

## Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L.

Consuelo Araujo de Vizcarrondo, Alicia Mariela Rincón, Fanny Padilla

Unidad de Investigación de Análisis de Alimentos. Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela

**RESUMEN.** Con la finalidad de evaluar fuentes no convencionales, se aisló el almidón de bulbos de *Dioscorea bulbifera*. Se obtuvo un rendimiento de 28,48 g/100g en base seca. Se determinó su composición química, características físicas, fisicoquímicas y morfológicas, así como sus propiedades reológicas. El análisis químico reveló un contenido de amilosa de 29,37%. Los gránulos de almidón de acuerdo a las micrografías, presentaron en su mayoría forma irregular, semejándose a una pirámide con vértices redondeados y en menor número son alargados con bordes redondeados. El almidón mostró una temperatura de gelatinización de 70,8°C y una máxima viscosidad a 88,6°C de 435 UB, así como una consistencia relativamente estable al proceso de cocción y baja tendencia a la retrogradación, lo que sugiere su posible uso en formulaciones de alimentos en donde se requiere el desarrollo de una rápida viscosidad y un gel de consistencia estable.

**Palabras clave:** *Dioscorea*, almidón, caracterización, propiedades reológicas.

**SUMMARY.** Characterisation of *Dioscorea bulbifera* native starch. A non conventional source of starch, bulbs of *Dioscorea bulbifera*, was evaluated. Giving a yield of 28.48 g/100g on dry weight, Chemical composition, physical, physico-chemical and morphological characteristics were assessed, as well as its rheological properties. Chemical analysis showed a amylose content of 29.37%. Micrographies showed that most of the starch granules were of irregular shape, similar to a pyramid with rounded vertices, and a smaller number were elongated with smooth surface. *Dioscorea* starch showed a gelatinization temperature of 70.8°C and maximum viscosity at 88.6°C of 435 Brabender units (BU). It presented a relatively stable consistency to the cooking process and a low tendency to retrogradation; which suggest the starch possible use in food products that need a fast viscosity and a gel with a stable consistency.

**Key words:** *Dioscorea*, starch, characteristics, rheological properties.

### INTRODUCCION

Los almidones son utilizados como materia prima en diversas industrias, representando un insumo vital para la industria de alimentos como estabilizadores, ayudantes en la emulsificación, mejoradores de textura y otros, siendo sus propiedades funcionales determinantes en la calidad del producto final. Los procesos de cocción a los cuales son sometidos los almidones ocasionan su gelatinización; estos almidones gelatinizados sufren reorganización en su estructura (retrogradación) cuando se enfrían y durante el almacenamiento, lo que influye en la calidad y el tiempo de almacenamiento de aquellos productos que lo contienen (1,2). Los almidones nativos tienen características muy específicas y se comportan de maneras variables en cuanto a sus propiedades funcionales, lo que depende de su fuente natural. Por tal motivo, el estudio de fuentes convencionales y no convencionales de almidones daría alternativas a las diferentes industrias (alimentos, cosméticos, papel, textil y otras.) en la utilización de los almidones. Las fuentes principales de obtención de almidones son los cereales, raíces, tubérculos y leguminosas. En nuestro país los almidones más utilizados son de maíz, papa, yuca y arroz, sin embargo existe otras fuentes menos conocidas pero no por ello menos importantes

como es el ñame congo (*Dioscorea bulbifera*), que se consume en forma directa, ya sea sancochado o frito en rodajas. El género *Dioscorea* es muy amplio, al cual pertenecen especies de importancia económica en las regiones lluviosas del trópico, así como en las subtropicales y en las templadas. *Dioscorea bulbifera* es una planta trepadora originaria de Africa y Asia tropical específicamente de la región del sur del Himalaya en la India, donde es cultivada por la importancia de su tubérculo comestible; así mismo es un cultivo poco exigente, conocido y cultivado en Venezuela (Turmero, Estado Aragua) (3,4). De la familia *Dioscoreaceae*, la especie *D. bulbifera* L. es conocida como ñame de papa, papa aérea, ñame aéreo ñame de aire, ñame de piedra y ñame congo. Esta planta se caracteriza por desarrollar en las axilas de las hojas unos bulbos (tubérculos aéreos) que crecen del tamaño de una papa y pueden llegar a pesar un kilo (3). Estudios preliminares (5) han indicado su posible uso como fuente no convencional de almidón. En este trabajo se evaluaron la composición y propiedades funcionales del almidón nativo extraído de los tubérculos de *Dioscorea bulbifera*, con el propósito de su posible uso como materia prima en la elaboración de productos en los que, tradicionalmente se utilizan almidón de maíz, trigo, papa y arroz.

## MATERIALES Y METODOS

Los tubérculos de *D. bulbifera* fueron obtenidos de cultivos experimentales en San Diego de los Altos, Estado Miranda, Venezuela. Se cultivaron a una altura de 1320 mts sobre el nivel del mar. El almidón de *Zea mays* (maíz) no modificado fue obtenido de Sigma (USA) y el de *Solanum tuberosum* (papa) de Lyckebý Stärkelsen, Karslshamn (Sweden). Todos los reactivos utilizados fueron grado analítico. Los resultados de los ensayos son el promedio de tres determinaciones. Los tubérculos de *Dioscorea* se limpiaron y pelaron manualmente. A partir de la muestra pelada se obtuvo un rendimiento en almidón de 28,42g en base seca.

### Aislamiento y purificación del almidón

El almidón se extrajo siguiendo el método descrito por Rincón et al. (6). Se colocó una porción de los tubérculos pelados, limpios y troceados con una cantidad de agua igual en una licuadora (Oster), mezclándose a velocidad media por un minuto. El homogeneizado se filtró a través de filtro de muselina y el residuo fue resuspendido en dos volúmenes de agua destilada, repitiéndose el procedimiento hasta obtener un filtrado claro, indicando que todo el almidón ha sido extraído. Los filtrados se centrifugaron a 2000 r.p.m. en una centrífuga IEC Centra. MP4R (rotor horizontal 224) durante 15 min., descartándose el sobrenadante. El residuo se lavó varias veces con 10 ml de agua destilada para eliminar otros constituyentes presentes. El almidón extraído se secó en estufa Labline Imperial a la temperatura de 45°C por 24 h, pasándose luego a través de un tamiz malla 60 (250 µm) y se almacenó en bolsas plásticas selladas al vacío a temperatura ambiente, en un sellador de bolsas VacSy, Modelo VG-017 de Zepter International.

### Análisis químico, físico y fisicoquímico

Al almidón nativo se le determinó el contenido de humedad, nitrógeno, proteína (N x 6,25) y cenizas por los métodos oficiales de la AACC (7). La materia grasa fue determinada de acuerdo al método descrito por Schoch (8). La fibra cruda se determinó en un Tecator Fibertec System M (1020 Hot Extractor). El contenido de amilosa se evaluó por el método colorimétrico de Juliano (9) y la amilopectina fue obtenida por diferencia. La acidez y pH según metodología de Smith (10). La determinación de la pureza del almidón en base seca, se realizó por diferencia tomando en cuenta a los otros componentes contenidos en el almidón (proteína, materia grasa, fibra cruda y cenizas).

### Evaluación microscópica

La morfología y el tamaño de los gránulos de almidón de *D. bulbifera* se determinaron mediante microscopía de barrido electrónico (MBE), usando un equipo Hitachi Modelo S-2400

a 20 kV, de acuerdo a Rincón et al. (6). De las micrografías se determinó el valor promedio y desviación estándar del tamaño del gránulo de almidón, de acuerdo a su diámetro máximo y mínimo; así como las características de superficie y forma del gránulo.

### Poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua

Se realizó según Schoch (11) y Anderson (12) en un rango de temperatura de 60°C a 95°C, con ciertas modificaciones: 4 g de almidón fueron trasvasados cuantitativamente con 200 ml de agua a un balón de 500 ml de tres bocas, dentro del cual se introdujo un agitador magnético. En la boca central del balón se conectó un refrigerante y en una de las otras dos bocas un termómetro, a la tercera abertura se le coloca un tapón que puede ser removido durante el análisis. El balón se colocó sobre una plancha de calentamiento con agitación. El termostato fue ajustado de tal manera que la temperatura aumentara 1,5°C/min y se agitó a una velocidad constante, que permitiera mantener el almidón en suspensión durante el calentamiento. A intervalos de 5 min, entre 60°C y 95°C se tomaron alícuotas de 10 ml de la suspensión, colocándolas en tubos de centrifuga previamente pesados. Los tubos de centrifuga con la alícuota a temperatura ambiente son nuevamente pesados (A). Se centrifugó a 2200 rpm. en una centrífuga IEC Centra. P4R (rotor horizontal 224) durante 15 min. El líquido sobrenadante se decantó en cápsulas de porcelana previamente taradas, evaporando mediante baño de vapor (Lab-Line, Modelo 3580) hasta que no presentaran humedad visible. Las cápsulas fueron secadas en estufa al vacío (Shel Lab, Modelo 14300) a 60°C hasta peso constante, colocadas en desecador a vacío y pesadas (b). Los tubos de centrifuga con el residuo fueron también pesados (a). Se realizaron los siguientes cálculos:

W1 = % almidón en base seca en la suspensión

$$W1 = (\text{Peso almidón en base seca (g)} / \text{Peso almidón en base humedad (g)} + 200) \times 100$$

W2 = almidón en cada alícuota

$$W2 = A \times W1 / 100$$

W3 = almidón residual en el sedimento de cada alícuota

$$W3 = W2 - b$$

% SS (% Sólidos solubles (g / g almidón)) = (b / W2) x 100

AA (agua absorbida g / g almidón) = a - W3 / W3

PH (Poder de Hinchamiento) = a x 100 / W2 x (100 - % SS)

A = peso de alícuota (g)

a = peso del sedimento en el tubo

b = peso del residuo en la cápsula

**Características de “pasting” de la suspensión de almidón**

Se determinaron las propiedades de gelatinización de almidones nativos de tubérculos de *Dioscorea*, papa y maíz utilizando un micro-viscoamilógrafo-Brabender, Modelo 803220, utilizando las siguientes condiciones:

Muestra pesada:	8(g)
Agua añadida:	100(ml)
Velocidad de calentamiento:	7,5(°C/min)
Rango de medida:	360 (cmg)
Programa de temperatura:	25 °C - 90°C - 50°C
	90 °C (durante 15 min)
	50 °C (durante 15 min)

Los parámetros a considerar fueron los siguientes: temperatura de gelatinización, viscosidad inicial, viscosidad máxima (pico de viscosidad), viscosidad al final del período de calentamiento (90 °C, 15 min), viscosidad a 50 °C. Estos parámetros expresados en unidades Brabender (UB) fueron determinados según el software del equipo (viscograph 2.0.12). Para efecto de cálculos se denominó a la viscosidad máxima como **P**, viscosidad al final del período de calentamiento a 90 °C como **H** y la viscosidad a 50 °C como **C**. Las características reológicas como estabilidad, asentamiento y consistencia expresadas en unidades Brabender se interpretaron y calcularon de acuerdo a Mazur et al. (13) y Merca y Juliano (14). Entendiéndose como: **Estabilidad** la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad al final del período de calentamiento (90 °C); **Asentamiento**: la diferencia entre la viscosidad a 50 °C y la viscosidad máxima; **Consistencia**: la diferencia entre la viscosidad a 50 °C y la viscosidad al final del período de calentamiento (90 °C).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**Tamaño y apariencia de los gránulos de almidón**

En la Figura 1 se muestran las fotomicrografías de los gránulos de almidón nativo de *D. bulbifera* obtenidas por microscopía electrónica de barrido. Los gránulos de almidón se observan mayormente de forma irregular, semejándose a una pirámide con vértices redondeados y en escaso número gránulos alargados con bordes redondeados. Los valores promedios y la desviación estándar para el diámetro mínimo y máximo de los gránulos de almidón de *D. bulbifera* (Tabla 1) son de 21,83 ± 6,38 y 35,00 ± 8,70 μm respectivamente (n=15). El rango de valores encontrados para el almidón *D. bulbifera* indica que los gránulos son grandes, similar a lo reportado para otras *Dioscoreas*, como es el caso *D. alata* (20–140 μm) y la *D. cayanensis* (10–70 μm) y de mayor tamaño al compararlos con lo observado para gránulos de almidón de *D. esculenta* (1–5 μm) (15). Las micrografías

muestran para la *D. bulbifera* gránulos de superficie lisa, sin fracturas ni roturas, lo que indica un procedimiento de aislamiento y purificación adecuado.

FIGURA 1

Fotomicrografías de gránulos de almidón nativo de *Dioscorea bulbifera*

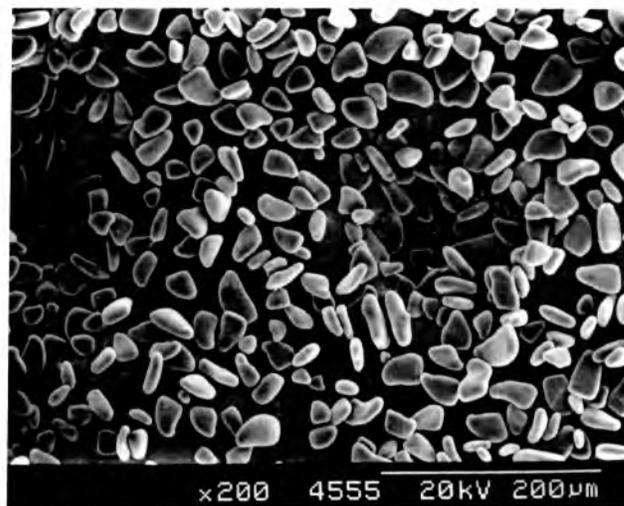


TABLA 1

Composición química (g/100g secos), propiedades físicas, físicoquímicas y características morfológicas de almidón nativo de *Dioscorea bulbifera*

Características <sup>a</sup>	Almidón nativo
Almidón (pureza)	98,54
Humedad	12,83 ± 0,09
Nitrógeno	0,05 ± 0,004
Proteína (N x 6,25)	0,31 ± 0,02
Materia grasa	0,22 ± 0,008
Cenizas	0,26 ± 0,06
Fibra cruda	0,67 ± 0,02
Amilosa	29,37 ± 0,50
Amilopectina	70,62
Relación amilosa/amilopectina	0,41
pH	5,63 ± 0,08
Acidez titulable (meq/g)	0,04 ± 0,1
Gránulos:	
Forma	Irregular (piramidal con bordes redondeados) y alargada
Diámetro (μm) n=15	21,83 ± 6,38 – 35,00 ± 8,70

<sup>a</sup> Los resultados representan el promedio ± la desviación estándar de tres determinaciones.

### Composición química

En la Tabla 1 se muestran el rendimiento y la composición química (expresada en base seca) del almidón aislado de *D. bulbifera*. Se obtuvo un rendimiento promedio en almidón de 28,42 g/100 g del peso de los tubérculos en base seca. La composición química indica la pureza del almidón y su consideración es importante en la evaluación de las propiedades reológicas, ya que éstas pueden verse afectadas por las impurezas presentes. La pureza del almidón encontrada es de 98,54%. La humedad es de 12,83%, éste valor permite determinar la estabilidad del almidón en el tiempo. Los contenidos encontrados en cuanto a materia grasa (0,22%) y proteínas (0,31%) son bajos, esto indica junto con el análisis microscópico (ausencia de proteínas adheridas al gránulo) la pureza del almidón extraído. El estudio revela un contenido en amilosa de 29,37 %, este valor es relativamente comparable al encontrado para *D. alata* (30%) y *D. cayenensis* (27%) y muy superior a *D. esculenta* (14%) (15). La textura y viscosidad de la pasta de almidón puede cambiar cuando se enfria, resultando una pasta viscoelástica o un gel, dependiendo de la cantidad de amilosa. Por su contenido en amilosa, el almidón de papa (20%), maíz (25%) y trigo (25%) usualmente se consideran formadores de gel (16), por lo que, podría inferirse que el almidón de bulbifera con un mayor contenido de amilosa (29,37%), probablemente origina un gel firme.

### Poder de hinchamiento, solubilidad (como sólidos solubles) y absorción de agua del almidón

Estos valores se muestran en la Tabla 2. Como era de esperarse el poder de hinchamiento se incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a altas temperaturas se sucede una relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo, lo que se traduce en un aumento del poder de hinchamiento al aumentar la temperatura; esto se evidencia, a partir de 70°C en el almidón de *D. bulbifera*. En cuanto a la solubilidad del almidón, ésta aumenta a consecuencia del hinchamiento del gránulo y del incremento de la temperatura. Tanto el poder de hinchamiento como el índice de solubilidad indican el grado de asociación existente (enlaces intragranular) entre los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina). El valor más alto observado de solubilidad para el almidón nativo de *D. bulbifera* se presenta a 85°C, esto se puede atribuir, a que, con el aumento de la temperatura el gránulo gelatiniza, resultando la ruptura del orden molecular dentro del gránulo y la solubilización de las moléculas de amilosa. La capacidad de absorción de agua del almidón nativo de *D. bulbifera* se ve también incrementada al aumentar la temperatura, observándose un incremento relativamente constante de 5,61 a 20,64 (g agua/g almidón) entre 65°C y 80°C.

TABLA 2  
Propiedades fisicoquímicas<sup>a</sup> de almidón nativo de *Dioscorea bulbifera*

	Temperatura °C					
	65	70	75	80	85	90
Poder de hinchamiento	6,13 ±0,02	16,62 ±0,01	18,02 ±0,02	21,64 ±0,05	23,40 ±0,13	27,67 ±0,05
Solubilidad (g/100g)	17,76 ±0,03	17,74 ±0,27	20,49 ±0,20	21,20 ±0,08	34,40 ±0,61	32,97 ±0,16
Absorción de agua (g/100g)	5,61 ±0,28	11,59 ±0,64	14,03 ±0,33	20,64 ±0,19	14,93 ±0,80	26,67 ±0,22

a Los resultados representan el promedio ± la desviación estándar de tres determinaciones.

### Comportamiento reológico

La Tabla 3 y la Figura 2 muestran las características reológicas de la suspensión de almidón de *D. bulbifera* a la concentración de 8% (bs). El almidón exhibió una temperatura inicial de gelatinización de 70,8°C y una máxima viscosidad a 88,6°C de 435 UB. Durante el período de calentamiento se presenta una disminución relativa de la viscosidad de la pasta de 435 UB a 295 UB al final del período de calentamiento, sin la definición de un pico de viscosidad, lo que indica una mayor estabilidad del gránulo. Durante el período de enfriamiento se sucede un incremento relativo de la viscosidad, encontrándose una consistencia bastante estable a la cocción y una baja tendencia a la retrogradación. Estos resultados sugieren la posible utilización de este almidón en sistemas o formulaciones de alimentos donde se requiera el desarrollo de una rápida viscosidad y un gel de consistencia estable. Al comparar los valores obtenidos para el almidón de *D. bulbifera* con los publicados por Rincón et al. (5) para la harina de la misma dioscorea, esta última presenta un mayor rango de temperatura de gelatinización (73,5°C - 78,0°C) y una viscosidad máxima más baja (160 UB), esto puede atribuirse, a que, la amilosa en la harina se encuentra complejada a lípidos y proteínas. Al comparar las características de gelatinización de la suspensión de almidón en estudio con las suspensiones de almidones de maíz y papa a las mismas condiciones (Tabla 3), los resultados indican para el almidón de cereal una temperatura de gelatinización mayor (73,2°C) y una viscosidad máxima menor (281 UB), sin pico de viscosidad definido. Para la suspensión de almidón de papa la temperatura de gelatinización es de 61,9°C (menor a la presentada por la suspensión de *Dioscorea*) y la viscosidad máxima de 1112 UB, casi tres veces más que la observada para el almidón de bulbifera, originándose un pico de viscosidad bien definido debido a la caída abrupta de la viscosidad. Estos resultados sugieren que en el almidón de papa predomina una mayor

cantidad de enlaces débiles y un menor grado de cristalinidad y por lo tanto, gránulos muy frágiles que se destruyen fácilmente (9); en cuanto a los gránulos de almidón de Dioscorea y maíz, estos son menos frágiles y se destruyen con menos facilidad .

TABLA 3

Características viscográficas de suspensiones de almidón nativo<sup>1</sup> de *Dioscorea bulbifera*, *Zea mays* y *Solignum tuberosum*

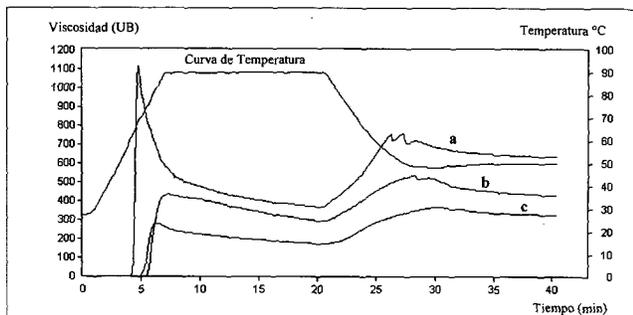
Características	<i>D. bulbifera</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Solanum tuberosum</i>
Temperatura de gelatinización °C	70,8	73,2	61,9
Viscosidad inicial <sup>2</sup>	22	15	26
Máxima viscosidad <sup>2</sup> : P	435	281	1112
Viscosidad al final del período de calentamiento <sup>2</sup> (90 °C): H	295	175	369
Viscosidad <sup>2</sup> a 50 °C: C	470	299	691
Estabilidad <sup>2</sup> (P-H)	140	106	743
Asentamiento <sup>2</sup> (C-P)	35	18	421
Consistencia <sup>2</sup> (C-H)	175	124	322

8 % en base seca.

<sup>2</sup> Expresados en Unidades Brabender

FIGURA 2

Amilograma de suspensiones de almidón nativo de *Solanum tuberosum* (a), *Dioscorea bulbifera* (b) y *Zea mays* (c)



REFERENCIAS

1. Gujska E, D-Reinhard W and Khann K. Physicochemical properties of field pea, pinto and navy bean starches. *J Food Sci* 1994; 59 (3):634-637.
2. Luallen TE. Starch as a functional ingredient. *Food Tech* 1985; 39(1):59-63.
3. Langeland KA and Burks KC. Identification and biology of non-native plants in Florida's natural areas. IFAS Publication SP 257. University of Florida, Gainesville. 1998; p.165.
4. Vélez F y Vélez G. Plantas Alimenticias de Venezuela. Fundación Bigott. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía N° 37. 1990. p. 162.
5. Rincón A., Araujo de VC, Padilla F.y Martín E. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las Dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). *Arch Latinoamer Nutr* 2000; 50 (3):286-290.
6. Rincón AM, Padilla F, Araujo de VC and Tillett S. *Myrosma cannifolia*, chemical composition and physicochemical properties of the extracted starch. *J Sci Food Agric* 1999;79 (4):532-536.
7. American Association of Cereal Chemists (AACC). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Ed. AACC, St. Paul, MN, USA. 1993.
8. Schoch TJ. Fatty substances in starch. In: *Methods in Carbohydrates Chemistry*. Vol IV. Ed. Whistler RL, Academy Press, New York, USA. 1964. pp. 56-61.
9. Juliano BO. A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *Cereal Sci Today* 1971;16:334.
10. Smith R. Characterization and analysis of starch. In: *Starch: Chemistry and Technology* Vol. II. Ed. Whistler RL, Paschall EF Academic Press, New York, USA. 1967. pp. 569-635.
11. Schoch TJ. Swelling Power and Solubility of Granular Starches. In: *Methods in Carbohydrates Chemistry*. Vol. IV. Ed. Whistler RL, Academy Press, New York, USA 1964. pp. 106-109.
12. Anderson RA. Water absorption and solubility and amilograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem* 1982;59:265-269.
13. Mazur E.T, Schoch T J and Kite F. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of the various starches. *Cereal Chem* 1957;34:141-151.
14. Merca FE and Juliano BO. Physicochemical properties of starch of intermediate-amylose and waxy rice differing in grain quality. *Starch/Starke* 1981;33:253-260.
15. Gallant DJ, Bewa H, Buy QH, Bouchet B, Szylyt O. and Sealy. On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches. *Starch/Starke* 1982;34(8):255-262.
16. Thomas D.J And Atwell WA. *Starches*. Ed. Eagan Press Handbook Series. St. Paul, MN, USA. 1999. pp. 4-7.

Recibido: 28-10-2003

Aceptado: 27-04-2004