

**Efecto de una pectinasa e hidróxido de calcio
en las características físico-químicas y
sensoriales de jugo de sábila con naranja**

**Ariana Valeria Jacho Chango
Claudia Lorena Vásquez Romero**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de una pectinasa e hidróxido de calcio en las características físico-químicas y sensoriales de jugo de sábila con naranja

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieras en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Ariana Valeria Jacho Chango
Claudia Lorena Vásquez Romero

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Efecto de una pectinasa e hidróxido de calcio en las características físico-químicas y sensoriales de jugo de sábila con naranja.

Presentado por:

Ariana Valeria Jacho Chango
Claudia Lorena Vasquez Romero

Aprobado:

Flor Nuñez, M.Sc.
Asesora principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Jacho, V y Vasquez, C. 2011. Efecto de una pectinasa e hidróxido de calcio en las características físico-químicas y sensoriales de jugo de sábila con naranja. Proyecto especial de graduación de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 28 p.

Coordinadora de Mujeres Campesinas de La Paz (COMUCAP), Honduras, se dedica al cultivo y procesamiento de sábila orgánica. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de una pectinasa e hidróxido de calcio en las características físico-químicas y sensoriales de un jugo de sábila con naranja. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 2×2 , donde los factores evaluados fueron una pectinasa e hidróxido de calcio (0.03 y 0.05% para ambos) como aditivos, resultando en cinco tratamientos incluyendo un control (0% pectinasa, 0% hidróxido de calcio). Se realizaron medidas en el tiempo a los días 1 y 15 y se ejecutó un análisis de varianza con una separación de medias Duncan ($P < 0.05$). Se realizaron análisis físico-químicos de viscosidad, textura, color, pH y sólidos solubles; además se ejecutaron pruebas sensoriales de aceptación y preferencia. Se realizaron conteos microbiológicos (aerobios y coliformes totales) a todos los tratamientos. Se estableció una formulación que contiene 80% sábila (gel y cristales), 12% naranja, 8% edulcorantes y un flujo de proceso tomando en cuenta las condiciones de COMUCAP. Los jugos presentaron una alta luminosidad, tendencia hacia tonalidades amarillas y una alta viscosidad en comparación a otros jugos. La textura, el pH y los sólidos solubles no fueron afectados por los factores estudiados. El jugo tuvo una aceptación sensorial moderada, que no fue significativo entre los tratamientos; el control fue el tratamiento preferido por los panelistas y representó el menor costo variable de formulación equivalente a L. 38.92 por litro.

Palabras clave: Aloína, COMUCAP, cristales de sábila.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4 CONCLUSIONES.....	19
5 RECOMENDACIONES.....	20
6 LITERATURA CITADA.....	21
7 ANEXOS	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Diseño experimental de los tratamientos.	5
2.	Formulación para un litro de jugo de sábila con naranja.	6
3.	Resultados análisis color: valor L* para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	9
4.	Resultados análisis color: valor a* para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	9
5.	Resultados análisis color: valor b* para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	10
6.	Resultados análisis de viscosidad (cP) para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	11
7.	Resultados análisis textura (N) de los cristales en el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	11
8.	Resultados análisis de sólidos solubles (°Brix) en el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	12
9.	Resultados análisis de acidez expresada en pH en el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.	13
10.	Resultados análisis de coliformes totales en el jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	13
11.	Resultados análisis de aerobios totales en el jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	14
12.	Resultados prueba de aceptación para el atributo apariencia de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	14
13.	Resultados prueba de aceptación para el atributo sabor de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	15
14.	Resultados prueba de aceptación para el atributo viscosidad de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	15
15.	Resultados prueba de aceptación para el atributo textura de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	16
16.	Resultados prueba de aceptación para el atributo aceptación general de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.	17
17.	Costo variable de formulación para 108 litros (tanda diaria COMUCAP) del tratamiento control.	17
18.	Costo variable de formulación para 108 litros (tanda diaria COMUCAP) de jugo de sábila con naranja con 0.03% de pectinasa e hidróxido de calcio.	18
19.	Resultados prueba de preferencia (n=80) de jugo de sábila con naranja.	18

Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración de jugo de sábila con naranja.....	7

Anexos	Página
1. Hoja de evaluación sensorial prueba afectiva de aceptación	24
2. Hoja de evaluación sensorial prueba afectiva de preferencia	25
3. Cuadro de correlación de Pearson para las variables evaluadas.	25
4. Cuadro del efecto de los factores en las características físicas de jugo de sábila con naranja.	26
5. Cuadro del efecto de los factores en las características químicas y microbiológicas de jugo de sábila con naranja.	27
6. Cuadro del efecto de los factores en las características sensoriales de jugo de sábila con naranja.	28

1. INTRODUCCIÓN

La sábila (*Aloe vera barbadensis Miller*) es un producto reconocido a nivel mundial por sus propiedades y su utilización en el desarrollo de productos saludables y nutritivos en la industria alimentaria y no alimentaria. La planta de aloe se cultiva en todo el mundo especialmente en zonas con climas templados como América Central, América del Sur, China, India, África, el Caribe, Australia y zonas tropicales de Asia (IASC 2010). Los países de América con altas producciones son: Venezuela (5000 ha), México (10000 ha) y República Dominicana (3500 ha) (Triccó 2007).

Coordinadora de Mujeres Campesinas de la Paz (COMUCAP), es una organización formada por 250 mujeres campesinas lencas establecida en 1993 a los procesos productivos de agricultura orgánica de la sábila. La Planta Procesadora del aloe de COMUCAP elabora productos de sábila con certificado orgánico los cuales se comercializan bajo la marca Aloe Walá. Su cartera de productos incluye jugos combinados con frutas, postres y cosméticos, así mismo comercializan el gel de aloe puro para materia prima de grado alimenticio y cosmético (COMUCAP 2011).

El estudio se basó en ofrecer una bebida refrescante combinando gel de sábila con naranja y adición de cristales que brinden un sabor y presentación original para el consumidor a través de productos certificados orgánicamente (naranjas y sábila). El uso de naranja en el jugo de sábila otorga el sabor característico por su alto contenido de ácido cítrico haciéndolo apetecible para las personas que buscan productos nutritivos, generando a la vez diversificación e innovación que contribuya con el crecimiento de la empresa de mujeres lencas.

Siguiendo la línea de producción orgánica de COMUCAP, se propuso un enfoque en aditivos que se pueden utilizar en este tipo de productos. El uso de enzimas pectolíticas, es aplicado en jugos con el fin de disminuir la viscosidad y clarificar, principalmente aquellos provenientes de plantas con características astringentes que liberan líquidos muy espesos. Estudios anteriores realizados con el uso de la enzima Pectinex® Ultra SP-L, muestran resultados valiosos en cuanto a la acción de la misma en condiciones arriba de 50 °C y a un pH de 4.5; resultando para el consumidor un producto más atractivo (He *et al.*, 2003). El hidróxido de calcio o cal muerta es un aditivo usado en la industria alimentaria como agente endurecedor y regulador de la acidez para brindar una mayor firmeza al producto (*Codex Alimentarius* 2011).

Estudios realizados en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) relacionados al procesamiento de Aloe vera, buscaron mejorar las características sensoriales de la sábila;

Sierra (2002) utilizó carbón activado para disminuir la concentración de aloína en el jugo de sábila con naranja; mientras que Espinosa (2010), realizó un estudio agregando miel para obtener características más aceptables en cuanto a sabor. En ambos estudios se determinó que los panelistas estarían anuentes al consumo de sábila siempre que tenga un sabor agradable.

A continuación se detallan los objetivos para el desarrollo de esta investigación:

- Establecer la formulación y el flujo de proceso del jugo de sábila con naranja.
- Determinar las características físico-químicas del jugo de sábila con naranja.
- Determinar la aceptación y preferencia del jugo de sábila con naranja.
- Establecer los costos variables de formulación del tratamiento más aceptado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio. La sábila es producida orgánicamente y cosechada por la empresa COMUCAP ubicada en Chinacla departamento de La Paz, Honduras, bajo un clima cálido con una temperatura de 24 a 35 °C. Las pencas fueron transportadas a Zamorano y procesadas en la Planta Agroindustrial de Innovación y Desarrollo (PAID). Los análisis se realizaron en los Laboratorios de Análisis de Alimentos, Análisis Sensorial y Microbiología de Alimentos de Zamorano.

Materiales y equipo

Sábila en pencas

Miel

Azúcar

Hidróxido de calcio

Enzima Pectinex® Ultra SP-L

Ollas

Estufa eléctrica

Marmita eléctrica

Mesas de acero inoxidable

Licuada

Utensilios (cuchillos, cucharas, bandejas plásticas y vasos).

Envase de vidrio de 250 ml.

Pruebas preliminares para establecer la formulación y el proceso. Se realizaron pruebas preliminares para establecer un flujo de proceso que se adapte a las condiciones y recursos que posee COMUCAP, considerando que es una producción artesanal, y tomando en cuenta que no han trabajado anteriormente con jugo de naranja, enzimas e hidróxido de calcio.

Se trabajó la formulación para el jugo de sábila con naranja, utilizando diferentes proporciones de sábila, jugo de naranja, azúcar y miel. Para realizar la selección del tamaño de los cristales, se cortó el filete de sábila en cubos de distintos tamaños y 30 panelistas determinaron mediante aceptación el largo y ancho preferido. Se realizó una prueba preliminar con 15 estudiantes de segundo año en la planta de mieles y derivados de Zamorano para establecer el porcentaje de azúcar y miel más agradable, teniendo en cuenta que se deseaba obtener 11 °Brix en la formulación final.

Para definir la cantidad de jugo de naranja a agregar en el proceso, se consultó a COMUCAP acerca de sus necesidades, quienes especificaron un uso máximo de 20% de jugo de naranja en la formulación. Se realizaron visitas a supermercados para corroborar el uso de jugo de naranja en productos de sábila y se determinó que los productos importados de sábila utilizan de un 20-25% de cristales

Para determinar los porcentajes de enzima a evaluar, se utilizó 0.01% de la pectinasa Pectinex® Ultra SP-L (Novozymes®, Dinamarca) como punto de partida de acuerdo a un estudio realizado por He *et al.* 2002. Así mismo para definir la cantidad de hidróxido de calcio se evaluaron tres porcentajes 0.01, 0.03 y 0.05, de acuerdo al estudio de Izumi y Watada (2006). Se evaluaron tres tiempos de escaldo (uno, tres y cinco minutos) a una temperatura de 85 °C

Análisis físicos. Los análisis físicos incluyeron textura de los cristales, viscosidad y color de las tres repeticiones al día 1 y 15.

Para medir la textura de los cristales se usó el texturómetro de Brookfield (CT V1.3) con el acople TA7. Se realizaron cinco mediciones de cinco cristales de sábila por tratamiento para luego sacar un promedio, los resultados se reportaron en Newton.

La viscosidad se midió en el viscosímetro de Brookfield DV II con el acople 1 a una velocidad de 100 rpm. Se utilizó aproximadamente 500 ml de jugo de sábila con naranja incluyendo los cristales. Se realizaron tres mediciones para sacar un promedio. Los resultados fueron reportados en centipoise (cP).

El color fue medido con el colorímetro Hunter L*a*b*, el cuál utiliza una escala estándar que mide la luminosidad (0=negro, 100=blanco), el valor a* rojo-verde (valores positivos=rojo, valores negativos=verde, 0=neutro), y el valor b* azul-amarillo (valores positivos=azul, valores negativos=amarillo, 0= neutro) (HunterLab 2001).

Análisis químicos. Se midió el pH y los sólidos solubles totales. El pH fue medido con un potenciómetro, previamente calibrado con agua destilada. Para medir los sólidos solubles totales se utilizó un refractómetro, que reportó los datos en °Brix.

Análisis microbiológicos. Se realizaron análisis de coliformes totales y aerobios mesófilos. Para los coliformes totales se usó como medio 1,000 ml de VRBA (“Violet Red Bilis Agar”) y se sembraron diluciones de 10^0 y 10^{-1} de igual manera para el análisis de aerobios mesófilos se usaron las mismas diluciones pero con un medio diferente PCA (“Potato Carrot Agar”). Para la elaboración de las diluciones se preparó una solución madre (10^0), colocando el jugo de sábila con naranja en el Stomacher® por 5 minutos para lograr una mezcla homogénea. Para realizar las diluciones y siembra se utilizó agua peptonada, tubos de ensayo, pipetas esterilizadas, platos petri, y el medio de siembra. Se incubaron los platos petri a 35 °C por 48 horas. Ambos procedimiento realizaron por duplicado.

Análisis sensorial. Se utilizaron dos pruebas afectivas: un análisis exploratorio de aceptación y un análisis de preferencia. El análisis de aceptación se realizó con 15 estudiantes de Zamorano mientras que el análisis de preferencia con 80 panelistas.

En la prueba de aceptación, se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 fue me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Los atributos evaluados fueron apariencia, sabor, textura de los cristales, viscosidad y aceptación general.

Con los mejores resultados de la prueba de aceptación se hizo un análisis de preferencia de comparación pareada durante la 7ma Feria Panamericana con estudiantes y personas externas como panelistas.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo factorial de 2×2 (Cuadro 1) y medidas en el tiempo a los días 1 y 15. Los factores evaluados fueron la concentración de Pectinex® Ultra SP-L (0.03 y 0.05%) e hidróxido de calcio (0.03 y 0.05%). Además se elaboró un control sin aditivos para tener un punto de comparación con los demás tratamientos. Se establecieron un total de cinco tratamientos.

Se realizó una análisis de varianza, utilizando el Statistical Analysis System (SAS versión 9.1®), nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Se realizó también una separación de medias por el método Duncan con el fin de establecer diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 1. Diseño experimental de los tratamientos.

		Pectinex® Ultra SP-L	
		0.05%	0.03%
Hidróxido de Calcio	0.05%	0.05% P	0.03% P
		0.05% H	0.05% H
	0.03%	0.05% P	0.03% P
0.03% H		0.03% H	
Control		0.00% H	0.00% P

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formulación de jugo de sábila con naranja. En el Cuadro 2 se presenta la formulación de jugo de sábila con naranja obtenida de las pruebas preliminares realizadas. Los panelistas en la prueba preliminar de aceptación determinaron 1 × 1 cm de largo y ancho como el tamaño de cristal más aceptado y una relación entre azúcar y miel de 50:50. La cantidad de sólidos solubles (11°Brix) se definió de acuerdo a las normas del Codex Alimentarius para la elaboración de jugos de fruta (*Codex Alimentarius* 2005).

Se definieron los factores a evaluar en el estudio: el uso de pectinasa (0.03 y 0.05%) para disminuir la viscosidad del gel degradando la pectina presente en el mismo y el uso de hidróxido de calcio (0.03 y 0.05%), para brindar una mayor firmeza a los cristales. Se utilizó una proporción de 55% de gel puro de sábila (que varió de acuerdo a cada tratamiento), 12% de jugo de naranja y un 25% de cristales de sábila. Los cristales de sábila fueron sometidos a un proceso de escaldado a 85 °C por 3 minutos.

Cuadro 2. Formulación para un litro de jugo de sábila con naranja.

Componentes	Cantidades	
	Peso (g)	Porcentaje (%)
Gel de sábila†	549.50	54.97 a 54.95
Cristales de sábila	250.00	25.00
Jugo de naranja (10°Brix)	120.00	12.00
Azúcar	40.00	4.00
Miel	40.00	4.00
Pectinasa Ultra SPL†	0.20	0.03 a 0.05
Hidróxido de calcio†	0.30	0.03 a 0.05
Total	1,000	100

† Componentes varían de acuerdo al tratamiento

Flujo de proceso de jugo de sábila con naranja. En la Figura 1 se detalla el flujo de proceso para la elaboración de los tratamientos de jugo de sábila con naranja.

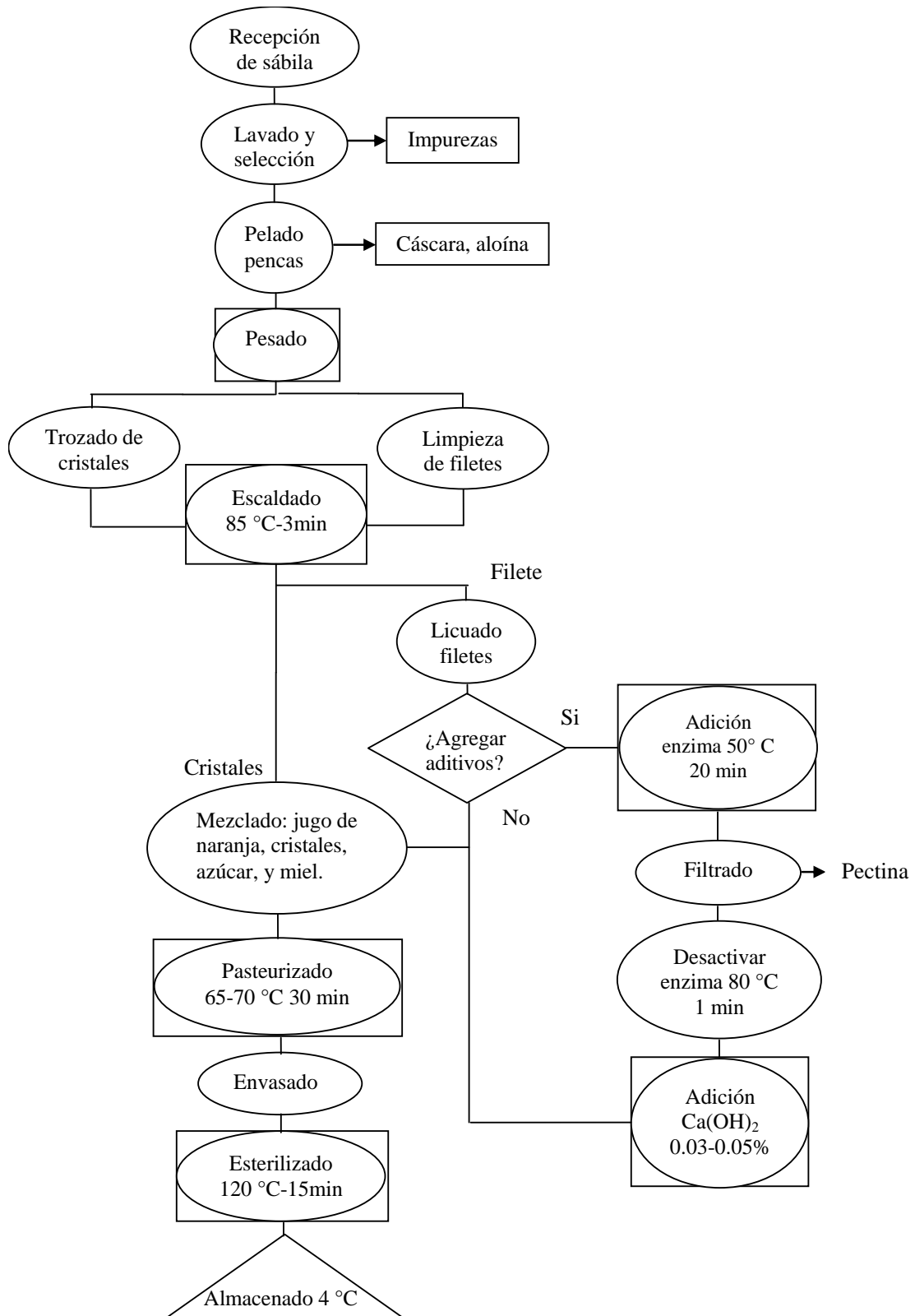


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de jugo de sábila con naranja.

Inicialmente se recibieron pencas de sábila desde Marcala, La Paz e inmediatamente fueron lavadas para remover residuos. Se utilizó una solución con detergente y una solución con cloro (50 ppm) para la desinfección de las mismas. Se eliminaron las hojas en mal estado.

Se aplicó el método convencional de fileteado a mano utilizando un cuchillo, de acuerdo al proceso de COMUCAP. Se cortaron los bordes espinosos característicos de la sábila incluyendo la base y la punta de la hoja. Se separó la cáscara del haz y envés con la parte inversa del cuchillo para liberar el filete del tejido. Los filetes obtenidos se lavaron con abundante agua para quitar el exceso de aloína exudada por la cáscara en el fileteado y para disminuir la ligosidad natural que poseen.

Se pesaron y separaron los filetes para cristales y gel. Se pesó el jugo de naranja, el azúcar, la miel, la pectinasa e hidróxido de calcio. Para los cristales, se cortó la sábila en cuadrados de aproximadamente 1×1 cm. Se escaldaron los filetes y los cristales a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 3 minutos y se sumergieron en agua fría. Para el gel, se licuaron los filetes inmediatamente. Se generó espuma durante el licuado del gel, por lo que se dejó reposar por 10 minutos. Se pesó y dividió el gel y cristales para los cinco tratamientos.

Se calentó el gel a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ para todos los tratamientos a excepción del control. Se incorporó la pectinasa y se mantuvo por 20 minutos; seguidamente se elevó la temperatura a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 1 minuto para inactivar la enzima y se filtró el gel. Se mezcló el gel, los cristales, el jugo de naranja, el hidróxido de calcio, la miel y el azúcar.

Se pasteurizó a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos, por ser una pasteurización discontinua en la que se utilizó recipientes de acero inoxidable y agitación (Bolaños *et al.* 2002). Se envasaron los tratamientos en botes esterilizados de 250 y 500 ml. Se esterilizaron en el envase a una temperatura de $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 minutos. Se almacenó en un cuarto frío a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es importante recalcar que el escaldado y la pasteurización fueron puntos optimizados en el flujo de proceso de COMUCAP.

Características físicas. El color, la viscosidad y la textura de cristales fueron los análisis físicos realizados al jugo de sábila con naranja donde se puede observar una tendencia a colores claros, una viscosidad alta por el contenido de cristales y una textura que no fue afectada por el contenido de hidróxido de calcio.

En el Cuadro 3 se puede observar que la luminosidad (L) o valor de los tratamientos tiende a blanco (64.47 a 67.22). Pérez *et al.* (2008), reportó valores similares (55.53) para el jugo de sábila. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ni a través del tiempo ($P>0.05$), indicando que la pectinasa y el hidróxido de calcio no influyeron en la luminosidad del jugo durante el almacenamiento. Generalmente la luminosidad tiende a disminuir a medida que va avanzando el almacenamiento (Materano *et al.* 2005), pero en este estudio esto no sucedió.

Cuadro 3. Resultados análisis color: valor L* para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	66.01±2.52 ^{A(X)}	64.47±3.48 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	67.22±2.71 ^{A(X)}	66.26±4.83 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	66.71±1.98 ^{A(X)}	65.06±3.64 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	67.01±4.12 ^{A(X)}	66.30±4.68 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	65.63±2.75 ^{A(X)}	64.51±4.58 ^{A(X)}
C.V. (%)	4.37	6.37

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

Los resultados del valor a* se detallan en el Cuadro 4, con una tendencia hacia un espectro más verde, indicados por los valores negativos. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos y a través del tiempo (P<0.05). Durante el almacenamiento puede darse una degradación de la clorofila que provoca cambio en el color; esta degradación puede ser influenciada por las altas temperaturas de pasteurización, que generan una pérdida de pigmentos en bebidas provenientes de plantas verdes, especialmente en la escala de a* (Schmalko *et al.* s.f). Pérez *et al.* (2008), muestra valores similares en su estudio nutrimental de jugo de sábila con un a* de -0.46. Ingham (2008), mediante ensayos realizados en pepinillos, demostró que por el contenido de hierro, magnesio y componentes sulfuros presentes en el hidróxido de calcio este puede causar decoloraciones en la matriz del jugo.

Cuadro 4. Resultados análisis color: valor a* para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	- 0.67±0.63 ^{B(X)}	- 0.37±0.38 ^{AB(Y)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	- 0.86±0.45 ^{AB(X)}	- 0.25±0.25 ^{B(Y)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	- 0.83±0.47 ^{AB(X)}	- 0.26±0.23 ^{B(Y)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	- 0.97±0.37 ^{A(X)}	- 0.62±0.38 ^{A(Y)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	- 0.70±0.49 ^{B(X)}	- 0.29±0.16 ^{B(Y)}
C.V. (%)	60.55	81.57

^{A-B}= letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

^{X-Y}= letras diferentes en la misma fila indican que existen diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

En el Cuadro 5 se pueden observar los valores de b^* positivos (20.79 a 23.40) para el jugo de sábila con naranja, mostrando tendencias hacia tonalidades amarillas. Pérez *et al.* (2008), muestra valores de 15.54 en jugo de sábila que brindan características amarillentas en el producto con respecto al valor de b^* . Existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos al día 15, no así en el día 1. No hubo diferencias significativas a través del tiempo ($P > 0.05$).

Los carotenos presentes en el jugo de naranja son los pigmentos que al ser mezclados con el color traslúcido del gel de sábila durante el procesamiento dan una tonalidad amarilla clara (Meléndez *et al.* 2004). Además las altas temperaturas de pasteurización pueden brindar un color más oscuro por la presencia de azúcares reductores en la miel, que pueden generar un oscurecimiento no enzimático a través de la reacción de Maillard; acompañada por una caramelización ocasionada por la sacarosa. Los cambios en la saturación o tonalidad al momento de las reacciones, dependen de la composición, temperatura, pH y la humedad del medio (Barreiro y Sandoval 2006).

Cuadro 5. Resultados análisis color: valor b^* para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	22.19 \pm 3.53 ^{A(X)}	23.15 \pm 3.72 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	21.70 \pm 2.33 ^{A(X)}	23.40 \pm 2.57 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	22.68 \pm 2.27 ^{A(X)}	22.54 \pm 2.52 ^{AB(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	22.39 \pm 1.86 ^{A(X)}	21.00 \pm 1.36 ^{B(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	21.58 \pm 2.97 ^{A(X)}	20.79 \pm 1.40 ^{B(X)}
C.V. (%)	12.02	11.16

^{A-B}= letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

El Cuadro 6 presenta los resultados de la viscosidad (cP) del jugo de sábila con naranja en donde se puede observar variaciones no significativas entre tratamientos y a través del tiempo ($P > 0.05$). Según Morales *et al.* (2007), los extractos de aloe vera poseen un cuerpo con fluido no newtoniano que no presentaron una relación constante entre la viscosidad y el gradiente de velocidad, es decir que al aplicar un esfuerzo mínimo comienza a fluir; este comportamiento es típico de un cuerpo pseudoplástico y se mantuvo durante el tiempo de almacenamiento. Nindo *et al.* (2009) muestran valores similares en viscosidad para extractos frescos de sábila con valores de 29.6 a 109.6 cP. Es importante recalcar que las medidas de viscosidad mostradas en el Cuadro 6 reflejan una posible influencia de los cristales presentes en el jugo al momento del análisis, generando alta variabilidad entre los datos reportados por el viscosímetro; a esto se le atribuye el alto coeficiente de variación en la viscosidad del jugo.

Cuadro 6. Resultados análisis de viscosidad (cP) para el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	67.80±17.81 ^{A(X)}	50.60±17.39 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	70.69±17.11 ^{A(X)}	70.53±24.97 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	58.91±9.15 ^{A(X)}	56.95±9.22 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	48.96±6.54 ^{A(X)}	49.59±17.35 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	58.77±16.71 ^{A(X)}	70.99±4.99 ^{A(X)}
C.V. (%)	23.35	27.38

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

La textura de los cristales mostró diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos al día 1, mas no al día 15 ni través del tiempo (Cuadro 7). La textura de frutas tiende a bajar durante el almacenamiento porque la pectina que las conforman pierde su estructura debido al crecimiento microbiano, altas temperaturas o manejo inapropiado. El hidróxido de calcio sirve para mantener la textura de frutas y vegetales comúnmente en encurtidos y enlatados, para su efecto se debe dejar actuar sobre la fruta previamente al procesamiento de 12 a 24 horas (Nunmer 2006). En este estudio, el hidróxido de calcio se añadió en el producto final y no directamente a los cristales. Así mismo, la variabilidad en el tamaño de los cristales al hacerlo de manera manual puede influir en la absorción desuniforme del hidróxido de calcio. Según Izumi y Watada (2006), en zanahorias tratadas con calcio (0.5 y 1%) hubo una absorción insuficiente de calcio en zanahorias rebanadas y en trozos debido al grosor, mientras que en zanahorias ralladas los niveles de calcio fueron dos y tres veces más altos.

Cuadro 7. Resultados análisis textura (N) de los cristales en el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	3.39±0.29 ^{A(X)}	2.28±0.94 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	2.98±0.27 ^{AB(X)}	2.12±0.57 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	2.88±0.45 ^{AB(X)}	3.06±1.99 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	2.93±0.41 ^{AB(X)}	2.67±1.03 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	2.59±0.16 ^{B(X)}	2.53±0.83 ^{A(X)}
C.V. (%)	11.34	46.41

^{A-B}= letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

Características químicas. En el Cuadro 8 se puede observar que los sólidos solubles (°Brix) no son significativamente diferentes entre tratamientos ni a través del tiempo ($P>0.05$). El jugo de carambola (Novillo 2009), mostró la misma tendencia al mantener la concentración de sólidos solubles a través del tiempo. Norjana y Noor (2011) encontraron que el uso de pectinasa (0.025 y 0.05%) durante un período de incubación de dos y tres horas respectivamente no incrementó los sólidos solubles totales en el jugo de durian y esto se mantuvo en el almacenamiento. Por otro lado, los edulcorantes como la miel no aumentan el contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento; cambia la proporción de azúcares más no su concentración, es decir a mayor tiempo de almacenamiento mayor proporción de oligosacáridos (Pesante s.f.).

Cuadro 8. Resultados análisis de sólidos solubles (°Brix) en el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	10.04 \pm 2.28 ^{A(X)}	12.65 \pm 1.44 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	10.43 \pm 1.69 ^{A(X)}	12.28 \pm 0.60 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	10.70 \pm 2.68 ^{A(X)}	11.89 \pm 0.62 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	10.55 \pm 2.32 ^{A(X)}	11.42 \pm 0.35 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	10.49 \pm 1.95 ^{A(X)}	11.41 \pm 0.54 ^{A(X)}
C.V. (%)	21.23	6.77

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

Los resultados de pH en el Cuadro 9, indican que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y a través del tiempo ($P>0.05$). El cambio en pH es un elemento clave para la determinación de la calidad en el gel de sábila almacenado (Materano 2005). Utilizando pectinasa al 0.025 y 0.05%, no se encontraron cambios significativos en pH de jugos de durian (Norjana y Noor 2011). Según Pérez *et al.* (2008), el jugo de sábila presenta un pH de 4.07; mientras que el jugo de naranja generalmente oscila entre 3.40 a 3.77 (Hours *et al.* 2005). El hidróxido de calcio tiende a subir el pH, por sus características alcalinas (Ochoa *et al.* 2002), sin embargo este factor no influyó significativamente en los resultados, en comparación con el control.

Cuadro 9. Resultados análisis de acidez expresada en pH en el jugo de sábila con naranja a los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	6.00±1.33 ^{A(X)}	5.42±1.37 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	6.07±1.27 ^{A(X)}	5.43±1.33 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	5.93±1.33 ^{A(X)}	5.54±1.29 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	6.00±1.30 ^{A(X)}	5.29±1.43 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	5.90±1.39 ^{A(X)}	5.40±1.33 ^{A(X)}
C.V. (%)	22.15	24.94

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.= coeficiente de variación.

Análisis microbiológicos. El Cuadro 10 presenta variaciones no significativas entre los tratamientos y a través del tiempo (P>0.05) en coliformes totales expresados en Log₁₀, demostrando que hubo un manejo inocuo de los mismos. La presencia de bacterias coliformes muestran contaminación generalmente por el agua utilizada y los conteos significativos pueden indicar la presencia de bacterias patógenas como la salmonella (Madrid y Cenzano 2003). La norma del Reglamento técnico centroamericano (N° 615-2003 SA/DM) de igual señala que el límite máximo permitido para coliformes totales en bebidas no carbonatadas como los jugos es de 2.2 UFC/ml.

Cuadro 10. Resultados análisis de coliformes totales en el jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	UFC/ml	UFC/ml
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	<1	<1
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	<1	<1
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	<1	<1
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	<1	<1
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	<1	<1

Límites permitidos expresados en UFC/ml (RTCA N° 615-2003 SA/DM) < 2.2

Los aerobios totales presentados en el Cuadro 11, indican variaciones significativas entre tratamiento al día 15 y a través del tiempo (P>0.05). El alto contenido de agua fue una limitante para poder alargar la vida anaquel del jugo a más de 15 días. De acuerdo a los criterios microbiológicos establecidos en la norma sanitaria (N° 615-2003 SA/DM), el límite máximo permitido en bebidas no carbonatadas es de 10 UFC/ml. Los resultados obtenidos del análisis microbiológico reportan cantidades abajo del máximo permitido. Al día 15 se observó presencia de CO₂ en los jugos, ya que las bebidas saborizadas experimentan deterioros por la presencia de estos microorganismos en los próximos 14

días, según pruebas realizadas en jugos de soya (Ruiz, *et al.* 2000). Sin embargo el control del pH y las altas temperaturas de pasteurización permitieron disminuir el crecimiento de los microorganismos en este estudio.

Cuadro 11. Resultados análisis de aerobios totales en el jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Log ₁₀ UFC/ml Media±D.E.	Log ₁₀ UFC/ml Media±D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	0.20±0.35 ^{A(Y)}	0.65±0.25 ^{B(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	0.46±0.80 ^{A(X)}	1.03±0.02 ^{AB(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	0.10±0.17 ^{A(X)}	1.09±0.32 ^{AB(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	1.10±1.01 ^{A(X)}	1.69±1.13 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	0.56±0.48 ^{A(X)}	1.90

^{A-B}= letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

^{x-y}= letras diferentes en la misma fila indican que existen diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

D.E.= desviación estándar.

Análisis sensorial de aceptación. Los resultados del análisis sensorial presentados en el Cuadro 12, para el atributo apariencia, indican que los panelistas mostraron una aceptación similar moderada para todos los jugos de sábila con naranja a través del tiempo y entre tratamiento (P>0.05); hecho que era esperado ya que los pequeños cambios (0.03 y 0.05%) de pectinasa e hidróxido de calcio en la formulación de los tratamientos, no influyeron a que el panelista percibiera diferencias. Se observó una correlación positiva (P<0.05) de la apariencia con el color L*a*b* y de la apariencia con la viscosidad de laboratorio, es decir que a mayor coloración amarilla y mayor viscosidad, mayor aceptación.

Cuadro 12. Resultados prueba de aceptación para el atributo apariencia de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	6.53±1.64 ^{A(X)}	6.24±1.86 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	6.73±1.58 ^{A(X)}	6.33±1.87 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	6.48±1.65 ^{A(X)}	6.20±1.82 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	6.57±1.91 ^{A(X)}	6.53±1.73 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	6.31±1.80 ^{A(X)}	6.20±1.53 ^{A(X)}
C.V. (%)	26.44	28.09

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^x= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.=coeficiente de variación.

Los resultados del atributo sabor (Cuadro 13) indican que los panelistas aceptan igual el sabor del jugo de sábila con naranja; la pectinasa e hidróxido de calcio no afectaron las calificaciones de aceptación de los panelistas que para el atributo sabor fue me gusta poco; resultados que se asemejan a los de Norjana y Noor (2011) que reportaron valores de 5.40 a 6.35 de aceptación en jugo de durian tratado con pectinasa (0.025 y 0.05%).

Cuadro 13. Resultados prueba de aceptación para el atributo sabor de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	6.15±1.91 ^{A(X)}	6.48±1.60 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	6.40±1.69 ^{A(X)}	6.46±1.82 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	6.28±1.64 ^{A(X)}	6.11±1.79 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	6.26±1.82 ^{A(X)}	6.26±1.65 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	6.15±1.91 ^{A(X)}	6.02±1.90 ^{A(X)}
CV (%)	28.79	28.09

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E= desviación estándar.

C.V.=coeficiente de variación

La viscosidad sensorial es un atributo muy importante ya que la sábila puede presentar ligosidad, especialmente por la adición de cristales al jugo. En el Cuadro 14, se puede observar que los panelistas aceptaron de me gusta poco a moderadamente todos los tratamientos, es decir que el uso de Pectinex® Ultra SP-L no influyó en la percepción de la viscosidad del jugo de sábila con naranja (P>0.05). La viscosidad presentó una correlación positiva (P<0.05) con los datos de la viscosidad de laboratorio, es decir que la aceptación calificada por los panelistas está relacionada con la viscosidad física.

Cuadro 14. Resultados prueba de aceptación para el atributo viscosidad de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	6.31±1.83 ^{A(x)}	6.20±1.71 ^{A(x)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	6.60±1.45 ^{A(x)}	6.46±1.68 ^{A(x)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	6.37±1.72 ^{A(x)}	6.62±1.46 ^{A(x)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	6.00±1.85 ^{A(x)}	6.51±1.60 ^{A(x)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	6.48±1.61 ^{A(x)}	6.22±1.70 ^{A(x)}
C.V. (%)	26.80	25.57

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^x= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.=coeficiente de variación.

En el Cuadro 15 se muestran las calificaciones del atributo textura de los cristales, que se mantuvo entre tratamiento y a través del tiempo; lo cual indica que el hidróxido de calcio no afectó de manera significativa la aceptación de los jugos. Salcido *et al.* (s.f.) en un estudio realizado en papas para mejorar la textura con calcio (1.5%) después de freído reportó que las pruebas sensoriales con un panel de jueces semi-entrenados no mostraron diferencias en cuanto a la aceptación de las papas.

Cuadro 15. Resultados prueba de aceptación para el atributo textura de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	6.53 \pm 1.68 ^{A(X)}	6.91 \pm 1.41 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	6.88 \pm 1.38 ^{A(X)}	6.82 \pm 1.64 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	6.66 \pm 1.73 ^{A(X)}	6.46 \pm 1.75 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	6.62 \pm 1.52 ^{A(X)}	6.93 \pm 1.51 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	6.51 \pm 1.67 ^{A(X)}	6.40 \pm 1.71 ^{A(X)}
C.V. (%)	24.17	24.02

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.=coeficiente de variación

Los resultados de aceptación general para el jugo de sábila con naranja en el Cuadro 16 indican que los panelistas tuvieron igual aceptación entre tratamientos y a través del tiempo (P>0.05); donde la calificación reportada por los panelistas en la escala fue: me gusta poco. La aceptación general tuvo una correlación positiva de 0.70 (P<0.05) con el color medido en laboratorio; es decir que a mayor coloración amarilla en el jugo mayor la aceptación general del mismo. Norjana y Noor (2011) mostraron calificaciones similares de 5.75 a 6.40 en aceptación general en jugo de durian tratado con pectinasa (0.025 y 0.05%). Señalaron también que las calificaciones de aceptación general se debió principalmente a la dulzura y aroma del jugo; es decir que las personas además de la viscosidad relacionaron estos factores para brindar la calificación final del jugo de sábila con naranja.

Cuadro 16. Resultados prueba de aceptación para el atributo aceptación general de jugo de sábila con naranja en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.03%	6.40±1.57 ^{A(X)}	6.68±1.53 ^{A(X)}
Pectinasa 0.05%, hidróxido de calcio 0.05%	6.62±1.43 ^{A(X)}	6.77±1.55 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.03%	6.77±1.29 ^{A(X)}	6.51±1.54 ^{A(X)}
Pectinasa 0.03%, hidróxido de calcio 0.05%	6.44±1.63 ^{A(X)}	6.82±1.26 ^{A(X)}
Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%	6.48±1.50 ^{A(X)}	6.26±1.55 ^{A(X)}
C.V. (%)	22.81	22.61

^A= letras iguales en la misma columna indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

^X= letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias estadísticas significativas (P>0.05).

D.E.= desviación estándar.

C.V.=coeficiente de variación.

Costos variables de formulación. En el Cuadro 17 se muestran los costos variables de formulación del tratamiento control, seleccionado como el mejor por presentar los costos más bajos. Se eligió de esta manera debido a que no se encontraron diferencias significativas en el análisis sensorial de aceptación.

Cuadro 17. Costo variable de formulación para 108 litros (tanda diaria COMUCAP) del tratamiento control.

Costos variables de formulación control			
Componentes	Cantidad (kg)	Precio (L./kg)	Subtotal (L.)
Sábila en penca*	230.40	6.60	1,520.64
Jugo de naranja	12.96	6.66	86.31
Azúcar	4.32	12.62	54.51
Miel	4.32	55.00	237.60
Botella 750 ml	144 unidades	16.00	2,304.00
Total			4,203.06

*Rendimiento 2 kg de sábila en penca= 750 ml gel

El Cuadro 18 presenta los costos de formulación para el tratamiento con 0.03% de pectinasa e hidróxido de calcio, que fue seleccionado como el segundo mejor por presentar el segundo costo de formulación más bajo. Se comparó con el control en un análisis de preferencia. Se pueden observar pequeñas variaciones en el costo de formulación debido al precio de la enzima y el hidróxido de calcio, que en mayores volúmenes de producción representarían una variación del 0.3% más de los costos variables del control.

Cuadro 18. Costo variable de formulación para 108 litros (tanda diaria COMUCAP) de jugo de sábila con naranja con 0.03% de pectinasa e hidróxido de calcio.

Costos variables de formulación 0.03% pectinasa e hidróxido de calcio			
Componentes	Cantidad (kg)	Precio (L./kg)	Subtotal (L.)
Sábila en penca *	230.40	6.60	1,520.64
Jugo de naranja	12.96	6.66	86.31
Azúcar	4.32	12.62	54.51
Miel	4.32	55.00	237.60
Pectinex® Ultra SP-L	0.014	853.96	11.95
Hidróxido de calcio	0.032	11.00	0.35
Botella 750 ml	144 unidades	16.00	2,304.00
Total			4,215.36

*Rendimiento 2 kg de sábila en penca= 750 ml gel

Análisis sensorial de preferencia. El 63.75% de los 80 panelistas seleccionaron el tratamiento control (Pectinasa 0.00%, hidróxido de calcio 0.00%) de jugo de sábila con naranja como la bebida de su preferencia (Cuadro 19). Se usó una significancia ($P < 0.05$) de 50 respuestas como mínimo.

Cuadro 19. Resultados prueba de preferencia (n=80) de jugo de sábila con naranja.

Tratamiento	Preferencia	%	No. para significancia (P<0.05)
Control (0.00%, 0.00%)	51	63.75	50
Pectinasa 0.03% Hidróxido de calcio 0.03%	29	36.25	

4. CONCLUSIONES

- La formulación de los jugos de sábila con naranja incorporó gel y cristales de sábila (80% del jugo) combinados con jugo de naranja (12%) y una mezcla de azúcar y miel como edulcorantes (8%).
- El flujo de proceso de los jugos de sábila con naranja incluyó operaciones como el trozado de cristales, escaldado, tratamiento enzimático y adición de hidróxido de calcio, tomando en cuenta las condiciones de proceso en COMUCAP.
- La pectinasa e hidróxido de calcio no afectaron la viscosidad, luminosidad y sólidos solubles de los jugos; el hidróxido de calcio fue el factor que más influyó en las características físico-químicas, específicamente en color y pH.
- Determinar cuáles son las implicaciones de política que los efectos de la implementación del Bono conllevan.
- El jugo de sábila con naranja puede ser almacenado por 15 días a una temperatura de 4°C sin afectar negativamente sus características fisicoquímicas y sensoriales.
- Los panelistas mostraron similar aceptación de los jugos; sin embargo, el control fue el tratamiento más preferido.
- El costo variable de los jugos de sábila con naranja oscila entre L. 4,203.06 a L. 4,223.29 con respecto a una tanda de 108 litros (producción diaria de COMUCAP).

5. RECOMENDACIONES

- Analizar el uso de una cantidad mayor de hidróxido de calcio y enzima, adicionando ácido cítrico orgánico a la formulación para contrarrestar el efecto del hidróxido de calcio.
- Evaluar aditivos para mejorar las características organolépticas del jugo de sábila con naranja, en especial su sabor.
- Realizar un estudio sumergiendo los cristales en hidróxido de calcio en solución, previo a la elaboración de los jugos y evaluar si tiene un efecto en su textura a través del tiempo.
- Realizar un análisis detallado de los costos de producción del jugo de naranja con sábila en COMUCAP y también un estudio preliminar de mercado.
- Adaptar el flujo de proceso de jugo de sábila con naranja a una escala de producción industrial.

6. LITERATURA CITADA

Barreiro, M; Sandoval, A. 2006. Operaciones de control de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Consultado el 10 de octubre de 2011. Disponible en: http://books.google.hn/books?id=r7y3XuFAB8UC&pg=PA35&dq=azucares+reductores+maillard&hl=es419&ei=7UONTrC_NoLb0QHOrt0y&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

Bolaños, P; Hernández, C; Rojas, J. 2002. Agroindustria: aspectos tecnológicos de la agroindustria. Costa Rica. Consultado el 12 de septiembre del 2011. Disponible en: http://books.google.hn/books?id=nY0GVidAYG8C&pg=PA96&dq=escaldado+en+frutas+y+hortalizas&hl=es&ei=6SxtTuT0Lom4tgeL6uWgCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=escaldado%20en%20frutas%20y%20hortalizas&f=false

Codex Alimentarius 2005. Norma del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas. Consultado el 10 de Septiembre de 2011. Disponible en: www.codexalimentarius.net/download/standards/.../CXS_247s.pdf

Codex Alimentarius 2011. Norma del Codex para el uso del hidróxido de calcio. Consultado el 15 de Septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/additives/details.html?id=257&lang=es>

COMUCAP (Coordinadora de Mujeres Campesinas de La Paz) 2011 Honduras. Consultado el 12 de septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.comucap.org>

Espinosa, J. 2010. Efecto del tratamiento térmico y el uso de propóleo sobre las cualidades sensoriales de la sábila en miel de la Escuela Agrícola Panamericana, Tesis Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras.

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). 2009. Consultado el 12 de octubre de 2011. (en línea) Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s08.htm>

He, Q; Changhong L; Kojo, E y Tian, Z. 2003. Quality and safety assurance in the processing of aloe vera gel juice. Food Control. Shanghai, China. p 5.

Hours, R; Ferreyra, M; Schvab, M; Gerad, L; Zapata L y Davies C. 2005 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación.

Hunter Lab; Izasa. 2001. Principios básicos de medida y percepción de color. Consultado el 15 de septiembre del 2011. (en línea). Disponible en:
<http://www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf>

IASC (International Aloe Science Council, US). 2010. Consultado el 03 de octubre de 2011. Disponible en:
<http://www.iasc.org/>

Ingham, B. 2008. Pickles and Relishes. University of Wisconsin Cooperative extension.

Izumi, H; Watada, A. 2006. Calcium treatments affect storage quality of shredded carrots. Volumen 59.

Madrid, A; Cenzano, I. 2003. Helados: elaboración, análisis y control de calidad. (en línea). Consultado el 13 de octubre de 2011. Disponible en:
http://books.google.hn/books?id=8-d0UZvoijQC&pg=PA129&dq=analisis+de+coliformes+en+alimentos+indican+higiene+}&hl=es&ei=X7CNTsj8E4fBtgfVm_miDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&sqi=2&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

Materano, W; Zambrano, J; Valera, A; Quintero, I; Ocanto, D; Maffei, M; Torres, C. 2005. Influencia de la temperatura en el almacenamiento de acíbar de zábila (*Aloe vera*) mínimamente procesada. Venezuela.

Meilgaard, M; Civille, G; Carr, T. 1999. Sensory evaluation techniques. Estados Unidos. P.232-2

Meléndez, A; Vicario, I; Heredia, F. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Sevilla, España.

Morales, I; Paz, N; Torres, L. 2007. Desarrollo tecnológico y estudio de estabilidad de un medicamento antiulceroso de origen natural. La Habana, Cuba.

Nindo, C; Powers, J; Tang, J. 2009. Thermal properties of aloe vera powder and rheology of reconstituted gels. Consultado el 30 de septiembre de 2010. Disponible en:
<http://asae.frymulti.com/azdez.asp?JID=3&AID=32576&CID=t2010&v=53&i=4&T=1&refer=7&access=>

Norjana, I; Noor, A. 2011. Quality attributes of durian (*Durio zibethinus Murr*) juice after pectinase enzyme treatment. Penang, Malaysia.

Novillo, G. 2009. Desarrollo y evaluación física, química y sensorial de jugo de dos variedades de carambola (*Averrhoa carambola*). Tesis Ingeniera Agroindustrial, Zamorano, Honduras.

Nummer, B. 2006. Getting crisp home pickled vegetables.

Ochoa, M; Bencomo, E; Gonzales, J; Fraga, R; Fonte, E. 2002. Evaluación de variedades de maíz cubano para la elaboración de tortilla. La Habana, Cuba.

Pérez, J; Triana, A; Flores, S; Ramírez, A; Candelas, M; Aguilera, M; Chew, M. 2008. Descripción de la calidad fisicoquímica, microbiológica y nutrimental de jugo de sábila Aloe vera Var barbadensis. México. Consultado el 05 de septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/.../A056.pdf>

Pesante D. s.f. Apicultura tropical sustentable. Mayagüez, Puerto Rico. Consultado el 08 de octubre de 2011. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/dpesante/>

Reglamento técnico Centroamericano. Normas para alimentos y bebidas procesadas. Néctares de fruta y especificaciones con RTCA 67.04.48:0. Consultado el 16 de Septiembre de 2011. Disponible en: http://www.reglatec.go.cr/propuestas/RTCA_67.04.4807_Nectares_de_frutas_especificaciones_GT_200907.pdf

Ruiz, A; Mejías E; Silveria, I. 2000. Conservación de una bebida saborizada de leche de soya parcialmente hidrolizada. La Habana, Cuba.

Salcido, N; Velasquez, J; Enríquez, M. Mejoramiento de color y textura de papa frita (chips) por pre-acondicionamiento térmico y cloruro de calcio.

Schmalko, M; Scipioni, P; Ferreyra, D; Alzamora, S. s.f. Efecto de la actividad del agua y la temperatura en la degradación de la clorofila y el color en hojas de yerba mate. Argentina.

Sierra, A. 2002. Desarrollo de un prototipo de sábila con naranja de la Escuela Agrícola Panamericana, Tesis Ingeniero en Agroindustria Alimenticia, Zamorano, Honduras.

Triccó, HR. 2007. El aloe: posibilidades de su cultivo (en línea).Argentina. Consultado 10 oct.2011. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2007/Aloe_Posibilidadesdesucultivo.pdf

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial prueba afectiva de aceptación

Evaluación sensorial “Jugo de sábila con naranja”

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

A continuación se le presentan 5 muestras codificadas de jugo de sábila con naranja, una galleta y un vaso de agua.

- Limpie su paladar antes y después de cada muestra
- Pruebe las muestras de izquierda a derecha
- Marque con una X de acuerdo al nivel de preferencia en la escala por los atributos de color, sabor, viscosidad, textura de cristales y aceptación general en el jugo.
- Deje la hoja de evaluación en el cubículo

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente

Muestra: _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Viscosidad									
Textura de cristales									
Aceptación general									

Observaciones:

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial prueba afectiva de preferencia

Evaluación sensorial análisis de preferencia “Jugo de sábila con naranja”

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

Por favor pruebe las siguientes muestras de izquierda a derecha. Encierre en un círculo la muestra que mas prefiere.

312**157**

Explique las razones por las cuales prefiere ese producto:

Anexo 3. Cuadro de correlación de Pearson para las variables evaluadas.

Correlación de Pearson		
Variables	Coefficiente de correlación (%)	Probabilidad $> r $
Apariencia sensorial-color a*	0.74	<0.0001
Apariencia sensorial-viscosidad	0.84	<0.0001
Viscosidad-viscosidad sensorial	0.90	<0.0001
Aceptación sensorial-color a*	0.70	<0.0001

Anexo 4. Cuadro del efecto de los factores en las características físicas de jugo de sábila con naranja.

Características físicas				
Luminosidad (L*)				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.0903	10.07	0.2239	3.47
Hidróxido de calico	0.0798	11.05	0.0533	17.28
P*H	0.1835	4	0.5319	0.56
Valor a*				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.0649	14.4	0.7309	0.37
Hidróxido de calico	0.038	24.82	0.5606	0.48
P*H	0.6039	0.37	0.2935	1.99
Valor b*				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.2202	3.54	0.0832	11.02
Hidróxido de calico	0.3394	1.55	0.2951	1.98
P*H	0.7843	0.1	0.1917	3.57
Textura cristales (N)				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.5963	0.68	0.047	20.28
Hidróxido de calico	0.0707	12.67	0.119	6.94
P*H	0.196	3.66	0.4085	1.08
Viscosidad (cP)				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.0578	16.29	0.6195	0.61
Hidróxido de calico	0.3236	1.69	0.6793	0.23
P*H	0.142	5.58	0.4078	1.08

Anexo 5. Cuadro del efecto de los factores en las características químicas y microbiológicas de jugo de sábila con naranja.

Características químicas y microbiológicas				
pH				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.0175	56.22	0.8474	0.18
Hidróxido de calcio	0.0214	45.23	0.3208	1.71
P*H	1	0	0.1645	4.62
Sólidos solubles (°Brix)				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.0857	10.66	0.2829	2.54
Hidróxido de calcio	0.2845	2.1	0.4425	0.9
P*H	0.0886	9.8	0.9285	0.01
Aerobios totales (Log ₁₀ UFC/ml)				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.7143	0.4	0.0844	10.84
Hidróxido de calcio	0.1842	3.98	0.1474	5.33
P*H	0.3627	1.37	0.6813	0.23
Coliformes totales (UFC/ml)				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0	0	0.2889	2.46
Hidróxido de calcio	0	0	0.2044	3.45
P*H	0	0	0.2044	3.45

Anexo 6. Cuadro del efecto de los factores en las características sensoriales de jugo de sábila con naranja.

Características sensoriales				
Apariencia				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.0483	19.72	0.8116	0.23
Hidróxido de calico	0.1616	4.73	0.9299	0.01
P*H	0.5266	0.58	0.7566	0.13
Sabor				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.3752	1.67	0.2116	3.73
Hidróxido de calico	0.1225	6.7	0.6731	0.24
P*H	0.3558	1.42	0.5851	0.42
Viscosidad				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.2311	3.33	0.4188	1.3
Hidróxido de calico	0.6999	0.2	0.795	0.09
P*H	0.1143	7.28	0.282	2.13
Textura				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.8738	0.14	0.1519	5.59
Hidróxido de calcio	0.7349	0.15	0.2452	2.65
P*H	0.5339	0.56	0.1304	6.2
Aceptación general				
	Día 1		Día 15	
	P<0.05	Valor F	P<0.05	Valor F
Pectinasa	0.8513	0.17	0.0546	17.31
Hidróxido de calcio	0.8021	0.08	0.9792	0
P*H	0.34	1.54	0.0596	15.3