

Obtención de jugo clarificado de banano en el nivel de planta piloto y otras alternativas para la industrialización de banano y plátano.

F. Viquez.
Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos,
Universidad de Costa Rica,
San José . COSTA RICA.

Resumen

En este estudio se hace uso de la enzima Pectinex Ultra SPL para analizar las condiciones del proceso de elaboración de jugo clarificado de banano en el nivel de planta piloto. En la optimización de las etapas del proceso se probaron dos alternativas para la inactivación de la enzima polifenoloxidasas, con agua en ebullición (97° C, 10 min.) y escaldadores de vapor (96° C, 20 min.) El escaldado con agua en ebullición resultó más barato. Se utilizó un molino de martillos y una malla de 0.125 pulg. para obtener una pulpa gruesa y un mayor rendimiento. En valoraciones preliminares se determinó que la temperatura óptima de acción de la enzima era entre 38-40° C. Se eligió el pH natural de la fruta por costos y facilidad de manejo. Se valoró el efecto de la concentración y tiempo de acción enzimática sobre el rendimiento de jugo obtenido. Se determinó que una concentración de enzima de 0.025% al pH natural de la fruta (4.9), a 38° C, durante 40 min. produce un rendimiento de jugo del 65% con respecto al peso de la pulpa y de 34%, con respecto a la materia prima inicial. El jugo se almacenó en botellas de vidrio transparente a temperatura ambiente (20-22° C) por un período de diez meses y se analizó desde el punto de vista químico, microbiológico y sensorial. El jugo se mantuvo estable microbiológicamente en el período estudiado. Químicamente la característica que más se afectó fue el color, el producto tiende a oscurecerse con el almacenamiento; sin embargo, en ese período todavía conserva un color atractivo. Sensorialmente, el producto fue evaluado como de buena calidad. Los costos variables (materias primas, energía calórica y térmica y la mano de obra de un operario especializado) para producir un litro de jugo en el nivel de planta piloto, sin centrifugar ni pasteurizar es de 79,73 colones (\$ 0.40 al tipo de cambio del día).

Abstract

Clarified banana juice obtained at the pilot plant level.

The process conditions to obtain clarified banana juice at the pilot plant level were studied. Two different thermal treatments to inactivate the polyphenoloxidase enzyme were tested: boiling water (97C, 10 min) and vapor blanchers (approx. 96° C, 20 min). Boiling water blanching proved to be cheaper. A hammer mill was used to obtain a gross pulp using a 0,125 plg. sieve. A pectinolytic enzyme, Pectinex Ultra SPL, was used to macerate the pulp. It was determined, by preliminary experiences, that the optimum enzyme temperature was between 38-40°C. The natural fruit pH (4,9) was chosen for economical aspects and easy handling. The effect of enzyme concentration and time of action were tested in comparison to the yield of juice obtained. It was determined that a concentration of 0.025%, pH 4,9 and 38°C for 40 min. yields an output of 65% with respect to pulp weight and 34% to the initial banana fruit. The juice was stored in transparent glass bottles at room temperature (20-22°C) for ten months. Chemical, microbial and sensory analysis were conducted. The juice showed microbiological stability during this period. The chemical analysis indicated that the characteristic that changed the most was the color: the product has a tendency to brown during storage. Nevertheless the color still was attractive. The sensory analysis evaluated the product as good quality. The variable costs (that is raw materials, caloric and thermal energy and worker hand of an specialized person) for the production of 1 litre of banana juice at the pilot plant level, without pasteurization and centrifugation was 79,73 colones (\$ 0,40).

Résumé

Fabrication de jus clarifié de banane en plante pilote.

Dans cette étude on utilise l'enzyme Pectinex Ultra SPL pour analyser les conditions du processus de la fabrication du jus clarifié de banane en plante pilote. Pour optimiser les étapes du processus, on a utilisé deux alternatives pour l'inactivation de l'enzyme polyphénoloxidasase : avec de l'eau en ébullition (97°C, 10 min.) et activateurs de vapeur (96°C, 20 min). L'activateur avec l'eau en ébullition revient moins cher. On a utilisé un moulin à marteaux et une malle de 125 pouces pour obtenir une pulpe grossière et un rendement majeur. Les valorations préliminaires ont déterminé que la température optimale d'action de l'enzyme se trouvait entre 38-40°C. On a choisi le pH naturel du fruit pour le coût et la facilité d'opération. On a chiffré l'effet de la concentration et du temps d'action enzymatique sur le rendement du jus obtenu. On a déterminé qu'une concentration d'enzyme de 0,025%, au pH naturel du fruit (4,9), à 38°C pendant 40 min produit un rendement en jus de 65% par rapport au poids de la pulpe et de 34% par rapport à la matière première initiale.

Le jus a été gardé dans des bouteilles de verre transparent à une température ambiante (20°C –22°C) pour une période de dix mois et 11 mois s'est analysé du point de vue chimique, microbiologique et sensoriel. Chimiquement, la qualité la plus altérée a été la couleur ; le produit tend à devenir plus sombre au cours de son vieillissement ; cependant, durant cette période, le produit conserve une couleur attractive. Sensoriellement le produit a été jugé de bonne qualité. Les coûts variables (matières premières, énergie calorique et thermique ainsi que la main-d'oeuvre d'un ouvrier spécialisé) pour produire un litre de jus au niveau de la plante pilote sans centrifuger ni pasteuriser, est de 79,73 colons (\$ 0,40 au change du jour).

Introducción

La producción de banano es clave en muchos de los países de América Latina y el Caribe. Actualmente, el cultivo de esta fruta representa la principal fuente generadora de divisas del sector agrícola costarricense, con exportaciones que alcanzan cifras cercanas a los 2 millones de TM anuales (CEMPRO, 1994).

A su vez, es una actividad que genera mucho desperdicio y se ha calculado que alrededor del 16 % de la producción (358.000 TM anuales), es fruta que no califica para la exportación, por lo que en 1981, con el propósito de ofrecer una alternativa para el uso de este excedente, se realizaron en el CITA los primeros ensayos para elaborar jugo clarificado de banano (Viquez *et al.*, 1981).

El uso de los excedentes del mercado de fruta fresca en la elaboración de jugos es una práctica conocida desde hace mucho tiempo (Tressier y Joslyn, 1971- Hulme, 1971). Esta tendencia va en aumento debido al incremento en la demanda de jugos de frutas y vegetales en los últimos años (Olesen, 1992).

El empleo exclusivo de procesos tradicionales, como el prensado, no permite la extracción del jugo en frutas con altos contenidos de pectina, como es el caso del banano. El producto obtenido por este procedimiento es de apariencia viscosa y gelatinosa y los rendimientos son muy bajos.

Las enzimas de tipo pectinolítico permiten la salida rápida del jugo y una apariencia y brillantez más notorias. El estudio realizado por Viquez *et al.* (1981), permitió definir las condiciones del proceso en nivel de laboratorio utilizando 6 enzimas pectinolíticas comerciales 7 a las cuales se les determinó sus condiciones óptimas de acción.

El objetivo del presente trabajo fue escalar el proceso de obtención de jugo clarificado de banano en el nivel de planta piloto. Al intentar el escalamiento se encontró que las enzimas recomendadas no estaban disponibles en el mercado costarricense, por lo que fue necesario seleccionar otra enzima y estudiar para ella las nuevas condiciones de operación. Además se requirió de algunas otras modificaciones del proceso original con el propósito de disminuir los costos.

Materiales y Métodos

**Materias primas*

Se utilizó banano (*Musa cavendish*) con un grado de madurez 7 en la escala Chacón *et al.* (1987) con las siguientes características, pH- 4.9, 11 Brix: 22.6, acidez (expresado como % de ácido málico): 0.5, azúcares totales- 19.7%, azúcares reductores- 10.3% y almidón- 1.0

La enzima empleada fue Pectinex Ultra SPL, de la casa Novo Industries.

**Optimización del proceso de escaldado*

Para la inactivación de la enzima polifenoloxidasa, principal causante del oscurecimiento de la pulpa de banano, se probaron dos alternativas: agua en ebullición (97° C, 10 mín) y escaldadores de vapor (96 °C, 20 min). Los tiempos y temperaturas fueron fijados con base en ensayos preliminares.

**Obtención de la pulpa*

Para la obtención de la pulpa se probaron dos opciones: un molino de martillos (*Marca.- FitzPatrick, Modelo: 07*). y un despulpador (*Marca.- Indiana, Modelo: 185 SC*). En ensayos preliminares se determinó que la presencia de semillas no altera la maceración enzimática, mientras que el uso de una malla más fina hace que el rendimiento sea menor por lo que se utilizó una malla de 0,125 plg.

**Condiciones de acción de la enzima*

Las condiciones de maceración enzimática se definieron con base en estudios previos donde se analizaba cada característica en función del rendimiento de jugo obtenido. Se determinó que la temperatura óptima de acción de la enzima era de 38-40 °C y que a temperaturas mayores el rendimiento decrece.

Siendo que, según varios autores, el pH de la fruta no tiene un efecto significativo sobre el rendimiento del jugo (Viquez et al., 1981; Munyanganízí & Coppens, 1976) se decidió utilizar el pH natural del banano (4,9). Se consideró además, que el empleo de este pH no produce un incremento en los costos.

Para determinar el efecto de la concentración de la enzima y el tiempo de acción, se utilizó un diseño factorial fraccionario 2. Se trabajó al pH natural de la fruta (4,9) y a una temperatura de 38-40° C. Se utilizaron los siguientes tiempos y concentraciones de enzima: 30, 45 y 60 min y 0,010, 0,0175 y 0,025%, respectivamente. En una segunda corrida, se fijó el tiempo de tratamiento en 40 min y se probaron dos concentraciones de enzima- 0,025 y 0,05%. Utilizando todos los datos se hizo un análisis de regresión para estimar el rendimiento del jugo a diferentes niveles de concentración de la enzima.

**Definición de las condiciones de extracción y conservación*

En el estudio anterior se determinó que el uso de una prensa hidráulica, posterior a la maceración enzimática, permite la extracción del jugo. La pulpa se coloca sobre una doble tela de manta con una doble gaza para facilitar la extracción. Esta se lleva a cabo a una presión de 5-10 lb/plg.

Para efectos de garantizar la estabilidad del jugo en el almacenamiento se empleó la tecnología de factores combinados. Se adicionan 0,4-0,5% de ácido cítrico para bajar el pH a aproximadamente 4,2 y 0,04% de benzoato de sodio como preservante. Se pasteurizó a 72° C por 15 min y se envasó en botellas de vidrio transparentes con tapa hermética.

**Estudio de estabilidad a condiciones de temperatura ambiente*

Se almacenó el jugo a temperatura ambiente (20-22° C) y se le practicaron análisis químicos y microbiológicos para determinar su comportamiento en el almacenamiento. Estos análisis se realizaron cada mes por un período de 10 meses. Se siguieron los métodos del AOAC (1 975) y de la ICMSF (1 978).

Sensorialmente, se evaluó la aceptación del jugo de banano empleando una escala de tipo hedónico de 150 puntos. Las características evaluadas fueron- aspecto, color, sabor y calidad general. Se analizaron los datos mediante el cálculo de pomedios y el porcentaje de aceptabilidad.

**Estimación de los coeficientes técnicos y costos variables del proceso*

Se aplicó el coeficiente técnico o "escandallo" (esto es, la relación entre la materia prima que interviene en el proceso y el producto final obtenido) para estimar los costos variables del proceso (materias primas, energía eléctrica y calórica y la mano de obra de un operario especializado) para producir un L de jugo en el nivel de planta piloto, sin clarificar ni pasteurizar.

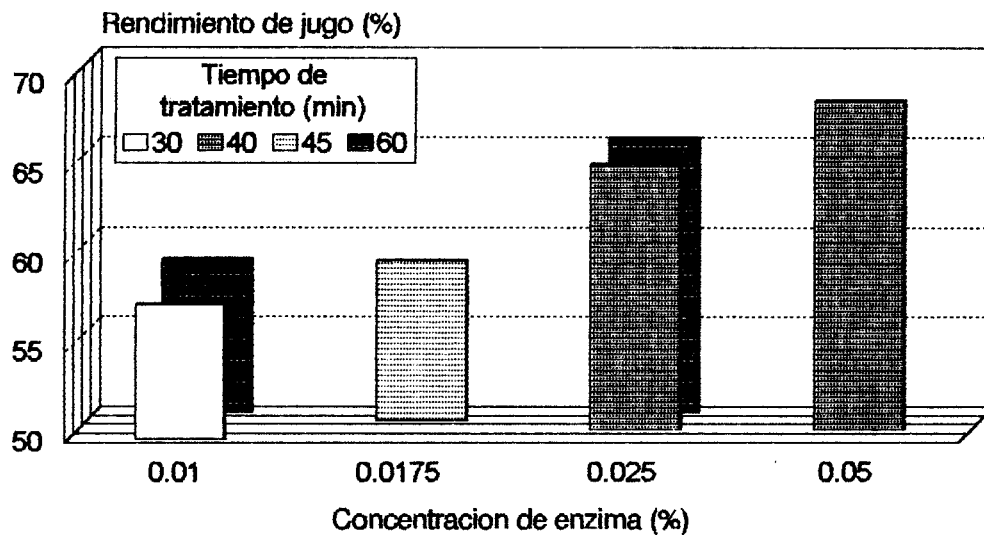
Resultados y Discusión

La polifenoloxidasa es una enzima muy resistente al calor y es la principal causante del oscurecimiento de la pulpa de banano. El proceso de escaldado debe combinar adecuadamente la relación tiempo-temperatura para garantizar que el tratamiento sea efectivo. De los dos tratamientos ensayados, la ebullición con agua a 97° C por 10 min, resultó ser el más barato. Esto se debe fundamentalmente a que el tiempo de tratamiento es 50 % menor. El costo energético del escaldador es de 67.53 colones mientras que el de agua en ebullición es de 17,72 colones. Otra ventaja del escaldado con agua en ebullición es que el rendimiento obtenido es mayor. La razón de esto es que, para facilitar la penetración de calor en los escaldadores los bananos se parten por la mitad, lo que provoca la salida de líquidos del interior y por consiguiente un incremento en las pérdidas. En el escaldado con agua en ebullición se pierde un 7,85 % del producto, mientras que con los escaldadores las pérdidas son de 26,5 %.

En ambos molinos (de martillos y despulpador) se empleó una malla de 0,125 plg. para obtener una pulpa gruesa y un mayor rendimiento. Mallas más finas permiten obtener un producto de mejor apariencia pero sacrifican mucho el rendimiento. Con el molino de martillos se obtiene un rendimiento de 82,1 %, superior al obtenido con el despulpador que fue de 78,7%. Esto se debe fundamentalmente al diseño de los equipos, ya que aunque se utilice el mismo número de malla, el despulpador, al separar las semillas, arrastra también una cierta cantidad de pulpa.

Como puede observarse en la Figura 1, la variable que tiene una influencia significativa sobre el rendimiento del jugo es la concentración de la enzima y no el tiempo de tratamiento. A mayor concentración de enzima se obtienen rendimientos mayores de jugo. Se eligió una concentración de enzima de 0,025 % durante 40 min a 38° C. Bajo estas condiciones se obtuvo un rendimiento de jugo de 65%, con respecto al peso de pulpa y de 34 %, con respecto a la materia prima inicial. Este rendimiento es superior al obtenido en un estudio anterior en el nivel de laboratorio de 55-60% (Viquez et al., 1981).

Figura 1: Rendimiento de jugo de banano según tratamiento



El análisis de regresión (Box, 1987) permitió elaborar la ecuación que permite estimar el efecto de la concentración de enzima sobre el rendimiento del jugo:

$$\% \text{ Rendimiento de jugo} = 549579 + 338955 X \% [\text{enzima}]$$

donde [enzima] = concentración de enzima

El modelo obtenido explica solo un 35 % de la variabilidad y depende únicamente del nivel de concentración de la enzima. Con esta ecuación se puede estimar el porcentaje de rendimiento de jugo que se obtendría al variar la concentración de enzima.

El jugo de banano obtenido es de color amarillo claro, brillante. Tiene un aroma intenso, característico a banano y un sabor dulce. En el Cuadro 2 se pueden apreciar las principales características químicas del mismo.

Cuadro 2. Características químicas del jugo de banano

Características	Valor
pH	4.80
° Brix	24.5
Acidez (% de ácido málico)	0.40
Azúcares Totales (%)	21.8
Azúcares Reductores (%)	10.0
Almidón (%)	1.0
Color (Hunter Lab)	
L	18.71
a	- 0.17
b	3.32

*recién procesado

La característica química que más se ve afectada en el almacenamiento es el color. Los valores de color en el Hunter Lab para L al tiempo cero es de 18,71 y disminuyen a 17,25 a los tres meses y a 15,37 a los siete meses, lo que indica que el producto tiende a oscurecerse con el almacenamiento. Los valores de a y b tienden también a aumentar por un cambio en la coloración. El producto sin embargo, mantiene un color bastante atractivo en este periodo.

Desde el punto de vista microbiológico el jugo se mantuvo estable a temperatura ambiente (20-22 °C), por un período estudiado de diez meses. Los recuentos totales de bacterias y de hongos y levaduras fueron, en todos los casos, < 10 UFC/g.

Sensorialmente el jugo de banano es considerado por los panelistas como de buena calidad aunque se le atribuye un fuerte sabor a banano, muy dulce, astringente y falto de ácido. Los porcentajes de aceptabilidad más bajos fueron dados al olor y sabor con 67 y 56%, repectivamente. Las restantes características de color, apariencia y textura son de 77, 79 y 81 %, repectivamente.

Los costos variables (materias primas, energía calórica y térmica y la mano de obra de un operario especializado) para producir un litro de jugo en el nivel de planta piloto, sin centrifugar ni pasteurizar es de 79,73 colones, Cuadro 3 (Calderón y Sequeira, 1996).

Cuadro 3. Estimación de costos variables de producción del jugo de banano.

Rubro %	Unidades	Precio/unidades (colones)	Escandallo	Costo/kg (colones)
Gastos Directos				
Banano kg.	11.0	2.9299	32.23	40.42
Ertzima Pectinex Kg.	35631.60	0.0002	5.67	7.11
Gastos Indirectos				
Energía eléctrica kw/h	20.7	0.0080	0.17	0.21
Energía calórica lt	51.5	0.2744	14.13	17.72
Mano de Obra ,				
Operario especializ. H-h	235.75	0.1168	27.54	34.54
Total			79.73	100.00

Por los resultados obtenidos, se puede concluir que el proceso de obtención de un jugo clarificado de banano representa una alternativa para la utilización de la fruta no exportable. Sin embargo, dado que dos de las variables más importantes para la aceptación de un producto, como son el olor y el sabor, recibieron puntajes relativamente bajos, es importante considerar otras opciones al jugo clarificado. Se sugiere la mezcla con jugos de otras frutas tropicales o su concentración, para ser usado como edulcorante de productos que incorporen banano en su elaboración.

Referencias

1. AOAC.(1975) Official Methods of Analysis. **12th** Edition. Association Official of Analytical Chemísts. Washington. U.S.A.
2. Box, G.E.P. & Draper, N.R. 1987. Empirical Modei-Building and Response Surfaces. New York, John Wiley.

3. CEMPRO. 1996. Análisis de las exportaciones totales. Unidad de Estadísticas Económicas. San José, Costa Rica.
4. Internacional Commission on Microbiological Specification for Foods. 1978. Micoorganismos de los Alimentos. Métodos de muestreo para análisis microbiológicos- Principios y Aplicaciones Específicas. Zaragoza, Acribia. v. 2.
5. Calderón, R. y Sequeira, A. 1996. Estudio Técnico-Económico. Determinación de Coeficientes Técnicos. Estimación de los costos variables de producción. Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica.
6. Chacón, S. Viquez- F. & Chacón, G. 1987. Escala físico-química de maduración de banano. *Fruits* 42 (42):95- 102.
7. Munyanganizi, B. & Coppens, R. 1976. Comparison of two methods for extracting banana juice from two different varieties. *Industries Alimentaires et Agricole*. 93. p. 707.
8. Viquez, F.; Lastreto, C. & Cooke, R.D. 1981. A study of the production of clarified banana juice using pectinolytic enzymes. *J.Food. Technol.* 16: 115125.