

Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*)*

Alberto Torres Rapelo**, Piedad Montero Castillo***, Marlene Duran Lengua****

Resumen

Introducción. Los almidones de raíces y tubérculos representan una alternativa para solventar problemas de hambre y dependencia de importaciones. Debido a sus altas cantidades de almidón, la malanga puede utilizarse para remplazar materias primas convencionales en la industria alimentaria. **Objetivo.** Evaluar las propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga variedades blanca y morada. **Materiales y métodos.** % de humedad se evaluó mediante Analizador Halógeno de Humedad HR 73. El contenido de fibra cruda fue evaluado mediante AOAC 962.09, 1990. Cenizas por AOAC 942.05, 1990. Nitrógeno total mediante AOAC 923.03, 1990. **Resultados.** Los resultados se presentan como la media \pm DS de tres experimentos independientes. Humedad, fibra, cenizas, proteínas y amilosa de los dos almidones mostraron significancia estadística $p < 0,05$. El índice de absorción de agua (IAA) de los almidones de malanga blanca y morada fue ($1,79 \pm 0,1$ y $1,88 \pm 0,02$) respectivamente. El ISA presentó diferencia significativa para los almidones de malanga blanca y morada ($12,8 \pm 0,3$ y $23,07 \pm 0,21$), respectivamente. Las temperaturas de gelatinización fueron similares para ambos almidones. La viscosidad del almidón de malanga blanca y morada fue ($1170 \pm 2Cp$ y $975 \pm 3Cp$) respectivamente, $p < 0,05$. La granulometría no mostró significancia estadística. **Conclusión.** Los altos contenidos de humedad y fibra de los dos almidones, sugiere que se pueden emplear técnicas más apropiadas para la determinación de humedad y extracción del almi-

dón. Los altos contenidos de proteína hacen poco factible el uso de estos almidones en la elaboración de jarabes glucosados. Debido a sus bajas temperaturas de gelatinización, pueden emplearse para elaborar productos como postres.

Palabras clave: almidón, malanga, propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales.

Physical-chemical, morphologic and functional properties of malanga starch (*Colocasia esculenta*)

Abstract

Introduction. Root and tuber starches are an alternative to solve hunger and problems due to a dependence of imported products. Due to their high starch content, malangas can be used to replace conventional raw materials in food industry. **Objective.** To evaluate the physical-chemical, morphological and functional properties of white and purple malanga's starches. **Materials and methods.** The moisture percentage was assessed using a HR 73 Halogen Moisture Analyzer. The crude fiber content was evaluated by AOAC 962.09, 1990. Ash by AOAC 942.05, 1990. Total nitrogen by AOAC 923.03, 1990. **Results.** The results are shown as the mean DS \pm of three independent experiments. The moisture, fiber, ashes, proteins and amylose of both starches had statistical significance $p < 0,05$. The water absorption indexes (WAI) of white and purple malangas were ($1,79 \pm 0,1$ and $1,88 \pm 0,02$), respectively. The ISA

* Este artículo se deriva de la investigación: "Evaluación del efecto almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*) en las propiedades de un producto cárnico", realizada en Cartagena- Bolívar y en Valledupar-Cesar, Colombia, durante 2012 y 2013.

** Ingeniero de Alimentos, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Abierta y a Distancia UNAD.

*** Ingeniera de Alimentos, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Vicedecana de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena. Miembro del Grupo de investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA), de la Universidad de Cartagena.

**** Bacterióloga, Magister en Farmacología. Candidato a Doctor en Ciencias Biomédicas. Instituto de Investigaciones Inmunológicas. Universidad de Cartagena. Docente de Facultad de medicina y miembro del Grupo de investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA), de la Universidad de Cartagena.

had a significant difference for white and purple malangas, ($12,8 \pm 0,3$ and $23,07 \pm 0,21$) respectively. The gelatinization temperatures were similar for both starches. The viscosity of the white and purple malangas starches were $1170 \pm 2Cp$ and $975 \pm 3Cp$) respectively, $p < 0,05$. The granulometry had no statistical significance. **Conclusion.** The high moisture and fiber contents of both starches suggest that more appropriate techniques can be used to determine the moisture and to extract the starch. The high protein content prevents these starches from being used to manufacture glucose syrups. Due to their low gelatinization temperatures, they can be used to elaborate products such as desserts.

Key words: starch, malanga, physical-chemical, morphological and functional properties.

Propriedades físico-químicas, morfológicas e funcionais da goma de taro (*Colocasia esculenta*)

Resumo

Introdução. As gomas de raízes e tubérculos representam uma alternativa para resolver problemas de fome e dependência de importações. Devido a suas altas quantidades de goma a taro pode utilizar-se para substituir matérias primas convencionais na indústria alimentaria. **Objetivo.** Avaliar as proprie-

dades físico-químicas, morfológicas e funcionais da goma de taro variedade branca e roxa. **Materiais e Métodos.** A % de umidade se avaliou mediante Analisador Halogênio de Umidade HR 73. O conteúdo de fibra crua foi avaliado mediante AOAC 962.09, 1990. Cinzas por AOAC 942.05, 1990. Nitrogênio total mediante AOAC 923.03, 1990. **Resultados.** Os resultados se apresentam como a média \pm DS de três experimentos independentes. Umidade, fibra, cinzas, proteínas e amilose das duas gomas mostraram significância estatístico $p < 0,05$. O índice de absorção de água (IAA) das gomas de taro branca e roxa foi ($1,79 \pm 0,1$ e $1,88 \pm 0,02$) respectivamente. O ISA apresentou diferença significativa para as gomas de taro branca e roxa ($12,8 \pm 0,3$ e $23,07 \pm 0,21$) respectivamente. As temperaturas de gelatinização foram similares para ambas gomas. A viscosidade da goma de taro branca e roxa foi ($1170 \pm 2Cp$ e $975 \pm 3Cp$) respectivamente, $p < 0,05$. A granulometria não mostrou significância estatística. **Conclusão.** Os altos conteúdos de umidade e fibra das duas gomas, sugere que se podem empregar técnicas mais apropriadas para a determinação de umidade e extração da goma. Os altos conteúdos de proteína, faz pouco viável o uso destas gomas na elaboração de xaropes glicosados. Devido a suas baixas temperaturas de gelatinização, podem empregar-se para elaborar produtos como sobremesas.

Palavras importantes: goma, taro, propriedades físico-químicas, morfológicas e funcionais.

Introducción

El almidón, debido a su relativa abundancia en las plantas, ha sido la fuente primaria de energía en la dieta humana y ha acompañado la alimentación del hombre desde sus inicios. El uso de almidones en los alimentos floreció con el surgimiento de la industria de alimentos procesados y la disponibilidad del almidón puro. El almidón, por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, es el carbohidrato más importante, además de su relevancia en el comercio (Cobana & Antezana, 2007).

La malanga (*Colocasia esculenta*), es una planta de rápido desarrollo vegetativo, aprovechable en su totalidad, difundida en todas las zonas del país, de fácil propagación y aceptable valor nutricional (Ferreira, Ortiz & Pardo, 1990). Utilizando tecnologías sencillas, es po-

sible aprovechar este recurso agrícola obteniendo almidón de malanga, que sirve como materia prima para la elaboración de diversos productos alimenticios (Aguilar & Villalobos, 2013). Debido a sus altas cantidades de almidón, superiores al 80 %, la malanga puede ser utilizada para remplazar materias primas convencionales como maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria (Vázquez, 2013). Utilizando almidones de especies nativas no exploradas y de fácil crecimiento en climas tropicales y subtropicales como la malanga, aumentaría el margen de beneficios a quienes lo producen y lo transforman; de esta manera se incentiva la investigación y producción de esta planta, generando estabilización de los precios de venta tanto de los almidones como los subproductos de estos (Viteri, 2009).

En este orden de ideas y teniendo en cuenta la alta demanda que tienen en este momento

las materias destinadas a la producción de almidón, como son la yuca, la papa, el ñame y el maíz, en la industria de los biocombustibles, la malanga se convierte en una alternativa de fuente de carbohidratos importante para la elaboración de almidones, sumando como una alternativa de producción y comercialización a los ya existentes (Cardona & Sánchez, 2005). El objetivo de esta investigación fue la obtención y evaluación de las propiedades fisicoquímicas, funcionales y morfológicas del almidón de malanga para su utilización en la industria de alimentos.

Materiales y métodos

Se desarrolló un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Las variables respuesta fueron: contenido de humedad, fibra, cenizas y proteína; el contenido de amilosa, el índice de absorción y solubilidad en agua; la temperatura de gelatinización, la viscosidad y el tamaño del gránulo. Las determinaciones se efectuaron por triplicado y los resultados fueron expresados como la media \pm la desviación estándar. Se utilizó el programa GraphPad Instats versión 3.1., se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencia entre medias. Las medias fueron comparadas utilizando las pruebas de diferencia mínima significativa. Se aceptaron diferencias en un nivel de significancia a $p \leq 0,05$.

Obtención del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). Para la obtención del almidón se utilizaron rizomas frescos de malanga blanca y morada procedentes de la Sierra Nevada de Santa Marta, departamento del Cesar, municipio de Valledupar, corregimiento de Mariangola, los cuales se pelaron y se cortaron en cubos de aproximadamente 3 cm por cada lado; luego se molieron en un procesador de alimentos (Moulinex), durante 2 minutos, para reducir el tamaño de partícula. La lechada de almidón fue filtrada en coladores de tela plástica (malla 80), para eliminar la fibra y otras partículas; el filtrado se dejó sedimentar durante 4 horas a temperaturas de 4 °C. Transcurrido este tiempo, la mayor parte del líquido sobrenadante se decantó y la lechada de almidón se lavó tres veces con agua destilada, centrifugando en el último lavado con una centrifuga

marca Domus, modelo P-7, con la finalidad de recuperar el almidón sobrenadante. Posteriormente, se secó en una estufa de convección marca Haceb a 55 °C, durante 24 horas. Luego se procedió a almacenar el almidón en frascos de plástico con cierre de tapa hermética para su posterior análisis (Montaldo, 1984).

Determinación de humedad. Se utilizó un Analizador Halógeno de Humedad HR 73, siguiendo la metodología de Heinze & Isengard (2001).

Determinación del contenido de fibra cruda. Se empleó la técnica AOAC 962.09 (1990).

Determinación del contenido de cenizas. Se utilizó la técnica AOAC 942.05 (1990).

Cuantificación de nitrógeno total. Se determinó el contenido de proteína de acuerdo con la técnica AOAC 923.03 (1990).

Determinación del contenido de amilosa. Se utilizó la técnica ISO 6647 (1987).

Determinación del índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA). Se empleó la técnica utilizada por Anderson, Conway, Pfieler & Griffin (1969).

Determinación de la temperatura de gelatinización. Se utilizó el método establecido por Grace (1977).

Determinación de la viscosidad. Se utilizó un viscosímetro Brookfield y la técnica usada fue ISI 17-1e del International Starch Institute (2002).

Apariencia microscópica. La forma y tamaño de los gránulos se determinó por el método de Mac Máster (1964).

Resultados y discusión

La tabla 1 muestra los valores obtenidos del análisis físico-químico de los almidones de malanga (*Colocasia esculenta*), de las variedades blanca y morada.

Tabla 1. Análisis proximal en almidones nativos de malanga variedad blanca y morada.

Variedad de almidón	Humedad (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)
Malanga blanca	14,49 ^a ± 0,04	0,57 ^a ± 0,00	0,27 ^a ±0,01	1,5 ^a ±0,03
Malanga morada	14,29 ^b ± 0,05	0,67 ^b ±,19	0,16 ^b ±0,01	0,57 ^b ± 0,07

Pruebas realizadas por triplicado (se reporta la media ± la DS); a, b medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p < 0,05$)

El contenido de humedad fue mayor en el almidón nativo de malanga blanca que para la variedad morada; los valores obtenidos fueron $14,49 \pm 0,04$ % y $14,29 \pm 0,05$ %, respectivamente; ambos son superiores al reportado en la literatura para almidón de malanga (9,47 % – 10,82 %) (Palomino, Molina & Pérez, 2010), (8,2 % a 9,6 %) (Aboubakar, Njintang, Scher & Mbofung, 2008) y menores de 6 % (Ferreira, Ortiz & Pardo, 1990). Estas diferencias pueden atribuirse a la técnica empleada; en una investigación donde determinaron el contenido de humedad en almidón de malanga empleando diversas técnicas, concluyeron que con el método Karl Fischer se obtenían valores de humedad ligeramente mayores a los obtenidos por secado en estufa a 105 °C (Ferreira, Ortiz & Pardo, 1990). Sin embargo, los valores obtenidos en este estudio se encuentran en el intervalo de humedad generalmente aceptado para productos secos con una vida de anaquel deseable y es menor al valor permitido (<20 %) para otros almidones convencionales (Bergthaller, Witt & Goldau, 1999; Sriroth et al., 1999).

No obstante, los resultados obtenidos para ambos almidones son superiores a los reportados en la literatura para almidón nativo de ñame (10,00 % a 10,40 %) (Bao, Shen, Sun & Corke, 2006); para almidón de yuca (5,00 % a 13,74 %) (Rivier, Moreno, Alarcón, Ruiz & Dufour) y para almidón nativo de papa (7,00 % a 13,3 %) (Misra & Rai, 2006; Rivier, Moreno, Alarcón, Ruiz & Dufour).

La fibra cruda es considerada como una impureza y su presencia en el almidón está relacionada con el proceso de extracción (Van Beynum & Roels, 1985). En los almidones nativos de malanga blanca y morada estudiados se ob-

serva diferencia significativa en el contenido de fibra ($0,57 \pm 0,003$ % y $0,67 \pm 0,19$ %, respectivamente); estos resultados son superiores a los reportados en otras investigaciones donde al caracterizar almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) no encontraron este componente (Pérez, Schultz & De Delahaye, 2005). Estas diferencias están relacionadas con el método de extracción del almidón; es posible que el contenido de este componente haya sido afectado por el tipo de tamiz empleado durante la etapa de filtrado. Cabe señalar que Cobana y Antezana (2007), encontraron que el contenido de fibra en almidón de yuca fue significativamente afectado por el tiempo de molienda, por la interacción del tiempo de molienda y la velocidad de rotación del tamizado y por una premolienda en húmedo. La premolienda en húmedo permitió obtener menores valores de fibra en el almidón de yuca, ya que la finalidad de esta etapa es facilitar la separación inicial de la fibra y los gránulos de almidón. De igual forma, al comparar el contenido de fibra de los almidones de malanga con los contenidos en almidones de otras materias primas, se observa que en ñame criollo y espinoso no se encontró este componente y los valores encontrados en almidones nativos de yuca y papa fueron inferiores (0,05 %) para ambos tubérculos (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008).

Los resultados muestran diferencias significativas en el contenido de ceniza entre los almidones de malanga blanca y morada ($0,27 \pm 0,01$ y $0,16 \pm 0,01$ %, respectivamente); estas diferencias podrían atribuirse a que este parámetro es característico e inherente a la especie (Palomino, Molina & Pérez, 2010), y puede variar según la variedad de *Colocasia esculenta* estu-

diada (Rodríguez et al., 2011). Otro factor que incide en el contenido de ceniza es la edad del tubérculo; algunas investigaciones han reportado un aumento significativo en el contenido de fósforo a medida que el tubérculo es más maduro (Himeda et al., 2012).

Cabe señalar que al comparar este parámetro con los valores obtenidos para almidón de malanga de diferentes variedades, se observó que el contenido de ceniza fue inferior a los reportados por Aboubakar, Njintang, Scher, & Mbofung, (2008), superiores a los encontrados por (Palomino, Molina, & Pérez, 2010) y similares a los reportados por Pérez, Schultz y De Delahaye (2005).

Por otra parte, el contenido de ceniza para ambas muestras fue inferior a los reportados en la literatura para ñame (entre 0,36 y 0,69 %) y papa (0,44 %), y coincide con los valores obtenidos en yuca (0,11 % y 0,16 %) (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008). En todo caso, el contenido de cenizas del almidón de malanga de las variedades blanca y morada cae en el intervalo encontrado en la literatura para almidones comerciales (Sriroth et al., 1999; Pérez, Schultz & De Delahaye, 2005; Montaldo, 1984).

La proteína es un componente que está presente en cantidades mínimas en el almidón, aun después del proceso de extracción, debido a que forma complejos con los compuestos moleculares de los gránulos de almidón nativo (Pérez, Schultz & De Delahaye, 2005).

La proteína presente en el almidón nativo de malanga blanca y morada mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), encontrándose contenidos de 1,5 % y 0,57 %, respectivamente; ambos son superiores al reportado en la literatura para almidón de malanga (0,62 %) (Pérez, Schultz & De Delahaye, 2005), e inferiores a los observados por Aboubakar, Njintang, Scher & Mbofung (2008) (2,9 % - 4,9 %). Algunos autores plantean que el contenido de proteína en el almidón puede estar sujeto al método de extracción, ya que estos constituyentes, con frecuencia son designados como "contaminantes" en la industria del almidón (Palomino, Molina & Pérez, 2010); de igual forma se ha señalado que este parámetro está relacionado con la edad del tubérculo (Himeda et al., 2012).

Conviene destacar que los contenidos altos de proteína cruda encontrados en los almidones de malanga blanca y morada están por encima del nivel permitido por la FDA en almidones de maíz (0,35 %), lo cual los hace poco factibles para la producción de jarabes con alto contenido de glucosa, considerando que se favorecerían así las reacciones de Maillard que se pueden presentar durante el proceso de producción de estos productos (Hernández, Torruco, Chel & Betancur, 2008).

Ahora bien, los datos obtenidos en la presente investigación coinciden con los valores reportado por otros autores para almidón de ñame, yuca y papa, los cuales oscilan entre 0,10 - 0,49 %, 0,60 % y 0,62 % respectivamente (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008).

En la tabla 2, se presenta el contenido de amilosa, IAA, ISA, temperatura de gelatinización, viscosidad y la valoración del tamaño del gránulo de almidones nativos de malanga de las variedades blanca y morada.

Pruebas realizadas por triplicado (se reporta la media \pm la DS), a, b medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p < 0,05$).

La relación amilosa/amilopeptina imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones, dada la aplicación específica que se puede dar de esta en el desarrollo de un producto. La amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopeptina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (Gunaratne & Hoover, 2002). El contenido de amilosa en almidón de malanga blanca fue significativamente mayor al de malanga morada 20,5 y 18,32 %, respectivamente (tabla 2); estos valores se ubican dentro de los valores (16,65 % - 30,85 %) reportados por Aboubakar, Njintang, Scher y Mbofung (2008) para seis variedades de malanga. Himeda et al., (2012) encontró una disminución de 35,9 % a 27,6 % en el contenido de amilosa en almidón proveniente de malanga con 6 y 10 meses de maduración; lo anterior concuerda con algunos autores que atribuyen la variación en

el contenido de amilosa de almidones provenientes del mismo tubérculo a factores como la especie analizada, la edad del cultivo, el clima (Vargas & Hernández, 2013) y las condiciones de crecimiento (Moorthy, 2002). De otra parte, los resultados obtenidos en este estudio fueron menores al de almidones de ñame y papa, cuyo valor varió entre (25,87 % a 27,89 %) y

24,0 %, respectivamente. A diferencia de los dos anteriores, los almidones de malanga mostraron contenidos superiores a los de la yuca, que variaron entre (14,23 % a 14,67 %) (Alvis, Vélez, Villada, & Rada-Mendoza, 2008). Puede inferirse que estas diferencias encontradas en el contenido de amilosa se deben a la fuente biológica de donde provienen los almidones.

Tabla 2. Valoración del tamaño del gránulo, (%) de amilosa, IAA, ISA, temperatura de gelatinización y viscosidad de almidones nativos de malanga de las variedades blanca y morada.

Variedad de almidón	malanga blanca	malanga morada
Amilosa (%)	20,50 ^a ± 0,2	18,32 ^b ± 0,01
IAA (g gel/g Muestra (BS))	1,79 ^a ± 0,1	1,88 ^a ± 0,02
ISA (g gel/g Muestra (BS))	12,8 ^b ± 0,3	23,07 ^a ± 0,21
Temperatura de Gelatinización °C	55 ^a ± 2	54 ^a ± 2
Viscosidad Cp.	1170 ^a ± 2	975 ^b ± 3
Tamaño del granulo (µm)	6,50 ^a ± 0.2	6,6 ^a ± 0,1

El IAA de los almidones de malanga variedad blanca y morada no presentó diferencias significativas, $1,79 \pm 0.1$ y $1,88 \pm 0.02$, respectivamente. Ambos resultados fueron inferiores a los encontrados en la literatura para cuatro variedades de almidones de ñame (2,32 - 2,39 %), para almidón de papa (5,83 %) y para almidones de yuca (4,63 % a 4,80 %) (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008). Estas diferencias en el IAA de almidones nativos de malanga, ñame, papa y yuca puede estar relacionada con la fuente biológica, con el tamaño y la forma del gránulo (Lindeboom, Chang & Tyler, (2004).

El índice de solubilidad del almidón (ISA) es la capacidad de reaccionar con agua y disolverse en ella; igualmente indica el grado de asociación existente (enlace intragranular) entre los polímeros del almidón amilosa/amilopeptina (Araujo, Rincón & Padilla, 2004). En el ISA, se aprecia diferencia significativa entre los almidones de malanga de las variedades blanca y morada, $12,8 \pm 0,3$ y $23,07 \pm 0.21$, respec-

tivamente. Ambos resultados son superiores a los reportados para almidones de ñame (1,25 % a 2,79 %), yuca (2,60 % a 3,70 %) y papa (2,97 %) (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008). Sin embargo, según otras fuentes, en el almidón de yuca el índice de solubilidad en agua varía entre 0,27-12,32 % (Aristizábal, Sánchez & Mejía-Lorío, 2007); este intervalo está más cercano al reportado en la presente investigación para almidones de malanga de las variedades blanca y morada (tabla 2). El menor ISA de los almidones nativos de ñame y papa con respecto al ISA de los almidones de malanga de las variedades blanca y morada es posible que se deba al mayor contenido de amilopectina presente en los almidones de las dos variedades de malanga. Investigadores plantearon la posibilidad de que las ramificaciones laterales (amilopeptina) de las moléculas del almidón y un menor tamaño del gránulo facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros, siendo la amilopectina la de mayor proporción de disolución; esto, desde

luego, incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad (Hwang & Kokini, 1992).

La temperatura media de gelatinización de los almidones de malanga variedad blanca y morada no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) ($55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ y $54\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, respectivamente), valores que coinciden con los reportados ($55\text{ }^{\circ}\text{C} - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$) para seis variedades de almidón de *Colocasia esculenta* (L.) (Aboubakar, Njintang, Scher & Mbofung, 2008). Debido a esta baja temperatura, los almidones de malanga blanca y morada hacen factible su inclusión en productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como caramelos tipo chiclosos o natillas, pudines, entre otros. (Hernández, Torruco, Chel & Betancur, 2008). Al comparar los valores obtenidos para el almidón de malanga con otros tubérculos, se observa que son inferiores a los rangos obtenidos para otros almidones; para el almidón nativo de papa se han reportado temperaturas de gelatinización de $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ y entre 56 y $67\text{ }^{\circ}\text{C}$, para almidones de yuca se han encontrado temperaturas de $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ y entre 58 y $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Lindeboom, Chang & Tyler, 2004), y para varias variedades de ñame nativo de 75 a $79\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008); y $75 - 86\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Rodríguez, 2000). Una mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón, normalmente asociada a una mayor presencia de zonas semicristalinas y a un mayor contenido de amilosa (Imberty, 1988). De igual forma, puede relacionarse con un menor tamaño de los gránulos del almidón de malanga que permite una menor penetración del agua a su interior y, por tanto, menores temperaturas para gelatinizar (Miranda, Marrugo & Montero, 2013).

Los resultados reportados muestran una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la viscosidad máxima de los almidones de malanga de las variedades blanca y morada, con valores de 1170 ± 2 y 975 ± 3 , respectivamente; lo anterior se explica por la relación entre el contenido de amilosa/amilopectina en los dos almidones y el tamaño del gránulo (Alvis, Vélez, Villada & Rada-Mendoza, 2008).

Los resultados muestran que el tamaño de los gránulos del almidón de malanga variedades blanca y morada no fueron diferentes ($p < 0.05$), con valores promedio de diámetro de $6,5 \pm 0,2\text{ }\mu\text{m}$ y $6,6 \pm 0,1\text{ }\mu\text{m}$, respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados por Aboubakar, Njintang, Scher y Mbofung (2008), quienes observaron tamaños entre $1-5\text{ }\mu\text{m}$, para seis variedades estudiadas de almidón de malanga; los resultados sugieren que el tamaño del gránulo refleja los distintos orígenes de los almidones (Tester & Karkalas, 2002). De otra parte, los valores encontrados en el presente estudio se encuentran dentro del rango reportado para gránulos de otros almidones como los de *Xanthosomas agittifolium* ($2,8-50\text{ }\mu\text{m}$), camote ($2-72\text{ }\mu\text{m}$) y yuca ($3-43\text{ }\mu\text{m}$) (Osundahunsi, Fagbemi, Kesselman & Shimoni, 2003).

Por el contrario, dichos valores fueron inferiores a los encontrados en diferentes tubérculos, ($12,40\text{ }\mu\text{m}$), ($12,41\text{ }\mu\text{m}$), ($16,5\text{ }\mu\text{m}$) y ($10,64\text{ }\mu\text{m}$) para makal, camote, yuca y sagú respectivamente (Hernández, Torruco, Chel & Betancur, 2008).

En la figura 1 se muestra la microfotografía de los gránulos de almidón de malanga blanca y morada observada en objetivo 40×10 .

Se observa que no existe diferencia marcada entre ellos; ambos tienen diferentes formas, algunos gránulos son esféricos (A) y otros tienen forma poligonal (B); esta característica se resalta más en el almidón de malanga morada que en el de malanga blanca. Estos resultados son muy similares a los obtenidos para almidones de papa, yuca y ñame (Alvis et al., 2008; Gunaratne & Hoover, 2002) y a los encontrados para almidones de camote, makal, yuca y jícama (Hernández, Torruco, Chel & Betancur, 2008). Asimismo, las microfotografías mostraron gran similitud en cuanto a la forma y distribución del gránulo con los almidones aislados de *Xanthosomas agittifolium* (yautía) y *Colocassia esculenta* (taro) (Pérez, Schultz y De Delahaye, 2005), tubérculos similares al estudiado.

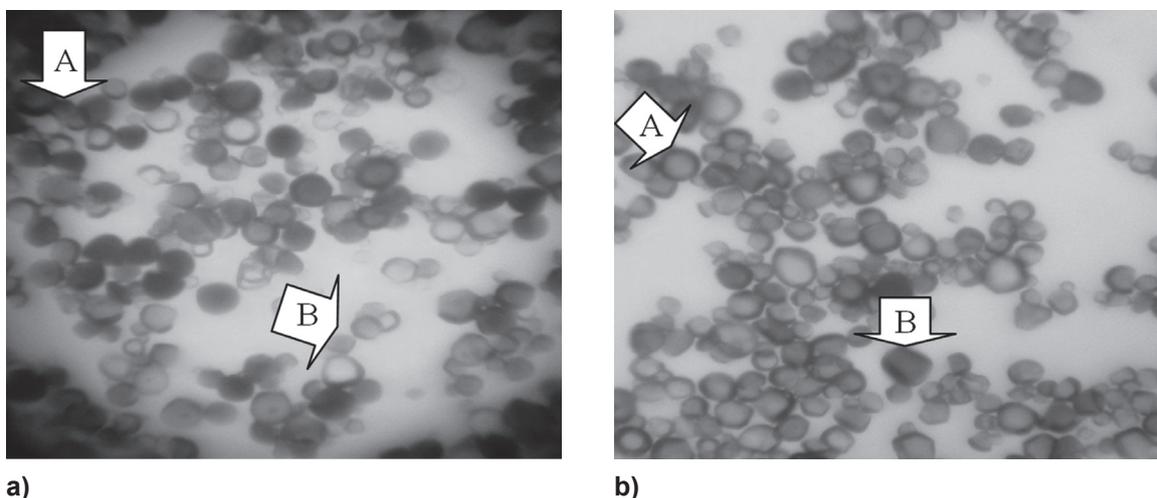


Figura 1. Microfotografías de los gránulos de almidón vista en objetivo 40x10. a) almidón de malanga blanca; b) almidón de malanga morada.

Conclusión

Los almidones de tubérculos evaluados mostraron diversas propiedades fisicoquímicas y funcionales que los hacen factibles para su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales. Los contenidos de humedad (14,49 %-14,29 %) y fibra (0,57 %-0,67 %) del almidón de malanga blanca y morada se encontraron en proporciones relativamente altas al compararlos con lo señalado en la literatura para este tipo de almidón y para el proveniente de otros tubérculos; lo anterior sugiere que se pueden emplear técnicas más apropiadas para la determinación de humedad y extracción del almidón, que permitan obtener menores valores de humedad y eficacia en la eliminación de fibra durante la etapa de filtrado en la obtención del almidón. Los almidones presentaron altos contenidos de proteína (0,571,5 %), lo cual hace poco factible su uso en la elaboración de jarabes glucosados. El contenido de amilosa y ceniza, y la temperatura de gelatinización obtenidos fueron similares a los reportados en otros estudios para almidón de malanga; cabe resaltar que estos parámetros son característicos e inherentes a la especie. Los almidones de malanga estudiados presentaron menor contenido de amilosa, menor IAA menor temperatura de gelatinización y mayor ISA que tubérculos tradicionales como ñame y papa. Debido a sus bajas temperaturas de

gelatinización (54 °C-55 °C), los almidones de malanga blanca y morada pueden emplearse en la elaboración de productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como postres, natillas, pudines; no se recomienda su inclusión en productos que requieran altas temperaturas, tales como los productos enlatados, alimentos para bebés, etc. El tamaño de los gránulos de los almidones fueron de $6,5 \pm 0,2 \mu\text{m}$ y $6,6 \pm 0,1 \mu\text{m}$, superiores a los reportados para almidón de malanga de otros países. Lo anterior sugiere que el tamaño del gránulo refleja los distintos orígenes de los almidones.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo a la Universidad Nacional abierta y a Distancia –UNAD–, a la Universidad Popular del Cesar –UPC– y al SENA, por facilitar sus instalaciones para la ejecución de este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Aboubakar; Njintang, Y. N.; Scher, J. & Mbofung, C. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering*, 86(2), 294-305.

- Alzate, C. A. C., & Sánchez, O. J. (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 30(11), 671-678.
- Aguilar, P. & Villalobos, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 37-45.
- Alvis, A.; Vélez, C.; Villada, H. & Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica*, 19(1), 19-28.
- Anderson, R.; Conway, H.; Pfeifer, V. & Griffin, E. (1969). Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, 14(11), 172-173.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Washington: AOAC, 115 pp.
- Araujo, C.; Rincón, A. & Padilla, F. (2004). Characterisation of Dioscorea bulbifera native starch. *Arch. latinoam. nutr.*, 54(2), 241-245.
- Aristizábal, J.; Sánchez, T. & Mejía, D. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Bao, J.; Shen, S.; Sun, M. & Corke, H. (2006). Analysis of genotypic diversity in the starch physicochemical properties of nonwaxy rice: apparent amylose content, pasting viscosity and gel texture. *Starch-Stärke*, 58(6), 259-267.
- Bergthaller, W.; Witt, W. & Goldau, H. (1999). Potato starch technology. *Starch-Stärke*, 51(7), 235-242.
- Cobana, M. & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Centro de Alimentos y Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Tecnología, Unive*, 24(1), 78-84.
- Ferreira, S.; Ortiz, E. & Pardo, C. (1990). Estudio Químico Bromatológico de la Colocasia esculenta (Taro). *Rev Col de Ciencias Químicas Farmacéuticas*, 18, 53-59.
- Grace, M. (1977). *Elaboración de la yuca* (2da ed. Vol. 3): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Gunaratne, A. & Hoover, R. (2002). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate polymers*, 49(4), 425-437.
- Heinze, P. & Isengard, H. (2001). Determination of the water content in different sugar syrups by halogen drying. *Food control*, 12, 483-486
- Hernández, M.; Torruco, J.; Chel, L. & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718-726.
- Himeda, M.; Njintang, N.; Nguimbou, R.; Gaiani, C.; Scher, J.; Facho, B. & Mbofung, C. (2012). Physicochemical, rheological and thermal properties of taro (Colocassia esculenta) starch harvested at different maturity stages. *International Journal of Biosciences (IJB)* Vol. 2, No. 3, p. 14-27.
- Hwang, J. & Kokini, J. (1992). Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. *Carbohydrate polymers*, 19(1), 41-50.
- Imbert, A.; Chanzy, H.; Pérez, S.; Buléon, A. & Tran, V. (1988). The double-helical nature of the crystalline part of A-starch. *Journal of Molecular Biology*, 201(2), 365-378.
- ISI. (2002). ISI 17-1e Determination of viscosity of starch by Brookfield. En: International Starch Institute. Recuperado de: <http://www.starch.dk/isi/methods/17brookfield.htm> Consulta: septiembre, 2011.
- ISO 6647. (1987). *Norma de la organización internacional para la estandarización sobre determinación de amilosa*. Génova, Suiza: ISO, 409-414.
- Lindeboom, N., Chang, P. & Tyler, R. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. *Starch-Stärke*, 56(3-4), 89-99.
- Mac Masters, M. M., (1964). *Microscopic techniques for determining starch granule properties*. Whistler, L. R.; Smith, J. R.; BeMiller, N. J. (Ed.). In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. London: Academic Press. p. 233-240
- Miranda, P.; Marrugo, Y. & Montero, P. (2013) Caracterización funcional del almidón de frijol Zaragoza y cuantificación de su almidón resistente. *Rev. TecnoLogicas*, 30, 17-32.
- Mishra, S. & Rai, T. (2006). Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids*, 20(5), 557-566.
- Montaldo, Á. (1984). Raíces y tubérculos andinos (avances de investigación I) Edit. Colihue.

- Moorthy, S. (2002). Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch-Stärke*, 54(12), 559-592.
- Osundahunsi, O.; Fagbemi, T.; Kesselman, E.; & Shimoni, E. (2003). Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(8), 2232-2236.
- Palomino, C.; Molina, Y. & Pérez, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 36 (2): 58-66.
- Pérez, E.; Schultz, F. & De Delahaye, E. (2005). Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocassia esculenta* (taro). *Carbohydrate Polymers*, 60(2).
- Rivier, M.; Moreno, M.; Alarcón, F.; Ruiz, R. & Dufour, D. *Almidón agrario de yuca en Colombia; Tomo 2: Planta procesadora: descripción y planos de los equipos* (Vol. 2): Ciat.
- Rodríguez-Montero, W. (2000). Botánica, domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). Botany, domestication and physiology of the edible yam (*Dioscorea alata*) crop. *Agronomía Mesoamericana*, 11(2), 133-152.
- Rodríguez, J.; Rivadeneyra, J., Ramírez, E.; Juárez, J.; Herrera, E.; Navarro, R. & Hernández, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*. XV (43): 37-47
- Sriroth, K.; Santisopasri, V.; Petchalanuwat, C.; Kurotjanawong, K.; Piyachomkwan, K. & Oates, C. (1999). Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrate polymers*, 38(2), 161-170.
- Tester, F. & Karkalas, J. (2002). Starch. In: Vandamme, E.J., De Baets, S., Steinbüchel, A. (Eds.), In: *Biopolymers, polysaccharides II*, Vol. 6. Wiley-VCH, Weinheim, Germany, pp. 381-438.
- Van Beynum, G. & Roels, JA. (1985). *Starch conversion technology*. 15-46.
- Vargas, P.; Hernández, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampi: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*. 25(6), 37-45
- Vázquez López, L. (2013). *Evaluación de mezclas de harina de malanga y maíz para elaborar tortillas*. Tabasco, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Viteri Quincha, J. P. (2009). *Estudio de factibilidad para producción de malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) en el Cantón Santo Domingo de los Colorados*. Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.