

## Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*)

Alberto Torres<sup>1</sup>, Marlene Durán<sup>2</sup>, Piedad Montero<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alberto Torres, Ingeniero de Alimentos, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad UNAD. [alberto.torres@unad.edu.co](mailto:alberto.torres@unad.edu.co)

<sup>2</sup> Marlene Durán, Bacterióloga, Magíster en Farmacología. Candidato a Doctor en Ciencias Biomédicas. Instituto de Investigaciones Inmunológicas. Universidad de Cartagena, miembro del Grupo de investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA) Universidad de Cartagena. [marlene\\_duran@hotmail.es](mailto:marlene_duran@hotmail.es)

<sup>3</sup> Piedad Montero, Ingeniera de Alimentos, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Cartagena. Miembro del Grupo de investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA), de la Universidad de Cartagena. [pmargaritamontero@hotmail.com](mailto:pmargaritamontero@hotmail.com)

### RESUMEN

*Colocasia esculenta* es una planta de rápido desarrollo vegetativo, aprovechable en su totalidad, difundida en zonas rurales de Colombia, de fácil propagación y aceptable valor nutricional. Debido a su contenido de almidón, puede ser utilizada para remplazar materias primas convencionales como maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria. El objetivo de esta investigación fue la obtención y evaluación de las propiedades funcionales del almidón de malanga variedad blanca y morada, para su utilización en la industria de alimentos. Se evaluó el índice de absorción y de solubilidad en agua por el método de Anderson et al., 1969. La temperatura de gelatinización por el método Grace, 1977. El contenido de amilosa/amilopectina por la técnica (ISO, 1987) y la viscosidad por la técnica ISI. Se obtuvieron temperaturas de gelatinización de  $55 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $54 \pm 2^\circ\text{C}$  respectivamente. Los valores encontrados para amilosa/amilopectina, índice de solubilidad en agua y viscosidad del granulo mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las dos variedades de malanga; el índice de absorción de agua no presento diferencia en las dos variedades estudiadas. El almidón de malanga posee propiedades funcionales que hace viable su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales, pudiendo remplazar a los que hoy se comercializan.

**PALABRAS CLAVE:** Almidón, malanga, propiedades funcionales, amilosa, amilopectina.

### ABSTRACT

*Colocasia esculenta* is a plant of rapid vegetative growth, fully usable, widespread in rural areas of Colombia, easily spread and acceptable nutritional value. Due to their high amounts of starch can be used to replace conventional materials such as corn, yams, cassava and potato in the food industry. The aim of this research was the collection and evaluation of the functional properties of taro purple and white variety starch for use in the food industry. Was evaluated, the rate of water absorption and rate of solubility in water by the method established by Anderson et al., 1969. Gelatinization temperature by the method described by Grace, 1977. The amylose/amylopectin by the technique (ISO 1987) and viscosity by the technique ISI. Gelatinization temperatures were obtained  $55 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $54 \pm 2^\circ\text{C}$  respectively. The values found for amylose / amylopectin, water solubility index and viscosity of granule showed significant differences ( $p > 0.05$ ) in the two varieties of taro, the water absorption rate did not present difference in the two varieties studied. Taro starch has functional properties viable for use in various food systems and other industrial applications and can replace those currently sold.

**KEYWORDS:** Starch, taro, functional properties.

## 1. INTRODUCCIÓN

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes (Bello y otros, 2002). 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 importancia relevante en el comercio. (Cobana y Antezana, 2007)

La malanga (*Colocasia esculenta*), es una planta de rápido desarrollo vegetativo, aprovechable en su totalidad. Actualmente es uno de los principales cultivos en regiones tropicales y subtropicales del mundo, incluyendo África occidental, Asia, América Central, América del Sur y el Caribe y las islas de Polinesia. Su valor radica en su alto contenido de almidón (30-85% base seca), proteínas (1.4-7 %) además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8 %), vitamina A, C, calcio y fósforo (Rodríguez y col, 2011).

El almidón de malanga puede ser utilizado en la industria de alimentos como ingrediente en botanas, salsas, cremas, fideos, pastas, productos cárnicos, entre otros alimentos. Sin embargo la aplicación de estos almidones está relacionada directamente a su composición y propiedades funcionales que dependen de la fuente y condiciones del cultivo (Rodríguez y col, 2011).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*).

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 La malanga

La malanga (*Colocasia esculenta*), es un tubérculo alimenticio de clima tropical y subtropical, que se cultiva en suelos con altos contenidos de humedad, sin embargo, puede soportar también períodos de sequía. Pertenece a la familia de las araceae, teniendo dos géneros por motivos geográficos: Amarilla o lila, género *Colocasia*, originario del sureste de Asia, llegando hasta las Islas Canarias, para después introducirse en el continente americano; y Blanca, género *Xanthosoma*, cuyo origen es americano (Antillas) desde antes del descubrimiento (Centro de Agronegocios, 2006).

La malanga es una planta herbácea suculenta que alcanza gran altura, de 1-2 m. sin tallo aéreo. Produce un cormo central comestible, grande, esférico, elipsoidal o cónico, estos cormos o cormelos están cubiertos exteriormente por escamas fibrosas o pueden ser lisos; el color de la pulpa por lo general blanco, pero también pueden presentarse clones coloreados hasta llegar al morado. La malanga también es llamada vulgarmente como Taro, Dashen, Kalo entre otros (Rodríguez y Hernández, 2011).

En Colombia, la malanga es la raíz étnica que más se exporta después de la yuca, es un producto con alto potencial de crecimiento dado el incremento de los grupos étnicos en Estados

(*Colocasia esculenta*)

Unidos y Europa (Centro de Agronegocios, 2006). A nivel regional, ha sido notorio el crecimiento de la producción de malanga en los últimos años; según datos suministrados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Empresarial del Departamento del Cesar, en el año 2006 se cultivaron 648 hectáreas de malanga obteniendo una producción anual de 7.431 toneladas (Oficina Asesora de Planeación, 2008).

## 2.2 Almidones

El almidón es un componente con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables (Zhao y Whistler, 1994). Debido a que el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, es necesario buscar nuevas fuentes de extracción, ya que con una producción mundial de 48,5 millones de ton/año (Faostat, 2001), existe una demanda insatisfecha del mismo.

Estructuralmente, el almidón consiste en dos polisacáridos químicamente distinguibles: Amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4), en el cual algunos enlaces  $\alpha$  (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Knutzon; Grove, 1994). Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4) y en un 4-6% con uniones  $\alpha$  (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (GUAN; HANNA, 2004).

## 2.3 Usos del almidón

El almidón y los productos de almidón son usados en variedad de formas tanto en la industria de alimentos como en la no alimentaria. En la alimentación, se usa como ingrediente de diferentes preparado y en la industria no alimentaria como materia prima básica o producto auxiliar para la elaboración de una amplia gama de productos.

El consumo de almidón se destina aproximadamente un 25 por ciento al sector de alimentos y un 75 por ciento al sector industrial, de donde cerca del 80 por ciento se destina a la fabricación de papel y cartón, seguido de textiles, adhesivos y otras industrias (IFAD y FAO, 2004).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las plantas pilotos y laboratorios de Bromatología de las Universidades UNAD y UPC del Departamento del Cesar, Colombia.

El almidón se obtuvo siguiendo la metodología propuestas por Medina et al. (2007); se utilizaron rizomas frescos de malanga blanca y morada por separado, 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 la finalidad de recuperar el almidón sobrenadante. Posteriormente, se secó en una estufa de convección a 55 °C, durante 24 horas, luego se procedió a almacenar el almidón en frascos plástico con cierre de tapa hermética para su posterior uso.

Se hicieron las siguientes determinaciones:

Determinación del índice de absorción de agua y el índice de solubilidad en agua

Determinación de la temperatura de gelatinización

Determinación del contenido de amilosa/amilopectina

Determinación de la viscosidad

Para la determinación del índice de absorción de agua y el índice de solubilidad en agua se utilizó la técnica Anderson et al. (1969). Consiste en calentar una suspensión acuosa de almidón, hinchándose los gránulos por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón.

Se pesaron los tubos de la centrífuga secos a 60 °C, en los tubos se pesaron 1,25 g de almidón (bs), se agregaron exactamente 30 ml de agua destilada precalentada a 60°C y se agitó cuidadosamente. Los tubos se colocaron en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; se agitó la suspensión a los 10 minutos de haberse iniciado el calentamiento. Luego se centrifugó a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos. Se decantó el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y se midió el volumen.

Luego, se tomó 10 ml del sobrenadante y se colocó en un vaso de precipitados de 50 ml, previamente pesado. El sobrenadante se colocó en un horno durante toda la noche a 70°C. Después del secado, se pesó el tubo de centrífuga con el gel y el vaso de precipitados con los insolubles. Para los cálculos e interpretación de los resultados se tuvo en cuenta:

Índice de absorción de agua (IAA) =  $\text{Peso del gel (g)}/\text{Peso muestra (g)}$  bs

Índice de solubilidad en agua (ISA) =  $\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10/\text{Peso muestra (g)}$  bs

Para la determinación de la temperatura de gelatinización se empleó la técnica (Grace, 1977). Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría; cuando se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización.

Se pesaron 10 g de almidón (bs), se disolvió en agua destilada hasta completar a 100 ml. Se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 ml a 85 °C. De la solución de almidón preparada se tomaron 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 ml. El vaso con la muestra se introdujo en el agua a 85 °C, se agitó con el termómetro constantemente la solución de almidón hasta que se formó una pasta y la temperatura permaneció estable por unos segundos. La temperatura de gelatinización se leyó directamente en el termómetro.

Para la determinación de amilosa/amilopectina se utilizó la técnica (ISO, 1987). Después de la dispersión, gelatinización y reacción con yodo de los gránulos de almidón, se midió colorimétricamente el complejo yodo-amilosa. La densidad óptica se leyó a una longitud de onda de 620 nm.

(*Colocasia esculenta*)

La viscosidad se determinó utilizando un viscosímetro Brookfield y la técnica usada fue ISI, 2002. La viscosidad de un gel de almidón preparado por calentamiento indirecto es medida como una fuerza de torsión sobre una aguja rotante con temperatura y velocidad constante. Para lo cual se pesaron 25,0 g de almidón en base seca, se disolvió en agua destilada y se completa a 500 ml. La suspensión se colocó en un vaso de precipitado de 1000 ml. y se calentó con agitación hasta ebullición (aproximadamente 15 minutos). Luego el gel se enfrió hasta 25 °C, se tomó una alícuota de 15 ml. y se midió la viscosidad a 25°C, con una velocidad de 10 RPM. Los resultados se reportaron sin decimales en centipoises (cP).

Los datos obtenidos en este estudio fueron analizados usando el programa computacional Statgraphics. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) empleando el SAS (2003) para detectar diferencia entre medias. Las medias por variedad fueron comparadas utilizando las pruebas de diferencia mínima significativa. Se aceptaron diferencias a un nivel de probabilidad del 5%.

#### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presenta el (%) de amilosa, IAA, ISA, temperatura de gelatinización y viscosidad de almidones nativos de malanga de las variedades blanca y morada. La relación amilosa/amilopectina, 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 amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (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 1); los cuales resultaron ser menores al compararlo con almidones de ñame y papa con valores que variaron entre 25,87 a 27,89 %, y 24,0 % respectivamente (Alvis y et al., 2008). 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 et al., 2008). El almidón de malanga de las variedades blanca y morada fue similar al almidón nativo de yuca con un contenido de amilosa que varió entre 14 a 19 % (Hoover, 2002), e inferior al almidón de papa con valores entre el 22 a 26 % (Hoover, 2002) y en almidones de ñame entre el 27 a 29 % (Hoover, 2002). Estas diferencias encontradas en el contenido de amilosa, se deben a la fuente biológica de donde provienen los almidones. Sin embargo Osundahunsi et al. (2003) encontraron altos contenidos de amilosa en almidones de camote de las variedades blanco y rojo, con un 32,15 y 34,16%, respectivamente muy superiores a los encontrados en el almidón de malanga de las variedades blanca y morada. Charles et al. (2005) reportaron que el contenido de amilosa en almidones de diferentes variedades de yuca fue de 15,9 a 22,4% similares a los presentados en la presente investigación para almidones de malanga.

Finalmente la concentración de amilosa encontrada en los almidones de malanga blanca y morada se ubica dentro de los valores 166, 5 - 308,5 g/kg, reportados por Aboubakar et al. (2007), para tubérculos de malanga cosechados en Camerún.

**Tabla 1.** (%) de Amilosa, IAA, ISA, temperatura de gelatinización y viscosidad de almidones nativos de malanga de las variedades blanca y morada.

Variedad de almidón	Amilosa (%)	IAA (g gel/g muestra (BS))	ISA (g gel/g muestra (BS))	Temperatura de gelatinización °C	Viscosidad CP
<b>Malanga blanca</b>	20.5 <sup>a</sup> ± 0.2	1.79 <sup>a</sup> ± 0.1	12.8 <sup>b</sup> ± 0.3	55 <sup>a</sup> ± 2	1170 <sup>a</sup> ± 2
<b>Malanga morada</b>	18.32 <sup>b</sup> ± 0.01	1.88 <sup>a</sup> ± 0.02	23.07 <sup>a</sup> ±	54 <sup>a</sup> ± 2	975 <sup>b</sup> ± 3

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

En el IAA de los almidones de malanga variedad blanca y morada no presentaron diferencias significativas,  $1,79 \pm 0,1$  y  $1,88 \pm 0,02$  respectivamente; ambos resultados fueron inferiores a los encontrados por Alvis et al., (2008) para cuatro variedades de almidones de ñame, este valor varió entre 2,32 a 2,39; en almidón de papa fue de 5,83 y para almidones de yuca variaron entre 4,63 a 4,80. 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 et al., 2004).

Otras investigaciones indican que el índice de absorción de agua en el almidón de yuca varía entre 0,82 y 15,52 g gel/g muestra (BS) (FAO, 2007), encontramos un rango muy amplio al compararla con el almidón de malanga de las variedades blanca y morada (tabla 1).

El índice de solubilidad del almidón, 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/amilopectina (Araujo et al., 2004). En el ISA, se aprecia una amplia diferencia significativa entre los almidones de malanga de las variedades blanca y morada,  $12,8 \pm 0,3$  y  $23,07 \pm 0,21$  respectivamente. Ambos resultados son superiores a los reportados para almidones de ñame que varió entre 1,25 a 2,79 %, yuca entre 2,60 a 3,70 % y en papa fue del 2,97 % (Alvis et al., 2008). Sin embargo, según otras fuentes en el almidón de yuca el índice de solubilidad en agua varía entre 0,27-12,32% (FAO, 2007), este intervalo está más cercano al reportado en la presente investigación para almidones de malanga de las variedades blanca y morada (tabla 1). La amplia diferencia en el 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 que las ramificaciones laterales (amilopectina) 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 y Kokini, 1992).

La temperatura media de gelatinización de los almidones de malanga variedad blanca y morada no mostraron diferencia significativa ( $55^{\circ}\text{C} \pm 2$  y  $54^{\circ}\text{C} \pm 2$  respectivamente). Estos valores están muy cercanos a los rangos obtenidos en dos investigaciones reportadas en la literatura para

(*Colocasia esculenta*)

almidón nativo de papa, encontrándose temperatura de gelatinización de 66 °C (Alvis et al., 2008) y valores entre 56 y 67 °C (Lindeboom et al., 2004); de igual forma la temperatura de gelatinización del almidón de malanga de las variedades blanca y morada, evaluada en este estudio es inferior a los valores reportados para temperatura de gelatinización de almidones de yuca la cual fue de 62°C (Alvis et al., 2008) y entre 58 y 65°C (Lindeboom et al., 2004) y a las variedades de ñame nativo entre 75 y 79 °C (Alvis et al., 2008) y entre 75 y 86 °C para ñame criollo y espino (Rodríguez, 2000). Así mismo, los valores obtenidos en la presente investigación fueron similares a los datos reportados para almidón de *Colocasia esculenta* L. Schott de seis variedades diferentes por (Aboubakar et al., 2007), los cuales variaron entre 48,08±2,46 para los Kw2 y 64,37 ± 2,35 C por KW1.

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 et al., 1988); además, se reportó que la temperatura de gelatinización en raíces y tubérculos es menor que en cereales porque el gránulo de almidón absorbe rápidamente agua debido al debilitamiento entre las fuerzas de atracción de las moléculas (amilosa/amilopectina), fenómeno asociado a una menor presencia de amilosa y a una mayor presencia de regiones cristalinas dentro del gránulo que requieren menos temperatura de calentamiento.

Los resultados reportados muestran que la viscosidad máxima en los almidones de malanga de las variedades blanca y morada, presentó diferencia significativa, los cuales arrojaron resultados 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. Con estos resultados se deduce que los gránulos de almidón de malanga de ambas variedades poseen viscosidad alta con un pico bien definido, que absorben agua en forma rápida, lo que los hace resistentes al calor y a esfuerzos cortantes; predominan enlaces fuertes que requieren altas temperaturas para su ruptura.

## 5. CONCLUSIÓN

La malanga (*Colocasia esculenta*) de las variedades blanca y morada, es una fuente potencial de almidón, el cual puede ser extraído bajo un proceso de molienda húmeda con alto rendimiento y pureza. Estos almidones mostraron diversas propiedades funcionales que los hacen factibles para su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales.

Los valores de las propiedades funcionales evaluadas y reportadas en la presente investigación para almidones de malanga (*Colocasia esculenta*), de las variedades blanca y morada son similar a las de almidones comerciales obtenidos de algunos tubérculos y cereales y de otras variedades de malanga.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aboubakar Y., Njintang Y., Scher J. y Mbfung, C. (2007). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour and starches. Journal of Food Engineering. Volumen 86, p.294–305.

Alvis M., Vélez C., Villada H. y 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*. Volumen 19 No1, p. 19-28.

Anderson R., Conway B. y Peplinski B. (1969). Gelatinization of corn grifts by roll and extrusion cooking. *Cereal ScienceToday*. Volumen14, p.4-12.

Araujo V., Rincón C. y Padilla A. (2004). Caracterización del almidón de Dios- corea bulbifera L. *Revista Scielo*. Volumen 54 No 2, p. 241-245.

Bello P., L. A., Contreras R., S. M., Romero M., R., Solorza F., J. y Jiménez A., A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano musa paradisiaca l. (Var. Macho). *Agrociencia*. Volumen 36 No. 2, p. 169-180.

Centro de Agronegocios. (2006). “Perfil del mercado de la malanga. Colombia”. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/raices/malanga/malanga.pdf>. Acceso febrero 20 de 2010

Charles A., Chang Y., Ko W., Sriroth K. y Huang T. (2005). Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Volumen 53 No 7, p. 2717-2725.

Cobana M. y Antezana R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Bolivariana de Química*. Volumen 24 No 1, p. 77-88

Estados Unidos. National Starch Food Innovation. 2008. 10 FINDERNE AVENUE, BRIDGEWATER, NEW JERSEY 08807-3300. Tel: 1-800-797-4992. Fax: 1-609-409-5699 Internet: [www.foodinnovation.com](http://www.foodinnovation.com). Acceso 8 de junio de 2010.

FAO. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca, p. 33-40, 44-50.

Faostat.(2001). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Database. Roma, Italy.

Grace M. (1977). Elaboración de la yuca. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. p 116.

Guan J. y Hanna A. (2004). Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*. Volume 5, p. 2329-2339.

Hoover R. (2002). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*. Volumen 49 No 4, p. 425-437. <http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/almidonagro1.pdf>. Acceso 10 de junio, 2007.

Hwang J. y Kokini I. (1992). Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. *Carbohydrate Polymers*. Volumene 19 No1, p. 41-50.

IFAD y FAO.(2004). Global cassava market study. Business opportunities for the use of cassava. Proceedings of the validation forum on the global cassava development strategy. Volumen 6. International Fund for Agricultural Development (IFAD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma.

Imberty A., Chanzy H. y Pérez S. (1988). The double helical nature of the crystalline part of A-starch. *Journal of Molecular Biology*. Volumen 201 No 2, p. 365-378.

(*Colocasia esculenta*)

ISO 6647. 1987. Norma de la organización internacional para la estandarización sobre determinación de amilosa, 409-414, Suiza.

ISI. 2002. Determination of viscosity of starch by brookfield. ISI 17-1e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI). (disponible en <http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm>). Acceso mayo 16 de 2010.

Knutzon C. y Grove M. (1994). Rapid method for estimation of amylose in maize starches. Cereal Chemistry. Volume 71 No 5, p. 469.

Lindeboom N., Chang P. y Tyler R. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review, Starch. Volumen 56 No 3, p. 89-99.

Medina O., Pérez J. y Bernal M. (2007). Extracción del almidón de la malanga (*escolocasiaesculenta*) y síntesis de biopolímeros, Versión 1. Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Bogotá – Colombia. Creative Commons 2.5 Colombia.

Oficina Asesora de Planeación. Coordinación Sistemas de Información. Gobernación del Cesar. (2008). CESAR en cifras. 2004-2007. Cesar- Colombia.

Osundahunsi F., Fagbemi T., Kesselman E. y Shimonie 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. Volume 51 No 8, p. 2232-2236.

Rodríguez B. y Mercedes M. (2000). Manual técnico de derivados cárnicos. 1ra ed. UNAD. Bogotá.

Rodríguez M., J, Rivadeneyra R., J. M., Ramírez R., E. D., Juárez B., J. M., Herrera T., E., Navarro C. R. O. y Hernández S., 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. Volumen 15 No 43, p. 37-47

Rodríguez M., H. I. y Hernández R., M. A. (2011). Desarrollo experimental para la obtención de etanol a partir de la malanga (*Colocasia esculenta*)". Trabajo de grado: Ingeniería Química. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. Mexico.

Statistical Analysis System Institute (S.A.S.). (2003). User's Guide: Statistics. Cary. NC: Autor

Zhao J. y WistlerR.. (1994). Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. Food Technology. Volume 48 No 7, p. 104-105.

