



## COMPARACIÓN DE LA ACCIÓN ENZIMÁTICA DE TRES PREPARADOS COMERCIALES EN EL TRATAMIENTO DE LA PULPA DE GUANÁBANA

Rita M, Ávila de Hernández

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía, Programa Ingeniería Agroindustrial. Barquisimeto, Estado Lara-Venezuela.  
Universidad Nacional Experimental Antonio José de Sucre, Programa Doctoral en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad. VRR Barquisimeto, Estado Lara-Venezuela.  
Email: [ritaavila@ucla.edu.ve](mailto:ritaavila@ucla.edu.ve)

ASA/EX. 2014-6  
Recibido: 25-04-2014  
Aceptado: 23-06-2014

### RESUMEN

La guanábana es una fruta tropical, con potencial para su consumo fresco o para la elaboración de productos terminados; sin embargo, por la naturaleza blanda y algodonosa de su pulpa, es necesario recurrir a la adición de agua, o a tratamientos enzimáticos para disminuir su viscosidad e incrementar el rendimiento del jugo. Utilizar enzimas, mejora la estabilidad de néctares, su sabor y textura, y facilita la concentración de los jugos, disminuyen la viscosidad y la turbidez. Estos tratamientos previo a los procesos con membranas, mejoran el flujo de materiales por la reducción de la colmatación y de la polarización por concentración. La finalidad de esta investigación es comparar la acción de tres preparados comerciales en el tratamiento enzimático de la pulpa de guanábana, previo a su procesamiento con esas tecnologías. La metodología consiste en aplicar los tratamientos y cuantificar el rendimiento de jugo, los sólidos insolubles en suspensión, los solubles totales y la viscosidad de la pulpa, a temperatura, tiempo de incubación y agitación fijos. La comparación de esos parámetros en la pulpa tratada con el testigo, permite determinar si la aplicación de enzimas tiene efectos sobre los mismos. Los resultados indican que en pulpa de guanábana, y en el intervalo de concentraciones que se estudia, la aplicación de las enzimas comerciales modifica significativamente ( $p= 0.05$ ) la viscosidad, el rendimiento de jugo y los sólidos insolubles en suspensión; no obstante en general, no se observan efectos significativos sobre los sólidos solubles totales.

**Palabras clave:** *Annona Muricata* L., pectinasa, rendimiento de jugo, viscosidad, sólidos solubles e insolubles en suspensión.



## COMPARISON OF THE ENZYMATIC ACTION OF THREE COMMERCIAL PREPARATIONS IN THE TREATMENT OF SOURSOP PULP

Ávila de Hernández, Rita M

UCLA. Dean of Agronomy. Program of Agroindustrial Engineering, Barquisimeto, Estado Lara-Venezuela.

UNEXPO, Doctoral Program in Engineering Sciences, Productivity references. VRR Barquisimeto, Estado Lara-Venezuela.

Email: [ritaavila@ucla.edu.ve](mailto:ritaavila@ucla.edu.ve)

### ABSTRACT

Soursop is a tropical fruit, with potential for fresh consumption or for the production of finished products; however, because of the soft nature of its cottony pulp, it is necessary to appeal to the addition of water, or enzymatic treatments to lower its viscosity and increase the juice yield. Using enzymes, improves nectars stability, taste and texture, and facilitates the concentration of the juices, decrease viscosity and turbidity. These treatments prior to membrane processes, improves the flow of materials by reducing clogging and concentration polarization. The purpose of this research is to compare the action of three commercial enzyme preparations in the treatment of soursop pulp prior to processing with these technologies. The methodology consists in applying the treatments and quantify the juice yield, insoluble solids in suspension, the total solubles and pulp viscosity, at a temperature, incubation time and agitation fixed. The comparison of these parameters in the treated pulp with the witness, allows to determine whether the application of enzymes has effects on them. The results indicate that in soursop pulp, and in the concentration range under study, the application of commercial enzymes significantly change ( $p = 0.05$ ) viscosity, juice yield and insoluble solids in suspension; however in general, no significant effect on total soluble solids were observed.

**Keywords.** *Annona Muricata* L., pectinase, juice yield, viscosity, total soluble solids and insoluble in suspension.



## INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) es una fruta tropical climatérica, con excelentes características sensoriales que le brindan potencial para el consumo fresco, o para la elaboración de productos como sorbetes, confituras y colados, entre otros (Márquez, 2012). Por su elevado rendimiento de pulpa (82 %, Ávila et al., 2012), ésta resulta una materia prima muy atractiva para la producción de jugos; sin embargo, por la naturaleza blanda y algodonosa de la pulpa es necesario recurrir a la adición de agua (Badrie y Schauss, 2009), o a los tratamientos enzimáticos para disminuir la viscosidad e incrementar el rendimiento del jugo (Yusof, 1994).

Las ventajas de aplicar enzimas en tecnologías de alimentos, se resumen en: (i) especificidad de sustrato y gran actividad catalítica; (ii) trabajan a condiciones de pH, temperatura y presión controladas; (iii) las acciones enzimáticas no perjudican la salud, de hecho en alimentos se consideran naturales; y (iv) una vez realizada su labor, las enzimas pueden inactivarse y las

proteínas son asimiladas por la fracción proteica del alimento (Arroyo, 1998; Charnock y McCleary, 2005). En consecuencia, el producto final sólo contiene técnicamente un residuo inactivo en una proporción que es inocua desde el punto de vista de la salud, y no altera las propiedades organolépticas olor y sabor (Urlaub, 2002).

En la industria de las bebidas, utilizar enzimas se ha tornado esencial siendo las de mayor uso las pectinasas. Cuando los tejidos vegetales se desintegran durante el procesamiento de los jugos, parte de la pectina (un componente estructural de las frutas) puede solubilizarse y saturarse con el jugo, mientras que otra parte permanece en las paredes celulares, menoscabando el aspecto y perjudicando la floculación y la filtrabilidad de los zumos (Cheetham, 1985; Carrera, 2003). La acción de las pectinasas se orienta hacia la fracción insoluble del jugo crudo, como a la soluble, empleándose con éxito para: (i) clarificar los jugos previo a concentrarse, evitando gelificarse o mostrar turbidez; (ii) tratar pulpas de fruta para facilitar la extracción del jugo e incrementar el rendimiento; (iii) macerar frutas y



hortalizas para desintegrar el material celular y obtener bases espesas para jugos y formulaciones para bebés; (iv) licuar frutas y hortalizas para obtener jugos con alto contenido de sólidos solubles en suspensión; y, (v) reducir la viscosidad del zumo, permitiendo obtener un producto más concentrado y estable (Cheetham, Ob. Cit.; Madden, 2000). Estas aplicaciones son argumentos suficientes para la emergencia de un mercado de formulaciones comerciales, donde se consiguen variedades de preparados como los que se ejemplifican en el Cuadro 1. Esos preparados se producen industrialmente,

bajo condiciones contraladas, por fermentación de cultivos semi-sólidos, sumergidos, y por extracción de tejidos vegetal o animal. A nivel mundial, la producción de enzimas está dominada por tres empresas: Novo Nordisk (Dinamarca), Gist Brocades (Holanda), y Rhom and Hass (Alemania); sin embargo las demandas de un creciente mercado, junto con el desarrollo de nuevas aplicaciones en especial en alimentos, hace propicia la coexistencia de éstas con 20 compañías más, de Europa, Japón y Estados Unidos (Carrera, Ob. Cit.).

**Cuadro 1. Algunos preparados enzimáticos comerciales que se emplean en la industria de las bebidas.**

Enzima	Características/ Función
Rohapect S	Mezcla hemicelulasa-pectinasa, con alta actividad hemicelulolítica para la hidrólisis de pectinas y sustancias gomosas. Recomendada para frutas tropicales (Rohapect BIL), mejora la filtrabilidad y el flujo en ultrafiltración.
Pectinex Ultra SP-L	Una poligaracturonasa, producida a partir de <i>A. culeatus</i> .
Pectinex Ultra AFP	Pectin-liasa, de <i>A. níger</i> y de <i>A. culeatus</i> . Se recomienda para tratamiento secundario de la pulpa de fruta. Aumenta el rendimiento de jugo y la productividad del proceso, mientras que disminuye la viscosidad, en la producción de jugos tropicales.
Pectinex Ultra Clear	Una poligaracturonasa, producida a partir de <i>A. culeatus</i> .
Celluclast 1,5L	Mezcla endoglucanasa-celulasa, a partir de <i>Trichoderma reesei</i> , para la hidrólisis parcial o completa, de las paredes celulares de los polisacáridos.
Amylase AG 300L	Es una glucoamilasa de <i>Aspergillus Níger</i> recomendada para industria de jugos de fruta, particularmente como la manzana y la pera por su elevado contenido de almidón. Recomendada para hidrolizar el almidón y prevenir la turbidez luego de la concentración.
Ultrazym 100G	Una poligaracturonasa, producida a partir de <i>A. níger</i> . Acelera la clarificación de mostos con un elevado contenido de pectinas, protegiendo el sabor de la fruta. Promueve el rendimiento de jugo por prensado.

Algunas aplicaciones, de los



preparados enzimáticos como los del Cuadro 1, en jugos de frutas tropicales se sistematizan en el Cuadro 2. El jugo de esas frutas se caracteriza porque no es fácilmente compresible, su sabor es muy ácido o demasiado fuerte, al punto que para

producir bebidas de agradable degustación es necesario diluirlo o mezclarlo con otras frutas; pero una vez que se formula el producto, éste resulta delicioso (Bhat, 2000).

**Cuadro 2. Enzimas en el tratamiento de jugos de fruta tropicales.**

Fruta	Finalidad del estudio	Enzima	Tratamiento	Referencia
Banana	Evaluar condiciones del tratamiento para hacer escalado a nivel de planta piloto.  Optimizar las condiciones del tratamiento en función del grado de madurez de la fruta, para maximizar el rendimiento de la extracción y minimizar la viscosidad y la turbidez del jugo	Pectinex Ultra SP-L	0,025% 38-40 °C	Viquez, 1998
		Pectinex Ultra SP-L	0,05-0,15% 30-50 °C 60-180 min	Tapre y Jain, 2012
		Celluclast 1,5L (al final)	0,05% 90 °C 5 min	
Guanábana	Optimizar las condiciones del tratamiento considerando la calidad del jugo, busca maximizar el rendimiento de la extracción y minimizar la viscosidad y la turbidez del jugo	Pectinasa	0,05-0,1% 1-3 h	Yusof e Ibrahim, 1994
Guayaba		Pectinex Ultra SP-L	500-900 mg/L 30-90 min	Akesowan y Choonhahirun, 2013
Parchita	Encontrar las mejores condiciones para el tratamiento enzimático de la pulpa de parchita previo a su procesamiento con tecnologías con membranas, con énfasis en la acción enzimática sobre la reducción de la viscosidad de la pulpa y la licuefacción del material celulósico.  Desarrollar una metodología para encontrar una mezcla de enzimas adecuada para licuefactar el material insoluble de la pulpa de parchita.	Cytolasa CL Rapidasa Press Rapidasa Liq+ Rapidasa Pomaliq 2F Ultrazym 100 G	1 mL/L 30°C 1 h	Vaillant et al., 1999
		Rapidasa Press Citolasa CL	0,05-4,5 UI 0,5-100 UI 30°C 1h	Flórez et al., 2007
Piña	Estudiar la influencia de las pectinasas y las hemicelulasas en la cantidad y la calidad del jugo extraído.  Efectuar el tratamiento enzimático de la pulpa de piña previo a su procesamiento con	Pectinasa Pectinasa y Rapidase Pineapple	0,03% 35-37,5-40 °C 30 min	Tochi et al., 2009
		Ultrazym 100G	100 mg/L 40 °C	Carvalho y Silva,



	tecnologías con membranas, con énfasis en la acción enzimática sobre la reducción de la viscosidad de la pulpa.	Ultrazym 100G y Celluclast	30 min 0,5%	2010
Semeruco	Evaluar una combinación de enzimas, a temperatura fija, para reducir la viscosidad del jugo y clarificarlo.	Pectinex Ultra SP-L Citrozym LS	0,01-0,02 % 35 °C 30-60-90 min	Matta et al., 2000
	Estudiar el uso combinado del tratamiento enzimático con agentes clarificantes.	Pectinex AR	200 mg/L 45 °C 30 min	Brasil et al., 2007
	Optimizar las condiciones del tratamiento y emplear ultrasonido a fin de maximizar el rendimiento de la extracción del jugo.	Pectinex Ultra SP-L	0,065-0,135 55 °C y pH 4 60 °C y pH 5	Dang et al., 2012

Los autores, citados en el Cuadro 2, justifican aplicar enzimas porque preservan el aroma y el sabor característico de la fruta (Viquez, 1998); disminuyen la viscosidad de la pulpa y preservan las propiedades físicas y químicas de la fruta (Matta et al., 2000; Tochi et al., 2009; Akesonwan y Choonhahirun, 2013); y además, mejoran la extracción de los jugos de los tejidos celulares, incrementando el rendimiento (Dang et al., 2012). No obstante aseveran que, luego de los tratamientos, hace falta una etapa de clarificación posterior para darle al producto final la calidad que el consumidor espera (Vaillant et al., 1999; Carvalho y Silva, 2010).

Para obtener jugos de frutas concentrados y clarificados, una opción es emplear tecnologías con membrana; sin embargo,

uno de los problemas más recurrentes es la colmatación de las membranas por la elevada presencia de material insoluble y coloidal proveniente de los tejidos celulares de la fruta (Flórez et al., 2007). El uso de enzimas en frutas, mejora la estabilidad de néctares, el sabor y la textura; además, facilitan la concentración de los jugos, disminuyen la viscosidad y la turbidez. Por su parte, desde la perspectiva del proceso tecnológico, los tratamientos enzimáticos favorecen la productividad al aumentar los rendimientos, incrementar el flujo de materiales en las líneas de proceso y disminuir el tiempo total de procesado (Bejarano et al., 2001). Además, estos tratamientos previo a los procesos con membranas pueden contribuir a incrementar el flujo de permeado, por la reducción de la colmatación y de la polarización por concentración (Carvalho et al., 2006). En consecuencia, la finalidad



de esta investigación es comparar la acción de tres preparados comerciales, a tres concentraciones, en el tratamiento enzimático de la pulpa de guanábana, previo al procesamiento con tecnologías con membranas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal.** Los frutos provenientes de la Provincia de Limón, a 152 Km Este de San José-Costa Rica, se recibieron en un estado de madurez de consumo. Posterior al pesaje, se limpiaron y sanitizaron según el procedimiento que proponen Ávila et al. (2012) y luego del descortezado manual se extrajo la pulpa mecánicamente.

**Tratamiento enzimático.** El protocolo se aplica a escala laboratorio, y es una adaptación de Vargas (2013) en pulpa de cas (*Psidium friedrichstalianum* (Berg.) Niedz.) un tipo de mirtácea Costarricense. Consiste en evaluar el resultado de emplear tres preparados enzimáticos comerciales en respuestas como el rendimiento de jugo, los sólidos insolubles en suspensión, los sólidos solubles totales y la viscosidad de la pulpa. Los preparados se utilizan a tres

concentraciones, manteniendo fijos la temperatura ( $35\pm 2$  °C), el tiempo de incubación (1 h) y el tipo de agitación (100 rpm, con un agitador tipo ancla).

El diseño experimental es completamente aleatorio. Se tienen dos factores, el preparado enzimático y su concentración, y a la vez, cada uno de ellos tiene tres niveles. Durante la realización de los ensayos hay una muestra testigo a la que no se le aplica el preparado enzimático, pero que se encuentra a las mismas condiciones fijas del tratamiento.

Los preparados enzimáticos Pectinex Ultra SP-L, AFP y Clear, son los que se emplean en esta investigación, a las concentraciones de 100, 150 y 200 mg/L, de acuerdo al esquema que se muestra en el Cuadro 3. Tanto la selección, como el intervalo de concentraciones y las condiciones fijas obedecen a las recomendaciones de los autores citados en el Cuadro 2 y a la información provista por los fabricantes de estas enzimas, en sus fichas técnicas.



**Cuadro 3. Esquema de aplicación de los tratamientos enzimáticos**

Tipo de preparado	Concentración, mg/L
SPL	100
SPL	150
SPL	200
AFP	100
AFP	150
AFP	200
CLEAR	100
CLEAR	150
CLEAR	200
Testigo	0

Para aplicar el tratamiento se añaden a un vaso para precipitados, de 600 mL, 400 g de pulpa de guanábana, que luego se calienta en un baño termostático de 15 L (Lab Water Bath, Digisystem Lab Instruments) hasta que alcance 35 °C. En ese momento, se adiciona el preparado enzimático y se mantiene la temperatura a 35 °C con agitación constante durante la hora de incubación mediante un agitador tipo ancla, que opera mediante un rotor EUROSTAR power-b de IKA-WEKKE. Finalizado el tratamiento, inmediatamente se toman alícuotas de la pulpa para hacer las mediciones de las variables respuesta.

**Viscosidad.** Se mide con un

viscosímetro rotacional Brookfield modelo RVT, Serial 71860 (Middelboro, Massachusetts). La determinación se hace tomando 400 mL de la muestra en un vaso para precipitados, de 600 mL, al que se le inserta a través de una celda o porta spindle, un husillo (spindle). La viscosidad se determina captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante el husillo inmerso en la muestra. Este par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido, y en consecuencia, a la viscosidad de la muestra, que se expresa en centipoises (cP). Antes de registrar el valor de la medida, se efectuaron pre-ensayos con los husillos, seleccionando aquel que muestra valores de viscosidad en el dial del aparato (Andrade *et al.*, 2010). Finalmente, las medidas se toman a una velocidad de rotación de 20 rpm, 30 s, y a una temperatura de  $21,46 \pm 1,85$  °C (n= 6).

**Rendimiento de jugo.** Esta determinación se realiza por prensado, mediante un analizador de textura (Stable Micro Systems, modelo TA.XT Plus) con una fuerza constante de 250 N durante dos minutos. La fuerza se aplica a través de una celda de diez centímetros de diámetro sobre



la pulpa (200 g) que está depositada en un cedazo de poro de 1 mm, el que a su vez está dentro de un vaso para precipitados, plástico de 500 mL, con orificios en el fondo. El jugo que se obtiene, se recoge en un recipiente y se calcula el rendimiento por gravimetría de acuerdo a la siguiente expresión, donde  $w_2$  es la masa de jugo y  $w_1$  la de la muestra inicial de pulpa colocada en el cedazo.

$$\text{Rendimiento} = \frac{w_2}{w_1} 100 \quad (1)$$

**Sólidos solubles totales e insolubles en suspensión.** Los sólidos solubles totales se determinan con un refractómetro ATAGO 1T con control de temperatura (COVENIN, 1983); y, el porcentaje de sólidos insolubles en suspensión (SIS), se cuantifica mediante la centrifugación de una alícuota de 45 ml a 4,3G (HermLe Z300 LabNet, radio centrífugo 9,7 cm) durante 20 minutos (Cassano et al., 2007). Para calcular los SIS, una vez que culmina la centrifugación, se descarta el sobrenadante y se pesa el precipitado. Luego se realiza el cálculo de acuerdo a la siguiente ecuación (2), donde  $mp$  representa la masa de precipitado y  $mi$  la de la muestra inicial que está en el vial.

$$\text{SIS} = \frac{mp}{mi} 100 \quad (2)$$

**Análisis estadístico.** La evaluación estadística de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza (Fisher,  $p= 0,05$ ) para determinar si existen diferencias significativas en los tratamientos estudiados, al aplicar enzimas en la pulpa de guanábana. Verificada la hipótesis, se emplea una prueba de Dunnett ( $p= 0,05$ ) para hacer la comparación entre las medias de cada tratamiento vs. el testigo.

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los valores de viscosidad, sólidos solubles totales e insolubles en suspensión de la pulpa de guanábana, antes de los tratamientos, se muestra en el Cuadro 4. Los sólidos solubles totales, son mayores a los que se reportan 12,53 (Villalba et al., 2006) en Colombia; 14,7 (Ojeda de Rodríguez et al., 2007) para guanábana venezolana; y, 12,8 (Márquez et al., 2012). Estas diferencias son atribuibles a las condiciones climáticas, a las prácticas agrícolas y al índice de maduración (Kader, 1999). En relación a los valores de viscosidad y los sólidos insolubles en suspensión, se tiene que una pulpa



comercial de guanábana tiene una viscosidad de 1000 cP y 40 % de SIS (FastFruit, 2014). Mientras que el valor de SIS son similares a los de esta investigación, el de la viscosidad no. Esta diferencia se explica porque para producir la pulpa comercial ésta es desintegrada y tamizada, mientras que la que se emplea en esta investigación no.

En el Cuadro 5 se resumen las medias (n= 6) de las variables respuesta, para cada tratamiento y el testigo. Se observa que la aplicación de los tratamientos a la pulpa de guanábana modifica la viscosidad, el rendimiento de jugo, los sólidos solubles totales (al emplear Pectinex Ultra SPL a 100, 150 y 200 mg/L, y AFP a 100 mg/L); y, los sólidos insolubles en suspensión.

**Cuadro 4. Características fisicoquímicas de la pulpa cruda de guanábana.**

Viscosidad (cP)	SST (°Brix)	SIS (%)
2193.75 ± 23.94	15.50 ± 0.408	38.28 ± 2.388

Nota: Media y desviación estándar (n=3).

**Cuadro 5. Características fisicoquímicas de la pulpa de guanábana. Comparación de cada tratamiento vs. el testigo.**

Tratamientos	Enzima	C, mg/L	Viscosidad, cP	Rendimiento jugo, %	Sólidos solubles totales, °Brix	Sólidos insolubles en suspensión, %
T1	SPL	100	281,25±6,85	65,63±1,51	14,25±0,27	66,51±1,39
T2	SPL	150	110,42±7,32	72,37±0,56	14,5±0,00	75,11±0,85
T3	SPL	200	152,92±3,78	73,08±1,47	14,25±0,27	72,48±1,35
T4	AFP	100	571,67±43,09	61,53±0,54	14,5±0,55	54,60±6,67
T5	AFP	150	456,67±44,57	65,45±0,44	<b>15,08±0,67</b>	62,58±1,21
T6	AFP	200	321,67±10,66	66,64±2,82	<b>15,33±0,26</b>	65,38±1,80
T7	CLEAR	100	473,33±39,83	74,39±0,39	<b>15,29±0,19</b>	68,67±1,01
T8	CLEAR	150	415±10,49	72,25±1,92	<b>15,25±0,16</b>	64,72±1,21
T9	CLEAR	200	373,33±19,66	67,26±2,55	<b>15,67±0,26</b>	66,19±2,23
Testigo	0	0	1185,33±5,03	33,53±0,24	<b>15,50±0,00</b>	30,90±0,24

Nota: Medias destacadas en negrita en la misma columna, no difieren estadísticamente del testigo (Dunnett, 0.05).

Para las enzimas y en el intervalo de concentraciones que se emplean en este



estudio, se tiene que:

- Al aplicar Pectinex Ultra SPL en la pulpa de guanábana (Cuadro 5 por ejemplo, a 150 mg/L) se logra disminuir la viscosidad hasta en un 91% con respecto al testigo, una variación superior al 50% que reporta Jansen (1997), citado por Matta et al. (2000), en esta misma fruta. Esta disminución de la viscosidad se atribuye a la degradación de las paredes celulares del material vegetal (Quintero et al., 2012; Tochi et al., 2009), por acción de las pectinasas, que promueven la liberación de los ácidos carboxílicos y galacturónicos.
- En general, los sólidos solubles totales no varían significativamente al emplear los tratamientos enzimáticos. Resultados similares a los que obtienen Matta et al. (2000) en pulpa de semeruco, y Vaidya et al. (2009) en kiwi.
- Los valores de rendimiento, en el tratamiento de la pulpa de guanábana, se encuentran entre 61.52 y 74.39% ; estos valores son superiores al 41% que reportan Yusof e Ibrahim (1994) para esta misma fruta. Un rendimiento del 74,39% significa un aumento de aproximadamente 41%, con respecto al testigo; un impacto superior al que experimentan en pulpa de piña, Tochi et al. (2009) quienes aplican una mezcla pectinasa-celulasa y obtienen un rendimiento global de 94,93 % de jugo, que solo representa un incremento del 25% con respecto al control.
- En los tratamientos con Pectinex Ultra SPL y AFP, al aumentar la concentración de la enzima, se incrementa el rendimiento. El rendimiento de jugo se promueve por la acción enzimática que degrada y solubiliza compuestos que en ausencia de éstas son insolubles como por ejemplo, pectinas y hemicelulosas, entre otros materiales (Tapre y Jain, 2012). Resultados similares muestra Viquez (1998) en el tratamiento de pulpa de banano con Pectinex Ultra SPL (durante 40 min y a 38 °C).
- Esta misma degradación de los



materiales celulares, causa en general un incremento de los sólidos insolubles en suspensión, con respecto al testigo. Mayor cantidad de sólidos pudiera representar una limitante a los procesos con membrana; sin embargo, éstos pueden removerse por centrifugación o mediante prensado previo al tratamiento con esas tecnologías. En efecto, al realizar pruebas de centrifugación y prensado a nivel de laboratorio, los sólidos insolubles en suspensión se reducen hasta un 26 % a 1735G y hasta aproximadamente 1%, aplicando una fuerza de 250 N.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En pulpa de guanábana y en el intervalo de concentraciones que se estudia, la aplicación de los tratamientos es determinante ( $p=0.05$ ) en la modificación de la viscosidad, el rendimiento de jugo, los sólidos solubles totales (al emplear Pectinex Ultra SPL a 100, 150 y 200 mg/L, y AFP a 100 mg/L), y los sólidos insolubles en

suspensión.

- Se recomienda que a partir de estos resultados, se haga una selección de aquel preparado comercial que mejor se adapte para disminuir la viscosidad y aumentar el rendimiento de jugo.

## AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento a los árbitros que revisaron este manuscrito, al Dr. F. Vaillant (CIRAD-Francia, Proyecto "Desarrollo de Alternativas Tecnológicas Innovadoras para la Transformación de Frutas Tropicales"), al CITA-UCR, al Ing. D. Vargas (ETA-UCR), a la DFPA-UCLA, a la Ing. M. González, al Lic. A. Rodríguez, y al Dr. E. Hernández (Dec. Agronomía, UCLA-Venezuela).

## REFERENCIAS

- Akesowan, A. y Choonhahirun, A. (2013). *Effect of enzyme treatment on guava juice production using response surface methodology*. The J. of Animal & Plant Sci., 23, 114-120.
- Andrade, R., Torres, R., Montes, E., Pérez, O., Bustamante, C. y Mora, B. (2010). *Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de zapote (Calocarpum sapota Merr)*. Rev. Téc. Univ. Zulia, 33, 138-144.



- Arroyo, M. (1998). *Inmovilización de enzimas. Fundamentos, métodos y aplicaciones*. Ars Pharm., 39, 23-29.
- Ávila de Hernández, R., Pérez de Camacaro, M., Giménez, A. y Hernández, E. (2012). *La guanábana: una materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas*. REDIP UNEXPO VRB, 2, 134-142.
- Badrie, N., Schauss, A. (2009). *Soursop (Annona muricata L.): Composition, nutritional value, medicinal uses, and technology*. En: R.R. Watson y V. R. Preedy (Eds.). *Bioactive foods in promoting health. Fruits and vegetables* (pp. 621-643). Londres. Oxford Academic Press.
- Bhat, M. (2000). *Cellulases and related enzymes in biotechnology*. Biotechnology Advances, 18, 355-383.
- Bejarano, I., Quispe, S. y Matos-Chamorro, A. (2001). *Licuefacción enzimática en el proceso de extracción de pulpa de fruta* [En línea]. Universidad Peruana Unión. Disponible en: <http://papiros.upeu.edu.pe/bitstream/handle/123456789/162/CIn15Articulo.pdf?sequence=1> [Consulta: 02 agosto 2013].
- Brasil, I., Teles, K., De Oliveira, G., Maia, G. y Figueredo, R. (2007). *Physicochemical changes during extraction and concentration of acerola juice (Malpighia emarginata DC.) using pectinases and clarifying agents*. Brazilian J. of Food Technol., 10, 266-270.
- Carrera, J. (2003). *Producción y aplicación de enzimas industriales*. Rev. Fac. Cs. Agropec., 1, 9-15.
- Carvalho, L., Borchetta, R., Silva, E., Carvalho, C., Miranda, R. y Silva, C. (2006). *Effect of enzymatic hydrolysis on particle size reduction in lemon juice (Citrus limon, L.), cv. Tahiti*. Brazilian J. of Food Technol., 9, 277-282.
- Carvalho, L. y Silva, C. (2010). *Clarification of pineapple juice by microfiltration*. Ciencia e Tecnol. de Alimentos Campinas, 30, 828-832.
- Cassano, A., Donato, L. y Drioli, E. (2007). *Ultrafiltration of kiwifruit juice: Operating parameters, juice quality and membrane fouling*. J. of Food Eng., 79, 613-621.
- Charnock, S. y McCleary, B. (2005). *Les enzymes: applications industrielles et analytiques*. Revue des Oenologues et des techniques vitivinicoles et eonologicques: magazine trimestriel d'information professionnelle, 32, 11-15.
- Cheetham, P. (1985). *Aplicación de los enzimas en la industria*. En: A. Wiseman (Ed.). *Manual de biotecnología de los enzimas* (pp. 269-374). Zaragoza. Editorial Acribia.
- COVENIN (1983). *Frutas y productos derivados. Determinación de sólidos solubles por refractometría*. (1<sup>ra</sup> revisión). COVENIN 924-83. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 20 pp.
- Dang, B., Huynh, T. y Le, V. (2012). *Simultaneous treatment of acerola mash by ultrasound and pectinase preparation in acerola juice processing*:



- optimization of the pectinase concentration and pectolytic time by response surface methodology.* International Food Res. J., 19, 509-513.
- FastFruit (2014). Catálogo de pulpa de frutas naturales con vitamina C [En línea]. FastFruit Colombia. Disponible en:  
<http://www.fastfruit.estimulaciontemprana.org/> [Consulta: 24 mayo 2014].
- Flórez, L., Fernández, A. y Martínez, N. (2007). *Hidrólisis enzimática de los sólidos insolubles de la pulpa de maracuyá* [En línea]. Alimentos Hoy, 10, 3-13. Disponible en:  
<http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/issue/view/16/showToc> [Consulta: 09 agosto 2013].
- Kader, A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. Acta Horticulturæ, 485:203-208.
- Madden, D. (2000). *Enzymes in fruit juice processing* [En línea]. Disponible en:  
<http://www.ncbe.reading.ac.uk/ncbe/protocols/inajam/pdf/jam01.pdf> [Consulta: 24 julio 2013].
- Márquez, C., Villacorta, V., Yépes, D., Ciro, H. y Cartagena, J. (2012). *Physiological and physico-chemical characterization of the soursop fruit (Annona muricata L. cv. Elita)*. [En línea]. Rev. Fac. Nacional de Agron. Medellín. Disponible en:  
<http://www.revistas.unal.edu.co/> [Consulta: 24 julio 2013].
- Matta, V., Cabral, L. y Moretti, R. (2000). *Reducao da viscosidade da polpa de acerola*. Embrapa, 37, 1-7
- Ojeda de Rodríguez, G., Coronado, J., Nava, R., Sulbarán, B., Araujo, D. y Cabrera, L. (2007) *Caracterización físicoquímica de la pulpa de guanábana (Annona muricata) cultivada en el occidente de Venezuela*. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 41, 151-160.
- Quintero, D., Duque, A. y Giraldo, G. (2012). *Evaluación de viscosidad y color en pulpa de mango común (Mangifera indica L.) tratada enzimáticamente*. Temas Agrarios, 17, 66-76.
- Tapre, A. y Jain, R. (2012). *Optimization of process variables for enzymatic clarification of banana pulp*. International J. of Emerging trends in Engineering and Development, 2, 319-330.
- Tochi, B., Wang, Z., Xu, S. y Zhang, W. (2009). *The influence of a pectinase and pectinase/hemicellulases enzyme preparations on percentage pineapple juice recovery, particulates and sensory attributes*. Pakistan J. of Nutrition, 8, 1184-1189.
- Urlaub, R. (2002). *Enzymes in fruit and vegetable juice extraction*. En: Enzymes in Food Technology. R. Whitehurst y B. Law (Editores). Sheffield Academic Press, CRC Press UK. Pp. 270.
- Vaidya, D., Vaidya, M., Sharma, S. y Hanshayam, G. (2009). *Enzymatic treatment for juice extraction and preparation and preliminary evaluation of kiwifruits wine*. Nat. Prod. Radiance, 84, 380-385.



Vaillant, F., Millan, P., O'Brien, G., Dornier, M., Decloux, M. y Reynes, M. (1999). *Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction*. J. of Food Eng., 42, 215-224.

Vargas, D. (2013). *Estudio del proceso de elaboración de jugo clarificado de cas (Psidium friedrichstalianum (Berg.) Niedz.) por microfiltración tangencial*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad de Costa Rica, San José.

Viquez, F. (1998). *Obtención de jugo clarificado de banano en el nivel de planta piloto y otras alternativas para la industrialización del banano y del plátano* [En línea]. ACORBAT, Memorias XII reunión. Disponible en: [http://www.musalit.org/pdf/IN020442\\_e\\_s.pdf](http://www.musalit.org/pdf/IN020442_e_s.pdf). [Consulta: 12 agosto 2013].

Yusof, S. e Ibrahim, N. (1994). *Quality soursop juice after pectinase enzyme treatment*. Food Chem., 51, 83-88.