

**Elaboración de jarabe de glucosa partiendo  
del almidón de camote (*Ipomoea batata L.*)**

Daniel Eduardo Chávez Paz

**Honduras**  
Diciembre, 2002

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

# **Elaboración de jarabe de glucosa partiendo del almidón de camote (*Ipomoea batata L.*)**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Daniel Eduardo Chávez Paz**

Honduras  
Diciembre, 2002

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Daniel Eduardo Chávez Paz

Honduras  
Diciembre, 2002

**Elaboración de jarabe de glucosa partiendo  
del almidón de camote (*Ipomoea batata L.*)**

presentado por:

Daniel Eduardo Chávez Paz

Aprobada:

---

Rodolfo Cojulún, M.Sc.  
Asesor Pricipal

---

Claudia García, Ph.D.  
Coordinadora de la Carrera  
de Agroindustria

---

Gladys Fukuda, M.Sc.  
Asesora

---

Antonio Flores, Ph.D.  
Decano Académico

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Asesor

---

Mario Contreras, Ph.D.  
Director Interino

## **DEDICATORIA**

A Dios por todo lo que me ha dado y por lo que no me ha dado.

A mis padres por sus años de dedicación.

A mis hermanas por la felicidad que me brindan.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios todopoderoso por su ayuda.

Al profesor Rodolfo Cojulun por su tiempo y paciencia.

A la profesora Gladys Fukuda por haber confiado en mí cuando lo necesité.

Al personal de la Planta Hortofrutícola de Zamorano por su colaboración.

Al personal de Centro de Evaluación de Alimentos de la carrera de agroindustria por valiosa cooperación.

A Novozymes México por donar las enzimas necesarias para el trabajo.

A la Zamoempresa de Cultivos Intensivos por haber donado los camotes para el estudio.

A mis amigos Alexis, Rafael, Norma y Patricia por su ayuda incondicional y su apoyo.

A mis amigos en Zamorano Arturo, Saul, Jaime, Jose Salinas, Linda, Reina, Eva, Kyra, Regina y Silvana por hacer mi estadía aquí llevadera.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Agradezco al Fondo Dotal Hondureño por haber apoyado mis estudios.

Agradezco a la Secretaría de Agricultura y Ganadería por contribuir a la formación de profesionales.

Agradezco al fondo del USAID, Food For Progress, por su apoyo al desarrollo cognoscitivo.

Agradezco a la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional por contribuir con la educación.

## RESUMEN

Chávez, Daniel. 2002. Elaboración de jarabe de glucosa partiendo del almidón de camote (*Ipomoea batata L.*). Proyecto de graduación del programa de Ingeniería Agroindustrial. Zamorano, Honduras. 19pp.

El camote (*Ipomoea batata L.*) es un cultivo nativo de América. Con sus bajos requerimientos y adaptación a los climas y topografías americanas, puede ser una opción para el agricultor latinoamericano. Ya que el camote se encuentra sub utilizado y su comercialización es en su mayoría fresco, el presente estudio busca alternativas de uso mediante su industrialización, produciendo jarabe de dextrina y glucosa con el almidón de camote. Se observó su rendimiento, se comparó el costo de producirlo con el costo de importar el jarabe comercial y se evaluó sus propiedades físicas y químicas. En la Planta de Procesamiento de Frutas y Hortalizas de Zamorano se realizó la extracción del almidón por el método Carver modificado y en el Centro de Evaluación de Alimentos se convirtió a jarabe de glucosa por hidrólisis y sacarificación enzimática. Se encontró que se puede extraer almidón de camote con un color muy similar al almidón de maíz, con un rendimiento en base seca de 20%. Se evaluó con el viscosímetro, colorímetro y una prueba Lane-Eynon para determinar su viscosidad, color y contenido de glucosa. El jarabe producido con almidón de camote rinde 15% sobre el peso inicial de la pasta, tiene menor viscosidad, menor contenido de glucosa y un color más opaco y amarillo que el jarabe de almidón de maíz. Se requiere más investigación, para tener un proceso más efectivo, más eficiente y llegar a un jarabe de almidón de camote que posea una calidad estandarizada. Todo como parte de una industria rentable, sostenible y amigable ecológicamente.

**Palabras claves:** Azúcares, enzimas, hidrólisis, industrialización de cultivos amiláceos, sirope de maíz.

---

Rodolfo Cojulún, M.Sc.



## NOTA DE PRENSA

### ¿JARABE DE CAMOTE? CLARO QUE SÍ

El camote, un cultivo nativo del continente americano, no se encuentra tan difundido en Latinoamérica. De más de 143 millones de toneladas métricas que se producen en el mundo, menos de 1.8 millones de toneladas corresponden a países latinoamericanos.

El camote que sí se produce en Latinoamérica se vende en su mayoría fresco. El uso industrial del camote, sería una buena opción para popularizar su producción; en la Escuela Agrícola Panamericana, se realizó un estudio para investigar la elaboración del jarabe de glucosa partiendo de almidón de camote. El resultado fue positivo y alentador.

Los jarabes dulces elaborados de almidón, como el jarabe de glucosa y jarabe de fructosa, se han utilizado para sustituir al azúcar normal, sacarosa, cada vez con más frecuencia en los últimos cincuenta años. El jarabe de glucosa se utiliza en jaleas y mermeladas, en helados, en la industria del tabaco y en compañías que elaboran compuestos medicinales.

Es de hacer notar que la industria que elabora estos jarabes lo hace casi en su totalidad con almidón de maíz. En la industria de almidones a escala mundial, el 99% corresponde al almidón de maíz.

Producir jarabe a partir del almidón de camote es una idea nueva. En la Universidad de Vasayas en Filipinas se menciona como una opción para procesar el camote. Dos investigadores de la Universidad de Tuskegee en Georgia, Estados Unidos reportaron este año haber elaborado un jarabe dulce con los tubérculos de camote.

En los ensayos realizados en Zamorano, se observó que el jarabe elaborado con almidón de camote tenía menos viscosidad que el elaborado con almidón de maíz. A la vez, tenía un color amarillento y un contenido menor de glucosa que el sirope de maíz.

Los residuos en el jarabe producían el color amarillento. Una investigación posterior deberá dirigirse cómo eliminar esos compuestos, así como a encontrar usos para los subproductos del proceso. Es también necesario encontrar la combinación adecuada de tiempos y temperaturas de los procesos para lograr la hidrólisis más eficiente posible.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de Cuadros.....	xi
	Índice de Anexos.....	xii
1	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1	GENERALIDADES.....	1
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3	ANTECEDENTES.....	2
1.4	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	3
1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	3
1.6	OBJETIVOS.....	3
1.6.1	Objetivo general.....	3
1.6.2	Objetivos específicos.....	3
2	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1	LOS EDULCORANTES Y SU USO.....	4
2.2	USOS DEL ALMIDÓN.....	4
2.3	EL JARABE DE GLUCOSA.....	5
3	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	8
3.1	UBICACIÓN.....	8
3.2	MATERIALES.....	8
3.2.1	Materiales.....	8
3.2.2	Equipo.....	8
3.3	MÉTODOS.....	9
3.3.1	Extracción de almidón de camote.....	9
3.3.2	Hidrólisis del almidón.....	9
3.3.3	Evaluación del producto.....	10

4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	11
4.1	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN.....	11
4.2	HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN.....	12
4.3	EVALUACIÓN DEL PRODUCTO.....	13
4.4	COMPARACIÓN DE COSTOS.....	14
5	<b>CONCLUSIONES</b> .....	16
6	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	17
7	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	18
8	<b>ANEXOS</b> .....	20

**INDICE DE CUADROS**

## Cuadro

1. Requerimientos por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio del camote y maíz (kg/ha/ciclo).....	1
2. Caracterización del jarabe de dextrina-glucosa.....	5
3. Descripción de las modificaciones al método Carver.....	9
4. Lecturas de color en L*a*b* de los almidones de maíz y camote.....	11
5. Costos de producir 0.45 kg de almidón de camote.....	12
6. Viscosidad y contenido de glucosa del jarabe comercial elaborado con almidón de maíz y el jarabe de camote producto del estudio.....	13
7. Lecturas de color L*a*b* del jarabe comercial elaborado con almidón de maíz y el jarabe de camote producido en el estudio.....	13
8. Costos de producir una tanda de 60 gramos de jarabe glucosa a partir de 400 ml de pasta de almidón de camote.....	14

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo

1. Consumo total y <i>per capita</i> de edulcorantes calóricos en Estados Unidos.....	21
2. Diagrama de flujo de la extracción de almidón de camote.....	22
3. Cuadros de salida del SAS®.....	23

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 GENERALIDADES

Según la FAO (2001), la producción anual de camote en el mundo es de 143,055,394 toneladas métricas, de las cuales 1,727,111 provienen de Latinoamérica. El camote (*Ipomoea batata L.*), cultivo tuberoso nativo de América (Montes, 1993), actualmente se encuentra sub utilizado, debido a que la mayoría de la producción se vende fresca (FAO, 2001). El camote es una planta perenne, dicotiledónea, de hojas lobadas y con flores perfectas acampanuladas de período corto y un ciclo de cultivo a cosecha de 3-5 meses. Su propagación se realiza a través de guías. Se confunde frecuentemente con el yam (*Dioscorea spp.*) por la similitud de sus tubérculos. La parte comestible del camote la constituyen sus tubérculos, los cuales varían en su coloración al igual que en el número por planta (Montes, 1993).

El camote, por ser un cultivo nativo de América, está mejor adaptado a las condiciones climatológicas del área (Leaf for Life, 2002). Montes (1993) indica que los requerimientos de macro nutrientes del camote son bajos. Esto es importante especialmente si se comparan con los requerimientos del maíz (Reyes, 1990), la fuente de almidón más utilizada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimientos por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio del camote y el maíz (kg/ha/ciclo)

Cultivo	Nitrógeno	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)
Maíz	180-200	62-80	125-140
Camote	35-70	60-120	90-115

La utilización del almidón de camote para los usos que plantea el presente estudio, es una opción viable en la industria de extracción de almidón (Terosa y Purog, 2001).

El camote utilizado en el presente estudio pertenece a la variedad Bushbuck, una variedad desarrollada en Sudáfrica y con una gran demanda en el Reino Unido. Tiene un rendimiento por hectárea de 40 a 50 toneladas métricas por ciclo de cultivo, siendo éste

de cuatro a cinco meses. Es un camote de cáscara morada y pulpa blanca, lo cual lo hace preferible para la extracción de almidón<sup>1</sup>.

Los costos de producción de una hectárea (ha) de camote oscilan entre 5,000 y 8,000 lempiras<sup>2</sup> (L.) los cuales son menores que los costos de producción de una ha de maíz, que oscilan de L. 9,000 a L. 12,000 (Cálix, 2002). Siendo el ciclo vegetativo del maíz de alrededor de 120 días, se pueden producir al año dos ciclos completos. El camote en cambio puede tener tres ciclos en un año. Con esos costos se gastan L. 21,000.00 por ha al año en producción de maíz y L. 22,750.00 por ha al año en camote. Esas diferencias en costos se compensan con los rendimientos en kilogramos (kg) de almidón por ha al año. En el caso de camote, el rendimiento por ha de camote al año es de 157,500 kg de los cuales se pueden obtener 31,500 kg de almidón al año. Con maíz se obtienen 9,100 kg por ha al año, con un contenido promedio de almidón de 70.5% (Hough, 2000) tenemos 6,415 kg de almidón.

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La mayor parte de la producción de camote en América, de acuerdo con la FAO (2001), se vende como producto fresco sin valor agregado; a diferencia de Asia donde se utiliza en la elaboración de fideos, pastas y en industrias no alimentarias. El desarrollar un mejor uso para el camote es una opción para incrementar significativamente su explotación comercial en el continente americano.

## 1.3 ANTECEDENTES

La elaboración de jarabes de glucosa a partir de almidón no es algo nuevo. Ya en 1833, se observó que el extracto de malta precipitado producía azúcar con el almidón de maíz (Hebeda y Teague; citado por Alexander y Zobel, 1992). Igualmente, en el siglo XIX, Kirchoff descubrió que el almidón de maíz calentado con ácido producía un licor líquido conteniendo glucosa (López-Munguía, 1993). Utilizar almidón de camote en la elaboración de jarabe de glucosa es novedoso; Miller y Bovell-Benjamin (2002) de la Universidad de Tuskegee reportaron en la convención anual del Instituto de Tecnólogos en Alimentos (IFT) haber procesado y evaluado un jarabe edulcorante hecho a partir de los tubérculos de camote.

Además del valor de la posible industrialización de los tubérculos de camote, la utilización de su follaje hace a este cultivo aún más interesante económicamente. En la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Pérez (1995) pudo demostrar la utilidad del follaje del camote en alimentación de ovinos. En dicho proyecto, los corderos mostraban una buena aceptación y digestibilidad del follaje de camote. Al mismo tiempo, la

---

<sup>1</sup> Molina, M. 2002. La variedad Bushbuck. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. Comunicación personal.

<sup>2</sup> Barahona, U. 2002. Costos del cultivo de camote. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. Comunicación personal.

rentabilidad de usar el mismo era mayor que la de usar pasto estrella y/o concentrado en la alimentación de los corderos. Esto le agrega valor al camote como cultivo.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

En Latinoamérica la producción e industrialización del camote es bajo, a pesar de ser un cultivo poco exigente y bien adaptado a los climas y topografías existentes en la región. Varios cultivos tradicionales se han visto muy afectados en los últimos años en el mercado internacional, por lo que urge encontrar reemplazos. Una buena opción es la industrialización del camote a través de procesos como los que plantea este estudio, para convertirlo en un producto de valor agregado. Este trabajo presenta los resultados de la conversión del almidón extraído del camote en un jarabe de glucosa al nivel de laboratorio. Los resultados pueden ser la base para la producción a gran escala de jarabe de glucosa.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

El estudio tuvo los siguientes alcances:

- Caracterización del producto: definición química.
- Procesos de elaboración: fases del proceso, análisis de glucosa, evaluación de una variedad de camote.
- Estimación de los costos de producción.
- Aplicabilidad: los procesos aquí usados son aplicables a cualquier región donde se encuentren disponibles los materiales y recursos utilizados.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 Objetivo general**

Establecer un proceso de producción de jarabe de dextrina y glucosa, partiendo del almidón del camote.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Observar el rendimiento en jarabe del camote, con base en el peso inicial del almidón.
- Comparar los costos de producción del jarabe con la importación del jarabe de maíz.
- Evaluar física y químicamente el jarabe de glucosa a partir del almidón de camote y comparar los resultados con los del jarabe de glucosa comercial de maíz.



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 LOS EDULCORANTES Y SU USO**

Se llama edulcorantes a las sustancias que imparten sabor dulce en un alimento. Según López-Munguía (1993) se clasifican como naturales, químicos, biotecnológicos y químico-biológicos; siendo la sacarosa (natural) sin lugar a dudas el de mayor consumo mundial. Pero su consumo ha disminuido con el paso de los últimos cincuenta años, debido al procesamiento de almidones (de maíz en un 99% de los casos) en productos como el jarabe de glucosa y el jarabe alto en fructosa. El jarabe de glucosa es la base para la elaboración de jarabes altos en fructosa. El consumo del jarabe de glucosa y de fructosa en comparación con otros edulcorantes calóricos se puede observar en el Anexo 1.

En su libro, Lee (1996) explica que durante las décadas pasadas ha ocurrido una significativa evolución desde los saborizantes artificiales hacia los naturales. Este movimiento, producido tanto en los fabricantes de alimentos como en los gustos de los consumidores, se debe parcialmente a la reglamentación que está tratando de limitar el uso de saborizantes artificiales, en alimentos y bebidas procesadas.

Se sabe por Sikorski (1997) que, a excepción de la sucrosa, el dulzor del oligosacárido disminuye con el número de monosacáridos en el mismo, debido a que sólo un monosacárido interactúa con el receptor de la mucoproteína de la lengua.

### **2.2 USOS DEL ALMIDÓN**

El maíz es la fuente más abundante de almidón de la que se dispone actualmente, más del 77% de la industria de almidones a nivel mundial es de maíz; sin embargo del total de los granos y tubérculos producidos en el mundo, sólo el 1.3% es procesado para la obtención de almidón (López-Munguía, 1993). En los Estados Unidos el 61% del total de almidón va a la industria de papel, 20% a los textiles y el resto a las industrias alimentarias (Kirby 1992; citado por Alexander y Zobel, 1992).

El International Starch Institute en Dinamarca (2001) afirma que el gránulo de almidón de camote tiene un diámetro que va de 4 a 40 micrones, siendo el promedio 19, con un contenido de amilosa del 19-25%. El gránulo de maíz por su parte tiene de 5 a 25 micrones, 14 en promedio y un 28% de amilosa.

La versatilidad de todos los almidones en su estado natural, permite su utilización en una cantidad de aplicaciones no alimentarias. Sus propiedades en soluciones acuosas, su

habilidad de dispersión y la naturaleza de sus películas son la base de su valor. Al reaccionar con ácidos, por ejemplo, estas propiedades son realzadas al tiempo que le aportan mayor resistencia a la temperatura.

El almidón es usado por las industrias productoras de papel, textiles, alcohol, combustible, ácidos cítrico, ascórbico, láctico, glucónico, biotina, sorbitol, metil glucósidos, molduras y empaques biodegradables. También se usa en la minería y en la industria del látex (Kirby 1992; citado por Alexander y Zobel, 1992). Además de los usos mencionados anteriormente, que ocurren en el ámbito mundial, en las regiones orientales de Asia es importante la utilización del almidón de camote en la fabricación de tallarines (Terosa y Purog, 2001).

El método de extracción de almidón del camote más usado en industrias, en el sur de los Estados Unidos, es el método Carver. El método, desarrollado en 1937, permaneció casi inalterado; pero ha sufrido ciertas modificaciones en el Centro Experimental de Tuskegee, debido al desarrollo de tecnologías como la licuadora y los deshidratadores. Las etapas básicas de este proceso son las siguientes:

1. Lavar vigorosamente los tubérculos y cortarlos en trozos; mientras más finos mejor.
2. Colocar los trozos de camote en la licuadora con agua a temperatura ambiente.
3. Una vez licuado, colocar dentro de sacos de tela.
4. Hacer pasar agua por el saco.
5. Dejar sedimentar por 3-4 horas hasta que clarifique el agua.
6. Decantar el agua y secar el almidón.

### 2.3 EL JARABE DE GLUCOSA

Los jarabes de glucosa y dextrina son fabricados principalmente del almidón que se extrae del maíz. La literatura sobre los procedimientos a utilizar, en su mayoría se refiere al almidón de maíz y su hidrólisis. Generalmente se le conoce a los hidrolizados de maíz como siropes de maíz solamente y no como jarabes de dextrina glucosa. En el Cuadro 2 se presenta una caracterización del jarabe.

Cuadro 2. Caracterización del jarabe de dextrina-glucosa

Descripción	Color	DE*	pH	Conteos totales de mesófilos aerobios (UFC/g)
Líquido dulce, viscoso	Transparente a amarillo claro	40-42	4.2-7.2	$< 1 \times 10^4$

\*= Dextrose Equivalent (Equivalente de Dextrosa)

Fuente: International Starch Institute, 2001.

Las cadenas de amilosa se hidrolizan a unidades de dextrina y de glucosa. La proporción de éstos determina la efectividad del método de hidrólisis (ácido o enzimático) y el tiempo de la reacción. Se puede realizar la hidrólisis por medios ácidos, pero la industria acostumbra hacerlo por medios enzimáticos. Esto se debe a que en los primeros es necesario eliminar los sabores residuales y neutralizar el ácido; además, los desechos del proceso actualmente son rechazados por las asociaciones de conservación del ambiente. No obstante, el desarrollo de nuevas tecnologías de membranas industriales, están haciendo de ésta una opción de bajo costo para obtener alta productividad (López-Munguía, 1993).

Las enzimas son entonces el método más utilizado para convertir almidones en jarabes. Son en su mayoría productos del metabolismo microbiano con un precio elevado por unidad. El alto costo de la enzima generalmente se ve justificado por su eficiencia en la reacción y la economía de los pasos adicionales antes mencionados.

La gran mejora en las amilasas, desde la síntesis microbiana por el *Bacillus subtilis* en los años sesenta del siglo pasado, ocurre con el desarrollo de la  $\alpha$ -amilasa de *Bacillus licheniformis*, que tiene una termoestabilidad muy superior a la proveniente de *B. subtilis*. Se comenzó a comercializar al inicio de los años setenta, utilizando el proceso de hidrólisis de dos etapas para aprovechar la alta estabilidad térmica de la enzima.

A mediados de los ochentas ocurre otro avance, al salir a la venta una amilasa aún más estable, proveniente del *B. stearothermophilus*; la cual presenta una vida media tres o cuatro veces mayor a la mostrada por la proveniente de *B. licheniformis*, lo cual implica reducir la dosis en un 40% aproximadamente. La combinación de ambas amilasas tiene una sinergia que permite que se de la hidrólisis a pH bajo, minimizando la generación de compuestos insolubles (Hebeda y Teague 1992; citado por Alexander y Zobel, 1992). No obstante la más utilizada sigue siendo la proveniente de *B. licheniformis*.

A pesar del desarrollo continuo de nuevas enzimas hidrolíticas, durante las pasadas décadas, no se puede decir lo mismo de las enzimas de sacarificación. Durante todo este período, tanto el proceso como la enzima han permanecido inalterados. Lo que ha ocurrido es la obtención de enzimas que puedan operar conjuntamente con la glucoamilasa, para incrementar el rendimiento de dextrosa. Durante la sacarificación la amiloglucosidasa no sólo hidroliza los polisacáridos, sino que cumple la función catalizadora de la reacción reversa de repolimerización de la dextrosa. Por esta razón, el rendimiento máximo está limitado. Al usar una enzima que rompa los enlaces  $\alpha$ -1,6 se aumenta el rendimiento hasta el máximo actualmente posible. La limitante para su uso es la temperatura operacional de 55 °C. Además, su efecto es justificado en los almidones altamente ramificados (Hebeda y Teague, 1992; citado por Alexander y Zobel, 1992).

El procedimiento a seguir en la hidrólisis de almidón de maíz según Hebeda y Teague (1992; citado por Alexander y Zobel, 1992) consiste en:

1. Disolver el almidón en agua destilada en un recipiente de vidrio, en una concentración de 30% y calentar la pasta.

2. Ajustar la pasta a 20° C.
3. Colocar el total de amilasa.
4. Agregar solución de 100 ppm CaCO<sub>3</sub> para el correcto funcionamiento de la enzima.
5. Calentar a 100° C por 10 minutos y luego enfriar a 90° C y mantener por dos horas.
6. Ajustar el hidrolizado a temperatura de 60° C.
7. Agregar la amiloglucosidasa en su totalidad.
8. Conservar a 60° C por 48-72 horas.
9. Inactivar la enzima calentando a 85° C, por 5 minutos.
10. Enfriar a temperatura ambiente.

La investigación sobre mejores métodos para realizar las reacciones está respaldada por la demanda que gozan los jarabes edulcorantes. El consumo de los edulcorantes, distintos al azúcar de caña en la industria, ha ido aumentando en los últimos cincuenta años también. Es allí donde el jarabe de glucosa goza de mayor aceptación, es apreciado especialmente por su bajo poder edulcorante que permite incrementar la concentración de sólidos, sin aumentar el dulzor de la solución.

El mercado para los jarabes de glucosa lo componen las industrias procesadoras de jaleas y mermeladas, helados, puros y cigarrillos, repostería, cueros, productos farmacéuticos y otros (Carell, 1990). En algunos de los productos mencionados ha llegado a sustituir completamente el uso de azúcar de caña, como en los helados de yogur. El precio de venta en Honduras es de 12 lempiras por kilogramo, ubicándolo en el mismo rango de precios que el azúcar de caña, al cual ha reemplazado.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN**

La realización de este proyecto se dio lugar en la planta de procesamiento de frutas y hortalizas y en el Centro de Evaluación de Alimentos de Zamorano, en el valle del Yeguaré, Honduras.

#### **3.2 MATERIALES**

##### **3.2.1 Materiales**

Camote variedad Bushbuck, cultivado en el lote siete de Zona II de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos de Zamorano.

Amilasa termoestable de *Bacillus licheniformis*, Termamyl LC, de Novozymes.

Amiloglucosidasa del hongo *Aspergillus niger*, AMG E, de Novozymes.

Agua potable para la extracción del almidón.

Agua destilada para la hidrólisis.

Bisulfito de sodio.

Almidón de maíz.

Jarabe de maíz.

##### **3.2.2 Equipo**

Licuada eléctrica Cuisinart SmartPower Duet, BFP – 703CH.

Sacos de tela de manta para filtrar.

Tabla de picar de plástico.

Cuchillo.

Deshidratador Harvest Saver, modelo HS-R-SS-1-E.

Báscula de precisión Denver instrument, XE – 510.

Viscómetro Brookfield DV – II.

Colorímetro Colorflex de Hunterlab, modelo 45/0.

Potenciómetro Fisher Scientific, Accumet, modelo 15.

Matraces de 500 mL.

Varilla de vidrio.

Pipetas.

Frascos volumétricos.

Termómetro Thomas Scientific Company, 9280 – G15.  
Refractómetros Fisher Scientific 13 – 946 – 21 y 13 – 946 – 22; Atago N-3E.

### 3.3 MÉTODOS

Para llevar a cabo el presente trabajo, el estudio se segmentó en tres partes. Se establecieron los métodos específicos para cada una de ellas, descritos a continuación.

#### 3.3.1 Extracción del almidón de camote

La extracción se realizó utilizando el método Carver (Carver, 1937). Se aplicó este método por su facilidad y el volumen a procesar. El secado se llevó a cabo en el deshidratador Harvest Saver por una hora a 65.5° C. Se hicieron ciertas modificaciones al método Carver para lograr un almidón más blanco. Para seleccionar cuáles iban a ser estas modificaciones, se realizó un experimento con tres tramientos diferentes que se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de las modificaciones al método Carver

Tratamiento	Descripción
1	Pelado previo al picado.
2	Adición de bisulfito de sodio al 0.1%.
3	Sin modificaciones.

#### 3.3.2 Hidrólisis del almidón

La conversión del almidón a jarabe de glucosa se realizó con el método descrito por Hebeda y Teague (1992; citado por Alexander y Zobel, 1992), que se menciona en la revisión de literatura. Fueron necesarias algunas modificaciones para adaptar el proceso de almidón de maíz a almidón de camote.

Debido a que el gránulo de almidón de camote absorbe mucho más agua que el de maíz, la concentración de almidón a usar (5%) es menor a la descrita para el método por Hebeda y Teague (1992; citado por Alexander y Zobel, 1992). El bisulfito agregado en la extracción y el pH del agua usada dejan la pasta con el pH adecuado (5.4), por lo que no es necesaria la adición de CaCO<sub>3</sub>.

Para la hidrólisis se usaron mezclas de 400 ml. En esta mezcla el 5% en base al peso era almidón y el resto era agua destilada. La hoja técnica del fabricante, respecto a la actividad de la amilasa, recomendaba 450 miligramos por cada kg de almidón a procesar.

Con la actividad que tenía la enzima, según el fabricante, para los 20 gramos de almidón a procesar se utilizaron 7.5 microlitros ( $\mu\text{l}$ ) de amilasa (Termamyl LC).

Igualmente con la amiloglucosidasa (AMG E) se debía usar 0.45 litros por cada kg del hidrolizado. Después de la fase inicial de hidrólisis se pesaba el recipiente con el fluido y se calculaba el peso del hidrolizado. Este variaba pero en general se usó de 160 – 180  $\mu\text{l}$  de enzima por ensayo de 350 gramos. Estas variaciones se deben a la cantidad de agua que se había evaporado al llegar a ese paso. Posterior a las 48 horas de sacarificación, procedía un secado en el horno a 110° C por 4 horas. El peso final del jarabe de glucosa era siempre el mismo, sobre el cual se calculó el rendimiento.

El proceso se fue refinando por prueba y error hasta llegar a lo aquí descrito. Este mismo método se usó para realizar tres repeticiones, que conformaron un diseño completamente al azar (DCA). Los jarabes resultantes de esas réplicas fueron los utilizados en la evaluación química y física del producto.

### **3.3.3 Evaluación del producto**

El producto de cada una de las hidrólisis se evaluó, para determinar la cantidad de glucosa por unidad de almidón procesado, por el método de Lane–Eynon, (AOAC, 1990), diluyendo primero por peso en una proporción de 2:1, agua:jarabe, para que pudiera fluir.

Se evaluó la viscosidad en el jarabe con el viscosímetro Brookfield DV- II con una aguja o “spindle” número siete y velocidad de 100 revoluciones por minuto. El color se midió con el colorímetro Colorflex 45/0 y su pH con el potenciómetro Accumet modelo 15. Todas las pruebas se realizaron a una temperatura de 25° C. Los resultados de estos análisis físico-químicos se compararon con el jarabe comercial de almidón de maíz, con el propósito de comparar las características del producto.

El diseño del experimento fue un DCA, comparando el producto de la hidrólisis con el jarabe comercial. A los jarabes se les midió el porcentaje de glucosa, la viscosidad y el color. Tres distintos lotes de jarabe de glucosa, las unidades experimentales, fueron evaluadas. Los resultados de los análisis de laboratorio se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA). Luego se realizó una separación de medias con una prueba Student-Neuman-Keuls (SNK) con una probabilidad de 0.95. Estos se realizaron en el sistema de análisis estadístico (SAS®).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

El proceso de extracción de almidón que se tenía como referencia no fue el mejor; el almidón adquiriría un color café oscuro al calentar la pasta. Por ello, se decidió hacerle algunas modificaciones. La base para seleccionar un mejor método de extracción de almidón fue una comparación del color del almidón extraído, con cada uno de los métodos tentativos, con el color del almidón de maíz comercial como control. Los almidones secos se evaluaron en el colorímetro Colorflex 45/0 al igual que el testigo, el almidón de maíz. Los resultados de estas mediciones se detallan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Lecturas de color en L\*a\*b\* de los almidones de maíz y camote.

Tratamiento	Almidón	L	a	b	Descripción
Control	Maíz comercial	97.64	-0.70	4.73	Blanco
1	Pelado previo al picado.	90.07	0.02	6.02	Blanco amarillento
2	Adición de bisulfito de sodio al 0.1%.	91.6	0.72	2.32	Blanco grisáceo
3	Sin modificaciones.	92.78	-0.24	3.40	Gris amarillento

L= blanco (100) a negro (0)

a= escala de rojo (100) a verde (-100)

b= escala de amarillo (100) a azul (-100)

El almidón de maíz tuvo un color blanco y el de camote extraído por el método Carver sin modificaciones era de un gris amarillento; el que provenía de camote pelado previo al picado mostraba un color blanco con una tonalidad amarillenta; el almidón al cual se le había añadido bisulfito de sodio presentó un color blanco, pero con un tono gris. Se seleccionó éste último tratamiento, el que tuvo adición de bisulfito, por observarse la menor diferencia con el testigo, el almidón de maíz. El diagrama de flujo de este proceso se encuentra en el Anexo 2.

Se pudo notar en los ensayos de extracción que el secado a altas temperaturas (más de 90 °C) forma una costra oscura que dificulta la evaporación del agua, poniendo en riesgo la estabilidad microbiológica del producto. Por eso se usó una temperatura de evaporación de 65.5 °C y no mayor.



El rendimiento del almidón sobre la base seca del camote es de 20 % en el laboratorio. En cambio el rendimiento esperado era de 26%. Esto puede ser por la falta de eficiencia en el proceso de extracción, en gran parte por los equipos utilizados. El menor rendimiento tiene una incidencia directa en los costos marginales del almidón de camote y por ende del costo del jarabe de glucosa elaborado con el mismo.

Los costos que se encuentran en el Cuadro 5 son para producir 0.45 kg de almidón de camote en planta. Estos fueron obtenidos con los equipos de la planta de procesamiento de frutas y hortalizas de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos de Zamorano. El costo por kg de almidón de camote es de casi los L. 60. Esto es muy alto, considerando que el almidón nativo de maíz se comercializa ya empacado a L. 25/kg y algunos almidones modificados tienen precios alrededor de L. 83/kg.

Cuadro 5. Costos de producir 0.45 kg de almidón de camote.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo unitario (Lempiras)</b>	<b>Utilizado</b>	<b>Total</b>
Camote Bushbuck	kg	5.60	10	56.00
Licuada	Hora	0.32	0.5	0.16
Procesador de alimentos	Hora	0.24	0.5	0.12
Bisulfito de sodio	g	0.06	0.01	0.00
Deshidratador	Hora	7.09	0.5	3.55
<b>Total</b>				59.83

## 4.2 HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN

En el ensayo previo que se realizó, se observó que el almidón de camote extraído con el método Carver se gelatinizaba alrededor de los 70° C, cuando no había una adición de amilasa. En este punto hubo un cambio del color blanco inicial a pardo, que a medida subía la temperatura se volvía más oscuro. Con el almidón extraído con el método Carver con adición de bisulfito se observó un menor oscurecimiento.

Cuando la amilasa fue añadida, no se observó la aparición del color pardo mencionado anteriormente. Sin embargo, la pasta no alcanzó la misma viscosidad que el control sin amilasa y rápidamente disminuyó esa viscosidad. Esto puede indicar que hubo una fragmentación del gránulo de almidón, probablemente porque la enzima ocasiona un debilitamiento de la estructura cristalina del gránulo.

Al finalizar las cinco horas de hidrólisis, el líquido era transparente con una tonalidad amarillenta. El jarabe, al salir de las 48 horas de sacarificación en el horno, tenía siempre la tonalidad amarillenta; pero presentaba sedimentos de color pardo, provenientes de alguna contaminación en el almidón, que es necesario eliminar.

### 4.3 EVALUACIÓN DEL PRODUCTO

El producto resultante y el jarabe de glucosa comercial de almidón de maíz tenían la misma concentración de sólidos, 83° Brix. Se evaluó con las variables especificadas y se comparó con el jarabe comercial. Los resultados de la viscosidad y el contenido de glucosa se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Viscosidad y contenido de glucosa del jarabe comercial elaborado con almidón de maíz y el jarabe de camote producto del estudio.

Jarabe	Viscosidad (cP)	Contenido de glucosa (mg/ml)
Comercial	16860 a	345 a
Camote	12600 b	270 b
<i>Diferencial</i>	<i>4260</i>	<i>75</i>

La viscosidad del jarabe de almidón de camote fue 74% de la del jarabe comercial. El porcentaje de glucosa fue 78% de la glucosa que contiene el jarabe comercial. Estos resultados se sometieron a una separación de medias SNK, en SAS®. El cuadro de salida de SAS® (Anexo 3) indica que con una confianza de 95%, el jarabe comercial se coloca en una categoría superior en los dos parámetros.

La composición del jarabe comercial con DE 40, elaborado por medios ácidos, incluye alrededor de 20% de monómeros y más del 30% de cadenas con un grado de polimerización de siete o más (Kulp y Ponte, 2000). Si esa proporción es igual en los jarabes elaborados con medios enzimáticos, se puede conjeturar que el jarabe producido con el almidón de camote tiene un mayor número de sus cadenas con un bajo grado de polimerización. Esto podría explicar cómo puede el jarabe de camote tener una viscosidad menor teniendo el mismo contenido de sólidos solubles (°Brix).

La comparación de color puede observarse en el Cuadro 7. En esta variable es donde encontramos las diferencias más pronunciadas entre los dos jarabes; siendo la presencia de sedimento la principal causa de estas diferencias.

Cuadro 7. Lecturas de color en L\*a\*b\* del jarabe comercial elaborado con almidón de maíz y el jarabe de camote producido en el estudio.

Jarabe	L	a	b	Descripción del color
Comercial	7.88	0.24	0.70	Transparente e incoloro
Camote	19.16	-0.37	10.11	Transparente y amarillo
<i>Diferencial</i>	<i>11.28</i>	<i>0.61</i>	<i>9.41</i>	

Es de notar que el colorímetro que se usó está diseñado para muestras opacas y tiene una copa de cobertura de color negro. El colorímetro mide el reflejo de la luz, por lo cual una muestra transparente permitirá un mayor paso de la luz hasta la copa, arrojando un valor en  $L^*$  más cercano al negro. El jarabe comercial es transparente e incoloro. El jarabe de almidón de camote es transparente, pero los sedimentos le imparten un color amarillento y cierta opacidad.

#### 4.4 COMPARACIÓN DE COSTOS

El Cuadro 8 detalla los costos para producir en total 60 gramos de jarabe de glucosa. El rendimiento en peso del jarabe por unidad de peso de la pasta es de 15%. El costo total por kg de jarabe de glucosa producido de almidón de camote es de L.33.53. El precio del jarabe comercial es de L.12/kg.

La comparación entre los costos del jarabe de este estudio y el jarabe de maíz no es justa. Se observa en el Cuadro 8 que el mayor costo en el proceso de laboratorio, para elaborar jarabe de camote, es del equipo utilizado; el cual no es el de la industria de fabricación de jarabes de glucosa. En los procesos industriales se usan cocedores jet para la hidrólisis y reactores semicontinuos con agitación para la sacarificación. Estos tienen un tamaño de tanda mínimo de 10 toneladas de almidón diarias para su correcto funcionamiento, inhabilitando la comparación con el proceso de laboratorio.

Cuadro 8. Costos de producir una tanda de 60 gramos de jarabe glucosa a partir de 400 ml de pasta de almidón de camote.

Descripción	Unidad	Costo unitario	Utilizado	Total
Almidón de camote	Gramos	0.13	20	2.64
Amilasa Termoestable	ml	0.10	0.0075	0.00
Amiloglucosidasa	ml	0.08	0.162	0.01
Hornilla	Hora	2.23	5.5	12.25
Horno de convección	Hora	0.82	18	14.84
Extractor de vacío	Hora	2.23	0.2	0.45
Filtros	Unidad	1.67	2	3.34
<b>Total</b>				<b>33.53</b>

El costo a comparar es el del almidón seco que sirve de materia prima para la transformación, asumiendo que el proceso de elaboración del jarabe de glucosa tiene el mismo costo. Eso es cierto si el proceso es independiente del almidón utilizado y se usa el mismo equipo para la conversión.

El almidón en el estudio tiene un costo por kg de L. 130 y el precio del almidón de maíz extraído industrialmente es de L. 0.80 por kg en los Estados Unidos (Eckoff *et al.*, 1999). Una vez más encontramos una industria que tiene bajos costos por su gran tamaño. Por

ello para poder comparar la extracción de almidón de maíz con la del camote deberían estar en la misma escala de producción. Costos que sí podemos comparar son los costos de producción de los cultivos.

El costo de producir una hectárea al año del camote es mayor al del maíz. Pero eso es cierto si se produce el máximo de ciclos de cada cultivo en una hectárea, dos en el maíz y tres en el camote, llevando el uso de la tierra a su máximo posible en esas circunstancias. El costo de producción por kilogramo de camote es menor al de maíz, si vemos su rendimiento por hectárea anual con ese número máximo de ciclos.

A pesar de que el rendimiento de almidón del camote es inferior al de maíz, la producción superior por hectárea del cultivo de camote se traduce en un mayor rendimiento teórico de almidón por hectárea; por lo tanto hay un menor costo marginal por unidad de almidón a extraer.

## 5. CONCLUSIONES

- El rendimiento del camote en almidón es de 20% sobre su base seca, 6% más bajo que el rendimiento teórico esperado.
- El rendimiento del almidón de camote en jarabe de glucosa es de 15% de la pasta de almidón.
- El precio del jarabe de camote es de L. 33.53/kg, muy alto comparado con el costo del jarabe comercial, L. 12/kg. Esto en gran parte se debe al alto costo del almidón, a que los equipos no son los adecuados y a la pequeña escala de la producción.
- Se puede elaborar un jarabe de glucosa del almidón de camote con menor viscosidad y contenido de glucosa que el jarabe comercial de almidón de maíz.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Es necesaria más investigación sobre el procesamiento del almidón de camote para elaborar jarabe de glucosa en los tiempos, concentraciones y los residuos encontrados.
- La extracción de almidón del camote debe llevar algún método de purificación para eliminar los sedimentos en el jarabe.
- Se deben estudiar más las características de los subproductos del procesamiento de almidón de camote y determinar si se puede dar algún uso a los mismos.
- Realizar pruebas de aceptación y funcionalidad del producto.
- Verificar la calidad microbiológica del producto final.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alexander, R.; Zobel, H. 1992. Developments in Carbohydrate Chemistry. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, USA. 386 p.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. Decimoquinta edición. Editado por Helrich, K. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia. USA. 1298 p.

Cálix, R. 2002. Comportamiento agronómico del híbrido DICTA HQ-31 y evaluación de proceso de molienda húmeda. Proyecto de graduación para recibir el título de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 24 p.

Carell, P. 1990. Glucose From Cassava Starch. Volunteers in Technical Assistance. Virginia. USA. [idh.vita.org/pubs/docs/casvstr.html](http://idh.vita.org/pubs/docs/casvstr.html)

Carver, G.W. 1937. How The Farmer Can Save His Sweet Potatoes. Cuarta Edición. Tuskegee Institute Press. Alabama.  
[www.aggie-horticulture.tamu.edu/plantanswers/recipes/sweetpotatoes.html](http://www.aggie-horticulture.tamu.edu/plantanswers/recipes/sweetpotatoes.html)

Eckoff, S.; Belyea, R.; Craig, J. 1999. Recovering Germ from Corn Mash Enhances Profitability of Ethanol. USDA National Research Initiative.  
[www.reeusda.gov/nri/pubs/highlights/1999PDFs/Dec99.pdf](http://www.reeusda.gov/nri/pubs/highlights/1999PDFs/Dec99.pdf)

FAO statistical databases. 2001. [apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture](http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture)

Hough, K. 2000. Value Enhanced Corn. Ontario Corn Producers Association. Ontario, Canada. [www.ontariocorn.org/octart4.html](http://www.ontariocorn.org/octart4.html)

International Starch Institute. 2001. Sweet Potato. Science Park Aarhus. Denmark. [home3.inet.tele.dk/starch/isi/starch/sweetpotato.htm](http://home3.inet.tele.dk/starch/isi/starch/sweetpotato.htm)

Kulp, K.; Ponte, J. 2000. Handbook of Cereal Science and Technology. Segunda edición. Marcel Dekker, Inc. New York, New York, USA. 790 p.

Leaf For Life. 2002. Ipomoea batata.  
[www.leafforallife.com/PAGES/IPOMOEA.HTM](http://www.leafforallife.com/PAGES/IPOMOEA.HTM)

Lee, B. 1996. Fundamentos de la Biotecnología de Alimentos. Trad. Por Juan Luis de la Fuente Moreno. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. 475 p.

López-Munguía, A. 1993. Biotecnología Alimentaria. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. México. México. 935 p.

Miller, S.; Bovell-Benjamin, A. 2002. Processing and evaluation of a sweet potato based sweetener/syrup. Presentado en la reunión anual y exposición alimenticia del IFT. Anaheim, California. USA.  
[ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper\\_14412.htm](http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper_14412.htm)

Montes, A. 1993. Cultivos Hortícolas en el Trópico. Tercera edición. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 178 p.

Pérez, J. 1995. Uso del Follaje de Camote (*Ipomoea batata, L.*) en la Alimentación de Corderos. Proyecto de graduación para recibir el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 29 p.

Reyes, P. 1990. El Maíz y su Cultivo. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. México. 460 p.

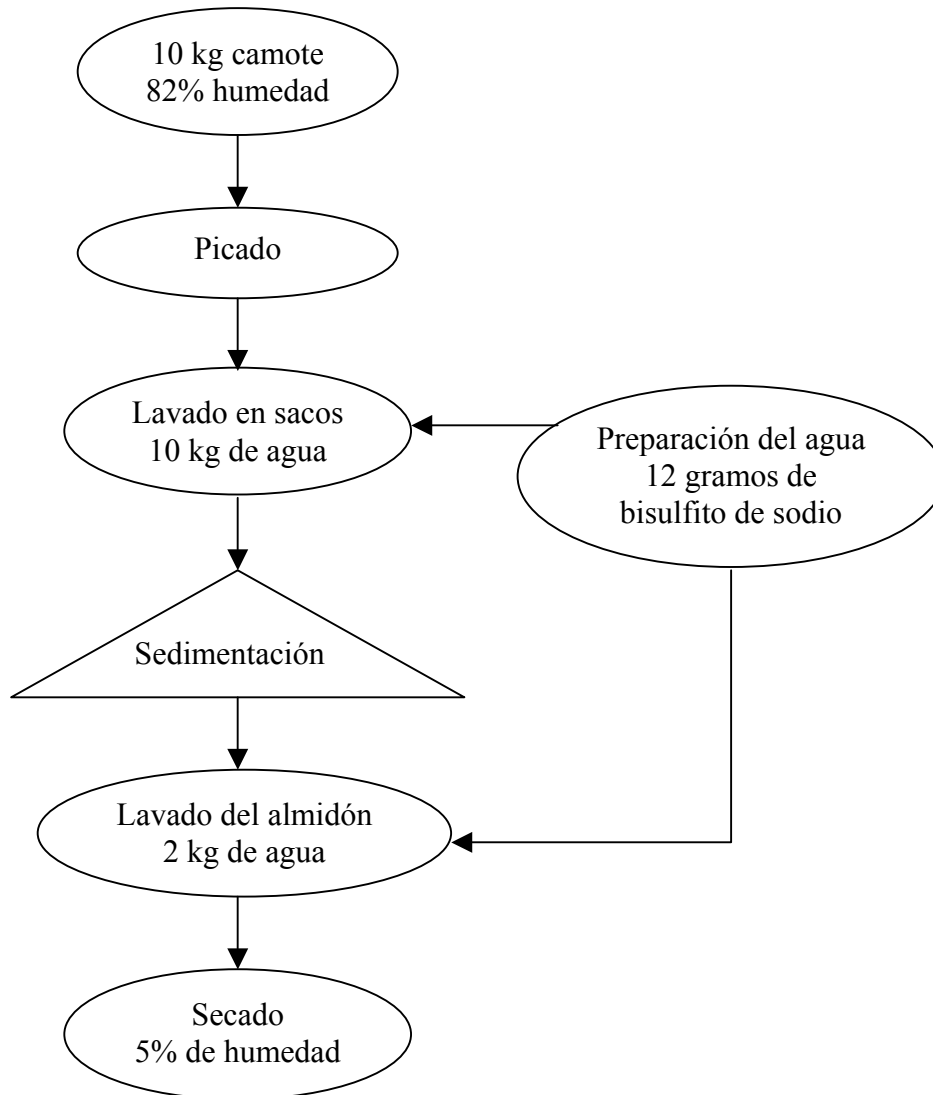
Sikorski, Z. 1997. Chemical and Functional Properties of Food Components. Technomic Publishing Company, Inc. New York. USA. 285 p.

Terosa, C.; Purog, R. 2001. Starch Milling in Eastern Visayas, A new source of growth. Regional Markets Advisor. University of Asia and the Pacific.  
[www.eyp.ph/onthescene/091001/starch.htm](http://www.eyp.ph/onthescene/091001/starch.htm)



## **8. ANEXOS**

## Anexo 2. Diagrama de flujo de la extracción de almidón de camote



## Anexo 3. Cuadros de salida del SAS®

The SAS System

1

General Linear Models Procedure  
Class Level Information

Class      Levels      Values

VISC            6    12400 12550 12850 16800 16850 16930  
 GLU            6    262 270 278 330 348 357  
 JARABE        2    CAMOTE MAIZ  
                       Number of observations in data set = 6

Dependent Variable: VISC

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	27221400.00000000	27221400.00000000	958.50	0.0001
Error	4	113600.00000000	28400.00000000		
Corrected Total	5	27335000.00000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	VISC Mean		
0.995844	1.144080	168.52299546	14730.00000000		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
JARABE	1	27221400.00000000	27221400.00000000	958.50	0.0001

Dependent Variable: GLU

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	8437.50000000	8437.50000000	66.70	0.0012
Error	4	506.00000000	126.50000000		
Corrected Total	5	8943.50000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	GLU Mean
0.943423	3.657633	11.24722188	307.50000000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
JARABE	1	8437.50000000	8437.50000000	66.70	0.0012

Student-Newman-Keuls test for variable: VISC

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate under the complete null hypothesis but not under partial null hypotheses.

Alpha= 0.05    df= 4    MSE= 28400  
 Number of Means            2  
 Critical Range    382.03619

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	JARABE
A	16860.0	3	MAIZ
B	12600.0	3	CAMOTE

Student-Newman-Keuls test for variable: GLU

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate under the complete null hypothesis but not under partial null hypotheses.

Alpha= 0.05    df= 4    MSE= 126.5  
 Number of Means            2  
 Critical Range    25.497089

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	JARABE
A	345.000	3	MAIZ
B	270.000	3	CAMOTE

