



SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente
ISSN 1315-0162
saber@udo.edu.ve
Universidad de Oriente
Venezuela

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO DEL ALMIDÓN NATIVO DE ÑAME CONGO (Dioscorea bulbifera L.)

Meaño Correa, Ninoska; Ciarfella Pérez, Ana; Dorta Villegas, Ana

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO DEL ALMIDÓN NATIVO DE ÑAME CONGO (Dioscorea bulbifera L.)

SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, vol. 28, núm. 2, 2016

Universidad de Oriente

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427749623007>

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y PERFIL VISCOAMILOGRÁFICO DEL ALMIDÓN NATIVO DE ÑAME CONGO (Dioscorea bulbifera L.)

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND
VISCOAMIOGRAPHIC PROFILE OF NATIVE
STARCH OF CONGO YAM (Dioscorea bulbifera L.)

Ninoska Meaño Correa / ninoska.meano@udo.edu.ve
Universidad de Oriente, Venezuela
Ana Ciarfella Pérez
Universidad de Oriente, Venezuela
Ana Dorta Villegas
Universidad de Oriente, Venezuela

Resumen: Los almidones nativos pueden presentar propiedades funcionales deseables para ciertas aplicaciones. Parámetros como la cristalinidad, la birrefringencia, distribución del tamaño granular, la gelatinización y retrogradación pueden ayudar a explicar la estabilidad del biopolímero y por tanto sugerir su aplicación adecuada. Es por ello que se estudió la morfología y viscoamilografía del almidón nativo de ñame congo. Para ello, se recolectaron bulbilos en la población de Santa Ana del estado Anzoátegui, Venezuela. Se extrajo el almidón y se determinaron las propiedades morfológicas (tamaño y forma de los gránulos) con las técnicas de microscopía de luz polarizada, microscopía electrónica de barrido, distribución del tamaño granular, la cristalinidad se evaluó mediante difracción de rayos X y el perfil viscoamilográfico se obtuvo con un micro-viscoamílogo Brabender. El almidón mostró que posee una distribución granular bimodal, con un intervalo del diámetro granular entre 0,417 μm y 69,183 μm y un área específica de superficie de 482 m^2/kg . Los gránulos grandes se encuentran en mayor proporción (93,12%) y su forma se asemeja a una pirámide de vértices redondeados, mientras que los gránulos pequeños son ovalados. El almidón presenta un porcentaje de cristalinidad de 35,69%, tiene una alta temperatura de gelatinización (82,3°C), es estable a altas temperaturas y forma geles, denotando que sus gránulos tienen una estructura interna muy estable y fuerzas intermoleculares fuertes. Este almidón puede ser utilizado en preparaciones que requieran un gel firme y estable a altas temperaturas.

Palabras clave: Gelatinización, viscosidad, microscopía, cristalinidad, rayos-X.

Abstract: Native starches may have desirable functional properties for certain applications. Parameters such as crystallinity, birefringence, grain size distribution, gelatinization and retrogradation may help explain the stability of the biopolymer and thus suggest its proper application. This is why the viscoamylography and the morphology of native starch from yam congo were studied. To do this, bulbils were collected in the town of Santa Ana of Anzoategui State, Venezuela. Starch was extracted and morphological properties (size and shape of the granules) were determined with the techniques of polarized light microscopy, scanning electron microscopy, grain size distribution; the crystallinity was evaluated by X-ray diffraction and the profile of starch viscoamylograph viscosity was determined using a Brabender viscoamylograph. The study showed that the starch possesses a granular bimodal distribution, with a range of granular diameter between 0.417 μm and 69.183 μm , and a specific surface area of

Ninoska Meaño Correa, Ana Ciarfella Pérez, Ana Dorta Villegas.

CARACTERIZACIÓN
MORFOLÓGICA Y PERFIL
VISCOAMILOGRÁFICO DEL
ALMIDÓN NATIVO DE ÑAME
CONGO (Dioscorea bulbifera L.)

SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, vol. 28, núm. 2, 2016

Universidad de Oriente

Recepción: 01 Febrero 2015
Aprobación: 01 Diciembre 2015

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427749623007>

482 m²/kg. The large granules are found in greater proportion (93.12%) and their shape resemble a pyramid with rounded corners, while the small granules are oval in shape. The starch has a degree of crystallinity of 35.69%. Gelatinization temperature is high (82.3°C), remains stable at high temperatures and form gels, showing that its granules have a stable internal structure and strong intermolecular forces. This starch can be used in preparations requiring a strong and stable gel at high temperatures.

Keywords: Gelatinization, viscosity, microscopy, crystallinity, X-ray.

INTRODUCCIÓN

Los bulbilos de plantas tropicales (tales como el ñame congo) son utilizados como fuente alimentaria por las poblaciones del trópico, estas plantas están bien adaptadas a las condiciones agroclimáticas tropicales lo que permite su crecimiento en abundancia; sin embargo, su cosecha se realiza de manera artesanal. Estos cultivos son eficientes y suministran las calorías esenciales en esas regiones, por lo que han sido considerados como la “quintaesencia” de los cultivos de subsistencia (FAO 1998).

La investigación de estos cultivos tropicales se ha enfocado más en el estudio de sus propiedades genéticas y agronómicas, pero poco se ha estudiado sobre su valor agregado; extrayendo harinas, almidones y evaluando el empleo de estos productos en la industria alimentaria, aspecto de importancia para su competitividad a escala internacional. En consecuencia, el maíz, el trigo y la papa siguen dominando los mercados mundiales de almidones de las industrias de alimentos (FAO 1998).

Las propiedades fisicoquímicas de los gránulos del almidón, su morfología y la distribución son parámetros importantes para ciertas aplicaciones. Por ejemplo, los gránulos pequeños del almidón de arroz lo hacen muy adecuado para el acabado de las telas finas y para los cosméticos para la piel. Un almidón como el del trigo no podría utilizarse debido a la distribución bimodal de sus gránulos, cuya dimensión media varía de 6,5 a 19,5 micras (FAO 1998).

En los rangos de temperatura, en la cual la gran mayoría de los alimentos son sometidos a la acción del calor o procesados, el almidón experimenta cambios físicos y químicos. Las diferentes transformaciones que ocurren son dependientes de la cantidad de agua presente, la temperatura y la razón del flujo calorífico que se le suministra durante el proceso. Cuando el almidón es hidratado y calentado, se observan cambios químicos, de textura y estructurales los cuales influyen de manera considerable en la calidad del producto final cuando éste es incorporado, por ejemplo en la fabricación de pan, tortillas y jugos (Rodríguez et al. 2001).

Para estudiar los cambios de viscosidad que se producen durante el calentamiento y posterior enfriamiento de una suspensión de almidón, se emplea un viscoamilografo, el cual a una velocidad constante de cizallamiento, evalúa parámetros como gelatinización, retrogradación y viscosidad.

En este trabajo se caracterizó morfológicamente el gránulo del almidón nativo de ñame congo y se estableció su perfil viscoamiloográfico con el fin de generar información que permita ampliar el espectro de uso de

este rubro, con el de incrementar su valor agregado y su demanda en el mercado interno y externo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Aproximadamente 5 kg de bulbilos de ñame congo fueron recolectados en un cultivo casero en la población de Santa Ana, municipio Santa Ana del estado Anzoátegui. Todas las muestras fueron tomadas de una planta de aproximadamente veinte meses de edad, cultivada sin utilización de fertilizante, en clima de sabana con temperaturas que oscilan entre 20 y 28°C, altitud de 150 msnm y suelos arcillosos.

Extracción del almidón

Para extraer el almidón nativo de la porción comestible se empleó la metodología descrita por Pérez et al. (1993), para ello se cortaron las muestras en cubos pequeños entre 1-1,5 cm y se licuaron en un equipo marca Oster a velocidad máxima por dos minutos, agregando agua destilada en una relación 1:2 (pulpa:agua). Después de licuar se centrifugó a 6.000 rpm, luego se eliminó la capa de polisacáridos no amiláceos, se resuspendió y se repitió el proceso. El licuado se tamizó con tela de muselina y el residuo se licuó nuevamente para una mejor extracción del almidón. La lechada se centrifugó a 6.000 rpm durante 15 min en una centrifugadora marca Damon IEC Division. Se limpió la superficie de sedimento de impurezas visibles, se resuspendió nuevamente en agua destilada y se centrifugó, repitiéndose este procedimiento hasta que se obtuvo un almidón totalmente libre de impurezas visibles. El almidón se colocó durante 24 h en un deshidratador de bandejas con corriente de aire (marca Mitchel, modelo 645159), a 45°C. Seguidamente se molió en una licuadora marca Oster y se tamizó a través de un tamiz de 60 mesh.

Análisis microscópico del almidón

Microscopía de luz polarizada (MLP)

La microscopía óptica de los almidones fue realizada con un microscopio de luz polarizada (Leitz, Wetzlar, Alemania) con un objetivo 40X (Nikon Optiphot-2). La captura de las imágenes se hizo con un software Pixela Image Mixer ver 3.0 (Pixela Corporation, Japón). Se utilizó agua destilada como dispersante del almidón, tal como lo describe Sívoli et al. (2007).

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Para obtener las micrografías del almidón se usó un microscopio electrónico de barrido (Hitachi, Scanning Electron Microscopy, S-2400), trabajando con un haz de energía de 10 a 15kV y una bomba de vacío a 0,98 Torr de presión. Las muestras fueron fijadas en grafito y cubiertas con platino (Sívoli et al. 2007).

Distribución del tamaño granular del almidón

La distribución del tamaño de los gránulos de almidón se determinó con un instrumento de dispersión de luz Mastersizer 2000, utilizando agua como dispersante. Posteriormente las muestras se colocaron en el difractómetro y se analizaron según la metodología descrita por Malvern (2009), generando información del área superficial específica, diámetro de volumen proyectado (μm) y diámetro medio de superficie proyectada (μm).

Difracción de rayos-X

El patrón de difracción de rayos-X se obtuvo con un difractómetro de polvo marca PANalytical modelo X'PertPRO, equipado con un programa de análisis de datos. Las condiciones de operación fueron las siguientes: radiación monocromática Cu-K α ($\lambda = 1,542 \text{ \AA}$); voltaje: 40 kV, corriente: 40 mA, velocidad de corrida: 0,05° 2 Θ /10s, se barrieron ángulos de 2° a 40° y la velocidad de giro de la muestra fue de 30 rpm. Las áreas cristalinas y la fracción amorfa se cuantificaron por ajuste de los patrones de difracción con el programa PeakFit v4 para win32 (Jadel Scientific, Estados Unidos de América). El grado de cristalinidad relativa se determinó mediante la relación entre el área total de la fracción cristalina (picos) y el área total de la fracción cristalina más el área de la fracción amorfa, según la siguiente relación:

Cristalinidad Relativa (CR)% = $\frac{\text{área de la fracción cristalina}}{\text{área de la fracción cristalina} + \text{área de la fracción amorfa}} \times 100$

Perfil viscoamilográfico del almidón

Para la realización de los ensayos de viscosidad se empleó un Micro Viscoamiloógrafo Brabender Modelo Pt 100. El perfil amilográfico del almidón fue realizado con una suspensión al 4% del almidón en agua, con base al peso seco según metodología 70-10 descrita en AACC (1995). Los parámetros evaluados fueron: temperatura inicial de gelatinización, viscosidad máxima, viscosidad a 95°C, viscosidad a 95°C por 15 min, viscosidad a 50°C, viscosidad a 50°C por 10 min, retrogradación, fragilidad y consistencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología y tamaño del gránulo de almidón

En la Figura 1, se muestra dos micrografías de los gránulos de almidón nativo de ñame congo obtenidas mediante microscopía de luz polarizada (MLP), en ellas se observa una distribución no uniforme de los gránulos. Adebayo e Iriola (1998) refiere que esto es lo esperado para almidones procedente de órganos aéreos. Se evidencia el fenómeno de birrefringencia, lo que indica algún grado de cristalinidad dentro de la matriz del gránulo. En la micrografía (Fig. 1B) se muestra la presencia del hilum o punto donde comienza a formarse el gránulo dentro de los cloroplastos.

En la Figura 2, se muestran las micrografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido (MEB). En general, se observan gránulos grandes y pequeños, donde los grandes, en su mayoría, se asemejan a una pirámide de vértices redondeados. Otros gránulos son alargados de bordes redondeados y los gránulos más pequeños presentan forma ovalada.



Figura 1

Micrografías de los gránulos de almidón de ñame congo obtenidas por MLP.

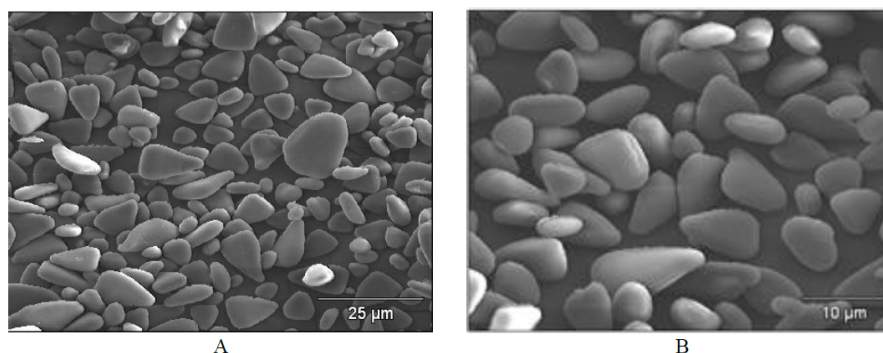


Figura 2.

Micrografías de gránulos del almidón de ñame congo obtenidas por MEB. (A) 500X y (B) 1000X

En la Tabla 1, se muestra el intervalo, la distribución y el diámetro medio de volumen granular del almidón nativo de ñame congo. El intervalo del diámetro granular se sitúa entre $0,417 \mu\text{m}$ y $69,183 \mu\text{m}$, lo que indica que posee un amplio rango de tamaño. Este intervalo es más amplio al reportado para otras especies de Dioscorea como *D. cayenensis*,

D. esculenta, D. dumetorum y D. rotundata (Hoover 2001). Con una distribución del tamaño granular bimodal (Fig. 3) y una población de 6,88% para gránulos con menos de 7 μm y otra población de 93,12% para gránulos mayores de 8 μm (Tabla 1). De acuerdo a los parámetros de Lindeboom et al. (2004) el almidón de ñame congo posee gránulos pequeños (menores a 10 μm) y grandes (mayores a 10 μm). Zhao y Whistler (1994) señalaron que almidones con estas características pueden emplearse en la elaboración de cosméticos, debido a la alta interacción que presentan los gránulos con el agua y Lovedeep et al. (2002) recomiendan emplearse como agentes encapsulantes de sabores, esencias y colorantes. Con relación al área específica de superficie, se observa en la Tabla 1 que el valor obtenido es de 482 m^2/kg , mucho mayor al reportado para especies de Dioscorea alata, donde se reportó entre 135,52 m^2/kg y 176,33 m^2/kg (Riley et al. 2006).

Tabla 1.
Intervalo, distribución, diámetro medio y área de superficie de los gránulos del almidón de ñame congo.

Intervalo (μm)	Distribución		Diámetro medio de volumen D[4,3] (μm)	Área específica de superficie (m^2/kg)
	< 7 μm (%)	> 8 μm (%)		
0,417-9,183	6,88	93,12	24,973	482

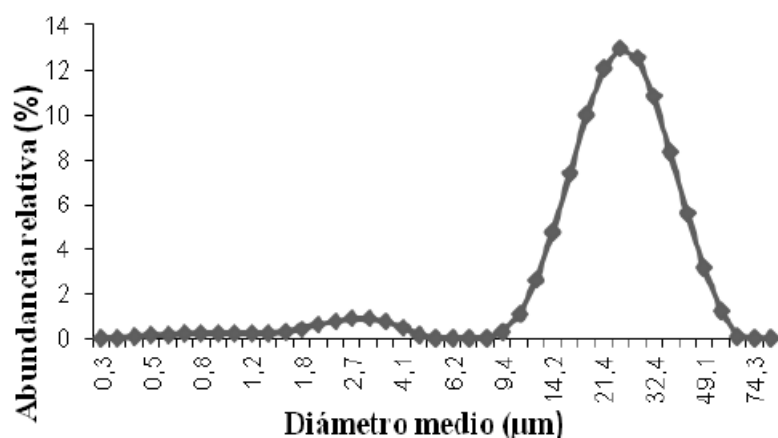


Figura 3.
Distribución del tamaño granular del almidón de ñame congo.

Difractometría de rayos X

La Tabla 2 muestra el porcentaje de área ocupado por los picos del difractograma (Fig. 4) y el valor de cristalinidad relativa para el almidón de ñame congo. En la Figura 4, se observa la presencia de un pico a valores cercanos a 6°, un singlete a valores cercanos a 17° y un doblete a 22° y 24 °2 θ lo que permite señalar que el patrón de difracción de rayos-X es tipo B. Sievert et al. (1991) señalaron que la línea de difracción cercana a 6°2 θ refleja empaquetamiento de las dobles hélices y

su intensidad disminuye si se aplica al almidón un tratamiento de cocción y enfriamiento, por lo que concluyen que esta línea está fuertemente influenciada por la hidratación. Entre las especies pertenecientes a la familia Dioscorea, presentan difracción de rayos-X tipo B: *D. alata*, *D. cayenensis*, *D. rotundata*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*, *D. trifida* y *D. abyssinica*; mientras que *D. dumetorum* presenta difracción de rayos-X tipo A (Gallant et al. 1982, Bou et al. 2006). De acuerdo con Gallant et al. (1982) el contenido de amilosa es siempre bajo para almidones tipo A y sus gránulos son de tamaño pequeño y similares entre sí. Por el contrario, los almidones tipo B tienen contenido de amilosa entre 25-30% y los gránulos en su mayoría son grandes, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación.

El porcentaje de cristalinidad obtenido fue de 35,69 % para el almidón de ñame congo (Tabla 2), este valor es bajo si lo comparamos con el porcentaje de cristalinidad de otras especies como *Ipomea batatas* (38 %), *Colocassia esculenta* (45 %) y *Manihot esculenta* (38 %) (Hoover 2001). De acuerdo a Rodríguez et al. (2001) la baja cristalinidad podría estar relacionada con el alto contenido de amilosa del almidón, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la determinación de los parámetros químicos del almidón de ñame congo realizado por Meaño et al. (2014).

Tabla 2.
Porcentaje de área y cristalinidad relativa del almidón de ñame congo.

2θ	% de área
Amorfo	64,31
5,578	5,37
11,04	8,24
14,85	6,80
17,13	5,64
21,57	2,05
22,26	3,79
23,94	1,98
26,16	1,82
Cristalinidad relativa (%)	35,69

Análisis amilográfico del almidón

En la Tabla 3, se muestra los datos obtenidos para el amilograma realizado al almidón de ñame congo, la temperatura inicial del gel obtenida para el almidón de ñame congo fue de 82,3°C. Sefa-Dedeh y Agyr-Sackey (2004), sugieren que las temperaturas de gelatinización de almidones superiores a 80°C poseen fuertes enlaces en el interior del gránulo, esto es indicativo de una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón. Esta elevada temperatura de gelatinización hace factible la inclusión del almidón de ñame congo en productos que serán sometidos a altas temperaturas de procesamiento, como los enlatados.

El valor máximo de viscosidad obtenido para el almidón del ñame congo fue de 431 UB, comparándolo con otras especies de *Dioscorea* se

observa una mayor viscosidad que la reportada para la *D. alata* (172 UB) y para la variedad *D. dumetorum* (30-32 UB) (Afoakwa y Sefa-Dedeh 2001). Una vez alcanzada la temperatura de 95°C, la viscosidad de la pasta se mantiene en 431 UB. Después de 15 minutos a 95°C, la viscosidad descendió a 394 UB, reflejando la pérdida de espesamiento de la pasta a altas temperaturas y la fragilidad de algunos gránulos frente a las fuerzas de corte generadas en el amilógrafo. El valor obtenido para la viscosidad a los 50°C para el almidón de ñame congo fue de 612 UB, lo que indica que esta especie al enfriar posee alta viscosidad, por lo cual no es estable a los procesos de enfriamiento. Esto debe tenerse en cuenta al momento de sugerir incorporar el almidón a algún producto que necesite refrigeración durante su preparación.

El valor obtenido de fragilidad para el almidón de ñame congo fue de 37 UB, un valor bajo por lo que se puede decir que el almidón de ñame congo presenta una estructura interna más rígida y fuerzas intermoleculares fuertes, que otras variedades de *Dioscorea* (Peroni et al. 2006) lo que conlleva a una baja tendencia a la ruptura. Esto sugiere la aplicación del almidón de ñame congo en productos alimentarios que requieran estabilidad a altas temperaturas. La estabilidad del gránulo a altas temperaturas es cónsona con los resultados, obtenidos para esta especie en la determinación del poder de hinchamiento, por Meaño et al. (2014). Los autores observaron la formación de un gel estable, debido posiblemente a que su alto contenido de amilosa refuerza la red intramolecular impidiendo la ruptura a altas temperaturas.

En cuanto a la retrogradación, el valor obtenido (181 UB) es indicativo de formación de un gel. Araujo et al. (2004) indicaron una baja tendencia a la retrogradación para el almidón de ñame congo, con un valor de 35 UB (suspensión al 8% y calentamiento a 90°C). El valor obtenido de consistencia para el almidón de ñame congo fue de 91 UB lo que indica aumento de la viscosidad durante el enfriamiento. Este resultado junto a los obtenidos para esta especie en la claridad de la pasta y el porcentaje de amilosa aparente (Meaño et al. 2014), sugieren la posible utilización del almidón de ñame congo en sistemas o formulaciones de alimentos donde se requiera un gel claro, firme y de consistencia estable

Tabla 3.

Perfil viscoamilográfico de las suspensión del almidón de ñame congo preparadas al 4%.

Parámetros	Valor obtenido
Viscosidad inicial (UB)	0
Temperatura de gelatinización (°C)	82,3
Viscosidad máxima (UB)	431
Viscosidad a 95°C (UB)	431
Viscosidad a 95°C por 15 min (UB)	394
Viscosidad a 50°C (UB)	485
Viscosidad a 50°C por 10 min (UB)	612
Retrogradación	181
Fragilidad	37
Consistencia	91

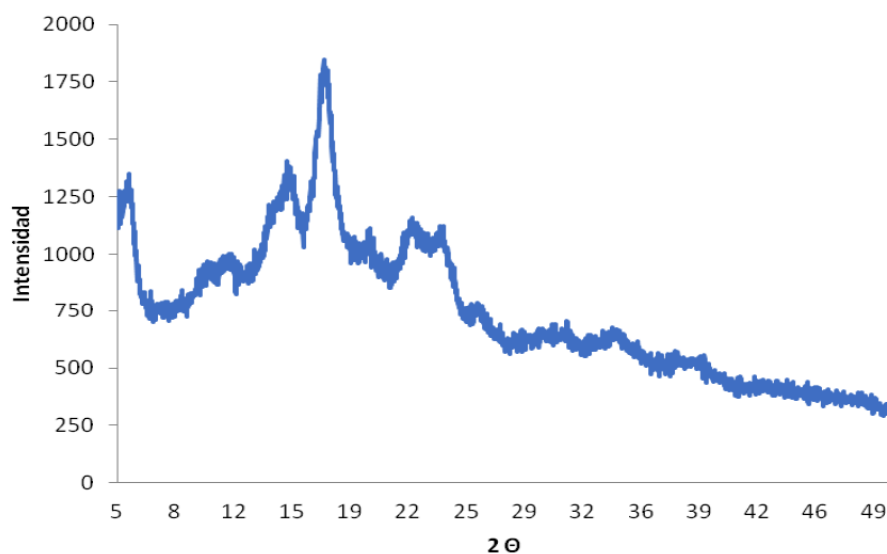


Figura 4.
Difractograma del almidón de ñame congo.

CONCLUSIONES

El estudio del almidón mostró que posee gránulos grandes y pequeños, donde los grandes, en su mayoría, se asemejan a una pirámide de vértices redondeados y los pequeños son redondeados. Presenta una estructura semi cristalina con patrón de difracción de rayos-X tipo B. Tiene elevada temperatura de gelatinización, alto poder de hinchamiento, es estable a altas temperaturas y forma geles claros, denotando que sus gránulos tienen una estructura interna muy estable y fuerzas intermoleculares fuertes.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, quien a través del proyecto codificado N° CI-3-030100-1692-11 aportó los recursos parciales para la realización de este trabajo de investigación. A PDVSA-El Chaure por permitir la realización del análisis de difracción de rayos-X en sus instalaciones.

Referencias

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Ninth Edition. Ed. AACC. St. Paul, Minnesota, USA.
- Adebayo A, Itiola O. 1998. A study of breadfruit and cocoyam starches as excipients in paracetamol tablet formulations. Pharm. Pharmacol. Commun. 4:385-389.
- Afoakwa EO, Sefa-Dedeh S. 2001. Chemical composition and quality changes occurring in *Dioscorea dumetorum* pax tubers after harvest. Food Chem. 75(1):85-91.
- Araujo C, Rincón A, Padilla, F. 2004. Caracterización del almidón nativo *Dioscorea bulbifera* L. Arch. Latinoamer. Nutr. 54(2):241-245.

- Bou L, Araujo C, Rincón A, Padilla F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 56(4):375-383.
- FAO (Food Administration Organization). 1998. Spotlight: Tropical starch misses market. *Agriculture.* 21, 1-4.
- Gallant D, Bewa H, Buy Q, Bouchet B, Szylit O, Sealy L. 1982. On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches. *Starch/Starke.* 34(8):255-262.
- Hoover R. 2001. Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydr. Polym.* 45(3):253-267.
- Lindeboom N, Chang P, Tyler RT. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A review. *Starch/Starke.* 56(3-4):89-99.
- Lovedeep K, Narpinder S, Navdeep S. 2002. Some properties of potatoes y their starches. II Morphological, thermal y rheological properties of starches. *Food Chem.* 79(2):183-192.
- Malvern (Malvern Instruments). 2009. Particle size Analyzer Mastersize. Disponible en línea en: <http://www.malvern.com> (Acceso 22.01.2012).
- Meaño N, Ciarfella A, Dorta A. 2014. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera L.*) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber.* 26(2):182-187.
- Pérez E, Bahnassey Y, Breene W. 1993. A simple laboratory scale method for isolation of amaranth starch. *Starch/Stärke.* 45(6):211-241.
- Peroni H, Rocha S, Franco L. 2006. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. *Food Sci. Technol. Int.* 12(6):505-513.
- Riley C, Wheatley A, Asemota H. 2006. Isolation and characterization of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. *Afr. J. Biotechnol.* 5(17):1528-1536.
- Rodríguez P, San Martín M, González G. 2001. Calorimetría diferencial de barrido y rayos-X del almidón obtenido por nixtamalización fraccionada. *Superficies y vacío.* 13:61-65.
- Sefa-Dedeh S, Agyir-Sackey EK. 2004. Chemical composition and the effect of processing on axalate conten of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chem.* 85(4):479-484.
- Sievert D, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. 1991. Enzyme-resistant starch. III. X-ray diffraction of autoclaved amylo maize VII starch and enzyme-resistant starch residues. *Cereal Chem.* 68(1):86-91.
- Sívoli L, Pérez E, Rodríguez P, Martínez E. 2007. Comparación de técnicas microscópicas para el estudio de la estructura del almidón nativo de *Manihot esculenta C.* *Acta Microsc.* 16 (1-2) (Supp.2):236-237.
- Zhao J, Whistler RL. 1994. Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. *Food Technol.* 48(7):104-105