

EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE COTILEDONES DE MANGO

Carlos Medina¹, Alison Paredes¹, María E. Rodríguez¹, Mario Moreno¹,
Douglas Belén-Camacho¹, David García¹ y Carlos Ojeda¹

RESUMEN

El mango (*Mangifera indica* L.) es un fruto muy difundido en Venezuela que puede ser considerado como una fuente alternativa no convencional para la producción de almidón. El objetivo de esta investigación fue evaluar dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones del mango tipo Hilacha. Los cotiledones fueron molidos hasta harina, la cual fue sometida a dos tratamientos independientes de inmersión: (I) agua destilada, y (II) solución acuosa de NaOH 0,25 N. A los productos obtenidos se les determinó la composición química proximal (humedad, almidón, azúcares totales, grasa, cenizas, taninos y fibra cruda), las propiedades funcionales (índice de absorción de agua IAA e índice de solubilidad IS), color Hunter y perfil viscoamilográfico. La composición proximal de los productos presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$), a excepción del contenido de azúcares totales, amilosa y amilopectina ($P > 0,05$). El tratamiento con agua fue más eficiente en la extracción de los almidones pero éstos tuvieron menor pureza. El perfil viscoamilográfico registró 78,5 °C como temperatura de gelatinización en ambos tratamientos. La baja resistencia reflejada en los valores amilosa sugieren que los almidones presentaron bajo poder de gelatinización.

Palabras clave adicionales: Gelatinización, perfil viscoamilográfico, polisacáridos

ABSTRACT

Evaluation of two starch extraction methods from cotyledons of mango

The mango (*Mangifera indica* L.) fruit is widespread in Venezuela and it may be considered an unconventional alternative source for starch production. The objective of this research was to evaluate two starch extraction methods from cotyledons of mango (*Mangifera indica* L. type Hilacha). Cotyledons were ground to flour, and submitted to immersion in either (I) distilled water, or (II) aqueous solution of NaOH 0.25 N, for starch extraction. Chemical composition (moisture, starch, total sugars, fat, ash, tannins, crude fiber, amylose, and amylopectin), functional properties (water absorption index, and solubility index I), color (Hunter) and viscoamylographic profile of the products were determined. Significant difference ($P \leq 0.05$) in the chemical composition were found, except for total sugars, amylose and amylopectin content ($P > 0.05$). The major yield in starch obtained was found in the water treatment, although the product showed lower purity. The viscoamylographic profile showed that gelatinization temperature was 78.5 °C in both products. The low resistance according to the amylose values suggests that the obtained starch had low gelatinization power.

Additional key words: Gelatinization, viscoamylographic profile, polysaccharides

INTRODUCCIÓN

El almidón es el principal carbohidrato de la dieta y por tanto la mayor fuente de energía del hombre y los animales. Los almidones están constituidos principalmente por amilosa y amilopectina en proporciones que van desde el almidón normal (18-30 % de amilosa) hasta almidón con alto contenido de amilosa (alrededor de 70 %) (Hernández-Uribe et al., 2004).

La amilopectina es un polisacárido ramificado, que constituye la sustancia de reserva de las plantas, y no existe en los tejidos animales. En la industria alimentaria posee una diversidad de usos debido a las características que pueden impartir a las formulaciones, las cuales se relacionan con su capacidad de formar geles; también tiene aplicación en industrias no alimentarias (Bello-Pérez et al., 2006; Ellis et al., 1998).

La producción de almidón a escala industrial

Recibido: Noviembre 11, 2008

Aceptado: Octubre 15, 2009

¹ Laboratorio de Biomoléculas, Ingeniería de Alimentos, Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez".
Canoabo, estado Carabobo, Venezuela. e-mail: morenoalvarez@cantv.net

utiliza convencionalmente materias primas como cereales para estos fines, principalmente maíz, y algunos tubérculos y raíces como papa, yuca y mapuey (FAO, 2006; Rached et al., 2006). Sin embargo, en Venezuela el cultivo de estos rubros se orienta más para cubrir la demanda en otros productos alimentarios y no a la producción de almidones. En este sentido se ha recurrido a evaluar materias primas alternativas como plátano verde (*Musa paradisiaca* L.), Zulu (*Maranta* sp.) y sagú (*Canna edulis* Ker.) (Gil y Piña, 1996; Lares y Pérez, 1998; Rached et al., 2006; Bello-Pérez et al., 2006) para la obtención de almidón, las cuales pueden suplir aquellas de difícil obtención en el país.

El mango (*Mangifera indica* L.) es un fruto muy difundido en Venezuela que puede ser considerado como otra fuente alternativa para la producción de almidón. En el caso del tipo Hilacha, es un árbol que está presente en casi todos los estados del país. Sus frutos son muy apreciados para el consumo fresco y para la obtención de productos a escala artesanal y familiar. Los cotiledones constituyen un residuo lignocelulósico que no posee ninguna utilidad comercial (Mejías Giraldo et al., 2007).

Los métodos de evaluación y extracción de almidones partiendo de diferentes fuentes naturales son variados (Salinas-Moreno et al., 2003; Flores-Gorosquera et al., 2004; Hernández-Medina et al., 2008). Se ha descrito la metodología de Watson e Hirata en la cual se utiliza un proceso de molienda húmeda empleando una solución de ácido láctico y dióxido de azufre (Salinas-Moreno et al., 2003), aunque en dicho estudio, el almidón de maíz sufre modificaciones a causa del proceso de nixtamalización. Cobana y Antezana (2007) describen un método de extracción de almidón a partir de yuca utilizando una vía seca, obteniendo un producto de buena calidad, pero que requiere de premoliendas en estado húmedo, siendo el producto obtenido como un almidón modificado en el contenido de azúcares. Los métodos de extracción de almidones utilizando como solvente agua o álcali han sido descritos como de bajo costo y de alto rendimiento (Fernández, 1998).

El objetivo de este trabajo fue ensayar dos métodos de extracción utilizando agua destilada o hidróxido de sodio para la obtención de almidones a partir de cotiledones de mango tipo Hilacha

como alternativa para el aprovechamiento de este residuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 105 kg (525 unidades) de frutos maduros de mango (*Mangifera indica* L.) tipo Hilacha, que presentaron madurez de consumo, coloración externa homogénea y sin daños físicos aparentes provocados por aves o insectos, procedentes del municipio Montalbán, estado Carabobo, Venezuela. Los frutos fueron trasladados al laboratorio de Biomoléculas de la Universidad Simón Rodríguez (UNESR), núcleo Canoabo, estado Carabobo, Venezuela.

Se determinó el peso promedio de los frutos y el resto de los constituyentes (mesocarpio, semilla y cotiledón) procesando una submuestra de dieciséis frutos. A muestras de pulpa se les realizaron análisis de sólidos solubles totales, acidez titulable y pH, basados en la metodología de AOAC (1990).

Los frutos se lavaron con agua corriente para eliminar las impurezas adheridas en la superficie en un lavador rotatorio Dixie Canner, mod. M-10. Luego se procedió a eliminar manualmente el epicarpio y mesocarpio. A las semillas obtenidas se les aplicó un lavado para eliminar restos de la pulpa remanente. Posteriormente fueron sometidas a secado por espacio de ocho horas consecutivas a temperaturas de 60 a 90 °C utilizando un prototipo diseñado y construido por Tortolero (2002) el cual funciona a partir de energía solar. Posteriormente se realizó el descascarado manual usando cuchillos de acero inoxidable mediante corte meridional del endocarpio para la separación del cotiledón de la semilla. Los cotiledones obtenidos (1050 en total) se molieron utilizando un procesador de alimentos doméstico, luego fueron sometidos a un secado parcial en una estufa de aire forzado a 75 °C durante 24 horas y finalmente se almacenaron a temperatura ambiente en bolsas de polietileno de baja densidad.

Para la obtención del almidón se emplearon las metodologías descritas por Fernández (1998) quien señala como los mejores métodos la extracción con agua destilada y la extracción con hidróxido de sodio al 25 % p/v. Para esto, la harina obtenida fue sometida separadamente a la extracción de los almidones, efectuando los ensayos por triplicado. En ambos ensayos se

utilizó la misma relación harina:solvente (1:3) por un periodo de 24 horas, en reposo y a temperatura ambiente, y en cada caso, la cantidad de harina usada para la extracción fue de 250 g. De cada método de extracción se efectuaron tres repeticiones.

Los extractos resultantes fueron filtrados en papel de filtro (Whatman N° 1). A la fracción proveniente de la extracción con NaOH se le realizó un lavado para eliminar el exceso de álcalis hasta alcanzar un pH de 7. Los residuos sólidos de cada tratamiento fueron macerados y mezclados con agua destilada manteniendo la misma relación 1:3 durante 15 minutos, obteniéndose una mezcla homogénea la cual fue almacenada a una temperatura de 7 °C por un periodo de 24 horas. La mezcla fue procesada en un tamiz de 425 µm, obteniéndose la lechada y un residuo que fue descartado. La lechada se almacenó en reposo por 24 horas y luego fue resuspendida en agua destilada en proporción 1:1, se maceró y dejó en reposo durante otras 24 horas, este paso se repitió tres veces. Finalizado el tiempo de reposo, se obtuvo la formación de una pasta insoluble compacta de aspecto gelatinoso la cual se separó mediante decantación. La pasta insoluble compacta fue secada en estufa de aire forzado a 50 °C hasta obtener el almidón seco. Éste fue molido en un equipo eléctrico y tamizado para obtener una granulometría uniforme y semejante a los almidones comerciales. Finalmente fue envasado en bolsas de polietileno, almacenado y protegido de la luz a temperatura ambiente. Luego se determinó el rendimiento de almidón seco respecto a la materia prima (harina de cotiledón) utilizada para cada tratamiento y se expresó como un porcentaje.

A la harina proveniente del secado de los cotiledones y a los almidones obtenidos se les determinó la composición química proximal (humedad, cenizas totales, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda y azúcares totales) utilizando la metodología de AOAC (1990). Adicionalmente, a la harina se le determinó el contenido de taninos totales siguiendo la metodología de Arogbá (2000). A los almidones se les determinó también la amilosa según el método descrito por Beta et al. (2000), la amilopectina por diferencia, y el color usando un colorímetro Hunter (Minolta, mod. CR 310) de acuerdo al procedimiento establecido por Jiménez

y Gutiérrez (2001).

Entre las propiedades funcionales del almidón se determinó el índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (IS) siguiendo la metodología de Agustiniano-Osornio et al. (2005). El perfil viscoamilográfico se realizó bajo la metodología de Flores-Farías et al. (2000) utilizando un equipo Rapid Analyzer (RVA, Newport-Scientific, mod. 3D). Todos los resultados se expresaron como promedio de tres determinaciones.

Los resultados de proporción de semilla entera y cotiledón, la caracterización fisicoquímica de la materia prima, producto terminado y las propiedades funcionales se analizaron mediante estadística descriptiva a través de los valores promedio y su dispersión. Los resultados de los métodos de extracción de almidón se compararon mediante prueba de t usando el paquete estadístico SAS v. 6.0 (Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso promedio de los frutos, semillas y cotiledones (Cuadro 1) fue similar al encontrado en otras investigaciones para este tipo de mango (Emaldi, 1992). Se notaron ciertas diferencias en el peso de la semilla lo cual se puede atribuir a factores relacionados al grado de madurez, zonas de cultivos y época de cosecha (Arthey y Ashurst, 1997).

En relación a la caracterización química del mesocarpio (Cuadro 1), los sólidos solubles, acidez y pH fueron similares a los reportados por Paz y García (1999). Por su parte, la composición química proximal (Cuadro 2) resultó comparativa con relación a la obtenida en otras variedades de mango, aunque el contenido de fibra cruda fue bastante más alto (7,65 %) que en otras variedades en las que este parámetro se encuentra entre 2,00 y 3,12 % (Kaira et al., 1995; Moreno-Álvarez, 1999; Puravankara et al., 2000). La pureza de los almidones (medida como almidón total) fue muy similar a los indicados para las materias primas utilizadas para el procesamiento industrial (Hernández-Uribe et al., 2004). Sin embargo, los almidones obtenidos en esta investigación no presentaron el grado de pureza descrito por otros autores cuando se utilizó como sustrato plátano (92,5 %) y otras variedades de mango (90,84 %) (Bello-Pérez et al., 2006). Estas diferencias

pueden estar asociadas con una mayor eficiencia de la técnica de separación empleada por esos autores (centrifugación). Los valores encontrados

permiten inferir el valor potencial del cotiledón de este tipo de mango, el cual actualmente no tiene utilidad comercial.

Cuadro 1. Masa de partes del fruto y características químicas del mesocarpio del mango Hilacha (media \pm SD)

Masa (g)			SST (°Brix)	Acidez (Ác. cítrico g por 100 g)	pH
Fruto	Semilla	Cotiledón			
200,94 \pm 17,14	37,08 \pm 4,68	18,96 \pm 2,18	16,8 \pm 0,1	0,29 \pm 0,03	4,10 \pm 0,01

Cuadro 2. Composición físico-química de la harina de cotiledón del mango tipo Hilacha (media \pm SD; n = 3)

Componentes	Proporción
Humedad	7,50 \pm 0,05
Grasa cruda	9,78 \pm 0,12
Proteína cruda	5,78 \pm 0,17
Fibra cruda	7,65 \pm 0,46
Ceniza total	1,87 \pm 0,03
Azúcares totales	6,26 \pm 0,25
Taninos totales	6,14 \pm 0,20

El rendimiento del almidón proveniente del tratamiento acuoso presentó un valor mayor ($P \leq 0,05$) que el tratamiento alcalino (50,8 vs. 42,9 %) (Cuadro 3). Estas diferencias pueden estar asociadas a que en el tratamiento alcalino los cotiledones no fueron desgrasados y el hidróxido de sodio puede actuar como agente saponificable, produciendo dificultades en la extracción de los almidones. Fernández (1998) obtuvo resultados muy similares para los mangos Bocado y Haden bajo similares condiciones experimentales. Flores-Gorosquera et al. (2004) realizaron extracción acuosa de almidones a partir de plátano y señalan rendimientos de 55 a 61 %, respecto al contenido de sólidos presentes en la muestra.

Cuadro 3. Rendimiento de la extracción de almidón de cotiledón de mango tipo Hilacha

Método de extracción	Rendimiento (g por 100 g de harina)
Con agua	50,8*
Con NaOH	42,9

Separación de medias entre métodos según la prueba de t, *: ($P \leq 0,05$)

En cualquier caso, los rendimientos de almidón obtenidos con relación al contenido inicial en la harina de cotiledón indican que ambos métodos de

extracción son eficaces para la producción de almidones a partir de estas materias primas no utilizadas comercialmente, especialmente porque las mismas se producen como desechos en grandes cantidades.

La composición química de los almidones presentó diferencias con relación a los métodos de extracción ($P \leq 0,05$) obteniéndose con el tratamiento acuoso los mayores valores en los contenidos de proteína cruda, fibra cruda, grasa total, cenizas totales y taninos (Cuadro 4). Este mismo tratamiento presentó el mayor contenido de impurezas, lo que quedó establecido al presentar la menor concentración de almidón recuperado y señalado por Fernández (1998). El contenido de azúcares totales fue el único parámetro que se mantuvo similar independientemente del tratamiento utilizado ($P > 0,05$), lo que hace suponer que los azúcares presentaron una solubilidad similar en los dos procesos de extracción. Los contenidos de proteína obtenidos, (2,45 y 1,80 %) con los métodos de extracción acuoso y alcalino, respectivamente (Cuadro 4) se consideran altos al ser comparados con otras materias primas como maíz, plátano, batata y yuca, lo cual indica que estos almidones no serían aptos para la elaboración de jarabes debido a las reacciones de Maillard (Bello-Pérez et al., 2006; Hernández-Medina et al., 2008).

Los componentes mayoritarios de amilosa y amilopectina no evidenciaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en relación a los métodos de obtención (Cuadro 5). Kaur et al. (2004) indicaron contenidos de amilosa entre 9,1 y 16,3 % en almidones procedentes de semillas de diferentes variedades de mango, evidenciando que los valores encontrados en la investigación se encuentran dentro de los valores antes mencionados. En otras fuentes naturales como ñame, batata, yuca, sagú, maíz y papa se han

señalados valores más altos de amilosa (19,6 a 28,3 %) y amilopectinas (71,7 a 83,0 %) (Flores-Gorosquera et al., 2004; Rached et al., 2006; Hernández-Medina et al., 2008), lo que significa

que estos almidones son más fuertes que los encontrados en la presente investigación, y por lo tanto tendrían mayor capacidad de retrogradar (geles más resistentes).

Cuadro 4. Composición química y física del almidón del cotiledón del mango Hilacha

Componente	Extracción	
	Con agua	Con NaOH
Humedad (%)	12,25	13,33*
Almidón total (%)	86,12	90,07*
Grasa cruda (%)	3,41*	2,52
Proteína cruda (%)	2,45*	1,80
Ceniza total (%)	0,12*	0,09
Fibra cruda (%)	3,84*	1,28
Azúcares totales (%)	1,25 ns	1,31
Taninos totales (%)	2,81*	1,93
Amilosa (%)	12,45 ns	13,02
Amilopectina (%)	87,55 ns	86,98
Índice de absorción de agua (g de agua por g de muestra)	1,40	1,75*
Índice de solubilidad (g de sólidos por g de muestra)	0,010*	0,0086

Separación de medias en cada fila según la prueba de t, *: ($P \leq 0,05$)

Cuadro 5. Color de la harina, y de los almidones, obtenidos según el método de extracción, a partir del cotiledón del mango Hilacha

Método de extracción	L	a	b
Con agua	74,34	+ 2,15	+ 13,71
Con NaOH	69,47	+ 1,88	+ 15,12
Harina	65,73	+ 2,48	+ 14,09

L: Coordenada de claridad; a y b: coordenadas de cromaticidad

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre ambos tratamientos para el índice de absorción de agua e índice de solubilidad de los almidones (Cuadro 4). El mayor índice de absorción de agua lo presentó el almidón extraído con álcali. Agustini-Osornio et al. (2005) señalan valores de índice de absorción de agua en almidones obtenidos de mango de 0,07 a 0,142 g por 100 g de muestra, valores inferiores a los encontrados en esta investigación. Por otra parte, Gil y Piña (1996) determinaron valores de 1,8 g de agua por 100 g de muestra en almidón extraído de plátano, resultado similar al obtenido en la extracción con álcali. Respecto al índice de solubilidad el mayor valor observado fue en los almidones provenientes de la extracción acuosa en comparación con la extracción alcalina (0,010 vs.

0,0086 g de sólidos por g de muestra). En el Cuadro 5 se muestran los valores de color de los almidones. El tratamiento de extracción con agua presentó el mayor valor en la coordenada L y menor en la coordenada b, lo cual significa que presentó menor oscurecimiento enzimático. Fernández (1998) indica que la extracción de almidones que se realiza con agua presenta una ventaja con respecto a otros métodos ya que presentan menor oscurecimiento.

La temperatura de gelatinización, estimada de acuerdo con los criterios mostrados en la Figura 1, fue similar en ambas muestras de almidón analizadas (78,5 °C); sin embargo, hubo diferencias en la viscosidad máxima, siendo mayor para el almidón obtenido mediante extracción alcalina en comparación con la extracción acuosa (165,4 vs. 125,7 RVU). Beta et al. (2000) han señalado que el almidón de maíz extraído con álcali presenta mayor viscosidad y capacidad de hidratación que el almidón de maíz comercial estándar, comportamiento similar a los resultados de nuestra investigación. La viscosidad al final de la cocción (7,5 minutos del ensayo) para el almidón extraído con álcali fue de 112,5 RVU, mientras que para el tratamiento acuoso el valor fue 99,2 RVU. A continuación del lapso a 50 °C la viscosidad en ambos tratamientos se

incrementó alcanzando valores finales de 191,0 y 155,0 RVU, respectivamente.

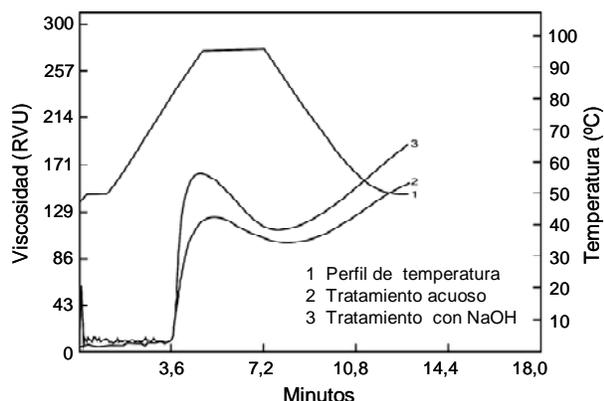


Figura 1. Viscoamilograma de los almidones de cotiledón de mango Hilacha

Flores-Farías et al. (2000) señalan que el comportamiento exhibido por la viscosidad durante la cocción, comprendido desde los 50 °C hasta 95 °C, refleja la capacidad de las partículas para absorber agua e hincharse durante el calentamiento, mientras que durante el ciclo a temperatura constante (95 °C) las partículas presentan un comportamiento de resistencia al mezclado, y en el ciclo final de enfriamiento de 95 a 50 °C muestran la retrogradación de los gránulos de almidón, donde la viscosidad es nuevamente incrementada como consecuencia del reagrupamiento de las cadenas de amilosa. Hernández-Urbe et al. (2004) señalan que la diferencia en los valores de viscosidad al inicio y al final del ensayo permite estimar la estabilidad o resistencia de los gránulos de almidón a la desintegración por efecto del calentamiento y la agitación. Con base a las consideraciones antes señaladas, se puede afirmar que el almidón extraído por inmersión con agua es más estable a la cocción ya que mostró la menor variación entre las viscosidades máxima y mínima. La menor viscosidad presentada por el almidón de mango Hilacha procedente del tratamiento acuoso pudo ser una consecuencia de su mayor contenido de lípidos en comparación con el otro tratamiento. A este respecto, Fortuna et al. (2000) indican que los lípidos que acompañan a los almidones además de formar complejos con la amilosa se ubican en la superficie de los gránulos ocasionando una disminución en la viscosidad de la pasta de almidón; en este sentido, se infiere la posibilidad

de que formen una película hidrofóbica que no favorece absorción de agua y por tanto el incremento del gránulo es menor y no completa el proceso de ruptura de los gránulos.

CONCLUSIONES

El tratamiento acuoso produjo mayor rendimiento del almidón que el tratamiento alcalino. También promovió los mayores valores en proteína cruda, fibra cruda, grasa total, cenizas totales y taninos, a la vez que presentó el mayor contenido de impurezas y menor oscurecimiento enzimático. El contenido de azúcares totales junto al IAA e IS fueron las únicas variables que se mantuvieron igual, independientemente del tratamiento utilizado.

La baja pureza de los almidones detectadas al utilizar como fuente cotiledones de mango Hilacha y los importantes valores de proteína cruda limitan la utilización de estos productos en la industria de jarabes, por lo que no se recomienda su uso en esa área. Por otro lado, la baja resistencia reflejada en los valores de amilosa sugieren que los almidones presentan bajo poder de gelatinización, por lo cual se deberían buscar alternativas de utilización de cotiledones en otros campos de la alimentación.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue financiada por el proyecto UNESR-FONACIT PEM 2001002271.

LITERATURA CITADA

1. Agustiniño-Osornio, J.C., R.A. González-Soto, E. Flores-Huicochea, N. Manriquez-Quevedo, L. Sánchez-Hernández y L.A. Bello-Pérez. 2005. Resistant starch production from mango starch using a single-screw extruder. *J. Food Sci. Agricul.* 85: 2105-2110.
2. AOAC. 1990. Official methods of analysis. Ass Agric Chem. 15th ed. Washington, DC.
3. Arogba, S.S. 2000. Mango (*Mangifera indica* L.) Kernel: chromatographic analysis of the tannin, and stability study of the associated polyphenol oxidase activity. *J. Food Comp. Anal.* 13(2): 149-256.

4. Arthey, D. y P.R. Ashurst. 1997. Procesos de frutas. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
5. Bello-Pérez, L., R. González-Soto, M. Sánchez-Rivero, F. Gutiérrez-Meraz y A. Vargas-Torres. 2006. Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidones resistentes. *Agrociencia* 40: 441-448.
6. Beta, T., H. Corke, L.W. Rooney y J. Taylor. 2000. Starch properties as affected by sorghum grain chemistry. *J. Food Sci. Agricul.* 81: 245-251.
7. Cobana, M. y R. Antezana. 2007. Proceso de extracción de almidón por vía seca. *Bolivian Journal of Chemistry* 24(1): 77-83.
8. Ellis, R.P., P. Cochrane, M. Finlay, C. Duffus, A. Lynn, I.M. Morrison, R. Derek, J. Stuart-Swanston y S.A. Tiller. 1998. Starch production and industrial use. *J. Food Sci Agricul.* 77: 289-311.
9. Emaldi, U.J. 1992. Estudio comparativo de algunos índices físicos y químicos de variedades de mango y su adaptabilidad al aprovechamiento industrial. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Postgrado en Ciencias y Tecnología de los Alimentos. Caracas. 90 p.
10. FAO. 2006. El mercado de almidón añade valor a la yuca (*Manihot sculenta* Crantz). Food and Agriculture Organization. <http://www.FAO.org/ag/esp/revista/0610-1sp1.htm> (consulta del 08/03/2007).
11. Fernández, E. 1998. Aprovechamiento integral del mango (*Mangifera indica* L.). Utilización de la semilla como fuente de almidón. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Biología. Caracas. 120 p.
12. Flores-Farías, R., F. Martínez-Bustos, Y. Salinas-Moreno, Y.K. Chang, J. González y E. Ríos. 2000. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalised Mexican Maize flours for tortillas. *J. Food Sci Agricul.* 80: 657-664.
13. Flores-Gorosquera, E., F.J. García-Suárez, E. Flores-Huicochea, M.C. Nuñez-Santiago, R.A. González-Soto y L.A. Bello-Pérez. 2004. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana* 55: 86-90.
14. Fortuna, T., R. Januszewska, L. Juszczak., A. Kielski y M. Palasinski. 2000. The influence of starch pore characteristics on pasting behaviour. *J. Food Sci. Technol.* 35(3): 285-291.
15. Gil, A.J. y A.K. Piña 1996. Obtención de almidón a partir de plátano (*Musa paradisiaca*) en estado verde tipo no comercial. Trabajo Especial de Grado. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Ingeniería de alimentos. Canoabo, estado Carabobo Venezuela. 91 p.
16. Hernández-Medina, M., J. Torruco-Uco, L. Chel-Guerrero y D. Betancur-Ancona. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos en Yucatán, México. *Cienc. Tecnol. Aliment, Campinas* 28(3): 718-726
17. Hernández-Uribe, J.O., G. Pérez-Román, G. Méndez-Montealvo, L.A. Bello-Pérez y J. Solorza-Feria. 2004. Thermal and viscoelastic properties of starch isolated from Mexican corn hybrids. *Acta Científica Venezolana* 55(3): 276-287.
18. Jiménez, A. y G. Gutiérrez. 2001. Color en métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. *In: J. Alvarado y J.M. Aguilera* (eds.). Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 325-346.
19. Kaira, S.K., D.K. Tandon y B.P. Singh. 1995. Mango *In: D.K. Salunke y S.S. Kadam* (eds.). Handbook of Fruit Science and Technology. Marcel Dekker. New York. pp 123-169.
20. Kaur, M., N. Singh, K. Singh-Sandhu y H. Singh-Guraya. 2004. Physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of starches separate from kernels of some Indian mango cultivars (*Mangifera*

- indica* L.) J. Food Chem. 85(1): 131-140.
21. Lares, M. y E. Pérez. 1998. Perfiles de gelatinización de almidones zulu (*Maranta* sp.) y sagú (*Canna edulis* Ker) medidos con viscoamilógrafo Brabender, viscoanalizador rápido y el colorímetro de barrido diferencial. Acta Científica Venezolana 49(2): 323.
22. Mejías Giraldo, L.F., H.A. Martínez Correa, J.E. Betancourt Gutiérrez y C.E. Castrillón Castaño. 2007. Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentable. Ingeniería y Ciencia 3(6): 41-62.
23. Moreno-Álvarez, M.J. 1999. Evaluación físico-química de harina integral proveniente de semillas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Bocado. Saber 11(2): 25-30.
24. Paz, B.E. y G. García, 1999. Evaluación de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedades Bocado e Hilacha como materias primas para la obtención de una bebida fermentada tipo vino. Trabajo Especial de Grado. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Ingeniería de alimentos. Canoabo, estado Carabobo, Venezuela. 91 p.
25. Puravankara, D., V. Boghar y R.L. Sharma. 2000. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee. J. Food Sci. Agricul. 80(84): 522-526.
26. Rached, B., C. Viscarrondo, A. Rincón y F. Padilla. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Discorea trifida*) variedades blanco y morado. Archivo Latino Americano de Nutrición. 54(4): 375-383.
27. Salinas-Moreno, Y., J.A. Herrera Corredor, J. Castillo Merino y P. Pérez Herrera. 2003. Cambios físico-químicos del almidón durante la nixtamalización del maíz en variedades con diferente dureza de grano. Archivo Latinoamericanos de Nutrición 53(2): 189-193.
28. Tortolero, L.T. 2002. Diseño de un secador solar mixto para el área de Tecnología de Alimentos. Trabajo especial de Grado. Ingeniería de Alimentos. Universidad Simón Rodríguez. Canoabo, estado Carabobo, Venezuela. 119 p.