C no presentaron diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza con valores entre 13,8 y 15,4 %, siendo superiores que en las variedades de *D. alata*, *D. rotundata*, yuca [16,17,21]; almidón cereo de ñame [12], ñame *D. trifida* [11], cebada [19] y amaranto [22]; y más bajos que en amaranto modificado con tratamiento ácido, maíz céreo fosfatado y succinado [22].

La evaluación de la estabilidad a la refrigeración y congelación consiste en verificar la expulsión del agua (sinéresis) contenida en los geles como consecuencia de la reorganización de las moléculas del almidón. La especie *D. bulbifera* con el mayor contenido de amilosa de la especies estudiadas, presentó el mayor valor de sinéresis (60,2 %) mientras que la especie *D. trifida* registró el menor valor (52,2 %). Estos almidones tienen menores valores de sinéresis con respecto a las especies *D. alata* y *D. rotundata* [16,17]. Los almidones de las especies *D. trifida* y *D. esculenta* poseen un porcentaje de sinéresis bajo con respecto al almidón de papa (67,0 % p/p), lo que podría conferirle propiedades adecuadas a los productos congelados tales como deditos, empanadas y salsas para relleno.

La viscosidad aparente en función de la velocidad de cizalla a 50 °C en las suspensiones de almidones de las

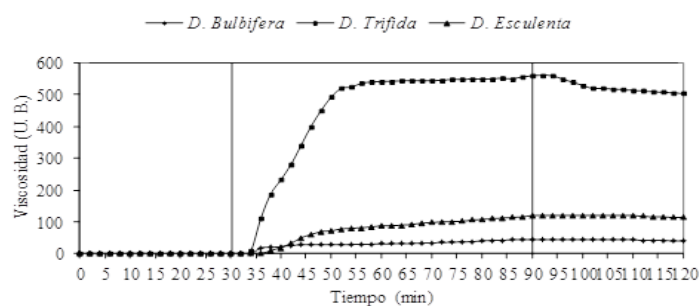
especies *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta* (Figura 1) muestran un decremento lento de la viscosidad con el incremento de la velocidad, indicando que las soluciones de almidón se ablandan resultando en un comportamiento pseudoplástico. En el rango de velocidades de cizalla de 5,0 a 4,5 s<sup>-1</sup> las suspensiones de los almidones de las especies *D. trifida* y *D. esculenta* se comportan como líquidos no newtonianos e independientes del tiempo; cuando la velocidad de cizalla es superior a 5,0 s<sup>-1</sup> el comportamiento es no newtoniano dependiente del tiempo (tixotrópico). En la suspensión de almidón de la especie *D. bulbifera* se aprecia un comportamiento de fluido no newtoniano y tixotrópico en todo el rango de aplicación de velocidad de corte.



**Figura 1.** Viscosidad aparente (poises) para almidones de ñame como función de la velocidad de cizalla con tratamiento ■: n-ascendente y ▲: n-descendente.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de las suspensiones de los almidones nativos de las diferentes variedades de *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta* durante su calentamiento y posterior enfriamiento. El almidón de *D. trifida* con la menor temperatura de gelatinización, posee el mayor poder espesante de los tres almidones al presenta el mayor pico de viscosidad a 90 °C y el menor índice de gelificación, lo que muestra una mayor tendencia a formar geles. Los almidones presentan viscosidad baja respecto a productos como almidón de plátano y almidón

modificado por oxidación de 3113 U.B. y 703,5 U.B. [23] respectivamente, yuca con 600 U.B., camote de 160 a 450 U.B. y ñame (*Dioscorea sp.*) con valores pico de 781, 756 y 1282 U.B., variabilidad asociada a la estructura de los almidones [3]. Todos los almidones presentan una viscosidad estable cuando son enfriados. Este criterio debe tenerse en cuenta al momento de pensar en incorporar el almidón a algún producto que necesite enfriamiento durante su preparación.



**Figura 2.** Viscoamilograma de los almidones nativos de ñame.

Las especies *D. trifida*, *D. esculenta* y *D. bulbifera* presentaron temperaturas de gelatinización de 75,25 °C, 79,75 °C y 79,0 °C respectivamente, las cuales son superiores a las temperaturas de gelatinización presentada por otros almidones como el de la arroz (68-74-78 °C), maíz (62-67-72 °C), yuca (59-64-69 °C), Sorgo (68-74-78 °C) y papa (58-63-68 °C) [15] y superiores a las de ñame genotipo amazónico blanco (76,8 – 77 °C), purpura claro (75,5 – 76,9 °C) y purpura oscuro (77 – 80 °C) [12].

## Conclusiones

El contenido de amilosa de *D. trifida* y *D. esculenta* son lo suficientemente bajo con respecto cereales y otros tubérculos nativos, que los hacen atractivos para modificaciones fisicoquímicas para uso en la preparación de alimentos, de adhesivos y papel. La capacidad de retención de agua en el almidón de la especie *D. trifida* fue mayor por lo cual se recomienda su aplicación en productos de panadería y repostería, no descartando la utilización de los almidones de las restantes variedades, pues poseen capacidades de retención de agua aceptables. Las solubilidades de estos almidones se encuentran alrededor del 14 %, una solubilidad alta con respecto a otras especies de ñame, de yuca, maíz, potencializando su uso en alimentos procesados de bajos tratamientos térmicos. Los almidones de las especies de ñame *D. trifida* y *D. esculenta* pueden desempeñar un papel en la estabilidad a la congelación y descongelación. La investigación de las propiedades funcionales de los almidones nativos de las especies de ñame *D. bulbifera*, *D. trifida* y *D. esculenta* brindan alternativas para determinar el alto potencial de estos en el campo de la industria de alimentos, no descartando la posibilidad de aumentar su potencial mediante su modificación de algunas propiedades de resistencia a ciertos tratamientos estresantes debido a las exigencias industriales.

## Agradecimientos

Al programa de Investigación Participativa para la Producción y Transformación Sostenible del Ñame (*Dioscorea sp.*) en la Costa Atlántica, Colciencias, Universidad de Córdoba, Universidad de Sucre, Corpoica, a los egresados del programa de Ingeniería de alimentos de la Universidad de Córdoba Franklin Gómez M, por sus aportes en esta investigación,

## Referencias Bibliográficas

1. Corpoica, Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias. "Variedades de Ñame criollo para la Región Caribe Colombiana". Colombia (2003).
2. ICA, Instituto colombiano Agropecuario. "Exportación de ñame de la mano del ICA". <http://www.ica.gov.co>. [Accedido: 2011]
3. Vargas, P. y Hernández, D.: "Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria". *Tecnología en Marcha*, Vol. 26, No. 1 (2013) 37-45.
4. Moorthy, S.N.: "Extraction of starches from tuber crops using ammonia". *Carbohydrate polymers*, Vol. 16, (1991) 7.
5. Hurtado, J., Ortiz, R., Rodríguez, G. y Dufour, D.: "Seminario técnico sobre raíces y tubérculos autóctonos, (Procesamiento de ñame, *Dioscorea alata*, *D. Rotundata*)", Ibagué, Colombia, 1997.
6. ISO 6647. Norma de la organización internacional para la estandarización sobre determinación de amilosa. Génova, Suiza (1987).
7. Kaur, C. y Kapoor, H.: "Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables". *Int. J. Food Sci. Technol*, Vol. 37, (2002) 7.
8. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: "Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos". 3. ed. São Paulo: IMESP. (1985).
9. Wang, S.; J. Yu, J.; Gao, W.; Pang, J.; Chen, H. y Liu, H.: "Granule structure of C-type Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb var. Zhongbowen) starch by acid hydrolysis". *Food Hydrocol*, Vol. 10, (2007) 4.
10. Hurtado, J. y Dufour, D.: "Análisis comparativo de las propiedades Funcionales de diversos almidones de raíces y tubérculos autóctonos de Colombia: Potencialidades de uso". Colombia, 1999.
11. Acuña, H.: "Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*Dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados". Tesis Especialización, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. (2012).
12. Pérez, E., Gibert, O., Rolland-Sabaté, A., Jiménez, Y., Sánchez, T., Giraldo, A., Pontoire, B., Guilois, S., Lahon, M.C., Reynes, M. y Dufour, D.: "Physicochemical, Functional, and Macromolecular Properties of Waxy Yam Starches Discovered from "Mapuey" (*Dioscorea trifida*) Genotypes in the Venezuelan Amazon". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 59, No. 1 (2011) 263-273.
13. Alvis, A., Vélez, C., Villada H. y Rada-Mendoza, M.: "Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas". *Información Tecnológica*, Vol. 19, No. 1 (2008) 9.
14. Vargas, P., Araya, Y., López, R. y Bonilla, R. "Características de calidad y digestibilidad in vitro

- del almidón agrio de yuca (*Manihot esculenta*) producido en Costa Rica. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos". Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Vol. 3, No. 1 (2012) 001-013.
15. BeMiller, J. y Whistler, R.: "Starch: Chemistry and Technology". Third Edition. Academic Press is an imprint of Elsevier (2009).
  16. Díaz, A.M. y Garay, A.: "Evaluación de las propiedades tecnofuncionales de los almidones de ñame a partir de cinco variedades de *Dioscorea alata* (9506-027, 9403-001, 9605-047, 9506-021, 9506-025)". Tesis de Pregrado, Universidad de Córdoba, Montería (2004).
  17. Lamadrid, J. y Merlano, R.: "Evaluación de las propiedades tecnofuncionales del almidón de ñame a partir de cuatro variedades de *Dioscorea rotundata* (9811-076, 9811-079, 9811-090, 9603-041)". Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba, Montería (2006).
  18. Carmona, J. y Paternina, S.: "Evaluación de la modificación vía enzimática del almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) utilizando  $\alpha$ -amilasa (TERMAMYL® 120 L, TIPO L) para sus posibles aplicaciones industriales". Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba, Montería (2007).
  19. Mello El Halala, S., Colussia, R., Zanella, V., Bartz, J., Radunza, M., Villarreal, N., Guerra, A. y Zavarezea, E.: "Structure, morphology and functionality of acetylated and oxidised barley starches ". Food Chemistry, Vol. 168, (2015) 1247-256.
  20. Ayucitra, A.: "Preparation and characterisation of acetylated corn starches". International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 3, (2012) 156-159.
  21. Guízar, A., Montañéz, J. y García, I.: "Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea spp*)", Rev. Iber. Tecnología Postcosecha, Vol. 9, No. 1 (2008) 7.
  22. García, A.: "Obtención y caracterización de almidones modificados y su aplicación como agentes encapsulantes del bioinsecticida *Bacillus thuringiensis*". Tesis Ingeniero Químico en Alimentos. Universidad autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro (2011).
  23. García-Tejeda, Y., Zamudio-Flores, P., Bello-Pérez, Romero-Bastida, L. y Solorza-Feria, J.: "Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica". Revista Iberoamericana de Polímeros, Vol. 12, No. 3 (2011) 125-135.

Recibido el 04 de Febrero de 2015

En forma revisada el 07 de Marzo de 2016