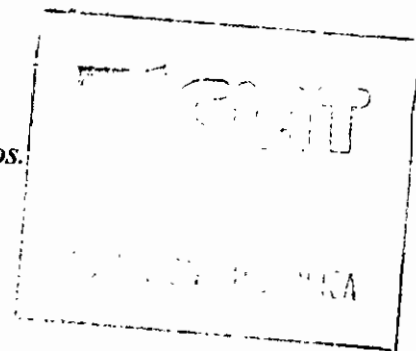


466981

*Seminario técnico sobre raíces y tubérculos autóctonos.
Ibagué-Colombia, 27-29 de Mayo de 1997.*



Procesamiento de ñame (*Dioscorea alata*, *D. rotundata*) :

*Estudio de la factibilidad técnica y económica para la producción de
almidón y harina y de sus propiedades fisicoquímicas*

J.J. Hurtado^{1&2} ; R. Ortiz^{1&4} ; G. Rodriguez²; D. Dufour^{1&3}

1 CIAT, A.A. 6713, Cali-Colombia.

2 COROPOICA, A.A. 240142 - Santafé de Bogotá- Colombia.

3 CIRAD-SAR, B.P. 5035 France.

4 UJTL, A.A.34165, Bogotá-Colombia.

45089

CIAT-1

45394

RESUMEN

1998

Dos especies de ñame del genero *Dioscorea* (*alata* y *rotundata*) han sido procesadas en forma de almidón y harina en plantas utilizadas comercialmente al procesamiento de yuca. Los rendimientos del ñame criollo y espino obtenidos para almidón varían de 5.3 a 16.6% y de 13.4 a 24.5% para harina respectivamente.

Los contenidos de amilosa de los almidones de ñames mostraron valores de 27 a 30% superiores a los exhibidos por yuca y maíz. Las propiedades funcionales mostradas por los almidones de ñame son contrarias a las presentadas por el almidón de yuca. Los almidones de ñame presentaron altas temperaturas de gelatinización, bajas viscosidades máximas y fuerte tendencia a la retrogradación comportamiento semejante al exhibido por el almidón de maíz.

La estimación de los precios del almidón y harinas de ñame realizada a partir de sus rendimientos teóricos; cercanos a los presentados por la yuca y utilizados para calcular los costos de producción dejan entrever las oportunidades de obtención de almidón y harina a partir del ñame.

INTRODUCCION

El ñame (*Diocorea* spp.) es un alimento básico en muchas regiones tropicales, principalmente en el occidente de Africa, Asia, el Pacífico y el Caribe (FAO, 1990). En esta última región se halla la costa Atlántica colombiana principal productora nacional donde se cultivan alrededor de 11 000 ha con un rendimiento promedio de 11.9 t/ha y una producción anual de 133 000 t (Rodríguez, 1996).

Las experiencias de procesamiento del ñame son reducidas. En Colombia donde el 78% de la producción se dirige al mercado en fresco no se conocen transformaciones tecnológicas (Rodríguez, 1996a). Mientras en Africa solo es tradicional la preparación de harina (Treche, 1989).

A parte del potencial de la harina y productos derivados el ñame se puede convertir en almidón (Ezeh, 1992), principal componente de los rizomas con un 75% de la materia seca (Moorthy, 1989). La extracción comercial del almidón fue considerada como no probable por Coursey (1967), por su viscosidad (presencia de mucilagos) y alto costo de producción. Sin embargo 24 años después Moorthy (1991) desarrollo una técnica para extraer el almidón de raíces y tubérculos mucilaginosos.

Además el almidón nativo de ñame posee una resistencia excepcional a la esterilización que lo convierte en un recurso potencial para el desarrollo de productos que necesiten muy largos periodos de cocción (Hurtado, 1997; Dufour et al., 1996; Dufour et Hurtado, 1996).

Sin embargo no han sido evidentes las publicaciones de procesamiento referentes al ñame para su uso industrial (Treche, 1989; Ngoddy et Onuoha, 1983). Este trabajo tiene como objetivo conocer la factibilidad técnica y económica de procesar los dos clones de mayor cultivo en Colombia; ñame criollo y espino como almidón y harina y caracterizar sus propiedades funcionales comparandolas con los almidones y harinas de utilización corriente (maíz, trigo y yuca).

MATERIALES Y METODOS

Materia prima

Los rizomas de ñame criollo (*Dioscorea alata*) y ñame espino (*D. rotundata*) fueron adquiridos a través de la regional 2 de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) con sede en Montería-Córdoba, Colombia perteneciente a la región (costa Atlántica) de mayor producción de ñame en Colombia.

Análisis proximal

La materia seca es determinada a 60 °C por 24 horas. Las determinaciones de fibra, proteína (factor de conversión 6.25), extracto etéreo y cenizas son realizadas a través de las metodologías de la A.O.A.C. (1965), descritas por Harris (1970).

Determinación de carbohidratos

Azúcares totales y reductores: los azúcares son extraídos con etanol en un equipo soxhelt y cuantificados por el método de Cronin et Smith (1979). Se evapora el etanol y se obtienen los azúcares en medio acuoso en el cual los grupos carboxilo o cetónicos libres reducen los iones libres de cobre, formando un compuesto coloreado al reaccionar con el reactivo arsenomolibdato cuantificable a 520 nm.

Determinación enzimática del contenido de almidón: el contenido de almidón es determinado a través del método enzimático de (Batey et Ryde, 1982; Holm et al., 1986) mediante la solubilización de este con α amilasa (Termamyl 120 L, NOVO) termoestable e hidrólisis con amiloglucosidasa (de *Aspergillus niger*, MERCK) y determinación de la glucosa liberada mediante reacción con Glucosa-Oxidasa-Peroxidasa (ABTS) medida a 560 nm.

Determinación de la proporción de amilosa y amilopectina en el almidón

Se realiza de acuerdo al método colorimétrico descrito por la norma ISO 6647 (1987). Que tiene como principio la dispersión de los gránulos de almidón con etanol, luego gelatinizados con hidróxido de sodio, posterior acidificación y formación de un complejo coloreado con una solución de yodo cuantificado a 620 nm mediante espectrofotometría UV-VIS.

Viscosidad amilografica

En un viscoamilógrafo Brabender (Duisburg, Alemania) son evaluadas las propiedades viscoamilograficas de los almidones y las harinas utilizando suspensiones en agua destilada al 5 y 10 % p/v respectivamente. Las suspensiones son sometidas a calentamiento iniciando a 25 °C hasta 90°C (velocidad constante de 1,5°C/min), se mantiene a 90°C durante 20 min

seguido de un enfriamiento hasta 50°C conservando esta temperatura constante por 10 min durante este ciclo se registra de manera continua la viscosidad aparente de las pastas.

Procesamiento del almidón nativo

El procesamiento de las dos especies de ñame en almidón es realizado en una rallandería (planta de procesamiento para almidón de yuca) ubicada en el corregimiento de la Agustina, municipio de Santander de Quilichao (Cauca - Colombia). El procesamiento presentado en la Figura 1 consiste de un lavado, pelado y rallado de los rizomas, una extracción por tamizado con agua, sedimentación en tanques y secado artificial.

Lavado

Esta operación es realizada en un tambor cilíndrico de eje central con capacidad de 220 a 250 kg donde son eliminadas las impurezas (tierra, hojas) y la cascarilla de los rizomas. La lavadora utilizada gira a 35 r.p.m. con un sistema de motor reductor y con un caudal promedio de 28 lt/min y de 3 min de lavado por bache.

Rallado

El rallado permite liberar los gránulos de almidón contenidos en las células del parenquima es realizado en seco en un tambor de madera de 30 cm de diámetro y 50 cm de largo, el cual está cubierto de una lámina perforada manualmente que se encuentra en un cajón donde origina un punto de corte con la madera, con una rotación de 1700 r.p.m. La masa rallada obtenida es fina o gruesa dependiendo de la abertura del tambor con la madera, esta característica es proporcional a la eficiencia del proceso. La capacidad del rallador es de 1200 a 1700 kg/hora de raíz.

La masa rallada de los ñames es suspendida en una solución de amoníaco (0.03M) por 5 min. con el objetivo de retirar los mucilagos y facilitar la operación de tamizado de acuerdo a la metodología descrita por Moorthy, (1991).

Tamizado

El tamizado es realizado en una coladora dispuesta con un cilindro asociado a un semi-eje que se carga y descarga lateralmente con una tolva. La coladora gira a 12 r.p.m. provista internamente de unas aspas, las cuales cumplen una función de mezclado de la masa rallada con el agua utilizada a un caudal de 56 lit/min. en baches de 12 a 15 min. En la lámina de la coladora se encuentra un lienzo de tela de nylon con 80 mesh, el cual tamiza la masa rallada y permite solo el paso de la lechada (almidón en suspensión en el agua del colado) y retiene el afrecho fibra celulósica).

Sedimentación

En esta etapa, se obtienen el almidón sedimentado y un segundo subproducto la "mancha", con un alto contenido de proteína.

La sedimentación se realiza en tanques de 1-2 m³. revestidos con azulejo por 18 a 24 h, se retiran el agua sobrenadante y la mancha (rica en proteínas) que queda en la superficie del almidón.

Resuspensión del almidón

Después de la sedimentación el almidón es resuspendido en agua y pasado a través de una malla metálica de 150 mesh con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de impurezas y ser nuevamente sedimentado por 4-5 h.

Secado artificial

Después de la sedimentación el almidón es secado artificialmente en bandejas de aluminio en un horno (Despatch Oven Company) por 24 horas a 40 °C hasta obtener una humedad de 10 a 12%. El almidón obtenido es empacado en bolsas de polietileno y almacenado a 4 °C.

Proceso de obtención de la harina

El procesamiento de las dos especies de ñame en harina es realizado en la planta piloto ubicada en las instalaciones del CIAT, Palmira. El procesamiento mostrado en la Figura 2 consiste en un lavado y trozado de los rizomas seguido por un secado artificial y una molienda.

Lavado

El lavado es realizado en un tambor cilíndrico en lotes de 140-150 kg (diámetro 0,8 m ; 0,65 m de longitud) que rota a 40 r.p.m provisto de un inyector de agua potable con terminación en tres boquillas dirigidas a diferentes sitios dentro del tambor rotatorio con un caudal de 32 lit/min en el eje montante.

Las maquinas lavadora y picadora forman un conjunto por medio de un acople que pone en movimiento los engranajes de la lavadora desde el elemento de potencia (motor con una potencia de 5 HP) localizado en la picadora.

Trozado

Los rizomas lavados son alimentados por gravedad directamente de la maquina lavadora a la maquina picadora, donde los rizomas de ñame son reducidos de tamaño para facilitar el secado en una picadora tipo Colombia, conformada por una tolva de alimentación y un

disco rotatorio (500 r.p.m) que produce el corte a través de líneas de cuchillas acanaladas, con una capacidad de 6-9 ton/hora. La forma de los trozos es una barra rectangular.

Los trozos son recibidos por un carro recolector que se acopla frontalmente a la maquina picadora y es utilizado también para transportar los trozos al área de secado.

Secado artificial.

El secado artificial es conseguido en una cámara de secado formada por cuatro paredes que encierran un piso falso (70 cm del piso) de una lamina de hierro galvanizado, perforada con agujeros de 3 mm de diámetro (total de la superficie abierta es de 3%) sobre la cual se depositan los trozos húmedos. El aire se calienta a 60 °C mediante un quemador vertical indirecto alimentado con carbón mineral; cada media hora son agregados 5 kg a fin de sostener la temperatura de 60 °C, acoplado a la entrada de un ventilador centrifugo de 5 HP, el cual lo impulsa a la cámara de secado.

Molienda y tamizado

La molienda de los trozos secos de ñame es llevada a cabo en un molino de martillos que gira a velocidades mayores a 3000 r.p.m. La harina obtenida es pasada a través de una tamizadora de un cilindro provista con un tamiz de 60 mesh en donde son obtenidos una harina llamada de primera y un subproducto "ripio" alto en fibra celulosica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Procesamiento del ñame: almidón y harina

Los balances de masa de las etapas de procesamiento del almidón y la harina de ñame son mostrados en las Figuras 3 y 4 calculados a partir de la medida de datos durante el procesamiento y análisis de laboratorio. Las Tablas 1 y 2 presentan la composición química de cada una de las etapas de producción.

Las características del procesamiento en almidón y harinas de los ñames criollo y espino comparadas con la yuca son enseñadas en las Tabla 3 y 4.

Producción de almidón: balance de masa

Los rendimientos teóricos hallados en las variedades de ñame criollo y espino muestran variaciones entre 23 y 28 g/100g b.s. respectivamente cercanas a las exhibidas por la yuca (29.5%), evidenciando el potencial de extracción del almidón de ñame. En particular del ñame espino que exhibió las mejores características de procesamiento, con un rendimiento obtenido de 26% menor el reportado para yuca.

El ñame criollo es la variedad de mayor aceptación para consumo humano en la costa Atlántica colombiana, sin embargo es la menos adaptada para el procesamiento en almidón tal como lo registra su débil rendimiento obtenido (5.3%) y baja tasa de extracción (23%).

La débil tasa de extracción del ñame criollo es originada principalmente por las pérdidas de 30% en el lavado al contrario del ñame espino con 5% y yuca con 3% (Alarcón et Dufour, 1997). Otro factor de influencia es el denominado efecto del rallo (Chuzel et al. 1995), donde se determina la eficiencia del rallado operación donde son liberados los gránulos de almidón al registrar en ñame criollo solo un 51% frente a 92% para el ñame espino.

Harina

Al igual que en la obtención de almidón el ñame espino se muestra como la variedad mas adaptada para el procesamiento en forma de harina frente al ñame criollo. El balance de masa del ñame espino presenta un rendimiento de 24.5 g/100g b.h. con una relación raíces/harina de 4 estos valores son particularmente buenos al ser comparados con los reportados para yuca (Tabla 3).

Durante el secado los trozos de ñame criollo por su viscosidad forman grumos que dificultan la transferencia de calor a través de los trozos prolongando la operación un 25% más tiempo que en el ñame espino.

Un aspecto importante a tener presente durante el procesamiento del ñame es su contenido de oxalato de calcio por lo cual se debe evitar el contacto cutáneo con este durante las diferentes etapas de procesamiento, aun después del secado. Es así como durante el tamizado de la harina las partículas liberadas ocasionaron irritación en la piel del operario.

Propiedades fisicoquímicas

Almidón

La relación amilosa/amilopectina imparte características definitivas en las propiedades funcionales de un almidón de importancia al seleccionarlo para un fin específico. La amilosa favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento ocasionando el indeseable fenómeno de la sinéresis. Al contrario la amilopectina presenta pastas espesas que no retrogradan al enfriarse. Estas diferencias son utilizadas en el desarrollo de productos específicos.

La Tabla 5 muestra el contenido de amilosa del ñame criollo y espino extraídos en medio acuoso y con amoníaco en comparación con almidones de yuca y maíz. El medio utilizado (acuoso o amoníaco) durante la extracción del almidón de ñame no presenta incidencia en el contenido de amilosa, este resultado es igual al obtenido por Moorthy (1991).

El contenido de amilosa de las dos especies de ñame evaluadas no muestra mayores variaciones entre estas ni al interior de estas (Hurtado, 1997; Faboya et Asagbra, 1990, Moorthy et Nair, 1989) al ser comparadas con las elevadas fluctuaciones mostradas en plantas como la arracacha (Hurtado et al. 1997). Los elevados contenidos de amilosa (27-31%) enseñados por los ñames es una característica poco presentada en otras especies de raíces y tubérculos (Tabla 5) lo cual puede permitir el desarrollo de nuevos productos con características especiales.

En ñame de acuerdo a Hurtado (1997), el aspecto de los gránulos de almidón muestra forma elipsoidal. El tamaño de los gránulos presenta un valor medio de 18 μ m semejante al reportado en otros estudios (Treche, 1989; Coursey, 1967) así como próximo al exhibido por yuca y maíz.

Propiedades de la pasta

Almidón

La Figura 5 y la Tabla 6 ilustran los perfiles de viscosidad y las propiedades viscoamilograficas de los almidones de ñame criollo y espino en medio acuoso y en amoniaco comparados con los almidones de yuca y maíz.

La pasta del almidón de ñame espino no presento cambios significativos en sus propiedades reológicas al variar el medio de extracción. Al contrario, el ñame criollo cambia su pico máximo de viscosidad en un 62% al cambiar de un medio acuoso al amoniaco. Este resultado es opuesto al presentado por Moorthy (1991) donde la extracción con amoniaco incrementa el pico máximo de viscosidad en tres especies de ñame (*Dioscorea alata*, *D. esculenta*, *D. rotundata*) aunque semejante al caso de la batata donde la diferencia es de 2 veces. La temperatura de gelatinización no muestra cambios al comparar las especies y los tratamientos de extracción (agua y amoniaco).

El comportamiento de los almidones de las dos especies de ñame en el curso del proceso de gelatinización es sensiblemente diferente de los almidones de otras raíces y tubérculos en especial de yuca y papa. Los ñames presentan en general una elevada temperatura de gelatinización y una viscosidad más débil.

Las propiedades reológicas del ñame son semejantes a las del maíz ambos muestran una tendencia a formar dos estados indicativos de la existencia de dos tipos de enlaces que se liberan a diferentes temperaturas (Treche, 1989; Delpeuch, 1980). La viscosidad de los ñames crece durante todo el tratamiento hidrotérmico y al final exhibe una fuerte tendencia a la retrogradación.

Harina

La Figura 6 presenta los comportamientos reológicos de las dos harinas de ñame en suspensiones (10g de almidón b.s./100g de suspensión) durante un tratamiento hidrotérmico. La Tabla 7 registra las propiedades reológicas de las harinas de ñame obtenidas a partir de los perfiles de viscosidad.

Al contrario de los almidones el pico máximo de viscosidad es presentado por la harina de ñame espino superior en un 58% a la harina del ñame criollo. La fuerza de las pastas de las harinas de ñame durante el tratamiento al calor (90°C) es una característica deseada en muchas aplicaciones alimenticias. Así mismo la tendencia a la retrogradación mostrada por las harinas de ñame es menor que la exhibida por sus respectivos almidones.

Costos de producción

El costo del ñame al productor en la costa Atlántica es de \$120/kg para el ñame espino y de \$130/kg para el criollo (Gonzalo Rodríguez, comunicación personal CORPOICA, Tibaitata, Colombia).

Almidón

La Tabla 8 relaciona las inversiones en instalaciones, equipos y herramientas requeridas para el montaje de una planta de procesamiento de almidón nativo de ñame con una capacidad instalada de 440 ton/año de almidón seco. La inversión necesaria es de \$48 349 000 para el primer semestre de 1997 asumiendo que el terreno es adquirido por el inversionista.

Los costos de procesamiento para una tonelada de almidón seco de ñame son mostrados en la Tabla 9 a partir de sus rendimientos teóricos. El precio promedio en planta para el almidón nativo de ñame obtenido a partir de sus rendimientos teóricos es un 30% inferior al obtenido utilizando los rendimientos obtenidos. Esta diferencia es factible de reducir mejorando la eficiencia durante el procesamiento.

El precio del ñame representa un 69% del precio promedio del almidón en planta con una utilidad del 25%. El precio presentado por el almidón nativo de ñame es de \$700/kg. Las propiedades funcionales del almidón de ñame lo harían competir con el almidón nativo de maíz el cual actualmente fluctúa entre \$500-700/kg.

Dentro del mercado de almidón existe un mercado masivo y uno especializado. En el mercado masivo un precio competitivo es la llave del éxito, mientras que en el mercado especializado, las características funcionales del almidón son la clave para competir (Ostertag, 1993).

El almidón nativo de ñame por su resistencia excepcional a tratamientos estresantes utilizados por los industriales como una esterilización por 2h a 121°C podría permitir su utilización para el desarrollo de productos que necesiten muy largos periodos de cocción y así competir en el mercado especializado, donde los compradores están dispuestos a pagar un precio mayor por los almidones nativos.

Harina

La Tabla 10 muestra las inversiones en instalaciones, equipos y herramientas requeridas para el montaje de una planta de procesamiento de harina de ñame con una capacidad instalada de 300 ton/año de harina. La inversión necesaria es de \$56 819 000 para el primer semestre de 1997 asumiendo que el terreno es adquirido por el inversionista.

Los costos de procesamiento para una tonelada de harina de ñame son mostrados en la Tabla 11. El precio obtenido para la harina de ñame es de \$760/kg con una rentabilidad de 25% este valor es un 66% mayor el precio de la harina de trigo y yuca. Ante la diferencia de precios es necesario el desarrollo de nuevos productos que permitan aprovechar sus propiedades funcionales.

CONCLUSIONES

Dos clones de ñame; criollo y espino estudiados para ser procesados en forma de almidón y harina han mostrado la factibilidad técnica de obtención de estos productos en plantas comerciales destinadas a yuca. Sin embargo es necesario realizar adaptaciones en el lavado principalmente para aumentar la eficiencia.

El ñame espino presenta las mejores características para la transformación en almidón y harina al mostrar rendimientos teóricos y obtenidos cercanos a los de yuca y superiores a los del ñame criollo.

El contenido de amilosa y las temperaturas de gelatinización de los almidones de ñames muestran elevados valores al ser comparados con otras raíces y tubérculos. Además no muestran diferencias significativas al extraer los almidones en medio acuoso o amoniaco. Solo el ñame criollo mostró diferencias en su viscosidad máxima al cambiar el medio de extracción.

Los precios obtenidos para el almidón y la harina de ñame son superiores a los presentados por yuca y maíz. Sin embargo los precios pueden reducirse aumentando la eficiencia del proceso. Es así como los precios del almidón de ñame muestran una diferencia de 30% al comparar los precios utilizando los rendimientos teóricos y obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALARCON, F. and DUFOUR, D. 1997. Producción del almidón de yuca en Colombia: Proceso general de extracción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. (En impresión).
- BATEY, I.L. et RYDE, N. 1982. Starch analysis using thermostable alpha-amylases. *Starch/Stärke*. 34(4):125-128.
- CHUZEL, G.; PEREZ, D.; DUFOUR, D. and GRIFFON, D. 1995. Amélioration technologique des équipements d'extraction d'amidon en Colombie: transformation alimentaire du manioc. Editions Orstom, Paris, France. p.623-636.
- COURSEY, D.G. 1967. Yams: an account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the dioscoreaceae. London: Longmans. 230p.
- CRONIN, D. and SMITH, S. 1979. A simple and rapid procedure for the analysis of reducing total and individual sugars in potatoes. *Potato Res.* 22:99-105.
- DELPEUCH, F. et FAVIER, J.C. 1980. Caractéristique des amidons de plantes alimentaires tropicales: Action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. *Ann. Technol. Agric.* 29(I):53-67.
- DUFOUR ; HURTADO, J.J. and WHEATLEY, C. 1996. Characterization of starches from noncereal crops cultivated in tropical America: comparative analyses of starch behavior under different stress conditions. International symposium on cassava starch and starch derivatives. Nanning, China, November 11-15, 1996.
- DUFOUR, D. and HURTADO, J.J. 1996. Perspectivas de uso de almidones nativos de raíces y tubérculos en relación con sus propiedades específicas. *Proceedings of the Conferencia Internacional de Almidón: Propiedades fisico-químicas funcionales y nutricionales. Usos* p. 149-166.
- EZEH, N. 1992. Economics of yam flour production: implications for research and development, and promotion of yam-based industries in Nigeria. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 69(1):51-57.

- FAO. 1990. Roots, tubers, plantains and bananas in human nutrition. FAO Food and Nutrition Series, N° 24. p. 5-12.
- GUY, H. and GOTTRET, V. 1996. Tendencias globales de la producción y mercado de la yuca y sus productos. En: La economía de la yuca p. 11-27.
- HARRIS, L. 1970. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Center for Tropical Agriculture Feed Composition Project Livestock Pavilion University of Florida Gainesville, Florida 32601 USA.p.2101-2501.
- HERMANN, M. 1994. La achira y la arracacha: procesamiento y desarrollo de nuevos productos. Centro Internacional de la Papa (CIP) 20(3):10-13.
- HERMANN, M. 1995. Arracacha and achira processing and product development. CIP Progress report 6310-1994, Quito, Ecuador. 8p.
- HOLM, J. and BJORCK, N. 1986. A rapid method for the analysis starch. Starch/Stärke 38(7):224-226.
- HURTADO, J.J. 1997. Valorización de las amiláceas "no-cereales" cultivadas en los países andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funciones de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Bogotá, Colombia.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP). 1995. Informe anual p. 23-25.
- ISO (International Organization for Standardization). 1987. Norme ISO 6647 (F). Riz - Détermination de la teneur en amylose. Switzerland. 3 p.
- MARDER, C.; ARAUJO, R.; MORENO, M. CURRAN, A. and TRIM, D. 1996. Investigating sour starch production in Brazil. Cassava flour and starch: progress in research and development. Editions CIRAD-SAR, CIAT. p. 247-258.
- MOORTHY et NAIR, 1989. Studies on *Dioscorea rotundata* starch properties. Starch/Stärke 41(3):81-83.

MOORTHY, S.N. 1991. Extraction of starches from tuber crops using ammonia. *Carbohydrate Polymers* 16:391-398.

NGODDY, O.P. et ONUOHA, C.C. 1983. Selected problems in yam processing. The symposium on yam biochemistry. Anambra State University of Technology, Enugu: May 3-5, 1983. p. 295-317.

OSTERTAG, C. 1993. Producción y mercados mundiales del almidón. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 29 p.

RODRIGUEZ, G. 1996. Raíces y tubérculos de consumo tradicional en diferentes regiones de Colombia. IX Congreso Brasileiro de Yuca - I Congreso Latino Americano de raíces tropicales, 7-11 de octubre de 1996. Centro de Raizes Tropicais-Cerat/Unesp, Botacatu, Brasil.

RODRIGUEZ, G. 1996a. Breve reseña del ñame en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (CORPOICA). Documento interno de trabajo 2p.

TRECHE, S. 1989. Potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea* spp.) cultivées au Camerou: études et thèses. Editions de l'Orstom, Montpellier, France. Vol. 1. P.39-54.

VIERA, M. 1983. Proyecto de producción y comercialización de harina de yuca en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT), Cali, Colombia. Documento interno de trabajo 35p.