

REVISTECA

Revista en
Tecnología
y Ciencia
Alimentaria

Publicación Anual del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos * Volumen 7-2000 *

ISSN 1022-0321

EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS ENZIMÁTICOS COMO FUENTE DE INVERTASA PARA ELABORAR JARABE RICO EN FRUCTOSA A PARTIR DE BANANO



Incidencia de *Listeria monocytogenes* en camarón fresco (*Penaeus brevisrostris*, *Solenocera agassizi* y *S. florea*) que se expenden en el Área Metropolitana de San José

Se analizaron 130 muestras de camarón pequeño (*Penaeus brevisrostris*, *Solenocera agassizi* y *S. florea*), provenientes de 26 expendios (5 de cada uno en diferentes oportunidades) localizados en el Área Metropolitana de San José, con el fin de establecer la presencia de *Listeria monocytogenes* y *Listeria* spp. Trece de los lugares de venta estaban localizados en el Mercado Central o sus alrededores y 13 en el resto del área. Se encontró *L. monocytogenes* en 85 de las muestras (65,4%) y 96 presentaron *Listeria* spp. (73,8%).

(ver pág. 8)

Determinación de la composición físico-química y de la digestibilidad *in vitro* de dos variedades de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Estimación del contenido de pectina y celulosa en el residuo indigerible

El propósito de este estudio fue determinar, mediante un estudio de digestibilidad *in vitro*, la porción indigerible presente en dos variedades de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. consumidas en Costa Rica y cuantificar en dicha porción, dos de los principales polisacáridos no almidonosos causantes de flatulencia: pectina y celulosa. Se determinaron además, las principales características

(ver pág. 13)

Composición químico- nutricional de "snacks" procesados en Costa Rica

Se determinó la composición nutricional de "snacks" o bocadillos producidos en Costa Rica a fin de contar con información sobre la composición de alimentos nacionales. Se seleccionaron 19 productos, con base en su disponibilidad en el mercado y el volumen de producción. La composición proximal se determinó mediante los métodos oficiales del AOAC. La energía se estimó con bomba calorimétrica y la fibra dietética por el método gravimétrico enzimático de Lee. Se aplicó la *t* de Student para comparar la composición de los "snacks" extruidos con queso y sin queso. El valor energético de los "snacks" osciló entre 519 y 718 kcal/100g (2180 y 3005 kJ/100g).

(ver pág. 18)

Composición de alimentos en Costa Rica: un diagnóstico

Se efectuó un diagnóstico en las instituciones nacionales que generan y utilizan los datos sobre la composición química de los alimentos con el propósito de identificar los alimentos analizados, los métodos analíticos, los usos y las limitaciones de las tablas de composición de alimentos. Para la recolección de los datos se enviaron 60 formularios estructurados, los cuales se distribuyeron a informantes de 46 instituciones, obteniéndose un 67% de respuesta.

(ver pág. 26)

Revista anual publicada por el
Centro Nacional de Ciencia y
Tecnología de Alimentos

Directora del CITA

Gisela Kopper Arguedas

Editor

Lic. Vera García Cortés

Consejo Editorial

M. Sc. Gisela Kopper Arguedas

M. Sc. Ruth De la Asunción Romero

Ph. D. Ana Ruth Bonilla Leiva

Lic. Vera García Cortés

Diseño de Portada

Lic. Ricardo Quirós Castro

Diagramación

Giselle Cascante Salazar

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus
autores y no del CITA, excepto cuando se indique
expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento
patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden
reproducirse libremente siempre y cuando se haga
mención expresa de su procedencia y se envíe copia al
Consejo Editorial.

Correspondencia por canje y suscripciones Universidad
de Costa Rica - Centro Nacional de Ciencia y Tecnología
de Alimentos REVITECA
San José - Costa Rica
Email: cita@cita.ucr.ac.cr.
Tels. 207-3467 / 207-3431 / 207-3457 / 207-4212 / 207-4701

La presente edición de REVITECA es patrocinada por
la Fundación para la Investigación Agroindustrial
Alimentaria (FIAA).

Evaluación de dos sistemas enzimáticos como fuente de invertasa para elaborar jarabe rico en fructosa a partir de banano

Ana Ruth BONILLA-LEIVA
Alan GONZALEZ-CARVAJAL

1

Incidencia de *Listeria monocytogenes* en camarón fresco (*Penaeus brevisrostris*, *Solenocera agassizi* y *S. florea*) que se expenden en el Area Metropolitana de San José

Cira ZÚÑIGA-PEÑA
Elizabeth VARGAS-FAGRÉ
Vera GARCÍA-CORTÉS

8

Determinación de la composición fisicoquímica y de la digestibilidad *in vitro* de dos variedades de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Estimación del contenido de pectina y celulosa en el residuo indigestible

Floribeth VÍQUEZ-RODRÍGUEZ
Ana Ruth BONILLA-LEIVA

13

Composición químico-nutricional de "snacks" procesados en Costa Rica

Marielos MONTERO-CAMPOS
Adriana BLANCO-METZLER
Mireya FERNÁNDEZ-PIEDRA

18

Composición de alimentos en Costa Rica: un diagnóstico

Mireya FERNÁNDEZ-PIEDRA
Adriana BLANCO-METZLER
Mónica LOIS-MARTÍNEZ
Aurelia ÁVILA-RAMÍREZ
Ana M. FOURNIER-ZEPEDA
María de los A. MONTERO-CAMPOS

26

EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS ENZIMÁTICOS COMO FUENTE DE INVERTASA PARA ELABORAR JARABE RICO EN FRUCTOSA A PARTIR DE BANANO

Ana Ruth BONILLA-LEIVA*, Alan GONZALEZ-CARVAJAL**

ABSTRACT

EVALUATION OF TWO INVERTASE SOURCES TO ELABORATE HIGH FRUCTOSE BANANA SYRUP

The objective of this study was to evaluate the production of high fructose syrup from ripe banana fruit using two sources of enzymes: immobilized banana pulp and a commercial microbial enzyme.

Banana juice was produced from ripe bananas and used as the source of sucrose for the study. The banana pulp was immobilized in a calcium alginate matrix. The effect of Tris-HCl buffer solution was evaluated. Several CaCl₂ concentrations (2,4,6,8,10%) were tested as hardening solutions. Hydrolysis of sucrose was followed during 24 h at 37 °C using the best system evaluated. Evaluation of the commercial enzyme was performed at three different temperatures (25, 37 and 60°C). Different systems of purification (centrifugation and treating with activated charcoal, magnesium oxide, calcium oxide, anionic polyacrylamide and ionic resins) were tested. The effect of the purification treatments on the sugars concentration was evaluated. The hydrolyzed juice was concentrated under vacuum at 55°C to yield 70°Brix.

The use of Tris-HCl buffer solution did not show any effect on the hydrolysis rate ($p>0,01$). There was no significant difference ($p>0,01$) in system stability among any of the five CaCl₂ solutions. The 2% CaCl₂ system was used continuously for 20 days without any physical disintegration and for 25 days without loss of activity. The complete hydrolysis of sucrose took 18 h of incubation using the banana immobilized system and 1 h at 60°C using the commercial microbial enzyme. A clear juice was obtained after the purification treatment with calcium oxide, anionic polyacrylamide and ionic resins, however the total sugar concentration was reduced by 17% after the purification treatment. After the concentration process the resulting syrup had a sugar composition of 48,9% fructose, 45,0% glucose and 6,1% sucrose.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de jarabe rico en fructosa a partir de banano maduro utilizando dos fuentes de invertasa: la pulpa del banano inmovilizada y una enzima comercial de origen microbiano. Se elaboró jugo a partir de banano maduro, el cual se usó como fuente de sacarosa en todo el estudio. La pulpa de banano se inmovilizó en una matriz de alginato de calcio. Se evaluó el efecto de la disolución amortiguadora de Tris-HCl sobre la actividad del sistema enzimático y de diferentes concentraciones de CaCl₂ (2,4,6,8,10%) sobre la estabilidad del alginato formado. La hidrólisis de la sacarosa utilizando el sistema resultante fue estudiada por 24 h a 37°C y utilizando la enzima comercial de origen microbiano se evaluó a tres diferentes temperaturas (25, 37 y 60°C) por 2 h. Se evaluaron diferentes sistemas de purificación (centrifugación y tratamiento con carbón activado, óxido de magnesio, óxido de calcio, poliácridamida aniónica y resinas de intercambio iónico). Se determinó el efecto de los tratamientos de purificación sobre la concentración de azúcares. El jugo hidrolizado se concentró al vacío a 55°C, hasta 70°Brix.

Se estableció que la eliminación de la disolución de Tris-HCl durante la inmovilización no afectó ($p>0,01$) la actividad enzimática. El sistema mantuvo su integridad física y actividad enzimática por 25 días al utilizar CaCl₂ al 2% como agente gelificante ($p>0,01$). La hidrólisis completa de la sacarosa se llevó a cabo en 18 h al utilizar pulpa de banano inmovilizada (2% CaCl₂ y sin Tris-HCl) y 1 h con invertasa de origen microbiano a 60°C. Se logró obtener un jugo claro y brillante con el tratamiento con óxido de calcio, poliácridamida aniónica y resinas de intercambio iónico; pero la purificación produjo una pérdida de 17% de azúcares totales. Al concentrarse el jugo se obtuvo un jarabe con 48,9% fructosa, 45,0% glucosa y 6,1% sacarosa.

* Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

** Productos Gerber de Centroamérica, S.A.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que la actividad bananera constituye una de las operaciones agrícolas más importantes y tecnificadas del mundo, presenta grandes cantidades de excedentes no utilizados que los países exportadores no pueden valorizar en un alto porcentaje (UPEB, 1994; Araya, *et al.*, 1995). Por ello, la valorización de estos tonelajes, preferiblemente en productos de adecuado valor agregado constituye una preocupación constante para los países productores.

Los jarabes ricos en fructosa (llamados también jarabes de isoglucosa) obtenidos a partir de almidón se han utilizado comercialmente en los Estados Unidos desde el año 1967 y a partir de entonces su uso en la industria alimentaria ha aumentado drásticamente. La combinación de dulzor y funcionalidad de los carbohidratos presentes en estos jarabes ha hecho que los jarabes ricos en fructosa sean muy usados en diferentes alimentos y bebidas (Higley & White, 1991; Hebeda, R, 1993). Una de las características más importantes de estos jarabes es su dulzor, así la isoglucosa 42 es tan dulce como la sacarosa (Schwartz, 1990).

Varias investigaciones (Van Wyk *et al.*, 1978; Chacón, 1994; Molina, 1993) indican la posibilidad de obtener jarabe rico en fructosa a partir de la pulpa de banano verde, que contiene entre 20-25% de almidón. La pulpa madura cuya concentración de azúcares es de 20-25% también ha sido evaluada como fuente de jarabe rico en fructosa (Palmer, 1971; Van Wyk *et al.*, 1978; Gous, *et al.*, 1987).

Debido a la presencia de varias enzimas en la pulpa de banano, durante el proceso de maduración se llevan a cabo dos procesos bioquímicos; la hidrólisis del almidón y la acumulación de azúcares (Glass & Rand, 1982; García & Lajolo, 1988; Sum *et al.*, 1980; Terra *et al.*, 1983). La conversión rápida y eficiente del almidón en sacarosa, glucosa y fructosa hacen del banano una fuente ideal de enzimas. Sin embargo existen factores que interfieren tales como taninos, sustancias pécticas y polifenoloxidasas (Dong & Su, 1972). Dicha interferencia puede ser eliminada

utilizando las enzimas del banano inmovilizadas (Glass & Rand, 1982; Bonilla & Rand, 1992; Bonilla & Lois, 1992). La posibilidad de utilizar el banano tanto como materia prima para la producción de azúcares, como de fuente enzimática, puede ser de gran potencial industrial.

El objetivo de este proyecto fue analizar la posibilidad de producir jarabe rico en fructosa, o isoglucosa, a partir de banano y evaluar la utilización de pulpa de banano inmovilizada y una enzima comercial de origen microbiano como fuentes de invertasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del jugo de banano

Se elaboró jugo de banano según el procedimiento descrito por Viquez *et al.* (1981). Se utilizaron bananos maduros que se encontraban en el grado 7 de la escala de maduración (Chacón *et al.*, 1987). Se eliminaron los bananos que no cumplieron con ese grado de madurez y los que presentaron daños mecánicos y señales de contaminación microbiana.

La fruta seleccionada se lavó con agua fría para remover las impurezas externas (tierra o partículas adheridas). Los bananos se escaldaron durante 10 min en agua hirviendo. Luego se removió la cáscara manualmente y se molieron en un molino de martillos, utilizando una malla de 0,125 pulg, para obtener una pulpa gruesa.

La pulpa se enfrió hasta una temperatura aproximada de 38°C y se le adicionó la enzima Pectinex Ultra SP-L a una concentración de 0.025% p/p. Se mantuvo entre 35 y 40°C por 40 min. El jugo se extrajo utilizando una prensa hidráulica a una presión entre 5 y 10 lb/plg².

El jugo se pasteurizó a 72°C por 15 min. Se almacenó en congelación para llevar a cabo la hidrólisis enzimática posteriormente.

Inmovilización de la pulpa de banano

La pulpa de banano, grado de madurez 6 (Chacón *et al.*, 1987), se inmovilizó en alginato de calcio en forma de perlas. Para esto la pulpa se homogeneizó en una disolución de alginato de sodio al 2% preparado en disolución amortiguadora de Tris-HCl 0,25 M, pH 7,5. La mezcla se hizo gotear (con una bomba peristáltica) en una disolución de CaCl_2 al 10%, preparada en disolución amortiguadora de Tris-HCl 0,05 M con pH 7,5.

También se elaboraron perlas sustituyendo la disolución amortiguadora Tris-HCl por agua y utilizando diferentes concentraciones de CaCl_2 (2, 4, 6, 8, 10 %).

El efecto de los diferentes métodos de inmovilización de la pulpa de banano sobre la hidrólisis de la sacarosa se evaluó incubando en todos los casos 40,0 g de perlas en sendos erlenmeyers con 40,0 mL de jugo a 37°C, durante 4 h. Al finalizar el período se tomó una alícuota de 1,00 mL y se determinó la concentración de azúcares. A las 24 h de incubación se retiró el jugo para determinar los residuos provenientes de la desintegración de las perlas, lo cual se hizo centrifugando a 11410 x g durante 10 min y pesando los residuos obtenidos. Esta evaluación se llevó a cabo durante 25 días, en los cuales diariamente las perlas se incubaron en nuevas muestras de jugo.

Se estudió el sistema durante 24 h incubando muestras de 5,0 g de pulpa inmovilizada de banano elaborada con agua y precipitada en disolución de CaCl_2 al 2% con 5,00 mL de jugo de banano sin centrifugar. Se tomaron muestras cada 2 h y se analizó la concentración de azúcares.

Hidrólisis de la sacarosa del jugo de banano utilizando invertasa comercial de origen microbiano

Se utilizó invertasa comercial NOVO. Se incubaron muestras de 50 mL de jugo, con 0,03 mg de enzima por mL de jugo. La hidrólisis se llevó a cabo a 25, 37 y 60°C. Se tomaron muestras cada media hora y se determinó la concentración de azúcares.

Determinación de la concentración de azúcares

La concentración de azúcares se analizó por medio de Cromatografía de Alta Presión (HPLC). Se utilizó una columna para carbohidratos Alltech 700 CH (300 mm x 6,5 mm), y un detector de índice de refracción diferencial (Shimadzu DCL-6A). La concentración se determinó por medio de áreas con un integrador Shimadzu C-R3A. Las condiciones de trabajo fueron: fase móvil agua; flujo 1 mL/min; temperatura 65°C. Las muestras se filtraron utilizando un filtro microporo de 0,45 mm antes de ser inyectadas en el cromatógrafo.

Estudio de diferentes mecanismos de purificación

Una vez realizada la hidrólisis de la sacarosa presente en el jugo, este se sometió a diferentes tratamientos de purificación:

1. Centrifugación y tratamiento con carbón activado: el jarabe se centrifugó a 2000 rpm por 10 min y se filtró al vacío sobre una capa de celite, luego se agregó carbón activado y se calentó a 80°C por 30 min. Al finalizar este tiempo se filtró nuevamente sobre una capa de celite para eliminar el carbón.
2. Tratamiento con óxido de magnesio: en este caso se agregó una lechada de óxido de magnesio a la muestra de jarabe hasta alcanzar un pH de 9. Posteriormente se calentó a 90°C y se filtró el jarabe al vacío sobre una capa de celite. Se adicionó H_3PO_4 hasta un pH de 7,0, se calentó a ebullición y se centrifugó a 2000 rpm por 10 min eliminando los sólidos.
3. Tratamiento con óxido de calcio: al jarabe se le agregó una lechada de óxido de calcio hasta obtener un pH entre 7,2 y 8,3, luego se calentó el jugo hasta alcanzar la temperatura de ebullición durante un pequeño tiempo y se dejó enfriar. Posteriormente se centrifugó el jarabe a 2000 rpm por 10 min y se eliminó la fase sólida.

4. Tratamiento con óxido de calcio y poliacrilamida aniónica: se realizó el proceso descrito en el punto 3. Seguidamente se agregó la poliacrilamida para obtener una concentración de 1-3 ppm, se calentó a 80°C y se filtró el jarabe al vacío sobre una capa de celite.

5. Tratamiento con óxido de calcio, poliacrilamida aniónica (floculante) y resinas de intercambio iónico: en este caso se realizó el mismo procedimiento del punto 4. Posteriormente se calentó el jarabe a 45°C y se hizo pasar a través de las resinas de intercambio iónico, primero por la resina catiónica y luego por la resina aniónica.

Una vez establecido el mejor tratamiento de purificación se determinó la concentración de azúcares antes y después de la purificación.

Concentración del jarabe

El jugo hidrolizado se concentró en un rotavapor a 48°C y 55°C hasta 70°Brix. Se determinó la humedad, y la concentración de azúcares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 ilustra la producción de glucosa y fructosa utilizando en un caso la disolución amortiguadora Tris-HCl, durante la inmovilización y en el otro caso sustituyendo esta disolución por agua. No hubo diferencia ($p > 0,01$) en cuanto al uso de solución amortiguadora o agua. Como resultado el resto del estudio se llevó a cabo utilizando agua para homogeneizar la pulpa de banana.

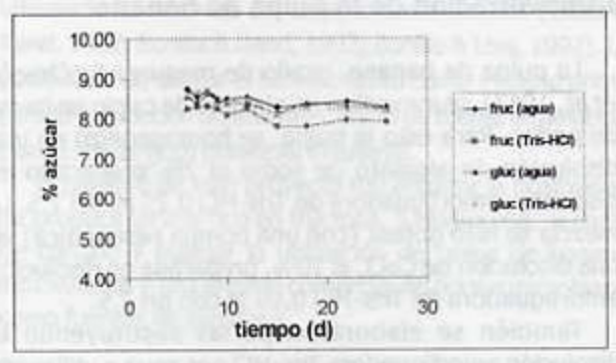


Figura 1. Concentración de glucosa y fructosa después de 4 h de hidrólisis enzimática a 37 °C utilizando pulpa de banana inmovilizada con agua o disolución amortiguadora Tris-HCL. Las perlas fueron reutilizadas por 25 días.

En estudios previos en los que se utilizó la pulpa de banana inmovilizada como fuente enzimática se usó una disolución de CaCl₂ al 10% (Glass & Rand, 1982; Bonilla & Rand, 1992; Bonilla & Lois, 1992). Este estudio permitió establecer que se puede utilizar concentraciones menores al 10% de CaCl₂ sin que haya deterioro en la integridad física de las perlas ya que no hubo diferencias ($p > 0,01$) en cuanto al residuo desprendido después de 24 h de incubación al utilizar las diferentes concentraciones de CaCl₂ (Fig.2). Como puede también observarse en dicha figura durante los primeros 2 días hubo un pequeño residuo después de 24 h de incubación (1,62%), el cual se redujo a aproximadamente 0,2% a partir del tercer día y se mantuvo constante hasta finalizar el período de 20 días. Tampoco se encontraron diferencias, según se puede observar en la Figura 3, en cuanto a la hidrólisis de sacarosa ($p > 0,01$). Debido a esto se continuó utilizando CaCl₂ al 2%. Las Figuras 1 y 3 indican que el sistema se puede usar continuamente por 25 días, sin que haya pérdida de actividad enzimática.

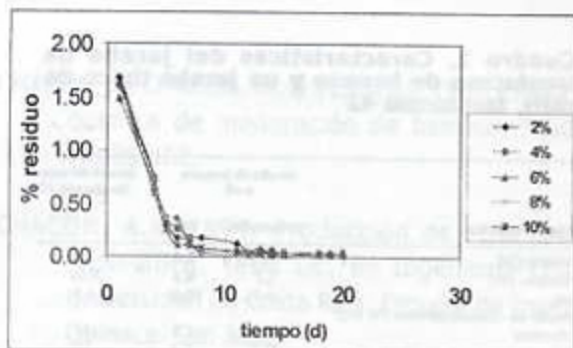


Figura 2: Efecto de las diferentes concentraciones de CaCl₂ sobre la integridad física de las perlas.

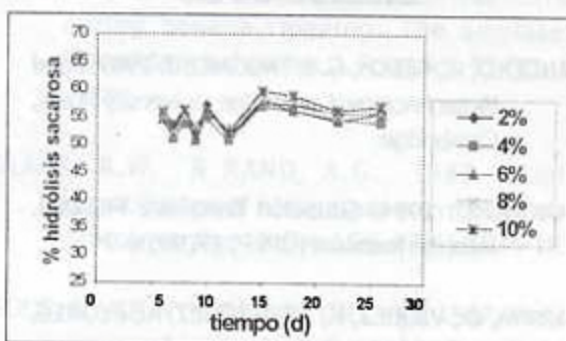


Figura 3. Efecto de la concentración de CaCl₂ en la hidrólisis de sacarosa después de 4 h de incubación a 37°C. La pulpa de banano inmovilizada fue reutilizada por 25 días.

En la Figura 4 se puede observar, que utilizando la pulpa de banano inmovilizada, aproximadamente se necesitan 18 h para la hidrólisis completa de la sacarosa. También se puede ver que la concentración de fructosa obtenida es mayor que la de glucosa.

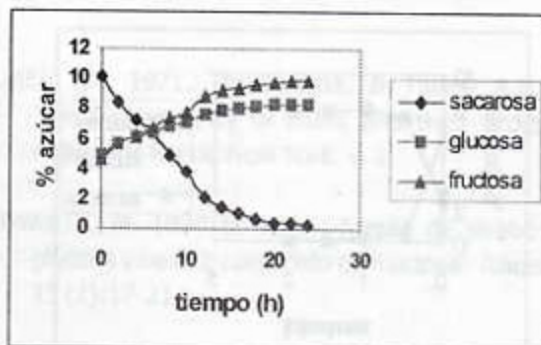


Figura 4. Cambio de concentración de los azúcares presentes en el jugo de banano durante 24 h de incubación a 37°C, utilizando la pulpa de banano inmovilizada como fuente de invertasa.

La hidrólisis con invertasa comercial, de origen microbiano, resultó ser mucho más eficiente que la hidrólisis con la pulpa de banano inmovilizada. La Figura 5 muestra que a las temperaturas estudiadas la sacarosa se hidroliza casi completamente en 2 h. Además, se observa que 60°C es la temperatura más adecuada, ya que en una hora se ha llevado a cabo la hidrólisis de la sacarosa presente en el jugo de banano. La Figura 6 muestra la hidrólisis de sacarosa y la formación de glucosa y fructosa utilizando invertasa comercial de origen microbiano.

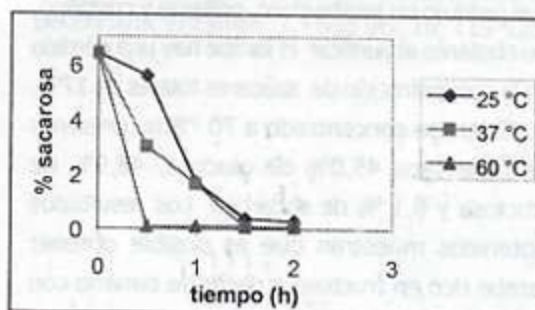


Figura 5. Hidrólisis de la sacarosa del jugo a diferentes temperaturas utilizando invertasa comercial.

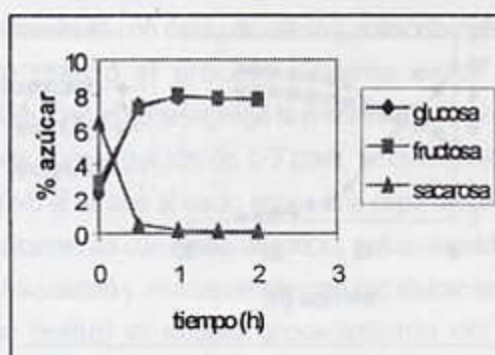


Figura 6. Hidrólisis de la sacarosa del jugo a 60°C utilizando invertasa comercial.

El tratamiento de purificación por medio de centrifugación y carbón activado eliminó ciertas impurezas, lográndose un jarabe más claro, pero al concentrarlo tomó un color café. Al utilizar óxido de magnesio se obtuvo un jarabe claro y con un color café menos intenso. El tratamiento con óxido de calcio y poliacrilamida aniónica, dio mejores resultados. Sin embargo el tratamiento con óxido de calcio, poliacrilamida aniónica y resinas de intercambio iónico fue el que produjo un jarabe claro, brillante y cristalino. No obstante al purificar el jarabe hay una pérdida en la concentración de azúcares totales de 17%.

El jarabe concentrado a 70 °Brix, presenta en base seca 45,0% de glucosa, 48,9% de fructosa y 6,1 % de sacarosa. Los resultados obtenidos muestran que es posible obtener jarabe rico en fructosa a partir de banano con una composición de azúcares similar al jarabe de maíz Isoglucosa 42 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del jarabe de isoglucosa de banano y un jarabe típico de maíz, Isoglucosa 42

Característica	Jarabe de banano n=5		Jarabe de maíz* Isoglucosa 42
	promedio	DE	
sólidos (%)	70,0	1,8	71
cenizas (%)	2,7	0,1	0,03
pH	4,5	0,3	3-4
Perfil de carbohidratos (% b.s) ¹			
fructosa	48,9	1,2	42
glucosa	45,0	2,4	52
sacarosa	6,1	2,0	-
oligosacáridos	-	-	6

*Fuente: Angold et al., 1989.
¹base seca

BIBLIOGRAFÍA

- ANGOLD, R., BEECH, G. & TAGGART, J. 1989. Food Biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge.
- ANÓNIMO. 1994. Situación Bananera Mundial. Informe mensual (UPEP) 17(99):6-24.
- ARAYA, O., VÍQUEZ, F., RODRÍGUEZ, A., FLORES, W., SEGREDA, A.C & BONILLA, A.R. 1995. Alternativas de industrialización del banano y el plátano. Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos. Costa Rica.
- BONILLA, A.R. & LOIS, M. 1992. Caracterización de la pulpa de banano inmovilizada como fuente de invertasa. REVITECA 1(2): 14-18.
- BONILLA, A.R. & RAND, G. 1991. Caracterización de la interconversión de la sacarosa por medio de enzimas inmovilizadas del banano. REVITECA 1(1): 1-6.

- CHACÓN, S., CHACÓN, G., & VÍQUEZ, F. 1987. Escala físico química de maduración de banano. *Fruits* 42 (2):95-102.
- CHACÓN, A.R. 1994. Producción de fructosa vía enzimática. Tesis Lic. en Ingeniería Química Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Química. San José.
- DONG, B.Y. & SU, J.C. 1972. Purification and characterization of sucrose synthetase from banana fruits. *J. Chinese Biochem. Soc.* 1(1):37-52.
- GARCÍA, E. & LOJOLO F. 1988. Starch transformation during banana ripening: The amylase and glucosidase behaviour. *J. Food Sci.* 53 (4): 1181-1186.
- GLASS, R.W. & RAND, A.G. 1982. Alginate immobilization of banana pulp enzymes for sucrose interconversion. *J. Food Sci.* 47(6):1836-1838.
- GOUS, F., VAN WYK, P.J. & MCGILL, A.E. 1987. The use of commercial enzymes in the processing of bananas. *Lebensm-Wiss u Technol.* 20:229-232.
- HEBEDA, R. 1993. Starches, sugars and syrups. *In* Nagadawithana, T. & Reed, G. eds. *Enzymes in food processing.* Academic Press, New York.
- HIGLEY, N. & WHITE, J. 1991. Trends in fructose availability and consumption in the United States. *Food Technol.* 45 (10):118-122.
- MOLINA, C.M. 1993. Producción de jarabes glucosados vía enzimática a partir de banano verde. *Ingeniería* 3 (3):83-89.
- PALMER, J.K. 1971. The banana. *In* Hulme, A.C., ed. *The biochemistry of fruits and their products.* Academic Press, New York. v. 2.
- SCHWARTZ, M. 1990 El maíz : fuente de jarabes de glucosa y de alto contenido en fructosa. *Alimentos* 15 (1):17-21.
- SUM, W. F., ROGERS, P.J., JENKINS, I.D. & GUTHIERE, R. D. 1980. Isolation of invertase from banana fruit (*Musa cavendishi*). *Phytochemistry* 19:399-401.
- TERRA, N.N., GARCÍA, E. & LAJOLO, F.M. 1983. Starch-sugar transformation during banana ripening; the behaviour of UDP glucose pyrophosphorylase sucrose synthetase and invertase. *J. Food Sci.* 48:1097-1110.
- VAN WYK, P.J., HEINEN, E.A. & ACKERMAN, L.G. 1978. Preparation of glucose and high fructose syrups from bananas (*Musa cavendishi*). *Lebesesm-Wiss. Technol.* 11:29-32.
- VÍQUEZ, F., LASTRETO, C. & COOKE, R. D. 1981. A study of the production of clarified banana juice using pectinolytic enzymes. *J. Food Sci.* 16, 115-125.