

**Desarrollo y evaluación de un sirope de caña  
de azúcar (*Saccharum officinarum*) con goma  
Xanthan y trozos de piña deshidratada**

**Milena María León García**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Desarrollo y evaluación de un sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con goma Xanthan y trozos de piña deshidratada**

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

Presentado por

**Milena María León García**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# **Desarrollo y evaluación de un sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con goma Xanthan y trozos de piña deshidratada**

Presentado por:

Milena María León García

Aprobado:

---

Flor de María Núñez, 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

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

León, M. 2010. Desarrollo y evaluación de un sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con goma Xanthan y trozos de piña deshidratada. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 30p.

La caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes en Honduras. Actualmente existe poca diversificación de productos a base de caña de azúcar en el mercado hondureño. Este estudio consistió en desarrollar y evaluar un sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) utilizando dos porcentajes de piña deshidratada (2 y 4%) y dos porcentajes de goma Xanthan (0.02 y 0.04%). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial 2x2, cuatro tratamientos y tres repeticiones, obteniendo un total de 12 unidades experimentales. Se desarrolló la formulación y proceso del sirope con piña deshidratada; se determinó el rendimiento del jugo para elaborar el sirope; se determinaron las características físico-químicas (color, viscosidad, pH, °Brix) y los atributos sensoriales (apariencia, sabor, viscosidad y aceptación general); se establecieron los costos variables de los tratamientos. Se utilizó como formulación constante 0.05% benzoato de sodio, 0.03% ácido cítrico, 2% sacarosa, siguiendo lineamientos para un sirope. El proceso consistió en la concentración del jugo e incorporación de aditivos, controlando sólidos solubles. Los tratamientos presentaron un color café oscuro con tonalidades rojas y amarillas. Los tratamientos más aceptados sensorialmente fueron aquellos con mayor cantidad de goma Xanthan (0.04% Xanthan-4% piña deshidratada y 0.04% Xanthan- 2% piña deshidratada); obteniendo una viscosidad de 3.68 Pa.s y 3.59 Pa.s respectivamente. Los costos variables de la formulación inicial de estos tratamientos fueron de 26.65 L./kg para 0.04% Xanthan- 4% piña deshidratada y de 26.33L./kg para 0.04% Xanthan- 2% piña deshidratada.

**Palabras clave:** Endulzante natural, evaporación, sólidos solubles.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>23</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>24</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>27</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Arreglo factorial del estudio: sirope de caña de azúcar con goma Xanthan y piña deshidratada. ....	12
2. Formulación de tratamientos para el desarrollo de sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	13
3. Rendimientos de los distintos tratamientos de sirope de caña de azúcar. ....	15
4. Valores L*a*b de color en el sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	16
5. Valores de viscosidad para sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	16
6. Valores de pH para sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	17
7. Valores de sólidos solubles para sirope de caña de azúcar a través del tiempo. ....	17
8. Valores de calificación para el atributo de apariencia en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	18
9. Valores de calificación para el atributo de sabor en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	19
10. Valores de calificación para el atributo de viscosidad en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	19
11. Valores de calificación para aceptación general en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada. ....	20
12. Probabilidad de factores e interacciones por variables. ....	20
13. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.04% Xanthan con 4% piña deshidratada, para un 1 kilogramo de producto. ....	21
14. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.04% Xanthan con 2% piña deshidratada, para un 1 kilogramo de producto. ....	21
Figura	Página
1. Estructura química de la sacarosa. ....	5
2. Estructura química de la goma Xanthan. ....	6
3. Estructura química del ácido cítrico. ....	7
4. Diagrama de proceso de elaboración de piña deshidratada. ....	10

5. Diagrama del proceso del sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada .....	14
--	----

## Anexo

## Página

1. Formulaciones de pruebas preliminares .....	27
2. Hoja de evaluación sensorial de aceptación de sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.....	28
3. Correlaciones entre atributos sensoriales y propiedades físico-químicas del sirope de caña de azúcar con trozos de fruta deshidratada. ....	29
4. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.02% Xanthan con 2% piña deshidratada, para 1 kilogramo de producto. ....	30
5. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.02% Xanthan con 4% piña deshidratada, para 1 kilogramo de producto. ....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) es una gramínea tropical perteneciente a la familia de las *Poaceae* (Chen 1993). Según la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentos (FAO 2005) a través de este cultivo se obtiene el 70% de la azúcar refinada utilizada en el mundo. La producción de caña de azúcar aumenta cada vez más con el crecimiento poblacional y la aparición de nuevos productores de azúcar en los países en vías de desarrollo, como es el caso de Guatemala con una producción anual estimada en el 2005 de 18M TM (FAO 2005).

La producción de caña de azúcar en Honduras, se encuentra mayormente en ambas costas, esto debido al clima tropical de estos lugares. La producción anual de caña de azúcar en este país es de 5.6 TM (FAO 2005). Este cultivo presentó un aumento significativo de 23% de la productividad entre los años 2005 y 2007 (FAO 2003). En Honduras los principales ingenios azucareros cosecharon 45,233 hectáreas de caña de azúcar, con la finalidad de obtener azúcar refinada (APAH 2009).

Tradicionalmente en Honduras se procesa la caña para obtener como producto final azúcar refinada, aunque en los ingenios azucareros se obtienen como productos secundarios de este proceso: melazas o mieles, ceniza, bagazo, gases de combustión (APAH 2009). En la actualidad algunos de estos productos son utilizados como componentes de alimentos para animales y otros son utilizados como materia prima para alcohol combustible. La melaza es uno de los subproductos del procesamiento de caña de azúcar más utilizada generalmente como suplemente energético para la alimentación de ganado por su alto contenido de azúcar y costo bajo (Zafranet 2007).

Durante la molienda de la caña, de la cual se obtiene el bagazo y el jugo, el jugo se evapora hasta que se extrae un 75% de su contenido de agua obteniendo así el jarabe o sirope, se cristaliza la sacarosa que contiene el jarabe, obteniendo como resultado el azúcar blanco o azúcar para refinar (Asociación azucarera de El Salvador 2009).

En Honduras se encuentra poca diversificación de productos a base de caña de azúcar, en comparación con otros países como Costa Rica en el cual encontramos productos como jugo de caña, caña dulce en trozos, dulce granulado de azúcar de caña, sirope de caña, vinagre de caña, vodka y aguardiente de caña de azúcar (Ministerio de salud de Costa Rica 2010).

M TM: Millones de Toneladas Métricas

TM: Toneladas Métricas



El presente estudio consistió en desarrollar un nuevo producto con valor agregado a partir de la caña de azúcar, ofreciendo una alternativa a nivel industrial y semi-artesanal para la diversificación de productos a base de caña de azúcar en el mercado Hondureño.

## **1.1 OBJETIVOS**

Los objetivos planteados para este estudio fueron:

### **1.1.1 General**

- Desarrollar y evaluar un sirope a partir de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con goma Xanthan y trozos de piña deshidratada.

### **1.1.2 Específicos**

- Desarrollar la formulación y el proceso del sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada.
- Estimar el rendimiento del jugo de caña para la elaboración del sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada.
- Establecer las propiedades físico-químicas y sensoriales del sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada.
- Estimar los costos variables del tratamiento más aceptado sensorialmente de sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)**

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea que fue domesticada en el sureste de Asia y ahora es cultivada extensivamente en trópicos y subtropicos alrededor del mundo. Los mayores productores de caña de azúcar a nivel mundial son Brasil (420M TM por año) e India (232M TM por año), que juntos producen el 50% de la caña de azúcar en el mundo (FAO 2005). En Estados Unidos el 70% del consumo per cápita de sacarosa es aportado por alimentos procesados (FDA 2006).

Tradicionalmente la caña de azúcar se procesa para obtener azúcar refinada a través de la cristalización de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) o del jugo de la misma que ha sido extraído por prensado o difusión, luego clarificado y evaporado (CFR184.1854), durante el proceso se obtienen varios subproductos como: melazas, gases de combustión, bagazo, entre otros. Actualmente la agroindustria azucarera se ha interesado en la producción de etanol a partir de caña de azúcar, recibiendo cooperación técnica y científica de parte del gobierno de Brasil (ONU 2004).

### **2.2 SIROPES**

#### **2.2.1 Sirope de mesa**

Según el FDA (Food and Drugs Administration) el sirope es un fluido comestible que contiene no menos de 65% de sólidos de azúcar solubles del peso total, y es preparada añadiendo o no agua. Puede contener uno o más ingredientes opcionales y los que el fabricante decida que son seguros y convenientes (vitaminas, minerales y proteínas añadidas con propósitos nutricionales y saborizantes artificiales no se consideran como ingredientes convenientes para este alimento). Se pueden agregar productos opcionales como miel, otros azúcares, mantequilla (no más de 2% del peso total del alimento), saborizantes naturales y artificiales, frutas, aditivos de color, sal, agentes ajustantes de viscosidad, cualquier otro ingrediente que sea compatible con los otros ingredientes del jarabe (FDA 1993).

#### **2.2.2 Sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)**

Existen varios productos derivados de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), que incluyen azúcar en bruto, siropes, azúcares refinadas y melazas, estos productos se

diferencian entre sí por su contenido de humedad y contenido de sacarosa, además por el tamaño de sus cristales y por los tratamientos especiales que reciben (FDA 1993). El sirope de caña de azúcar es un líquido fluido derivado del procesamiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) o por la solución en agua de dulce de caña de azúcar (panela) hecha de dicho jugo. Contiene por lo menos 72% de sólidos solubles derivados del jugo de caña (72°Brix) (FDA 1993). La escala de grados Brix se utiliza para medir la cantidad aproximada de azúcares en alimentos, esto se relaciona con la concentración de los sólidos disueltos en especial de la sacarosa en el líquido a evaluar. La concentración puede ser ajustada añadiendo o no agua. Puede contener uno o más ingrediente opcionales: sal, preservantes, agentes antiespumantes y cualquier otro ingrediente que no sea incompatible con otros alimentos (21 CFR 168.130).

Tradicionalmente el sirope obtenido del procesamiento de la caña de azúcar había sido utilizado por mucho tiempo por la industria de bebidas, fue sustituido por jarabe de maíz alto en fructosa, al ser más barato aunque no provee todas las características de dulzura del sirope de caña. El sirope caña aporta al organismo vitamina A, azúcares simples, minerales, hierro, magnesio, por lo que se recomienda su consumo a vegetarianos. (Chen 1991).

## **2.3 ADITIVOS EN PRODUCTOS DE CAÑA DE AZÚCAR**

### **2.3.1 Ingredientes**

Los ingredientes han sido utilizados desde la antigüedad, se definen como todo lo que se usa en una mezcla alimenticia diaria: huevos, sal, vainilla, harina, entre otros, cumpliendo diferentes funciones en los alimentos. Existen miles de ingredientes que pueden ser utilizados en alimentos, los cuales son regulados en Estados Unidos por el FDA a través de una base de datos de más de 3000 ingredientes.

**2.3.1.1 Sacarosa.** Es un disacárido compuesto por una molécula de glucosa y una de fructosa (Figura 1) es un constituyente natural de los alimentos y un aditivo utilizado por la industria. Es comúnmente utilizada como ingrediente por el consumidor y por los procesadores de alimentos como parte de la formulación.

La sacarosa es muy utilizada en la industria para mejorar las propiedades organolépticas de los alimentos preparados (Perafán 2009). Al ser agregada en la formulación de un alimento mejora las propiedades sensoriales (sabor, textura aroma, apariencia), propiedades físicas (cristalización, viscosidad, consistencia), propiedades microbiológicas (preservación, fermentación) y propiedades químicas (caramelización, inversión, antioxidante) (Schiweck et al. 1990).

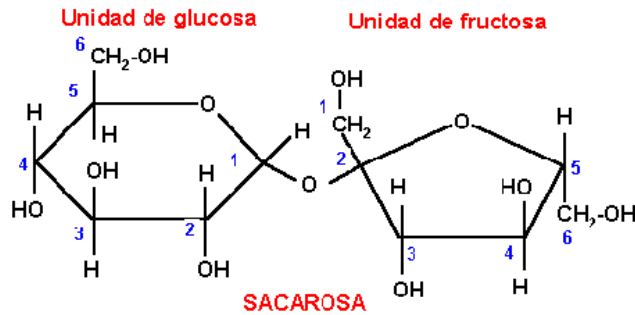


Figura 1. Estructura química de la sacarosa.

Fuente: Universidad Autónoma de Guadalajara, 2008.

Como resultado de las propiedades de hidratación de la sacarosa y su función que ayuda a la viscosidad, los cristales de sacarosa pueden actuar como partículas sólidas que ayudan en la estabilidad evitando la cristalización en siropes (Davis 1995). No hay evidencia clara disponible que demuestre que la sacarosa contribuye un riesgo para el público cuando se utiliza en los niveles recomendados, por lo que no existe un límite definido para utilización en alimentos (FDA 1989).

**2.3.1.1 Piña.** (*Ananas comosus*) es perteneciente a la familia de las Bromeliaceae, es nativa del sur de Brazil y Paraguay, donde fue domesticada y llevada a Centroamérica y el resto de Sudamérica. La fruta se consume de diferentes formas, como postres, ensaladas, compotas, pudines, cocidos en pasteles, conservas, jamones y como ingrediente en alimentos procesados (Morton 1987). Se denomina fruta deshidratada cuando se ha retirado de la matriz alimenticia la mayor parte de su contenido de agua. Después del proceso de deshidratación las frutas mantienen su valor nutricional por lo que se incluyen en recomendaciones nutricionales (US Department of health and human services 2010).

### 2.3.2 Aditivos

Aditivo es cualquier sustancia que no se consume directamente como alimento y no se usa como un ingrediente típico del alimento, tenga o no tenga un valor nutritivo (Codex Stan 192-1995). Está permitida la utilización de aditivos cuando estos no presentan un riesgo para la salud del consumidor, además con su utilización no se debe inducir al engaño del consumidor, se permite el uso para preservar la calidad nutricional del alimento y la calidad de conservación o estabilidad del alimento, para proporcionar ingredientes necesarios para un alimento específico destinado a grupos de consumidores con necesidad

dietéticas especiales, para mejorar las propiedades organolépticas del alimento sin que se altere la naturaleza o calidad del mismo y cuando no se utilice el aditivo para disfrazar los efectos del uso de materias primas defectuosas o de reacciones adversas (Codex Stan 192-1995).

**2.3.2.1 Goma Xanthan.** La goma Xanthan es un polisacárido con alto peso molecular, producido por la fermentación de un hidrato de carbono con *Xanthomonas campestris*, purificado por recuperación con etanol o isopropanol, secado y molido y contiene D-glucosa y D-manosa como unidades exógenas dominantes (Figura 2), junto con D-glucurónico y ácido pirúvico (FAO 1999). En solución, es capaz de formar asociaciones intermoleculares que dan lugar a la formación de una compleja red de moléculas que dan lugar al aumento de la viscosidad en el alimento en que se utilice (Phillips et al. 2000).

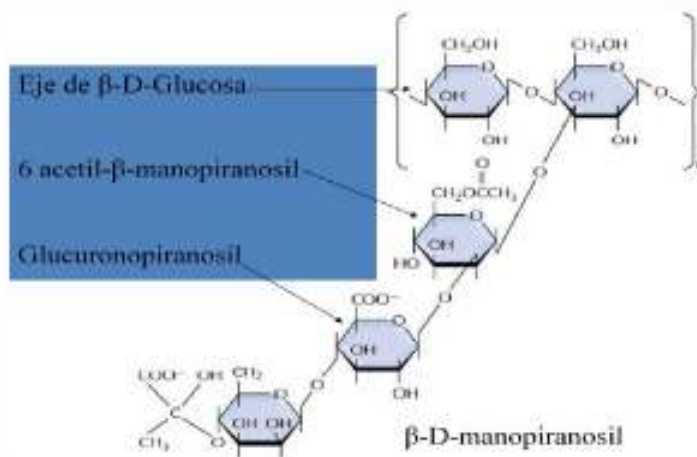


Figura 2. Estructura química de la goma Xanthan.

Fuente: Zamora, 2008.

Usada en la industria de alimentos como agente espesante por su capacidad de controlar la reología de los sistemas acuosos, especialmente cuando en las soluciones se tienen partículas que se necesitan mantener en suspensión, proporcionar cuerpo y mejorar la palatabilidad (Rodríguez 2006), no cambia el color ni el sabor del alimento, la viscosidad de la solución con goma Xanthan es insensible a los cambios de temperatura, es decir que las propiedades reológicas del producto final se mantienen estables sin importar el lugar en el que se almacene. El nivel máximo permitido de goma Xanthan en alimentos es de 5000 mg/kg de alimento es decir 0.5% del peso total del alimento (FAO 2005).

**2.3.2.2 Ácido cítrico.** El ácido cítrico es un preservante natural, encontrado generalmente en cítricos con una fórmula molecular de  $C_6H_8O_7$  (Figura 3) (FDA 2006). Puede obtenerse recuperándolo de fuentes como limón o jugo de piña, por fermentación usando *Candida spp*, y por extracción con solventes de *Aspergillus niger*.

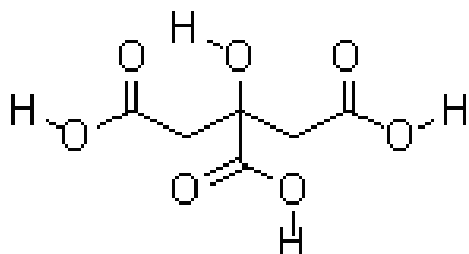


Figura 3. Estructura química del ácido cítrico.  
Fuente: Producto químico Co, Ltd, 2010.

Utilizado como aditivo en alimentos, tiene la capacidad de regular del pH, potenciar la efectividad de los preservantes antimicrobianos, además da sabor, evita la decoloración, al crear un ambiente ácido en el alimento impide el crecimiento de ciertas bacterias, levaduras y mohos. El ácido cítrico es un producto que se fabrica en más de 20 países, China produce el 24% del total mundial (Alderete 1999).

Adoptado como aditivo para alimentos en el año 2005, se permite su uso con un nivel máximo de 3000 mg/kg de alimento es decir 0.3% del peso total del alimento, este valor está sujeto a las regulaciones del país al que se desea exportar el alimento (Codex Stan 192-1995).

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 UBICACIÓN**

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano ubicada en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras, en tres ubicaciones:

- Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID), para la elaboración de los diferentes tratamientos de sirope de caña con pequeños trozos de piña deshidratada.
- Laboratorio de Análisis Sensorial, para la evaluación de las muestras a través de panelistas.
- Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), para la toma de datos y evaluación física y química de las muestras.

### **3.2 MATERIALES Y EQUIPO**

#### **3.2.1 Materiales**

- Jugo de caña
- Piña
- Ácido cítrico
- Benzoato de sodio
- Sacarosa
- Goma Xanthan
- Materiales para evaluación sensorial (servilletas, galletas soda, cucharas, vasos)
- Agua

#### **3.2.2 Equipos**

- Deshidratador de bandejas Excalibur Parallexx 3526T
- Termómetro infrarrojo Mastercool® 5222-A
- Cocina Whirlpool® Accubake System
- Balanza analítica Mettler AE200
- Potenciómetro Thermo Scientific® Orion 3 Star
- Colorflex Hunter L\*a\*b
- Viscosímetro rotacional Brookfield. DV-II, acoples #5 y #6

- Refractómetro Spercientific® 300003
- Tela de manta para filtrar

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 Desarrollo de formulación de sirope de caña de azúcar

Se realizaron pruebas preliminares para la formulación de los tratamientos, utilizando jugo de caña de azúcar comprado en un trapiche cercano a Zamorano. El jugo fue extraído el mismo día en que sería procesado y trasladado inmediatamente a la planta de Zamorano. Las pruebas se realizaron utilizando diferentes concentraciones de los ingredientes (ácido cítrico, benzoato de sodio, sacarosa, goma Xanthan y piña deshidratada). Se determinó la cantidad a utilizar como formulación estándar entre los tratamientos y se optimizaron los dos factores a estudiar: goma Xanthan y porcentaje de piña deshidratada (Anexo 1).

#### 3.3.2 Elaboración del sirope de caña de azúcar con piña deshidratada

Se realizaron varias pruebas para establecer temperaturas adecuadas y tiempos de cocción adecuados para el jugo de caña de azúcar en la elaboración de sirope. Se estableció una agitación constante del jugo y la eliminación de las partículas suspendidas durante el proceso, hasta alcanzar la cantidad de sólidos solubles deseada (72°Brix).

#### 3.3.3 Deshidratación de la piña

Se deshidrató la piña a una temperatura de 65°C por ocho horas hasta alcanzar una humedad constante de 3%, adaptando el método desarrollado por Arauz (2009). Se deshidrató un lote para agregar a todos los tratamientos de este estudio. A continuación la descripción y el diagrama de proceso (Figura 5):

- **Selección.-** Las piñas fueron seleccionadas escogiendo aquellas libres de golpes y plagas, luego fueron almacenadas por un día a 4°C.
- **Limpieza pre-operatoria.-** El equipo y los utensilios a utilizar fueron limpiados para asegurar la inocuidad del producto.
- **Pesado de la piña.-** Se tomó el peso de la fruta entera.
- **Lavado y desinfección.-** Las frutas fueron lavadas para remover residuos e impurezas que trajeran del campo, luego se sumergieron en una solución de 50ppm de cloro por dos minutos.
- **Pelado.-** La cáscara de la fruta fue removida de la parte comestible.



- **Troceado.**- Se cortó la piña en cuatro trozos longitudinales, luego cortado individualmente en trozos de 5 mm de grosor por 5 mm de largo y ancho.
- **Pesado.**- Se pesaron los trozos, el peso total necesario para todos los tratamientos.
- **Deshidratación.**- Se colocaron los trozos en las bandejas del horno, a una temperatura de 65°C por 8 horas.
- **Pesado.**- se pesó la piña obtenida después de la deshidratación comprobando que tuviera una humedad constante de 3%.
- **Almacenado.**- La fruta deshidratada fue empacada en bolsas Ziploc® y almacenada a temperatura ambiente (24-27°C) para su posterior.

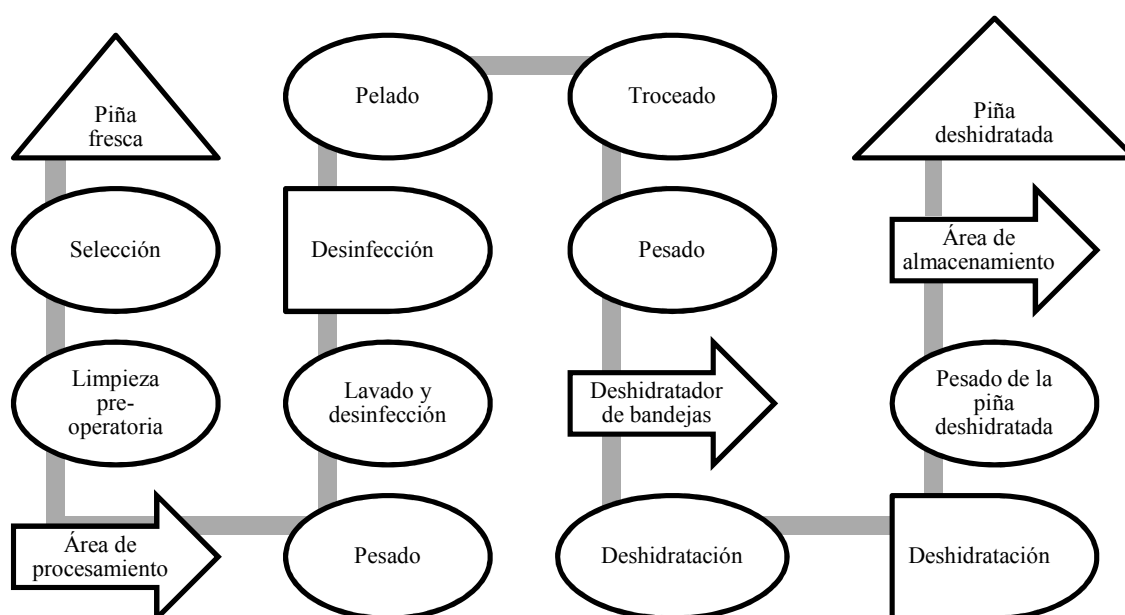


Figura 4. Diagrama de proceso de elaboración de piña deshidratada.  
Fuente: Arauz (2009), adaptado por el autor.

### 3.3.4 Análisis físico-químicos

Los análisis físico-químicos evaluados en este estudio fueron:

**3.3.4.1 Análisis de color.** Se midió el color de los diferentes tratamientos de sirope de caña de azúcar, realizando tres lecturas por cada muestra, utilizando el método ASTM D1260. Los análisis se realizaron al sirope sin la piña deshidratada para evitar errores en los datos obtenidos. Los parámetros de medida de Colorflex Hunter L\*a\*b utilizados fueron:

- L: 0 negro y 100 blanco
- - a: verde y +a: rojo

- -b: azul y +b: amarillo

**3.3.4.2 Análisis de viscosidad.** Se midió la viscosidad de cada una de las muestras de sirope de caña de azúcar a 21°C utilizando un viscosímetro Brookfield con los acoples #5 y #6, realizando tres mediciones por cada muestra, expresados en Pascal por segundo (Pa.s) utilizando el método ASTM D4016-93. Se realizó la medición solo en el sirope al no contar con acoples específicos para el análisis de fluidos que contienen partículas suspendidas.

**3.3.4.3 Análisis de acidez (pH).** Se midió el pH de todos los tratamientos después del el proceso de cocción del jugo para la elaboración del sirope de caña de azúcar.

**3.3.4.4 Análisis de sólidos soluble (grados Brix).** Se midieron los grados Brix del jugo inicial y del sirope final. Se midieron además grados Brix del sirope almacenado con piña deshidratada a través del tiempo.

### 3.3.5 Análisis sensorial

Se realizó un análisis exploratorio de aceptación, en donde se realizaron tres repeticiones con un panel no entrenado compuesto de 12 personas (estudiantes Zamorano), quienes degustaron los cuatro tratamientos. Se utilizó como vehículo galletas soda para evitar el cansancio en el paladar de los panelistas. Utilizando escala hedónica de 1 a 5 siendo 1 me disgusta mucho y 5 me gusta mucho (Anexo 3), los atributos evaluados fueron apariencia, sabor, viscosidad y aceptación general.

### 3.3.6 Rendimiento

El rendimiento del sirope a partir de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la elaboración del sirope fue determinado previo a la adicción de la piña deshidratada.

## 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con un arreglo factorial 2x2, en el cual se evaluaron dos porcentajes de goma Xanthan (0.02% y 0.04%) y dos porcentajes de piña deshidratada (2% y 4%), obteniendo cuatro tratamientos. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento, teniendo un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 1). Se realizaron medidas repetidas en el tiempo (0,15 y 30 días) únicamente en la medición de grados Brix del sirope.

Se utilizó un análisis de varianza para encontrar diferencias estadísticas entre los datos, con una separación de medias Tukey. Adicionalmente se correlacionaron los datos

obtenidos de apariencia con sabor, sabor con pH y viscosidad con aceptación general (Anexo 3); se utilizó el programa estadístico SAS®.

Cuadro 1. Arreglo factorial del estudio: sirope de caña de azúcar con goma Xanthan y piña deshidratada.

	<b>Piña deshidratada 2%</b>	<b>Piña deshidratada 4%</b>
<b>Goma Xanthan 0.02%</b>	Goma Xanthan 0.02% piña deshidratada 2% (Trt1)	Goma Xanthan 0.02% piña deshidratada 4% (Trt3)
<b>Goma Xanthan 0.04%</b>	Goma Xanthan 0.04% piña deshidratada 2% (Trt2)	Goma Xanthan 0.04% piña deshidratada 4% (Trt4)

### 3.5 ANÁLISIS DE COSTOS VARIABLES

Se determinaron los costos variables de la formulación inicial de los tratamientos de sirope de caña de azúcar con piña deshidratada más aceptada sensorialmente.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 FORMULACIÓN DE SIROPE DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*).

Se utilizó como formulación constante para todos los tratamientos, según normas para aditivos del Codex Alimentarius (Codex Stan 192-1995) 0.03% de ácido cítrico para potenciar el sabor del sirope, 0.05% de benzoato de sodio como preservante (FDA 2006) y para evitar la fermentación del sirope de caña (Krebs et al. 1983) y 2% de sacarosa para aumentar la consistencia y evitar la cristalización (Schiweck et al. 1990). Esta formulación se desarrolló durante las pruebas preliminares a través de prueba y error con cada uno de los aditivos hasta encontrar la concentración adecuada para cada uno de ellos y determinar las variables a evaluar (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formulación de tratamientos para el desarrollo de sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

Ingrediente	Cantidad (%)			
	Trt1	Trt2	Trt3	Trt4
Jugo de caña	95.90	95.88	93.90	93.88
Sacarosa	2.00	2.00	2.00	2.00
Piña deshidratada*	2.00	2.00	4.00	4.00
Benzoato de sodio	0.05	0.05	0.05	0.05
Ácido cítrico	0.03	0.03	0.03	0.03
Goma Xanthan*	0.02	0.04	0.02	4.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

\*Factores del estudio

### 4.2 FLUJO DE PROCESO DE SIROPE DE CAÑA DE AZÚCAR CON TROZOS DE PIÑA DESHIDRATADA (Figura 6)

- **Pesado de ingredientes y aditivos.**- Fueron pesados los ingredientes y aditivos para la formulación: sacarosa, ácido cítrico, benzoato de sodio y goma Xanthan.
- **Filtrado del jugo de caña.**- El jugo fue filtrado utilizando tela de manta para separar cualquier impureza que traiga del campo.
- **Cocción del jugo.**- El jugo de caña fue evaporado aproximadamente 3 horas a una temperatura de 90-95°C durante los primeros 5 minutos se agregaron los aditivos al

- jugo. Se filtró durante el proceso y se agitó constantemente hasta alcanzar 72° Brix.
- **Pesado del sirope.-** El sirope obtenido fue pesado después del proceso de evaporación para así posteriormente calcular los rendimientos del sirope.
- **Envasado.-** El sirope se envasó a 60°C en frascos de vidrio de 650ml y fue almacenado a temperatura ambiente 24°C.
- **Adición de piña deshidratada.-** La piña deshidratada fue adicionada al sirope en los porcentajes establecidos para cada tratamiento.
- **Esterilización.-** Se realizó una esterilización comercial del producto, 15 minutos a 80°C.
- **Almacenado.-** El sirope con piña deshidratada fue almacenado a temperatura ambiente (24°C a 26°C).

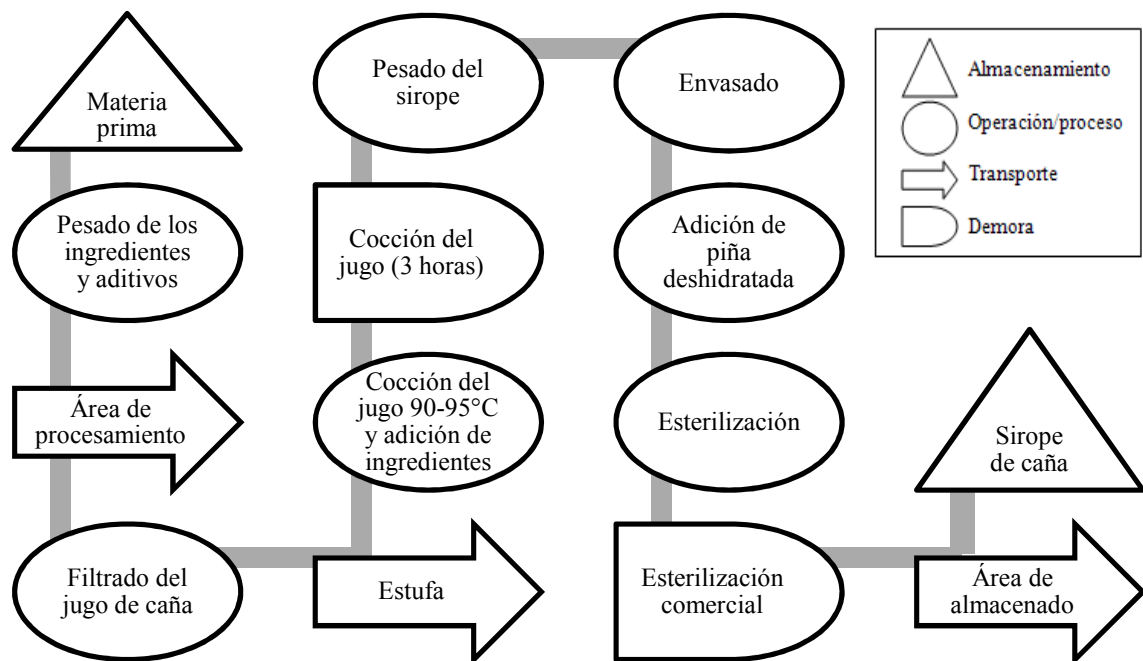


Figura 5. Diagrama del proceso del sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada

### 4.3 RENDIMIENTOS

En el Cuadro 3 se muestran los rendimientos del jugo de caña utilizado en la elaboración del sirope para los distintos tratamientos, antes de la adicción de la piña deshidratada. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que los

ingredientes utilizados en la formulación desarrollada no afectaron de ninguna forma el rendimiento del jugo de caña utilizado como materia prima para la elaboración del sirope ya que el proceso utilizado fue estándar para todos los tratamientos.

Cuadro 3. Rendimientos de los distintos tratamientos de sirope de caña de azúcar.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento(%)*±D.E.
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	26.73±3.06 <sup>a</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	27.57±4.04 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	26.40±4.58 <sup>a</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	27.70±3.61 <sup>a</sup>

D.E. = desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas (P<0.05).

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

##### 4.4.1 Color (L\*, a\*, b\*)

**4.4.1.2 Valor L\*.** Todos los tratamientos para el valor L\* mostraron diferencias entre sí (Cuadro 4), con una tendencia de color café oscuro. El tratamiento con 0.04% Xanthan-2% piña presentó los valores L\* más bajos, lo que indica que este fue el tratamiento más oscuro, con menor luminosidad. Estas diferencias en luminosidad entre los tratamientos probablemente se deben a la capacidad que tiene la goma Xanthan en solución, de formar asociaciones intermoleculares que dan lugar a la formación de una compleja red de moléculas, que no permite el paso de la luz a través de la matriz alimenticia, haciéndola más oscura (Phillips et al. 2000).

**4.4.1.2 Valor a\*.** Las diferencias entre los tratamientos para el valor a\* se muestran en el Cuadro 4, los cuales presentaron rangos de color rojo. El tratamiento que presentó mayor tonalidad de roja fue 0.04% Xanthan-4% piña. Los tratamientos con tonalidades intermedias fueron los tratamientos 0.04% Xanthan y 0.02 % Xanthan ambos con 2% piña respectivamente indiferentes entre sí, pero diferentes con los demás tratamientos.

**4.4.1.3 Valor b\*.** El Cuadro 4 muestra las diferencias significativas entre los tratamientos para el valor b\*. Los cuatro tratamientos presentaron rangos de color amarillo. Los tratamientos con mayor tonalidad amarilla fueron 0.02% Xanthan-2% piña y 0.04% Xanthan-4% piña, indiferentes entre sí pero diferentes a los demás tratamientos. Las diferencias podrían estar relacionadas a la variabilidad de la calidad del jugo de caña de azúcar utilizado para elaborar el sirope. Durante el estudio no se controló la edad y maduración al corte de la caña y tiempo de almacenamiento después de corte, factores que influyen en la calidad del jugo de caña (Larrahondo 1995).

Cuadro 4. Valores L\*a\*b de color en el sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>L*±D.E</b>	<b>a*±D.E.</b>	<b>b*±D.E</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	10.00±2.27 <sup>a*</sup>	5.97±1.52 <sup>b</sup>	13.41±4.91 <sup>a</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	9.03±1.33 <sup>d</sup>	6.24±1.29 <sup>b</sup>	11.65±3.31 <sup>b</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	9.72±1.87 <sup>b</sup>	5.78±1.81 <sup>c</sup>	12.17±3.48 <sup>b</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	9.15±0.96 <sup>c</sup>	7.07±1.27 <sup>a</sup>	13.04±1.97 <sup>a</sup>

D.E.=desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras en cada columna indican diferencias significativas (P&lt;0.05).

#### 4.4.2 Viscosidad

Los cuatro siropes presentaron diferencias significativas en viscosidad, mostradas en el Cuadro 5. Los tratamientos con mayor porcentaje de goma Xanthan (0.04%) generaron mayor viscosidad, resultado esperado por las características que provee este aditivo. La goma Xanthan es ampliamente usada en la industria de alimentos como agente espesante y en soluciones que contienen partículas que se necesitan mantener en suspensión (FAO 2005).

Cuadro 5. Valores de viscosidad para sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Viscosidad* (Pa.s) ±D.E.</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	1.25±0.30 <sup>b</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	3.59±0.25 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	1.26±0.08 <sup>b</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	3.68±0.73 <sup>a</sup>

D.E.=desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas (P&lt;0.05).

#### 4.4.3 Acidez (pH)

Los siropes no presentaron diferencias significativas entre sí en sus valores de pH (Cuadro 6), el pH del jugo de caña de azúcar utilizado como materia prima para la elaboración del sirope oscila entre 5.00 a 5.5; con la utilización de ácido cítrico en la formulación se logró regular el pH al rango de acidez al estándar que debe ser de 4.0 a 5.0 (Crowe 2009).

El pH no fue significativamente diferente entre los tratamientos ya que se agregó el mismo porcentaje a todos los tratamientos (0.03%) al ser parte de la formulación constante de

este producto, además la cantidad de piña deshidratada agregada no fue suficiente para permitir que los ácidos orgánicos de la piña afectaran el pH del sirope.

Cuadro 6. Valores de pH para sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>pH*±D.E.</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	4.50±0.39 <sup>a</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	4.44±0.44 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	4.43±0.32 <sup>a</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	4.41±0.31 <sup>a</sup>

D.E.= desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas (P<0.05).

#### 4.4.4 Sólidos solubles (°Brix)

Los valores de sólidos solubles fueron analizados en los días 0, 15 y 30, los cuales se mantuvieron constantes (72° Brix) en todos los tratamientos (Cuadro 7), esto se debió a la estabilidad de la matriz alimenticia en altas concentraciones de sólidos solubles, la cual no se vio afectada por la presencia de la piña deshidratada con baja concentración de sólidos solubles (17.34 Brix).

Cuadro 7. Valores de sólidos solubles para sirope de caña de azúcar a través del tiempo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Brix* día 0 ±D.E.</b>	<b>Brix día 15 ±D.E.</b>	<b>Brix día 30 ±D.E</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>	72±0.00 <sup>a</sup>

D.E. = desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras en cada columna indican diferencias significativas (P<0.05).

## 4.5 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

### 4.5.1 Apariencia

Se detectaron diferencias significativas en apariencia entre los tratamientos como se muestra en el Cuadro 8. Los tratamientos con mayor contenido de piña obtuvieron las calificaciones más altas siendo aceptadas por igual independiente de la cantidad de goma Xanthan.



La noción de las personas sobre la cantidad de alimento influye en el consumo y las expectativas que tiene el panelista de dicho alimento aumentando su consumo (Wansick et al. 2005).

Se evaluó la correlación entre el atributo de apariencia y sabor, obteniendo una correlación de 0.95 ( $P < 0.05$ ), lo cual indica que entre mayor sea la calificación en apariencia mayor será la calificación en sabor, es decir que la percepción del sirope con fruta en apariencia influye en la percepción del sabor.

Cuadro 8. Valores de calificación para el atributo de apariencia en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Apariencia*±D.E.</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	3.22±0.86 <sup>b</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	3.77±0.89 <sup>b</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	3.94±0.82 <sup>a</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	4.05±0.53 <sup>a</sup>

D.E.=desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

#### 4.5.2 Sabor

Según el Cuadro 9, los cuatro tratamientos fueron aceptados por igual, lo que nos indica que la cantidad de goma Xanthan y la cantidad de piña agregada no fueron significativas para cambiar el sabor del sirope, este resultado probablemente se debe a la alta concentración de azúcar en el sirope (72g/100g de líquido) haciendo más estable el sirope con presencia de piña con baja concentración de azúcar (17.34g/100g de fruta fresca) (Mateljan 2007). La cantidad de Xanthan no afectó el sabor del sirope debido a la propiedad de la goma Xanthan de no cambiar el color ni el sabor del alimento en el que es utilizado (Sharma et al. 2006).

Se evaluó la correlación entre pH y sabor, se obtuvo una correlación de -0.94 ( $P < 0.05$ ), la cual indica que los tratamientos con menor valor de pH recibirán una mayor calificación en el atributo de sabor. Como se ve reflejado en el tratamiento 0.04% Xanthan con 4% piña el cual presentó un pH de 4.41 siendo el valor menor de todos los tratamientos.

Cuadro 9. Valores de calificación para el atributo de sabor en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calificación sabor* <math>\pm</math>D.E.</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	3.61 $\pm$ 1.04 <sup>a</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	3.94 $\pm$ 1.04 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	3.97 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	4.16 $\pm$ 0.60 <sup>a</sup>

D.E.=desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas (P&lt;0.05).

### 4.5.3 Viscosidad

Los tratamientos con mayor cantidad de goma Xanthan independientes de la cantidad de piña tuvieron mayor aceptación por parte de los panelistas (Cuadro 10). En este caso la viscosidad del sirope de caña depende del porcentaje de goma Xanthan utilizada, la cual tiene la capacidad de controlar la reología de sistemas acuosos, y a la vez hace un espesante y estabilizador eficaz (Sharma et al. 2006). Además la utilización de galletas soda como vehículo en la evaluación sensorial probablemente ayudó al panelista a evaluar de mejor manera la viscosidad de los tratamientos.

Cuadro 10. Valores de calificación para el atributo de viscosidad en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calificación textura* <math>\pm</math>D.E.</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	3.50 $\pm$ 0.77 <sup>b</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	4.00 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	3.91 $\pm$ 0.84 <sup>b</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	4.13 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>

D.E.=desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas (P&lt;0.05).

### 4.5.4 Aceptación general

Los tratamientos con mayor contenido de goma Xanthan independiente del contenido de piña fueron los más aceptados sin presentar diferencias significativas entre ellos (Cuadro 11). Lo anterior está relacionado a las propiedades que imparte la goma Xanthan relacionado con este atributo al mejorar la palatabilidad (Rodríguez 2006).

Se evaluó la correlación entre el atributo de viscosidad y aceptación general, obteniendo una correlación de 0.96 (P<0.05) lo cual indica que el tratamiento elegido por los

panelistas con mejor viscosidad será el más aceptado, como es el caso de los tratamientos con mayor porcentaje de goma Xanthan (0.04%).

Cuadro 11. Valores de calificación para aceptación general en sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calificación aceptación*±D.E.</b>
Trt1	0.02% Xanthan 2% piña	3.47±0.87 <sup>c</sup>
Trt2	0.04% Xanthan 2% piña	3.97±0.77 <sup>a</sup>
Trt3	0.02% Xanthan 4% piña	3.80±0.82 <sup>b</sup>
Trt4	0.04% Xanthan 4% piña	4.27±0.51 <sup>a</sup>

D.E.=desviación estándar

\*Medias (n=3) seguidas de distintas letras indican diferencias significativas (P<0.05).

#### **4.6 PROBABILIDAD DE FACTORES E INTERACCIÓN POR VARIABLE ANALIZADA**

El Cuadro 12 muestra la probabilidad de cada factor e interacción para cada variable, prestando mayor atención a las probabilidades correspondientes al factor goma Xanthan; factor que fue determinante en las variables: viscosidad, apariencia, viscosidad sensorial y aceptación general debido a las propiedades que imparte la goma Xanthan en el alimento antes mencionadas en este estudio. El factor piña deshidratada fue determinante en las variables de apariencia, viscosidad sensorial y aceptación general.

Cuadro 12. Probabilidad de factores e interacciones por variables.

	<b>Valor L*</b>	<b>Valor a*</b>	<b>Valor b*</b>	<b>Viscosidad (Pa.s.)</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Sabor</b>	<b>Viscosidad</b>	<b>Aceptación general</b>
<b>Pr&gt;F (x)</b>	0.8902	0.5235	0.9550	<.0001	0.0195	0.1749	0.0058	0.0004
<b>Pr&gt;F (p)</b>	0.1832	0.1274	0.7117	0.6879	0.0006	0.1065	0.0325	0.0184

Pr>F (x) Probabilidad para el factor goma Xanthan

Pr>F (p) Probabilidad para el factor piña deshidratada

#### **4.7 ANÁLISIS DE COSTOS VARIABLES**

A través de la evaluación sensorial de aceptación se determinó que los mejores tratamientos fueron: 0.04% Xanthan con 4% de piña y 0.04% Xanthan con 2% piña. Se determinaron los costos variables para la elaboración de estos tratamientos (Cuadro 13 y 14). Además se determinaron los costos variables de la formulación inicial de los tratamientos con: 0.02% Xanthan con 2% y 4% de piña deshidratada respectivamente (Anexo 4 y 5).

En el mercado encontramos empresas que comercializan este sirope de caña de azúcar localmente e incluso es exportado a países europeos; este es el caso de la empresa Eviday S.A. en Panamá, la cual produce y procesa caña de azúcar para la elaboración del sirope de caña de azúcar (Melosa) para la venta en una presentación de 0.51kg a un precio de \$5.00. Al determinar el resto de los costos para los mejores tratamientos se puede determinar un precio competitivo.

Cuadro 13. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.04% Xanthan con 4% piña deshidratada, para un 1 kilogramo de producto.

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>	<b>Cantidad/kg</b>	<b>Precio (L./kg)</b>	<b>Costo (L.)</b>
Jugo de caña de azúcar	93.88	3.57	7.00	24.99
Piña fresca	4.00	0.039	17.00	0.663
Sacarosa	2.00	0.071	11.12	0.789
Benzoato de sodio	0.05	0.002	32.73	0.065
Goma Xanthan	0.04	0.001	113.90	0.114
Ácido cítrico	0.03	0.001	29.75	0.029
<b>Costos variables (L.)</b>				<b>26.65</b>
<b>Costos variables (\$)*</b>				<b>1.41</b>

\*Factor de conversión 1\$=18.89L.

Cuadro 14. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.04% Xanthan con 2% piña deshidratada, para un 1 kilogramo de producto.

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>	<b>Cantidad/kg</b>	<b>Precio (L./kg)</b>	<b>Costo (L.)</b>
Jugo de caña de azúcar	95.88	3.57	7.00	24.99
Piña fresca	2.00	0.020	17.00	0.340
Sacarosa	2.00	0.071	11.12	0.789
Benzoato de sodio	0.05	0.002	32.73	0.065
Goma Xanthan	0.04	0.001	113.90	0.114
Ácido cítrico	0.03	0.001	29.75	0.029
<b>Costos variables (L.)</b>				<b>26.33</b>
<b>Costos variables (\$)*</b>				<b>1.39</b>

\*Factor de conversión 1\$=18.89L.

## 5. CONCLUSIONES

- Se desarrolló una formulación del sirope de caña de azúcar con piña deshidratada utilizando sacarosa, goma Xanthan, ácido cítrico y benzoato de sodio basada en estándares, regulaciones y características organolépticas.
- Se estableció un proceso que puede ser adaptado tanto en condiciones semi artesanales o industriales, controlando la calidad de la materia prima y sólidos solubles.
- Se determinó un rendimiento entre 26% y 27% del jugo de caña de azúcar en la elaboración del sirope.
- Los siropes presentaron un color café con baja luminosidad y presencia de colores amarillos y rojos, con viscosidad entre 1.25 Pa.s. y 3.68 Pa.s.
- Los siropes más aceptados fueron aquellos que contienen mayor porcentaje de goma Xanthan (0.04%) independiente del contenido de piña deshidratada.
- Los costos variables para un kilogramo de los tratamientos más aceptados fueron de 26.65 L. (0.04% Xanthan y 4% piña) y de 26.33 L. (0.04%Xanthan y 2% piña).

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de mercado para conocer la aceptación y anuencia de compra por el sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada en las principales ciudades de Honduras.
- Elaborar un estudio a través del tiempo en el sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada.
- Elaborar un estudio del comportamiento de la goma Xanthan y su interacción con el resto de componentes de la formulación y su efecto en la viscosidad del sirope de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con trozos de piña deshidratada.
- Elaborar un estudio sobre el comportamiento de las partículas suspendidas (piña deshidratada) en el sirope de caña de azúcar a través del tiempo.

## 7. LITERATURA CITADA

US Department of health and human services. 1995. Dietary guidelines for Americans (en línea). Consultado el 31 de septiembre 2010. Disponible en: <http://www.cnpp.usda.gov/Publications/DietaryGuidelines/1995/1995DGConsumerBrochure.pdf#xml=http://65.216.150.153/tehis/search/pdfhi.txt?query=dry+fruit&pr=MyPyramid&rdepth=0&sufs=2&order=r&cq=&id=4cbcc556e4>

FDA (Food and Drugs Administration). 1993. Code of Federal Regulation: 21 CFR 168.130 Sweeteners and tables sirups: Cane Syrup (en línea). Consultado el 14 de agosto 2010. Disponible en: <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/textidx?c=ecfr;sid=c0ca3802b08112ece8e3d633544d3e9d;rgn=div5;view=text;node=21%3A2.0.1.1.40;idno=21;cc=ecfr>

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations Economic and Social Department). 2005. Major food and agricultural commodities and producers (en línea). Consultado el 14 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html;jsessionid=DFB41A33961E22240EFD874557E18A73?lang=en&item=156&year=2005>

Chen, JCP. 1993. Cane Sugar Handbook: a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. Trad. C. Alvarez y C. García. 11º ed. México, D.F. Limusa, p.27, 28, 465-467

Asociación azucarera de El Salvador. 2009. Proceso de producción del azúcar (en línea). Consultado el 14 de agosto 2010. Disponible en: [http://www.asociacionazucarera.com/nav10\\_produccion.html](http://www.asociacionazucarera.com/nav10_produccion.html)

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2003. Honduras (en línea). Consultado el 14 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4632E/y4632e0e.htm>

Asociación de productores de azúcar de Honduras- APAH. 2009. Cuadro estadístico de producción (en línea). Consultado el 15 de agosto del 2010. Disponible en: <http://www.azucar.hn/Pages/Estadisticas.aspx>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Xanthan gum (en línea). Consultado el 15 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-487.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1999. Citric acid (en línea). Consultado el 15 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-135.pdf>

Codex Alimentarius. 1995. General standard for food additives (en línea). Consultado el 17 de agosto 2010. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/CXS\\_192e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/CXS_192e.pdf)

Food and Drugs Administration. 2006. Sodium benzoate CFR184.1733 (en línea). Consultado el 18 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogsListing&id=284>

Zamora, A. 2008. Carbohydrates-chemical structure (en línea). Consultado el 17 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos2.html>

B.R. Sharma, Naresh L., N.C. Dhuldhoya, S.U. Merchant and U.C. Merchant Lucid Colloids limited (2006). Xanthan gum, a boon to food industry. Food promotion chronicle Volume 1(5), 27-30 p.

Food and Drugs Administration. 2006. Citric acid CFR184.1033 (en línea). Consultado el 18 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogsListing&id=82>

Food and Drugs Administration. 1989. Sucrose CFR184.1854 (en línea). Consultado el 18 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogsListing&id=341>

Von Ryman Lipinski G-W, Schiweck H. 1990. Handbook of sweeteners: properties and application. Hamburg, Germany: Behr Verlag.

Davis E.A.(1995) Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods. The American journal of clinical nutrition 1995; 62 (suppl):170s-7s.

Alderete J.M. 1999. Ácido cítrico: el ingrediente que nos falta (en línea). Consultado el 18 de agosto 2010, disponible en: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r\\_12/12\\_06\\_citrico.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_12/12_06_citrico.htm)

Larrahondo J.E. Calidad de la caña de azúcar, Cenicaña, el cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, Cenicaña, 1995. P.337-354.

Crowe A. 2009. Sugar conversion tables, making wine from sugar cane (en línea). Consultado el 25 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.winemakermag.com/stories/wizard/article/883-sugar-conversion-tables-making-wine-from-sugar-cane-wine-wizard>



Arauz, E. 2009. Efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*), Proyecto de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Valle de Yeguaré, HN. Escuela Panamericana. 21p.

Ministerio de Salud de Costa Rica. 2010. Alimentos (en línea). Consultado el 27 de agosto 2010. Disponible en: [http://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/empresas-servicios-productos-registrados-ms/doc\\_details/362-alimentos-13082010](http://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/empresas-servicios-productos-registrados-ms/doc_details/362-alimentos-13082010)

Zafranet. 2007. Subproductos y derivados: Melaza (en línea). Consultado el 27 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.zafranet.com/subproductos-y-derivados/>

Azúcar de caña – Felipe Perafán. 2009. Sacarosa (en línea). Consultado el 27 de agosto 2010. Disponible en: <http://www.perafan.com/azucar/ea02edul.html#sacarosa>

Krebs HA, Wiggins D, Stubbs M (1983). Studies on the mechanism of the antifungal action of benzoate. *Biochem J* (214): pp. 657-663

Rodríguez VE. Alfa editores técnicos. Gomas excelencia en funcionalidad (en línea). Consultado el 9 de septiembre 2010. Disponible en: <http://www.alfa-editores.com/alimentaria/Julio-Agosto06/Gomas.pdf>

Phillips G.O., Williams P.A. 2000, Handbook of hydrocolloids, 1<sup>st</sup> ed, Florida, USA, CRC Press LC, 450p.

Morton J., Center for new crops and plant products. 1987. Fruits of warm climates: Pineapple (en línea). Consultado el 28 de septiembre 2010. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pineapple.html>

Wansink B., Painter J.E., North J., Bottomless (2005). Bowls: why visual cues of portions size may influence intake. *Obesity a research journal* 13, 93–100.

Producto químico Co, Ltd. De Hainan Huarong. 2010. Citric acid (en línea). Consultado el 28 de septiembre 2010. Disponible en: [http://es.made-in-china.com/co\\_huaronggroup/product\\_Citric-Acid-Mono\\_hsouneghn.html](http://es.made-in-china.com/co_huaronggroup/product_Citric-Acid-Mono_hsouneghn.html)

Universidad Autónoma de Guadalajara. 2008. Carbohidratos (en línea). Consultado el 28 de septiembre 2010. Disponible en: <http://genesis.uag.mx/edmedia/material/quimicaii/carbohidratos.cfm>

The George Mateljan Foundation. 2007. Pineapple nutriente analysis (en línea). Consultado el 28 de septiembre 2010. Disponible en: <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=nutrientprofile&dbid=27>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Formulaciones de pruebas preliminares

<b>Prueba</b>	<b>Ingrediente</b>	<b>Ingrediente (%)</b>
1	Ácido cítrico	0.03
	Goma Xanthan	0.50
2	Ácido cítrico	0.03
	Sacarosa	2.00
	Goma Xanthan	0.10
3	Piña deshidratada	5.00
	Ácido cítrico	0.03
	Sacarosa	2.00
4	Goma Xanthan	0.05
	Benzoato de sodio	0.05
	Ácido cítrico	0.03
	Sacarosa	2.00
	Goma Xanthan	0.05
	Piña deshidratada	4.00
5	Ácido cítrico	0.03
	Sacarosa	2.00
	Benzoato de sodio	0.05
	Goma Xanthan	0.04
	Piña deshidratada	4.00

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial de aceptación de sirope de caña de azúcar con trozos de piña deshidratada.

**Hoja de evaluación sensorial**  
**Sirope de caña de azúcar con trozos de piña**

Nombre del evaluador: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Código de la muestra: \_\_\_\_\_

	Me disgusta mucho	No me gusta	Ni me disgusta ni me gusta	Me gusta	Me gusta mucho
<b>Apariencia</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Sabor</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Textura</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Aceptación general</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

COMENTARIOS:

---



---

**Hoja de evaluación sensorial**  
**Sirope de caña de azúcar con trozos de piña**

Nombre del evaluador: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Código de la muestra: \_\_\_\_\_

	Me disgusta mucho	No me gusta	Ni me disgusta ni me gusta	Me gusta	Me gusta mucho
<b>Apariencia</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Sabor</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Textura</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Aceptación general</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

COMENTARIOS:

---



---

Anexo 3. Correlaciones entre atributos sensoriales y propiedades físico-químicas del sirope de caña de azúcar con trozos de fruta deshidratada.

	<b>pH</b>	<b>Sabor</b>	<b>Viscosidad (brookfield)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>*b</b>	<b>Viscosidad sensorial</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Aceptación general</b>
<b>pH</b>		-0.94865	-0.60849	0.85204	-0.62936	0.48841	-0.97109	-0.99490	-0.91763
		0.0513	0.3915	0.1480	0.3706	0.5116	0.0289	0.0051	0.0824
<b>Sabor</b>	-0.94865		0.44790	-0.92868	0.81382	-0.33502	0.86502	0.95642	0.85870
	0.0513		0.5521	0.0713	0.1862	0.6650	0.1350	0.0436	0.1413
<b>Viscosidad (Brookfield)</b>	-0.60849	0.44790		-0.11839	0.35195	0.06239	0.77199	0.52608	0.84274
	0.3915	0.5521		0.8816	0.6480	0.9376	0.2280	0.4739	0.1573
<b>L*</b>	0.85204	-0.92868	-0.11839		-0.66536	0.53944	-0.70247	-0.89616	-0.62543
	0.1480	0.0713	0.8816		0.3346	0.4606	0.2975	0.1038	0.3746
<b>a*</b>	-0.62936	0.81382	0.35195	-0.66536		0.25370	0.54784	0.61952	0.69693
	0.3706	0.1862	0.6480	0.3346		0.7463	0.4522	0.3805	0.3031
<b>*b</b>	0.48841	-0.33502	0.06239	0.53944	0.25370		-0.42315	-0.54133	-0.15762
	0.5116	0.6650	0.9376	0.4606	0.7463		0.5768	0.4587	0.8424
<b>Viscosidad sensorial</b>	-0.97109	0.86502	0.77199	-0.70247	0.54784	-0.42315		0.94428	0.96083
	0.0289	0.1350	0.2280	0.2975	0.4522	0.5768		0.0557	0.0392
<b>Apariencia</b>	-0.99490	0.95642	0.52608	-0.89616	0.61952	-0.54133	0.94428		0.87480
	0.0051	0.0436	0.4739	0.1038	0.3805	0.4587	0.0557		0.1252
<b>Aceptación general</b>	-0.91763	0.85870	0.84274	-0.62543	0.69693	-0.15762	0.96083	0.87480	
	0.0824	0.1413	0.1573	0.3746	0.3031	0.8424	0.0392	0.1252	

Anexo 4. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.02% Xanthan con 2% piña deshidratada, para 1 kilogramo de producto.

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>	<b>Cantidad/kg</b>	<b>Precio (L./kg)</b>	<b>Costo (L.)</b>
Jugo de caña de azúcar	95.90	3.57	7.00	24.99
Piña fresca	2.00	0.020	17.00	0.340
Sacarosa	2.00	0.071	11.12	0.789
Benzoato de sodio	0.05	0.002	32.73	0.065
Ácido cítrico	0.03	0.001	29.75	0.029
Goma Xanthan	0.02	0.0005	113.90	0.056
<b>Costos variables (L.)</b>				<b>26.27</b>
<b>Costos variables (\$)*</b>				<b>1.39</b>

\*Factor de conversión 1\$=18.89 L.

Anexo 5. Costos variables de la formulación inicial del tratamiento 0.02% Xanthan con 4% piña deshidratada, para 1 kilogramo de producto.

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>	<b>Cantidad/kg</b>	<b>Precio (L./kg)</b>	<b>Costo (L.)</b>
Jugo de caña de azúcar	93.90	3.57	7.00	24.99
Piña fresca	4.00	0.039	17.00	0.663
Sacarosa	2.00	0.071	11.12	0.789
Benzoato de sodio	0.05	0.002	32.73	0.065
Ácido cítrico	0.03	0.001	29.75	0.029
Goma Xanthan	0.02	0.0005	113.90	0.056
<b>Costos variables (L.)</b>				<b>26.59</b>
<b>Costos variables (\$)*</b>				<b>1.40</b>

\*Factor de conversión 1\$=18.89L.