

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**



**“Síntesis de glucosa por hidrólisis ácida a partir de  
almidón de banano (*Musa paradisiaca* variedad  
cavendish) para uso farmacéutico”**

**MÓNICA MELISSA MORALES MARTÍNEZ**

**Química Farmacéutica**

**Guatemala, Julio del 2013**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**“Síntesis de glucosa por hidrólisis ácida a partir de  
almidón de banano (*Musa paradisiaca* variedad  
cavendish) para uso farmacéutico”**

**Informe de Tesis**

Presentado por

**MÓNICA MELISSA MORALES MARTÍNEZ**

Para optar al título de  
**Química Farmacéutica**

**Guatemala, Julio del 2013**

## JUNTA DIRECTIVA

Oscar C3bar Pinto, Ph.D	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Lic, Luis Antonio G3lvez Sanchinelli	Vocal III
Br. Fayver Manuel de Le3n Mayorga	Vocal IV
Br. Maily Graciela C3rdova Aud3n	Vocal V

## **ACTO QUE DEDICO**

*A Dios: Por darme la vida, por nunca abandonarme y por colocarme en la mejor familia que puede existir.*

*A la Virgen María: Por ser mi guía, mi madre, por escucharme y no dejarme sola, por ser mi ejemplo, te amo.*

*A mi Madre: Genoveva Martínez por su ejemplo de valentía, coraje, perseverancia, por siempre estar junto a mí, por sus consejos, por su ayuda, por sus enseñanzas, pero sobre todo por su amor incondicional. La amo con todo mi corazón.*

*A mi Padre: Aram Prim por su apoyo, su esfuerzo, su entrega, su ayuda en todo momento, sus enseñanzas, sus consejos y por su amor. Te amo papi. Este triunfo es de ustedes.*

*A mi hermana: Ana Lucia por ser mi gran razón de vivir y querer ser mejor cada día, para ser su ejemplo y verle llegar mucho más lejos de lo que yo pueda hacerlo.*

*A mi Abuela: Ana por su amor, cuidado y mimos.*

*A mi primo: Axel Martínez con cariño fraternal.*

*A mis amigos: Mónica, Leonel, Silvia, Manolo, Andrea Ortiz, Andrea Culajay, Leslie, Paty, Douglas, Evelyn, Alejandra, Lourdes, Heinrich, Fausto, Yvonne, Luis, Nadia, Claudia, Marce, Julio, Pablo de León, Paty Garzona y Milton gracias por acompañarme en este camino hasta el día de hoy, gracias por las risas y los buenos momentos, por ser como mis hermanos, por su ayuda, por sus ánimos y consejos. Los quiero.*

*A mi familia: Por su apoyo*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios: Por darme fuerzas cada día para continuar y nunca darme por vencida.*

*A la Gloriosa y Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala: Por darme el privilegio de egresar de sus aulas como una profesional.*

*A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia: Por brindarme las herramientas que necesito para forjar un mejor futuro tanto para mí como para mi país.*

*A mi Asesor: Lic. Julio Chinchilla, por brindarme sus conocimientos, tiempo y amistad, por enseñarme como superar mis propios límites y por sus consejos.*

*A mi Revisora: Licda. Aylín Santizo por orientarme en la realización de este trabajo con mucho esmero y dedicación.*

*A mis Catedráticos: Por brindarme sus conocimientos y ser ejemplo de profesionales ejemplares.*

*A el Ing. Kelder: Por su ayuda en la investigación y por brindarme sus conocimientos.*

*A mis Padres: Por su paciencia y apoyo.*

*A mi Primo: Axel Martínez por ser mi mejor amigo.*

*A mis amigos: Por cada una de las sonrisas.*

*A mi Tía: Licda. Lisette Quiñonez por su apoyo y por la oportunidad de seguir aprendiendo.*

*A mis compañeras de labores: Claudia, Iliana, Julita y Carla por su apoyo, sus consejos y por ayudarme a concluir con tan anhelado sueño.*

*A todas aquellas personas que han formado parte de mi vida, gracias por compartir conmigo sus sonrisas, por los buenos y malos momentos que hemos vivido juntos y por el cariño que me han brindado,*

*Dios los bendiga.*

# ÍNDICE

<b>1. Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Justificación.....</b>	<b>18</b>
<b>5. Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b>6. Hipótesis.....</b>	<b>20</b>
<b>7. Materiales y     Métodos.....</b>	<b>21</b>
<b>8. Resultados.....</b>	<b>27</b>
<b>9. Discusión de     Resultados.....</b>	<b>30</b>
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
<b>11. Recomendaciones.....</b>	<b>35</b>
<b>12. Bibliografía.....</b>	<b>36</b>
<b>13. Anexos.....</b>	<b>39</b>

## 1. Resumen

En el trabajo de investigación que se muestra a continuación se detalla el procedimiento, para la extracción de la glucosa por medio ácido partiendo de almidón de banano, obtenido de bananos de sobreproducción. Para poder obtener la glucosa primero se extrajo la enzima polifenol oxidasa que provoca la coloración rojo oscuro en el banano, por medio de una solución de buffer de fosfatos, pvp, y tween 80, con la que se molió los bananos sin cáscara. Seguidamente fue lavada varias veces con el fin de poder extraer toda la enzima polifenol oxidasa, para dejar el almidón sin restos de ella. Posteriormente se acidificó con una solución al 5% de ácido cítrico y se colocó en una olla de cocimiento lento por 24 horas, luego se filtró con un filtro de manta y se neutralizó con cal comercial, se agregó alcohol etílico para precipitar el exceso de cal, si lo había, luego se concentró en el horno a 40°C durante 24 horas. Se realizaron las pruebas de laboratorio necesarias para comprobar que la glucosa obtenida es apta para su uso en la industria, según lo establecido por la USP XXXII y Farmacopea Española ya que no cumplen con la totalidad de los parámetros establecidos por dichas referencias

Según datos revelados por el estudio, luego de hacer pruebas de la USP XXXII y la Farmacopea Española la glucosa fue obtenida con éxito, más no con la pureza esperada, por no cumplir esta con todos los parámetros establecidos por la USP XXXII y la Farmacopea Española. En los resultados se revela que los cinco lotes obtenidos y analizados cumplieron en su totalidad con las pruebas de identificación de glucosa, presencia de sulfatos, cloruros, arsénico y metales pesados. El color de la solución, acidez, los residuos por ignición, la rotación específica y los almidones solubles no cumplieron con las especificaciones de la USP XXXII y la Farmacopea Española.

## 2. Introducción

En un país como Guatemala que cuenta con una biodiversidad tan grande y única se puede encontrar otra fuente de producción de glucosa para uso en la industria.

Guatemala es productor de banano, pero en la cosecha suele haber un porcentaje de desecho que es aproximadamente entre 15 y 20% de la producción anual total, el cual no es apto para la exportación. Éste banano de sobreproducción de desecho, es vendido en el mercado local, pero el abastecimiento sobrepasa la demanda, por lo que recibe el nombre de banano de sobreproducción que finalmente es utilizado como abono en diversas plantaciones principalmente en la del mismo banano.

En la actualidad el banano que no logra ser vendido no ha sido aprovechado de manera adecuada, al lograr utilizar el fruto, podría ser una fuente alternativa y más barata de obtención de glucosa para uso industrial.

Toda la producción del banano está en su fase inmadura, es decir está verde, en este punto el 21% de la totalidad del fruto es almidón, del cual puede obtenerse glucosa por hidrólisis ácida.

El propósito principal de la investigación es comprobar si la glucosa obtenida a través de la hidrólisis ácida del almidón proveniente del banano es adecuada para su uso en productos que puedan utilizar esta materia prima. Según datos revelados por el estudio, luego de hacer pruebas USP la glucosa fue obtenida con éxito pero no con la pureza esperada, por no cumplir esta con todos los parámetros establecidos.

## 3. Antecedentes

### 3.1 El banano

Las frutas son consideradas los alimentos que tienen más beneficio para la salud. El lema de cinco piezas de fruta al día es un seguro contra el riesgo de muchas enfermedades. Las vitaminas y antioxidantes, nos ayudan a mantenernos en buena forma y con beneficios para todo el organismo. (Alba, Carlos. 2008).

#### 3.1.1 Historia

El banano se originó en Asia Meridional y se conoce en el mediterráneo desde el año 650 cuando la especie llegó a las islas canarias en el siglo XV; desde allí fue llevado a América en el año 1516 (Infoagro, 2005). Es la fruta más consumida en el mundo. (Hernandez, Luz 2009).

#### 3.1.2 Descripción

Según su clasificación botánica del banano ó *Musa paradisiaca* es una planta herbácea descrita por primera vez por Linneo en el año 1753. Pertenece a la familia de las Musáceas. La taxonomía del género *Musa* es compleja e incluye híbridos que han originado denominaciones genéticas muy particulares, que suelen indicarse como *Musa paradisiaca* (Hernandez, Luz 2009).

El banano se designa como *Musa paradisiaca* variedad cavendish, y existen los plátanos congo, guayabo, cuarenton y dominico. (Hernandez, Luz 2009).

El pseudotallo del plátano mide 2-5 m, y su altura puede alcanzar 8 m con las hojas. Es una planta estolonífera, con hojas erguidas, oblongas de 1 a 2 m de largo por 30-55 cm de ancho, redondeadas en el ápice y en la base, cara superior verde claro y con envés más tenue. Su inflorescencia colgante mide de 1 a 1,5 m, con brácteas violáceas de 15 a 30 cm de largo, persistentes o caducas, oblongo-lanceoladas u oblongo-aovadas, flores blancas o cremosas de 3 a 5 cm de largo. Los frutos son bayas falsas sin semillas, cilíndricos distribuidos en manos de racimos con 30-70 plátanos que miden 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro. (Hernandez,Luz. 2009).

### 3.1.3 Mantenimiento y Cosecha.

El banano es un cultivo perenne porque la planta se reproduce por retoños. La planta muere después de la cosecha y por ello es destroncada y troceada para reciclarla como abono en el mismo sitio. (Hernandez, Luz 2009).

Las hojas colgantes se eliminan periódicamente durante el deshojado para limpiar el tallo. Los fertilizantes se aplican cada trimestre porque son necesarios para mantener la calidad del terreno a fin de tener una plantación resistente y productiva. El control de malezas es necesario para disminuir las poblaciones de roedores y plagas, para ello se utilizan herbicidas como los glifosatos, Rondup (contra la bermuda), Gramoxone (contra la pira) y Látigo (contra la paja Jonson). Las fumigaciones aéreas se realizan todos los meses para combatir plagas como la sigatoka, enfermedad que seca la hoja. La sigatoka negra es una enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, produce necrosis foliar, disminuye el rendimiento y ha sido diseminada por el hombre, por lo cual se combate con manejo integrado. Se requieren nueve meses para cosechar bananos desde la siembra o el retoño del estolón.

En una plantación de bananos, estos son cosechados cada 10-15 días. La cosecha consiste en determinar la madurez del banano según su tamaño, grosor y color. El racimo de banano se corta con un machete, pero antes se corta un poco el tronco para aproximar el racimo al recolector, quien lo recibe sobre su hombro o sobre un animal de carga, así no se golpea en el suelo. El banano se tiene que cosechar con el pericarpio de color verde y se torna amarillo en un par de días, maduración que continúa hasta el color negro de la piel mientras la pulpa modifica su contenido de almidón en azúcares. Los camioneros deben recibir cosechas de banano más verde para su distribución luego de largos recorridos hasta su destino final, donde se aplica el carburo líquido para madurarlos aceleradamente antes de la venta. (Hernandez, Luz 2009)

El banano es un cultivo tropical perenne de alto rendimiento. Tiene la ventaja de estar disponible todo el año. (Porras, Flor. 2004).

En Guatemala, la mayoría de plantaciones de banano se encuentran situadas en la Costa Sur (Tiquisate, La Gomera, Malacatán) y en la Costa Norte del país (Puerto Barrios). (Porras, Flor. 2004).

El cultivo de banano abarca un área de 16,400 a 20,000 Ha/año, con una producción anual de 658,000 ton/año, el costo de producción por hectárea es de Q 16,856. La cantidad de

banano de desecho se considera de un 15 a 20% de la producción anual total.(Martínez, Jose.2005)

El banano debe ser almacenado adecuadamente en un ambiente frio pero sin llevarlo a congelación ya que los cambios en las temperaturas de almacenamiento determinan un aumento del tamaño de los cristales de hielo y alteran físicamente el alimento. Cuando los cristales de hielo se evaporan se produce la llamada quemadura del hielo en frutas. Cuando esto se produce surge una zona parduzca y granulosa, en la cual se producen transformaciones químicas, los tejidos se endurecen y secan y se altera la composición química del almidón y por ende esto afectaría el rendimiento y la calidad de la glucosa obtenida.( Alba, Carlos. 2008)

Después de la manzana, el banano es la fruta más consumida en todo el mundo. Posiblemente, la principal razón por la que la fruta ha conquistado las mesas de los cinco continentes es precisamente su sencillez de uso: un banano se puede comer en cualquier lugar, sin necesidad de servilleta o cuchillo. Además, viene envuelto en un higiénico “estuche” natural, su piel, que lo preserva de la contaminación. (Pamplona, Jorge. 2002). Pero sobre todo, el banano es una de las frutas más nutritivas y medicinales que existen.

### 3.2 PROPIEDADES E INDICADORES:

El banano verde contiene por cada 100 gramos de porción comestible. (Hernandez, Luz.2009. y Helen, Charley. 2006).

Cantidad	Compuesto
110	Kilocalorías
1.4 g.	Proteína
0.2 g.	Grasa total
28.7 g.	Carbohidratos
0.5 g.	Fibra
0.7 g.	Ceniza
8 mg	Calcio

35 mg	Fosforo
0.9 mg	Hierro
0.04 mg	Tiamina
0.02 mg	Riboflavina
0.6 mg	Niacina
31 mg	Vitamina C
130 µg	Vitamina A

En la composición del banano destaca su riqueza en hidratos de carbono contiene hasta 21% que en el banano inmaduro está formado mayormente de almidón. A medida que madura, ese alimento se va convirtiendo en azúcares como la sacarosa, glucosa, fructosa. En el banano maduro queda alrededor de 1% de almidón, que no suele causar problemas digestivos si se mastica y ensaliva bien.(Pamplona, Jorge.2002).

Sin embargo, los plátanos poco maduros o verdes contienen cantidades importantes de almidón de difícil digestión. Lo cual puede dar lugar a flatulencias y dispepsia (mala digestión ). (Pamplona, Jorge.2002)

El banano contiene 1% de proteínas y 5% de grasas. (Pamplona, Jorge.2002)

Destaca por su contenido en vitaminas del complejo B. Unos tres bananos de tamaño medio aportan la dosis diaria recomendada de esta vitamina para un hombre adulto. Contiene también cantidades significativas de vitaminas C, B1, B2, y E así como de folatos. (Pamplona, Jorge.2002)

El banano es también bastante rico en minerales, entre los que destaca el potasio, el magnesio, y el hierro. Su riqueza en potasio hace que sea una de las frutas frescas más abundantes en este mineral: solamente el aguacate y el dátil superan al banano en potasio. (Pamplona, Jorge.2002)

Los dos tipos de fibra vegetal, soluble e insoluble, se hallan presentes en el banano en una cantidad bastante importante, tratándose de una fruta: 2.4g./100g. Esta fibra contribuye a la acción hipocolesterolemizante (que hace descender el nivel de colesterol) y suavizante intestinal del banano. (Pamplona, Jorge.2002).

La literatura que trata de este particular es muy abundante. Debemos los datos que siguen a Von Loesecke y a Lavollay. Una primera serie de cifras muestra la evolución que se produce durante la maduración con la transformación del almidón en azúcares. (Champion,J. 1978).

Días de maduración	0	3	5	7	9	11
Glúcidos totales .....	21,51	20,49	19,78	19,78	18,60	19,12
Almidón .....	20,65	12,85	6,00	2,93	1,73	1,21
Azúcares reductores .....	0,24	2,81	7,24	10,73	12,98	15,31
Azúcares no reductores .....	0,62	4,85	6,52	6,12	3,89	2,60

(Champion,J. 1978)

La tabla anterior muestra la variación en la concentración de azúcares y almidón con respecto del tiempo en un banano. no se puede aplicar si el banano es madurado aceleradamente. (Champion,J. 1978)

El banano es un alimento altamente energético, cuyos hidratos de carbono son fácilmente asimilables; es pobre en proteínas y lípidos y no es suficiente como base de una alimentación completa. (Champion, J. 1978)

### **3.5 Transformación por fermentación**

Bebidas alcohólicas.

Hace posiblemente millares de años que se fabrica una especie de cerveza con banano de variedades aptas para este uso. P. Scott describe la fabricación del pombé en el África intertropical, en donde el consumo es muy importante. (Champion, J. 1978)

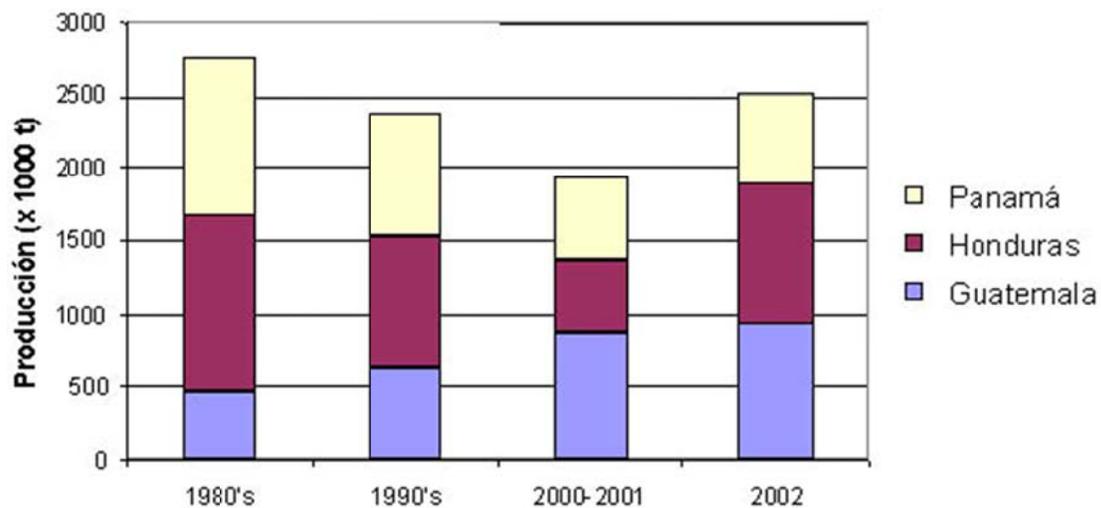
Un racimo varía en peso de acuerdo a la especie, número de racimos y de las condiciones climáticas a las cuales crece. Los racimos más pesados provienen de América central y los más claros de Cuba; la diferencia está explicada por la variación de clima que previamente afectó el crecimiento y por ende el tamaño del árbol en sí. Cuando este es consumido localmente en los trópicos, al momento de su corte el banano es siempre verde. (Champion, J. 1978).

### **3.6 Bananas de exportación**

Los bananos crecen en prácticamente todos los países tropicales. Por ser estos países ricos en fuentes hídricas propicias para la plantación de banano, lo que los convierte en países exportadores de dicho fruto. (Radley, J. 1976).

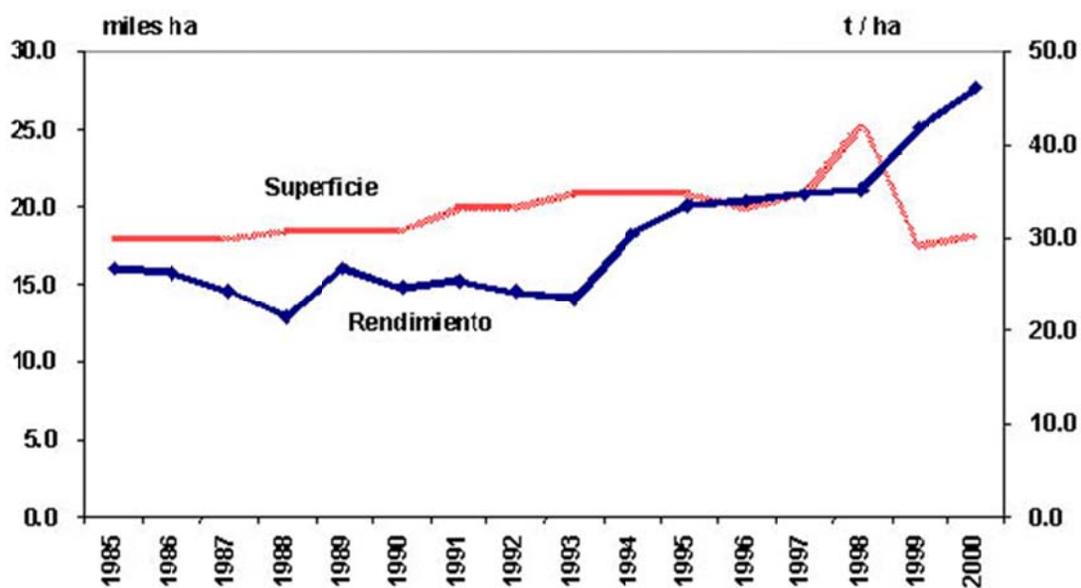
El banano en Guatemala, Honduras y Panamá contribuye de forma fundamental a la economía y es una fuente importante de ingresos por exportación y empleo. No obstante, la producción global en estos países se mantuvo relativamente estancada en los últimos 15 años (1985-2000) debido a la influencia perjudicial de fenómenos relacionados con la climatología, desacuerdos industriales, enfermedades de los cultivos, el aumento de los costos de producción y la depresión de los precios del banano. A partir del año 2000, se observa una importante recuperación de la producción y las exportaciones, sobre todo en Guatemala y Honduras, que fueron castigadas a finales de 1998 por el huracán Mitch. Las exportaciones aumentaron también de forma significativa en 2002 y se tienen perspectivas de una cosecha abundante para 2003. (Arias, Pedro. 2004).

### Guatemala, Honduras y Panamá: producción de banano 1980-2002



Fuente: FAOSTAT

### Guatemala: superficie plantada de banano y productividad 1985-2000



4.

5. Fuente: FAOSTAT (Arias, Pedro. 2004)

**Guatemala, Honduras y Panamá: ingresos de la exportación de banano como porcentaje del total de exportaciones agrícolas (miles de \$ EE.UU. anuales y porcentaje)**

		<b>1988-1990</b>	<b>1998-2000</b>
Guatemala	Bananos	70484	164725
	Todos productos agrícolas	809857	1557141
	Porcentaje banano	9%	11%
Honduras	Bananos	351370	74137
	Todos productos agrícolas	648892	502324
	Porcentaje banano	54%	15%†
Panamá	Bananos	199721	156443
	Todos productos agrícolas	276220	309689
	Porcentaje banano	73%	51%

† Honduras fue castigada por un huracán de categoría 5 (Mitch) en octubre de 1998

Fuente: Cálculos basados en datos de *FAOSTAT* (Arias, Pedro. 2004)

**Guatemala, Honduras y Panamá: exportaciones según destino (toneladas y porcentaje)**

	1988- 1990	(%)	1998- 2000	(%)
Estados Unidos	1032985	48	1102846	58
Canadá	53509	2	39319	2
Unión Europea	833485	39	615713	33
Otros Europa Occidental	75184	4	20607	1
Europa Oriental	1949	0	4065	0
Ex URSS	1564	0	13050	0
América del Sur	108614	5	110018	6
Oriente Medio	37222	1	16609	0
Total	2144513		1922226	

Fuente: FAO

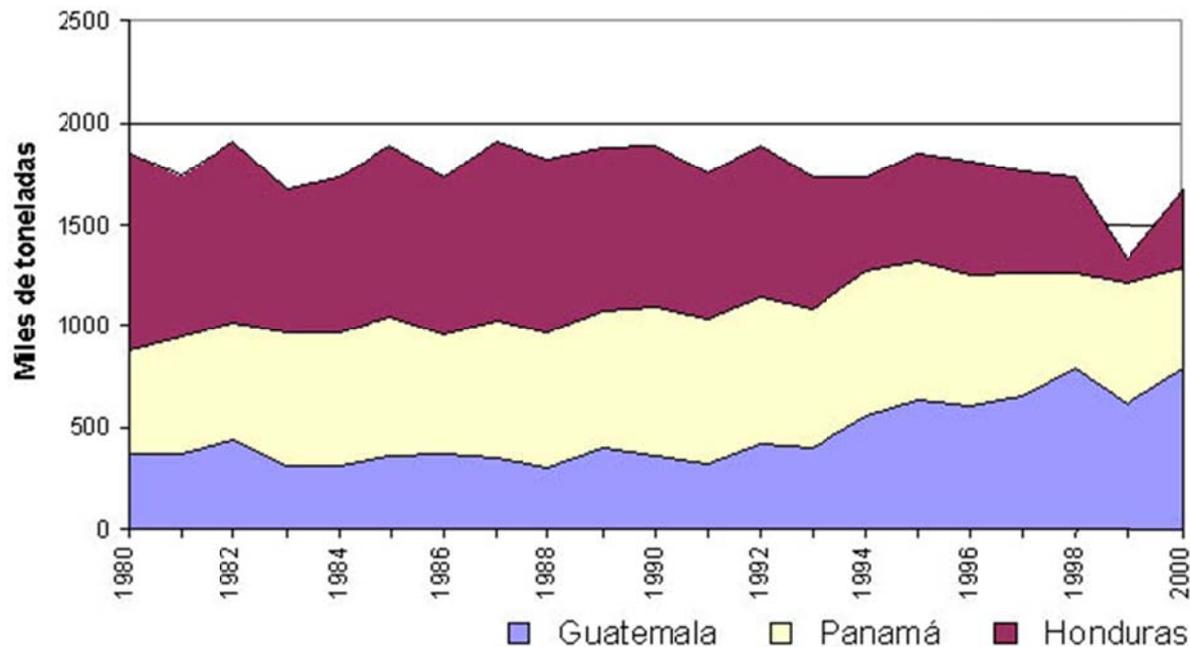
Durante décadas, Guatemala ha tenido la superficie plantada más estable de todos los países exportadores de banano de América Latina. La superficie plantada durante las últimas cuatro décadas se han mantenido casi constante en 20 000 hectáreas y la productividad de las tierras ha aumentado marginalmente. Desde los años sesenta hasta comienzos de los noventa la producción aumentó a un ritmo moderado del uno por ciento anual, pero se incrementó rápidamente durante los años noventa a una tasa del 5 por ciento anual. Cabe destacar un traslado más reciente de la superficie plantada para la producción de banano en la Costa Oeste en tierras dedicadas anteriormente al cultivo de azúcar, para tener así un acceso fácil a los mercados de la Costa Oeste de los EE.UU. (Arias, Pedro. 2004)

El banano en Guatemala es la tercera fuente en importancia de ingresos procedentes de la exportación agrícola, después del café y el azúcar. Las exportaciones de banano se han incrementado de forma constante a un ritmo del 5,4 por ciento anual desde los años sesenta, pero la mayor parte del aumento se produjo en los noventa. Las perspectivas de expansión futura de la producción y las exportaciones de banano son confusas. Los obstáculos más importantes para el aumento de la producción y las exportaciones son el transporte y la infraestructura de las comunicaciones, que no está previsto mejorar en este decenio debido al bajo rendimiento de la economía. (Arias, Pedro. 2004)

En Honduras, las plantaciones de banano están situadas sobre todo en la costa norte y los mayores productores son filiales de Chiquita y Dole. Un tercio de las tierras dedicadas al banano para exportación es cultivado por productores independientes y cooperativas de campesinos principalmente en virtud de acuerdos contractuales con empresas transnacionales. La producción y las exportaciones de banano han disminuido a una tasa acumulativa del 4,5 por ciento anual desde 1985, y se desbarataron fuertemente en octubre de 1998 cuando el huracán Mitch destruyó cerca del 70 por ciento de los cultivos. Las exportaciones disminuyeron a 109 000 toneladas en 1999, frente a las 500 000 toneladas en el año anterior. Sin embargo, se llevó a cabo una campaña intensiva de replantación y en tres años las exportaciones alcanzaron el nivel registrado antes del huracán Mitch en 2002, demostrando la gran capacidad de recuperación allí donde se conceden fondos de inversión para rehabilitación. Las estimaciones provisionales de las exportaciones para 2002 indican que las exportaciones superan actualmente el medio millón de toneladas, ligeramente por encima de los niveles registrados antes del huracán Mitch. (10)

Panamá solía ser uno de los principales exportadores de banano del mundo, pero la producción descendió de forma rápida en el último decenio. El aumento de los costos de producción, las plagas como la sigatoka negra y las controversias industriales han afectado a la producción, y Chiquita, el principal exportador del país, ha vendido recientemente su gran plantación en la costa del Pacífico a un grupo de trabajadores. (Arias, Pedro. 2004).

### Honduras, Panamá y Guatemala: exportaciones de banano 1980-2000



Fuente: FAOSTAT

Nota: El descenso de las exportaciones en Honduras en 1999 se debió a los daños causados por el huracán Mitch en octubre de 1998 (Arias, Pedro. 2004)

### 3.7 Almidón

El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina. Químicamente es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; contienen regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas. La disposición radial y ordenada de las moléculas de almidón en un gránulo resulta evidente al observar la cruz de polarización (cruz blanca sobre un fondo negro) en un microscopio de polarización cuando se colocan los polarizadores a 90° entre sí. El centro de la cruz corresponde con el hilum, el centro de crecimiento de gránulo. (Kirk, Ronald. 2002)

La amilosa es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una  $\alpha$ -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de

glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa. Los dos almidones de maíz comúnmente conocidos como ricos en amilosa que existen comercialmente poseen contenidos aparentes de masa alrededor del 52% y del 70-75%. (Kirk, Ronald. 2002).

La amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos. La amilopectina de papa es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente en una posición O-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición O-3. (Kirk, Ronald. 2002).

Cuando las moléculas del almidón se hidrolizan, se forman dextrinas, maltosa y finalmente glucosa. El ácido y el calor, o las enzimas, catalizan la reacción.

Almidón + agua  $\rightarrow$  Dextrinas + maltosa + glucosa. (Charley, Helen 2006).

Si el almidón se ha convertido completamente en glucosa, el jarabe tiene un equivalente a dextrosa del 100% DE que es un término que se utiliza para medir el grado de conversión del almidón en dextrosa y se mide en porcentaje y es la razón de los azúcares reductores entre el peso seco total; los jarabes con menor DE tienen más dextrinas y maltosa y menos glucosa. (Charley, Helen 2006).

El almidón es un importante constituyente de muchos alimentos. Ayuda a formar la consistencia deseada en productos tales como la tapioca y el maíz, salsas de carne y otras, y rellenos suaves de tarta. El almidón es un agente espesante. (Charley, Helen 2006).

El término almidón se utiliza con dos significados diferentes. Ciertos tipos de moléculas son llamadas almidón. En las células de las plantas, estas moléculas de almidón se organizan en paquetes o gránulos microscópicos. Estos gránulos o granos se llaman almidones también. Cuando una receta especifica una cantidad de almidón, se refiere al almidón en forma granular. Las propiedades funcionales del almidón granular en las comidas provienen de la naturaleza de las moléculas de almidón y su organización

única dentro del granulo. Para entender el papel fundamental del almidón en la preparación de los alimentos es esencial cierto conocimiento acerca de las moléculas del almidón y de su disposición. (Charley, Helen 2006)

Las moléculas del almidón son polímeros de los azúcares simples de la glucosa. La glucosa es una hexosa, o sea, un azúcar con 6 átomos de carbono en la molécula. El acumulo de átomos que forma cada molécula de glucosa se encuentra firmemente agrupada. Existen moléculas de glucosa en solución, tanto en los aldehídos como en las estructuras de píranos.. Las dos estructuras de anillo,  $\alpha$ -D-glucosa y  $\beta$ -D-glucosa, difieren solo en la orientación del grupo hidroxilo en el carbono 1. Dos tipos de molécula de almidón son sintetizadas por las plantas. En algunas moléculas, todos los residuos de glucosa están unidos a través del enlace 1,4 como en la maltosa. Dicha molécula lineal del almidón se denomina amilosa. (Charle, Helen 2006)

A diferencia de la amilosa lineal, las moléculas de amilopectina son ramificadas. La ramificación ocurre a intervalos entre 15 y 30 residuos de glucosa. El enlace es estable entre el carbono 1 de la rama y el carbono 6 del residuo de glucosa al que se une la ramificación. Las moléculas de almidón y especialmente amilosa existen en el agua como cadena al azar en presencia de ciertas sustancias grasas o moléculas de yodo, el almidón asume la forma de una hélice, con 6 a 7 residuos de glucosa abarcando cada espiral. El espacio dentro de cada espiral acomoda una molécula de yodo y este complejo hace posible la prueba del yodo para localizar el almidón. El color complejo depende de la longitud de la hélice y por ello, del número de moléculas de yodo involucradas. Si la hélice es larga, el complejo almidón-yodo es azul, si es corta, el complejo es rojo. (Intecap 2009).

El almidón es más comúnmente extraído de maíz, yuca y papa. (Thomas David. 1997).

### **3.8 Efectos del pH**

En general los pH extremos tienden a tener un impacto negativo en la viscosidad por hidrolización y alteran la integridad del granulo de almidón. Sin embargo el pH ambiental puede ayudar a la gelatinización. (Thomas David. 1997).

El almidón, por hidrólisis ácida, puede transformarse en productos con peso molecular menor. El resultado neto del la hidrólisis acida es la viscosidad perdida. (Thomas David. 1997).

### 3.9 Hidrólisis y oxidación del almidón

Los derivados están hechos para el propósito explícito de hacer una solución tan concentrada como sea posible con el almidón, es decir obtener alto rendimiento, para este propósito la estructura del granulo debe ser destruido sin someterse a altas temperaturas o a gelatinización. Esto es preparado con una solución de ácido clorhídrico 2N. La escisión de las moléculas de almidón, catalizadas por el ion hidrogeno, pueden ser reguladas por el tiempo del tratamiento por ejemplo días o semanas. Después de esta inmersión, arriba del 25% del almidón puede ser disuelto en ácido, en su mayoría, en forma de pequeños oligosacaridos. El polvo residual todavía muestra estructura de almidón, pero después de la neutralización está listo para solubilizarse en agua caliente. (Radley, J.A 1976).

Los métodos de escisión son por: hidrólisis acida o enzimática o por oxidación mayormente con hipoclorito de sodio, a pH de 8-9. La elección del método depende del tipo de almidón y del propósito de la aplicación y las concentraciones pueden ser bastante altas (Radley, J.A 1976)

## 4. Glucosa

La glucosa se define como una solución acuosa concentrada y refinada de D(mas) glucosa, maltosa y otros polímeros de D (mas) glucosa obtenidos mediante la hidrólisis parcial controlada del almidón comestible. Por razones técnicas y económicas, la mayor parte de los jarabes de glucosa se producen en la actualidad a partir de almidón de maíz: sin embargo también se usa papa, tapioca y trigo. (Kirk, Ronald. 2002).

Hasta los años 60, el jarabe de glucosa se preparaba exclusivamente mediante hidrólisis ácido, esto producía jarabes con valores de dextrosa equivalente (Termino en que se mide el grado de conversión del almidón D-glucosa) de  $\cdot 0'35$ . Para los jarabes de alto DE la hidrólisis ácida origina la degradación de las azúcares con la formación de compuestos coloridos de sabor amargo. (Kirk, Ronald. 2002).

Un estudio de comparación entre el uso de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico para la obtención de jarabe a partir de la pulpa de banano verde mediante la hidrólisis ácida de sus almidones, reflejó que el ácido clorhídrico permite una mayor obtención de jarabe, ya que este arrojó un porcentaje de rendimiento equivalente al 93.14% frente al 87.11%, alcanzado por el ácido sulfúrico a las siguientes condiciones de hidrólisis: solución de ácido clorhídrico para la hidrólisis igual a 3N, solución de almidón para hidrolizar a una concentración igual al 3%, periodo de hidrólisis igual a 180 minutos.

Los datos arrojados por esta investigación realizada en España mostraron que el producto obtenido contenía un porcentaje de azúcar (glucosa) suficiente para que a nivel macro se puedan producir alrededor de los 5,029 – 10,058 millones de litros de etanol a partir del banano de rechazo de exportación. Los principales países importadores en su orden fueron Bélgica, Estados Unidos, Alemania, Japón y Reino Unido (Cervera Cahuana. 2007).

## 4. Justificación

La inquietud de probar una forma alterna de síntesis de glucosa surge por la necesidad de encontrar otra fuente para su obtención ya que una sola fuente afecta a la población al escasear la planta y fruto utilizado para este fin y ante el inminente desperdicio del banano verde, la hidrólisis ácida del almidón de este fruto puede dar solución a los problemas de costos y abastecimiento de la glucosa.

Al hidrolizar el almidón de forma ácida se obtiene un mayor porcentaje de rendimiento de glucosa ya que de este modo se rompen la mayoría de los enlaces del almidón obteniendo esta última. Se usará ácido cítrico porque es un ácido débil apto para la separación de los enlaces y ya es ampliamente utilizado en alimentos, en este ácido no cabe posibilidad de encontrar contaminantes por metales pesados como se puede dar con otros ácidos y el calentamiento suave favorece la reacción.

El calentamiento leve favorece el rompimiento de enlaces del almidón y permitirá agregar baja cantidad de ácido eliminando la posibilidad de que se convierta en un contaminante.

El beneficio radica en el aprovechamiento de toda la producción del banano inclusive el que no es apto para la exportación, representando un beneficio al sector agrícola como al sector industrial principalmente al farmacéutico y alimenticio.

La contaminación ambiental que causa la manera en que es desechado el banano de sobreproducción es otra cuestión por la que se intenta encontrar utilidad a este.

Con la investigación se quiere demostrar que el producto final de la hidrólisis ácida del almidón de banano de sobreproducción es adecuada para su uso en la industria farmacéutica y alimenticia.

## 5. Objetivos

### 5.1. Objetivo General

- 4.1.1 Verificar si la glucosa sintetizada por hidrólisis ácida del almidón de banano de sobreproducción cumple con las normas USP XXXII (Acidez, Cloruros, Sulfatos, Arsénico, Metales Pesados y Almidón soluble) y Farmacopea Española (identificación y rotación específica) para ser utilizada como materia prima en la fabricación de medicamentos y alimentos

### 5.2. Objetivos Específicos

- 5.2.1 Obtener almidón del banano de sobreproducción, a nivel de laboratorio y evaluar su rendimiento en la síntesis de glucosa.
- 5.2.2 Determinar las características físicas de la glucosa extraída, a partir del almidón de banano de sobreproducción, en base a la USP XXXII (Acidez, Cloruros, Sulfatos, Arsénico, Metales Pesados y Almidón soluble) y Farmacopea Española (identificación y rotación específica).
- 5.2.3 Evaluar las características químicas según los ensayos establecidos en la USP XXXII (Acidez, Cloruros, Sulfatos, Arsénico, Metales Pesados y Almidón soluble) y Farmacopea Española (identificación y rotación específica).

## **6. Hipótesis**

La glucosa obtenida a partir de almidón de banano verde por medio de hidrólisis ácida es adecuada para el uso de la industria farmacéutica y alimenticia.

## 7. Materiales y métodos

### 7.1 Universo

Plantación de banano en Puerto Barrios. Depto Izabal, Guatemala

Muestra: 5 pencas de banano de la plantación de banano de la Finca Santo Tomas.

### 7.2. Materiales

#### 7.2.2 Cristalería

- Beakers de 500 ml
- Varillas de agitación
- Tubos de ensayo
- Crisoles
- Vidrios de reloj

#### 7.2.3 Equipo

- Licuadora
- Embudos
- Papel filtro

### 7.3. Procedimiento:

- Se eliminaron las cáscaras de los bananos verdes (*Musa paradisiaca variedad cavendish*)
- Se trituraron los bananos y se colocaron en solución acuosa de buffer de fosfatos pH 7, 6% de tween y 15% pvp. Para extraer la enzima polifenol oxidasa.
- Se le realizaron lavados con agua desmineralizada para poder extraer completamente la enzima.
- Se gelatinizó el almidón resultante, agregando una solución al 5% de ácido cítrico y calentando a aproximadamente 60°C con agitación manual constante.
- Se calentó en una olla de cocimiento lento por 24 horas a aproximadamente 80°C.
- Se filtró con papel filtro por vacío.
- Se neutralizo con hidróxido de calcio.
- Se agrego alcohol. Aproximadamente el 20% de su volumen.
- Se filtró nuevamente con papel filtro.

- Se eliminó el exceso de alcohol dejándolo por 24 horas en un horno, a 40°C.
- Se enfrió a temperatura ambiente.
- A la solución se le realizaron pruebas para verificar la presencia de glucosa con el test de Benedict, y los respectivos análisis de la USP XXXII. (Wickard,R.1943).

#### 7.4. Pruebas Farmacopeicas

USP XXXII (Acidez, Cloruros, Sulfatos, Arsénico, Metales Pesados y Almidón soluble) y Farmacopea Española (identificación y rotación específica).

##### Dextrosa

- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> · H<sub>2</sub>O 198,17
- D-Glucosa, monohidrato [5996-10-1].
- » La Dextrosa es un azúcar que se obtiene por lo general mediante la hidrólisis de almidón. Contiene una molécula de agua de hidratación o es anhidra. Envasado y almacenamiento— Conservar en envases bien cerrados.
- **Etiquetado**—Etiquetar indicando si es hidratada o anhidra.
- **Identificación**—Agregar unas pocas gotas de una solución (1 en 20) a 5 ml de tartrato cúprico alcalino SR caliente: se forma un precipitado rojo y abundante de óxido cuproso.
- **CARACTERÍSTICAS**  
Líquido viscoso, límpido, incoloro a pardo, miscible con agua. Puede solidificarse parcial o totalmente a temperatura ambiente y se licua de nuevo por calentamiento a 50 °C.  
Color de la solución—Disolver 25 g en agua para obtener 50,0 mL de solución: la solución no posee más color que una solución preparada mezclando 1,0 mL de cloruro cobaltoso SC, 3,0 mL de cloruro férrico SC y 2,0 mL de sulfato cúprico SC con agua hasta obtener 10 mL y diluyendo 3 mL de esta solución con agua hasta obtener 50 mL. Comparar observando las soluciones hacia abajo en tubos para comparación de color contra una superficie blanca.
- Rotación específica (781S): entre +52.68 y +53.28.  
Las mediciones de rotación óptica se realizan a 589 nm y a 258. Cuando se emplea un polarímetro fotoeléctrico, se hace una sola medición corregida por el blanco de disolvente. Cuando se emplea un polarímetro visual, se utiliza el promedio de no menos de cinco determinaciones, corregidas por la lectura del mismo tubo con un blanco de disolvente.
- Solución de prueba: 100 mg por ml, en hidróxido de amonio 0.012 N.
- 281RESIDUO DE INCINERACIÓN

- Procedimiento—Incinerar en un crisol adecuado a  $600^{\circ}+508^{\circ}\text{F}$  durante 30 minutos, enfriar el crisol en un desecador y pesarlo con exactitud. Pesar con exactitud 2g de la sustancia, en el crisol. Humedecer la muestra con una pequeña cantidad (1mL) de ácido sulfúrico y luego calentar suavemente a una temperatura tan baja como sea posible hasta que la sustancia se carbonice. Enfriar; y luego, humedecer el residuo con una pequeña cantidad (1mL) de ácido sulfúrico; calentar suavemente hasta que no se generen humos blancos e incinerar a  $600^{\circ}+508^{\circ}\text{F}$ , hasta que el residuo este completamente incinerado. Asegurarse, durante todo el procedimiento, de que no se produzcan llamas en ningún momento. Enfriar el crisol en un desecador (gel de sílice u otro desecante adecuado), pesar con exactitud y calcular el porcentaje del residuo. Si la cantidad del residuo así obtenido excede el límite especificado en la monografía individual, humedecer incinerar como se indicó anteriormente, usando un período de incineración de 30 minutos, hasta que dos pesadas consecutivas del residuo no difieran en más de 0,5 mg o hasta que el porcentaje del residuo cumpla con el límite establecido en la monografía individual. Realizar la incineración en una campana bien ventilada, pero protegida de las corrientes de aire y a la menor temperatura posible para lograr la combustión completa del carbón. Puede usarse una mufla, si se desea.
- Acidez—Disolver 5.0 g en 50 mL de agua libre de dióxido de carbono. Agregar fenolftaleína SR y valorar con hidróxido de sodio 0,020N hasta que se produzca un color rosado nítido: no se requiere más de 0.30 mL para la neutralización.
- Residuo de incineración (281): no más de 0.1%.
- Cloruros (221)—Una porción de 2.0 g no presenta más cloruro que el correspondiente a 0.50 mL de ácido clorhídrico 0.020N (0.018%).
- Sulfatos (221)—Una porción de 2.0 g no presenta más sulfato que el correspondiente a 0.50 mL de ácido sulfúrico 0.020N (0.025%).
  - Metodo 221 : Cloruros—Disolver la cantidad especificada de la sustancia en análisis en 30 mL a 40 mL de agua o, si la sustancia ya está en solución, agregar agua para obtener un volumen total de 30 mL a 40 mL y, si fuera necesario, neutralizar la solución al tornasol con ácido nítrico. Agregar 1 mL de ácido nítrico y 1 mL de nitrato de plata SR y agua suficiente para obtener 50 mL. Mezclar y dejar en reposo durante 5 minutos protegido de la luz solar directa. A menos que se especifique algo diferente en la monografía correspondiente, comparar la turbidez, si la hubiera, con la producida en una solución que contenga el volumen de ácido clorhídrico 0.020N especificado en la monografía.
  - Sulfatos—Disolver la cantidad especificada de la sustancia análisis en 30 mL a 40 mL de agua, o, si la sustancia ya está en solución, agregar agua para obtener un volumen total de 30 mL a 40 mL y, si fuera necesario, neutralizar la solución al tornasol con ácido clorhídrico. Agregar 1 mL

de ácido clorhídrico 3N, 3 mL de cloruro de bario SR y agua suficiente para obtener 50 mL. Mezclar y dejar en reposo durante 10 minutos. A menos que se especifique algo diferente en la monografía correspondiente, comparar la turbidez, si la hubiera, con la producida en una solución que contenga el volumen de ácido sulfúrico 0,020N especificado en la monografía.

- Arsénico, Método I (211): 1 ppm.
- Método I (221): METODO I Preparación Estándar—Pipetear 3.0 mL de la Solución estándar de Arsénico y transferir a un matraz generador. Diluir con agua hasta obtener un volumen de 35 mL. Preparación de Prueba—Excepto que se indique algo diferente en la monografía individual, transferir al matraz generador la cantidad, en g, de la sustancia de prueba calculada, por la fórmula:  $3.0/L$ , en donde L es el límite de arsénico en ppm; disolver en agua y diluir con agua hasta obtener un volumen de 35 mL. Procedimiento—Tratar la Preparación Estándar y la Preparación de Prueba de la misma manera, tal como se describe a continuación. Agregar 20 mL de ácido sulfúrico 7N, 2 mL de yoduro de potasio SR y 0.5 mL de solución ácida de cloruro estañoso concentrada SR y 1 mL de alcohol isopropílico, y mezclar. Dejar en reposo a temperatura ambiente durante 30 minutos. rellenar el tubo depurador (c) con dos trozos de algodón previamente impregnados con solución saturada de acetato de plomo, exprimidos para eliminar el exceso de solución y secados al vacío a temperatura ambiente, dejando un pequeño espacio de 2 mm entre los dos trozos de algodón. Lubricar las juntas (b y d) con una grasa adecuada para llaves de paso, apropiada para usarse con disolventes orgánicos y conectar la unidad depuradora al tubo de absorción (e). Transferir 3.0 mL de dietilditiocarbamato de plata SR al tubo de absorción. Agregar 3.0 g de cinc granulado a la mezcla del matraz y conectar inmediatamente la unidad depuradora ensamblada y permitir el desprendimiento de hidrógeno y el desarrollo de color a temperatura ambiente durante 45 minutos, agitando el matraz por rotación moderada cada 10 minutos. Desconectar el tubo de absorción de la unidad depuradora y del matraz generador y transferir la solución absorbente a celdas de absorción de 1 cm. La coloración roja producida por la Preparación de Prueba no excederá la producida por la Preparación Estándar. Si fuera necesario o conveniente, determinar la absorbancia a la longitud de onda de máxima absorción entre 535 nm y 540 nm con un espectrofotómetro o colorímetro adecuado, usando dietilditiocarbamato de plata SR como blanco.

- Metales pesados (231)—Disolver 4.0 g en agua para obtener 25 mL de solución: el límite es 5 ppm.  
MÉTODO II Nota—Este método no recupera mercurio.  
~Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3.5—Preparar según se indica en el Método I.  
Preparación Estándar—Preparar según se indica en el Método I. Preparación de Prueba—Usar una cantidad, en g, de la sustancia a analizar calculada por la fórmula:  $2.0/(1000L)$  en donde L es el límite de Metales pesados, expresado como porcentaje. Transferir la cantidad pesada de la sustancia a un crisol adecuado, agregar suficiente ácido sulfúrico para humedecerla e incinerar cuidadosamente a baja temperatura hasta que se carbonice por completo. (El crisol puede estar cubierto con una tapa adecuada no ajustada durante la carbonización). Agregar 2 mL de ácido nítrico y 5 gotas de ácido sulfúrico a la masa carbonizada y calentar con cuidado hasta que ya no se produzcan humos blancos. Incinerar preferiblemente en una mufla, a una temperatura de 5008 a 6008 hasta que el carbón se haya quemado completamente. Enfriar, agregar 4 mL de ácido clorhídrico 6N, cubrir y digerir en un baño de vapor durante 15 minutos, remover la tapa y evaporar lentamente hasta sequedad en un baño de vapor. Humedecer el residuo con 1 gota de ácido clorhídrico, agregar 10 mL de agua caliente y digerir durante 2 minutos. Agregar, gota a gota, hidróxido de amonio 6N hasta que la solución sea alcalina al papel de tornasol, diluir con agua a 25 mL y ajustar con ácido acético 1N a un pH entre 3.0 y 4.0, empleando un papel indicador de pH de intervalo corto como indicador externo. Filtrar si fuera necesario, enjuagar el crisol y el filtro con 10 mL de agua, combinar el filtrado y el enjuague en un tubo de comparación de color de 50 mL, diluir con agua a 40 mL y mezclar. Procedimiento—A cada uno de los tubos que contengan la Preparación Estándar y la Preparación de Prueba, agregar 2 mL de la Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3,5; luego agregar 1,2 mL de tioacetamida-glicerina básica SR, diluir con agua hasta 50 mL, mezclar, dejar en reposo durante 2 minutos y observar hacia abajo sobre una superficie blanca\*: el color de la solución de la Preparación de Prueba no es más oscuro que el de la solución de la Preparación Estándar.
- Almidón soluble, sulfitos—A una solución de 1 g en 10 mL de agua agregar 1 gota de yodo SR: el líquido es de color amarillo.

#### 7.4 Análisis Estadístico

Rendimiento en la síntesis de glucosa a partir del almidón de banano

Se evaluaron las características físicas y químicas de la glucosa sintetizada.

Se usaron los criterios cumplimiento en base a la farmacopea USP XXXII y española en

- Cumple
- No cumple

Se evaluó el proceso de extracción de almidón por medio de su rendimiento en glucosa (%).

Número de repeticiones: 10 extracciones de almidón y síntesis de glucosa cada una.

Análisis: Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del porcentaje de glucosa.

Son ensayos binomiales pues se basa únicamente en los resultados de cumple o no cumple.

Según la tabla de la distribución binomial para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  con  $n=5$  (como mínimo).

Análisis para cada ensayo es una prueba de hipótesis binomial

$H_0$ .  $p \leq 0.5$  no cumple

$H_a$ .  $P > 0.5$  si cumple

Donde  $p$  es la probabilidad de éxito o cumplimiento de todos los ensayos.

$N = 5$ , para rechazar  $H_0$  (hipótesis nula) se espera que cumplan mínimo 5.

Para establecer que la glucosa extraída cumple en los ensayos, todos los análisis deben rendir satisfactoriamente la prueba de hipótesis anterior.

Se trabajo con  $n = 5$

## 8. Resultados

Para poder obtener la glucosa primero se extrajo la enzima polifenol oxidasa que provoca la coloración rojo oscuro en el banano, por medio de una solución de buffer de fosfatos, pvp, y tween 80, con la que se molieron los bananos sin cáscara. Seguidamente fue lavada varias veces con el fin de poder extraer toda la enzima polifenol oxidasa, para dejar el almidón sin restos de ella. Posteriormente se acidificó con una solución al 5% de ácido cítrico y se colocó en una olla de cocimiento lento por 24 horas, luego se filtró con un filtro de manta y se neutralizó con hidróxido de calcio, se agregó alcohol etílico para precipitar el exceso de hidróxido de calcio si lo había. Luego se concentró en el horno a 40°C durante 24 horas. El mismo procedimiento se realizó en cinco ocasiones para establecer la repetibilidad.

**Tabla No. 1 Rendimiento de la glucosa obtenida**

<b>Muestra</b>	<b>Rendimiento en %</b>
1	8.8584
2	8.8224
3	8.3200
4	8.8584
5	8.8584
Promedio	43.7176

Fuente: Datos experimentales. Ver cálculos en los anexos

**Tabla 2. Pruebas realizadas a las 5 muestras de obtenidas y sus resultados.**

Prueba	No. De muestras que satisfacen los requerimientos	Parámetros	Cumple / No cumple	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Identificación de glucosa	5	Precipitado rojo es formado	Cumple*	Precipitado rojo es formado		
Presencia de Sulfatos	5	2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 5 ml de ácido sulfúrico 0.020 N (0.47 g de sulfato)	Cumple*	0.3538 g	0.0591	0.1670
Presencia de Cloruros	5	2.0 g no muestra más cloruro del q puede tener 0.5 ml de ácido clorhídrico 0.020N (0.3645 g)	Cumple*	0.2517 g	$1.88 \times 10^{-3}$	$7.49 \times 10^{-3}$
Presencia de Arsénico	5	No más de 1 ppm	Cumple*	0.031 ppm	0.0229	0.7387
Presencia de Metales Pesado	5	No más de 1 ppm	Cumple*	0.284 ppm	0.03595	0.1266
Color de la Solución	0	No posee más color que el estándar	No cumple	Posee más color que el estándar		
Acidez	4	No requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio 0.020N, para neutralizar	No cumple	pH 6.4 / se gastó 0.25 ml	0.1302	0.5210
Residuos por ignición	0	No más del 0.1%	No cumple	2.7536 %	0.0332	0.0121

Rotación específica	4	52.68 – 53.28	No cumple	52.742	0.1204	$2.2828 \times 10^{-3}$
Almidones solubles	0	Líquido color amarillo	No cumple			

Fuente de datos experimentales

\*  $P=0.0313$

En la prueba de identificación de glucosa las muestras obtenidas cumplieron con los parámetros, establecidos por la farmacopea española comprobando de esta forma que lo obtenido de la hidrólisis ácida del almidón de banano de sobreproducción es glucosa.

En la prueba de presencia de sulfatos, se cumple al no mostrar ninguna de las muestras más de 0.47 g de sulfatos en 2.0 gramos de muestra según el parámetro establecido por USP XXXII, verificando que la cantidad de sulfatos presentes en éstas no excedan los límites establecidos que hacen la glucosa apta para consumo humano, animal y utilizable en la industria. Las muestras tienen un promedio de 0.3538 g, las muestras pueden variar por 0.0591 de la media y el coeficiente de varianza 0.1670 lo que indica que son de baja varianza, es decir no tienen a cambiar drásticamente.

De la misma forma que la prueba anterior, la presencia de cloruros cumple, al no poseer más 0.3645g de cloruros por cada 2.0 g de muestra y se comprueba la ausencia o los bajos límites de cloruros para uso industrial. Las muestras tienen un promedio de 0.3538 g, las que pueden variar por 0.00188 de la media y el coeficiente de varianza 0.00749 lo que indica que son de baja variación, es decir no tienden a cambiar drásticamente.

Las pruebas de Arsénico y Metales Pesados se deben realizar, ya que estos pueden ser contaminantes altamente tóxicos, los resultados revelan que en ambas pruebas no se excede de más de 1ppm permitida. La media para la prueba del arsénico es de 0.031 ppm, que se encuentra muy por debajo del límite, la desviación estándar en éste caso es de 0.0229 que revela cuanto puede variar cada muestra de la media y el coeficiente de variación es de 0.7387 que dice la proporción que varía, de la misma forma se tienen los datos para metales pesados los cuales son 0.284 ppm como media obtenida, 0.03595 es su desviación estándar

Las pruebas antes mencionadas tienen un cumplimiento significativo con un valor de  $p=0.0313$ .

## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La glucosa obtenida se extrajo utilizando ácido cítrico para romper los enlaces glucosídicos del almidón para poder obtener la glucosa, el procedimiento inicial incluía ácido sulfúrico y clorhídrico, pero por ser estos ácidos fuertes su neutralización era agresiva y costosa. Se extrajo la enzima polifenol oxidasa que provoca la coloración rojo oscuro en el banano, por medio de un buffer de fosfatos, pvp, y tween 80, posteriormente fue lavada varias veces con el fin de poder extraer toda la enzima para dejar el almidón sin restos de ella, posteriormente se acidificó con una solución al 5% de ácido cítrico y se colocó en una olla de cocimiento lento por 24 horas, este fue el tiempo necesario para que la hidrólisis se llevara a cabo completamente, pues al realizar la prueba por 12 horas no eran suficientes para conseguir la hidrólisis total. Luego se filtró con manta y se neutralizó con hidróxido de calcio, que fue con el que se pudo neutralizar de mejor manera, se intentó con bicarbonato de sodio y carbonato de calcio pero no se pudieron seguir utilizando porque provocaban muchas burbujas y espuma. Se agregó alcohol etílico para precipitar la saturación de cal, eso se logra por su baja solubilidad en alcohol. Luego se concentraba en el horno a 40°C durante 24 horas.

El rendimiento mostrado no es bajo si se toma en cuenta que teóricamente cada 100 g de banano verde contiene 28.7 g de carbohidratos, y que si se toma como referencia que los bananos tuvieran 11 días de maduración y el dato teórico de porcentaje contenido en los bananos de azúcares reductores es del 15.31% los porcentajes son altos.

Los resultados obtenidos por los análisis realizados a la glucosa extraída del almidón de banano de desecho, dan a conocer el grado de pureza que se obtuvo, lo cual no satisfizo en su totalidad las especificaciones de la USP XXXII y Farmacopea Española utilizada, al no cumplir con 5 pruebas de las 10 realizadas. Dado que los criterios son que si una prueba no cumple se debe rechazar la muestra extraída y si una sola muestra no cumplía, no era posible aceptar las demás.

Lo anterior nos lleva a decir que la pureza de la dextrosa obtenida no cumple con los requisitos de la USPXXXII por lo que no es apta para su uso en la industria.

En la prueba de sulfatos se obtuvieron resultados satisfactorios, para la primera, segunda, tercera y quinta extracción el resultado se encuentra por debajo del límite permitido, es decir que cumple con los parámetros (2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 5 ml de ácido sulfúrico 0.020N es decir 0.47g de sulfato) estipulados, en la cuarta extracción se obtuvo un resultado justo sobre el límite permitido,(véase anexos Tabla No.2) lo que indica que existió una ligera contaminación, que se podría derivar por los químicos utilizados en la extracción de la dextrosa, como el ácido cítrico que posee sulfatos en menos de 10 ppm (véase Anexo 2, Certificado de Análisis).

La cal por ser cal comercial, adquirida en una ferretería no posee los certificados de calidad y el resto de los reactivos fueron eliminados en el proceso, por lo que no se consideran interferentes.

En la prueba de cloruros todas las extracciones cumplieron con los parámetros establecidos (2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 0.5 ml de ácido clorhídrico 0.020N es decir 0.3645 g de), lo que indica que no existen contaminantes que contengan cloro y que la presencia de cloro que pudo aportar el ácido cítrico no represento un cambio significativo para estar fuera del rango de los parámetros aceptados en la USP.

De la misma forma las pruebas de arsénico y metales pesados cumplen con los parámetros (nomás de 1 ppm en ambas pruebas) y lo que nos permite establecer la ausencia de contaminantes altamente tóxicos para la salud del ser humano.

En el caso de la acidez la primera muestra no cumplió con los parámetros (no se requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio 0.020N para neutralizar), mostrándose ligeramente más ácida que lo permitido, ya que necesito 0.5 ml de hidróxido de sodio 0.020N para neutralizarse esto pudo suceder por una precipitación del  $\text{Ca(OH)}_2$  en el proceso de reconcentración de la muestra, por una sobresaturación de la solución, y con una sólo muestra que no cumpliera con los parámetros debía reportarse como no cumple.

En los residuos por ignición ninguna de las muestras cumplió con los parámetros requeridos (no más del 0.1%), pudiendo ser motivos de dichos resultados, que al hacer las pruebas por ser esta orgánica se convierta en carbón y provoque que resulten más residuos de los esperados, por otra parte, en el proceso de extracción se utilizó hidróxido de calcio para la neutralización de la solución final, este reactivo utilizado tiene la capacidad de dejar pequeñas partículas suspendidas que al eliminar la solución pueden ser parte de los residuos pues este ya no cambia su composición solamente sedimenta. A lo anterior se le puede agregar los otros contaminantes que se pueden derivar del agua utilizada, algunos otros componentes de la extracción como algunas proteínas, enzimas y la misma glucosa que provoquen el contaminante.

En la coloración de la solución ninguna de las muestras cumplió con los parámetros (no posee más coloración que el estándar) ya que estas presentaron más coloración que el estándar de comparación, lo cual indica que existe la presencia de un contaminante que se oxida y provoca esa coloración a la solución, el cual podría ser la presencia de pequeñas cantidades de la enzima extraída al inicio que provoque dicha coloración.

En la rotación específica la única muestra que está por debajo del límite (52.68 – 53.28) ligeramente es la primera muestra, que puede deberse a que ésta esté más diluida que las otras muestras.

En la presencia de almidón soluble si se lee e interpreta como es requerido en la USP XXXII, las muestras no cumplen ya que no poseen almidones solubles, y no poseen almidones insolubles tampoco. Pero para fines del estudio cumplió, ya que lo que se persigue era el rompimiento de los enlaces del almidón en su totalidad, por ende no pueden existir almidones solubles ni insolubles porque no hay presencia de almidones.

Ya que los resultados de las pruebas de la Farmacopea Española y USP XXXII son: cumple/no cumple, el ensayo es binomial por lo que se permitía un mínimo de 5 muestras para las pruebas y todas debían cumplir con los requisitos para que la hipótesis fuera aprobada, se realizó el mínimo de muestra, es decir 5.

## 10. Conclusiones

- 10.1 Se obtuvo dextrosa a partir de almidón de banano de sobreproducción.
- 10.2 El rendimiento obtenido de la glucosa (43.7176%) es alto si se le compara con el contenido inicial de almidón del cual se derivó (teóricamente 90%).
- 10.3 La dextrosa obtenida no puede ser utilizada para fines industriales ya que no cumple con todos los parámetros requeridos por la farmacopea USP XXXII y Farmacopea Española.
- 10.4 Se encontraron bajas cantidades tanto de sulfatos como de cloruros en las 5 muestras analizadas.
- 10.5 Las extracciones son seguras de niveles de contaminantes tóxicos como el arsénico y cualquier metal pesado encuentran considerablemente por debajo del límite máximo permitido.
- 10.6 Debido a la falta de presencia de almidón soluble e insoluble, se concluye que todo el almidón fue hidrolizado para la formación de glucosa.

## **11. Recomendaciones**

- 11.1 Se deberá realizar varias extracciones de la misma época, para verificar si existen variantes dependiendo del mes que se coseche el fruto.
- 11.2 La enzima polifenol oxidasa que hace que el banano cambie de color, por la reacción que tiene esta con el oxígeno, al oxidarse cambia su color a un color pardo cuando este se encuentra sin cáscara, podría utilizarse en algunos procesos de maduración
- 11.3 Investigar en que procesos se puede utilizar la enzima extraída.

## 12 Bibliografía

- Alba, Carlos Augusto et al. (2008) Ciencia, Tecnología e industria de alimentos. (1era edición). Bogotá, Colombia. Editorial Grupo latino editores.
- Amad, Oriol, Contabilidad y Gestión de Costos Oriol Amad, Pilar Soldevilla – Barcelona:-- Ediciones Gestión 2000, S.A.,2002.--270p.
- Arias, Pedro et al. (2004) La economía mundial del banano organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación roma, <http://www.fao.org> publicado producido por: departamento económico y social. Boter Maupi, Fernando. Curso de Contabilidad. Maupi.--Barcelona: [s.n] 1923.-- 203p
- Cervera Cahuana. (2007)Obtencion de jarabe a partir de la pulpa de banano verde, mediante la hidrólisis acida de sus almidones aplicando ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. Departamento de ingeniería Química Facultad de Ingeniería, Universidad del Atlantico.
- Cervera Oliver, Mercedes y Romano Aparicio, Javier (1989), Introducción a la Teoría de los Costos. Concepto Actual de Contabilidad. España .
- Charley Helen (2006) Tecnología de alimentos procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos México limusa noriega editores pp 742.
- Emigdia Flores-Gorosquera et al. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de musa paradisiaca. Yauatepec, Morelos, México. Estudio en planta piloto Centro de Desarrollo de Productos Bióticos.
- Hernandez, Luz Marina. (2009) El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional. revista del colegio de Farmaceuticos Estado de Merida, Vol II Venezuela Año 13. septiembre.
- Hernández, Luz Marina, Patricia Vit 1y 2 Asignatura tecnología de los alimentos, Facultad de

Farmacia y Bioanálisis Universidad Los Andes, Mérida Venezuela.

Incap (febrero 2009 ) “tabla de composición de alimentos de C. A” (segunda edición)

INCAP (2006) “tabla de composición de los alimentos de centro america” (edición especial segunda edición) Guatemala editorial Serviprensa S.A .

J.A. Radley (1976) Examination an Analysis of starch and starch product. London. Applied sciece. Publicer ltd., pp 203

J. Champion. 1978 El Platano. Barcelona España. Editorial Blums.

Leon Batardon,. Elementos de Contabilidad . Barcelona: Ed Labor, 1945.--165p

Louise Daniel. Et al (1967) “laboratory experiments in biochemistry New York USA editorial Dual Printing. Bufalo

Martínez Díaz, José Gilberto (2005) “Evaluación De La Incidencia De Problemas Metabólicos, Mastitis Y Diarrea En Vacas Alimentadas Con Dietas A Base De Banano Verde De Desecho En Una Finca Leche Especializada Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia Escuela De Medicina Veterinaria Guatemala.

Pamplona Roger, Jorge D.. (Octubre 2002) Enciclopedia de los alimentos y su poder curativo. (1ª. Edición ) Tomo 2. Editorial Safeliz.,

Porras López, Flor Dinorah. (agosto 2004) Determinación del perfil metabólico hepático y síntomas en vacas Jersey suplementadas con banano verde de rechazo Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de medicina veterinaria y zootecnia.

R. Wickard (1943) “Drying and Rehydration of foods editorial Reinhold Publisng Corporation, New York USA

Real Farmacopea Española (Julio 2011) 4º edición. España

Ronald. S. Kirk et al. (2002) Composición y análisis de alimentos de pearson. (Segunda edición en

español cuarta impresión) México. Compañía editorial continental pp 762.

Thomas, David J and William (1997) at well “Starches” St Paul Minnesota USA practical guides for food industry .

USP 32 The united States Pharmacopia NF The National Formulary. Editorial Twin brook karkway, Rockville. Md. Pp 12000

Zamora Zamora, Nancy J (2006) Determinación de la energía metabolizable verdadera de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la alimentación de aves. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina y Zootecnia.

## ANEXOS

## ANEXO 1

Tabla No 1 Identificación de glucosa

Muestra	Parámetros	No. de repeticiones	Resultado	Resultado
1	Precipitado rojo es formado	3	Precipitado rojo es formado	Cumple
2	Precipitado rojo es formado	3	Precipitado rojo es formado	Cumple
3	Precipitado rojo es formado	3	Precipitado rojo es formado	Cumple
4	Precipitado rojo es formado	3	Precipitado rojo es formado	Cumple
5	Precipitado rojo es formado	3	Precipitado rojo es formado	Cumple

Tabla No. 2 Presencia de Sulfatos

Muestra	Parámetros	No. de repeticiones	Resultado en g	Resultado
1	2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N (0.47 g de sulfato)	3	0.3242	cumple
2	2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.3264	cumple
3	2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.3240	cumple

4	2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.4700	cumple
5	2.0 g no muestra más sulfato del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.3242	cumple
Promedio			0.3538	
	Desviación Estándar		0.0591	
	Coefficiente de variación		0.1670	

Tabla No. 3 Presencia de Cloruros

Muestra	Parámetros	No. de repeticiones	Resultado en g	Resultado
1	2.0 g no muestra más cloruro del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N (0.3645 g)	3	0.2514	cumple
2	2.0 g no muestra más cloruro del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.2532	cumple
3	2.0 g no muestra más cloruro del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.2512	cumple
4	2.0 g no muestra más cloruro del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico 0.020N	3	0.2514	cumple
5	2.0 g no muestra más cloruro del que puede tener 0.5 ml de ácido sulfúrico	3	0.2514	cumple

	0.020N			
Promedio			0.2517	
	Desviación Estándar		1.88x10-3	
	Coefficiente de variación		7.49x10-3	

Tabla No. 4 de Arsénico

Muestra	Parámetros	No. de repeticiones	Resultado en ppm	Resultado
1	1 ppm	3	0.03	Cumple
2	1 ppm	3	0.06	Cumple
3	1 ppm	3	0.03	Cumple
4	1 ppm	3	0.07	Cumple
5	1 ppm	3	0.06	Cumple
Promedio			0.031	Cumple
Desviación Estándar			0.0229	Cumple
Coefficiente de Variación			0.7387	Cumple

Tabla No. 5 Presencia de Metales Pesados

Muestra	Parámetros	No. de Repeticiones	Resultado en ppm	Resultado
1	No más de 1ppm	3	0.3	Cumple
2	No más de 1ppm	3	0.2	Cumple
3	No más de 1ppm	3	0.27	Cumple
4	No más de 1ppm	3	0.3	Cumple
5	No más de 1ppm	3	0.35	Cumple

Promedio			0.284	
Desviación Estándar			0.03595	
Coefficiente de variación			0.1266	

Tabla No. 6 Color de solución

Muestra	Parámetros	No. de Repeticiones	Resultado	Resultado
1	No posee más color que el estándar	3	Posee más color que el estándar	No cumple
2	No posee más color que el estándar	3	Posee más color que el estándar	No cumple
3	No posee más color que el estándar	3	Posee más color que el estándar	No cumple
4	No posee más color que el estándar	3	Posee más color que el estándar	No cumple
5	No posee más color que el estándar	3	Posee más color que el estándar	No cumple
Promedio	No posee más color que el estándar		Posee más color que el estándar	No cumple

Tabla No. 6 Acidez

Muestra	Parámetros	No. de Repeticiones	Resultado	Resultado
1	No se requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio 0.020 N, para neutralizar	3	0.5 ml	No cumple
2	No se requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio	3	0.2 ml	cumple

	0.020 N			
3	No se requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio 0.020 N	3	0.1 ml	cumple
4	No se requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio 0.020 N	3	0.3 ml	cumple
5	No se requiere más de 0.3 ml de hidróxido de sodio 0.020 N	3	0.2 ml	cumple
Promedio			0.25	Cumple
Desviación estándar			0.1302	
Coefficiente de variación			0.5210	

Tabla No. 7 Residuos por Ignición

Muestra	Parámetros	No. de repeticiones	Resultado en %	Resultado
1	No más del 0.1%	3	2.7379	No cumple
2	No más del 0.1%	3	2.8017	No cumple
3	No más del 0.1%	3	2.7077	No cumple
4	No más del 0.1%	3	2.7564	No cumple
5	No más del 0.1%	3	2.7644	No cumple

Promedio			2.7536	
Desviación estándar			0.0332	
Coefficiente de variación			0.0121	

Tabla No. 8 Rotación específica

Muestra	Parámetro	Resultado
1	52.68 a 53.28	52.60
2	52.68 a 53.28	52.96
3	52.68 a 53.28	52.76
4	52.68 a 53.28	52.70
5	52.68 a 53.28	52.69

Tabla No. 9 Presencia de almidones solubles

Muestra	Parámetros	Presencia de almidones solubles	Resultado
1	Líquido color amarillo	No	No cumple
2	Líquido color amarillo	No	No cumple
3	Líquido color amarillo	No	No cumple
4	Líquido color amarillo	No	No cumple
5	Líquido color amarillo	No	No cumple

## Cálculos

### Extracción de Almidón de Banano de Sobreproducción

Solución para la extracción de almidón de banano de sobreproducción

Buffer de Fosfatos 0.2M:

A:  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  = Disolver 27.6g en Agua destilada hasta 1 L.

B:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  = 35.6 g en Agua destilada hasta 1 L.

195 ml de solución A + 305 ml de solución B y agregar 500 ml de Agua destilada para 1L.

PVP: utilizar un 6% =  $\frac{6\text{g}}{100\text{ml}} * \frac{1000\text{ml}}{1\text{L}} = 60\text{g}$ .

Tween 80: utilizar un 3% =  $\frac{3\text{ml}}{100\text{ml}} * \frac{1000\text{ml}}{1\text{L}} = 30\text{ml}$ .

**Gramos de glucosa resultante a partir de la hidrólisis ácida de almidón.**

Se calcula la concentración por peso específico a 25°C en un volumen de 25ml.

Peso del Picnómetro vacío 27.7806 g

Peso del picnómetro con agua 37.6006g

Densidad relativa de la glucosa en g/ml

Formula = Picnómetro con muestra – Peso vacío / Picnómetro con agua – Peso vacío

Muestra 1 Peso del picnómetro con muestra 38.6543 g

$$\Delta 1 = \frac{38.6543 - 27.7806}{37.6006 - 27.7806} = 1.1073 \text{ g}$$

$$37.6006 - 27.7806$$

Muestra 2 Peso del picnómetro con muestra 38.6097g

$$\Delta 2 = \frac{38.6097 - 27.7806}{37.6006 - 27.7806} = 1.1028 \text{ g}$$

$$37.6006 - 27.7806$$

Muestra 3 Peso del picnómetro con muestra 38.6406 g

$$\Delta 3 = \frac{38.6406 - 27.7806}{37.6006 - 27.7806} = 1.0400 \text{ g}$$

$$37.6006 - 27.7806$$

Muestra 4 Peso del picnómetro con muestra 38.6545 g

$$\Delta 4 = \frac{38.6545 - 27.7806}{37.6006 - 27.7806} = 1.1073 \text{ g}$$

$$37.6006 - 27.7806$$

Muestra 4 Peso del picnómetro con muestra 38.6542 g

$$\Delta 5 = \frac{38.6542 - 27.7806}{37.6006 - 27.7806} = 1.1073 \text{ g}$$

$$37.6006 - 27.7806$$

**Para 5 soluciones de extracciones de 500 ml****Fórmula**

**Densidad relativa \* 500 ml = Peso del volumen total de la muestra**

**25ml**

Muestra 1

$$\frac{1.1073 \text{ g} * 500 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} = 22.146 \text{ g}$$

25ml

Muestra 2

$$\frac{1.1028 \text{ g} * 500 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} = 22.056 \text{ g}$$

25ml

Muestra 3

$$\frac{1.0400 \text{ g} * 500 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} = 20.8 \text{ g}$$

25ml

Muestra 4

$$\frac{1.1073 \text{ g} * 500 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} = 22.146 \text{ g}$$

25ml

Muestra 5

$$\frac{1.1073 \text{ g} * 500 \text{ ml}}{25 \text{ ml}} = 22.146 \text{ g}$$

**Porcentaje de Rendimiento de Glucosa resultante de la Hidrólisis a partir del Almidón de Banano de Sobreproducción**

**Resultando 500 ml de solución**

g de almidón iniciales → 100%

g resultantes → X %

$$\text{Fórmula: } \frac{\text{g resultantes} * 100\%}{250 \text{ g de almidón}} = X\%$$

Muestra 1:

$$X_1: \frac{22.146 \text{ g} * 100\%}{250 \text{ g}} = \mathbf{8.8584\%}$$

Muestra 2:

$$X_2: \frac{22.056 \text{ g} * 100\%}{250 \text{ g}} = \mathbf{8.8224\%}$$

Muestra 3:

$$X_3: \frac{20.8 \text{ g} * 100\%}{250 \text{ g}} = \mathbf{8.3200\%}$$

Muestra 4:

$$X_4: \frac{22.146 \text{ g} * 100\%}{250 \text{ g}} = \mathbf{8.8584\%}$$

Muestra 5:

$$X_5: \frac{22.146 \text{ g} * 100\%}{250 \text{ g}} = \mathbf{8.8584\%}$$

**ANEXO 2**



# WEIFANG ENSIGN INDUSTRY CO., LTD.

No. 1567, Changsheng Street, Changle, Weifang, Shandong, China

Tel: +86-536-6298198 Fax: +86-536-6234587

## Certificate of Analysis

Product: Citric Acid Anhydrous

30-100 MESH

Molecular Formula:  $C_6H_8O_7$

Date: AUG.20.2012.

CAS No.: 77-92-9

Production Date: JUN.2012

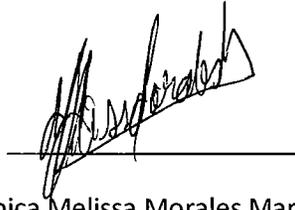
Expiry Date: JUN.2014

Batch No.:2AX1206042

ITEM	UNIT	Quality Standards	Analysis Results
Description	----	White Crystalline Powder, Colorless Crystals or Granules	Pass
Identification	----	Pass Test	Pass
Appearance of Solution	----	Pass Test	Pass
Assay	%	99.5~100.5	99.76
Sulphate	PPM	$\leq 150$	<10
Oxalate	PPM	$\leq 100$	<10
Chloride	PPM	$\leq 50$	<5
Heavy Metal (as Pb)	PPM	$\leq 5$	<1
Calcium	PPM	$\leq 75$	<10
Iron	PPM	$\leq 5$	<1
Sulphated Ash	%	$\leq 0.05$	0.02
Moisture	%	$\leq 0.5$	0.1671
Readily Carbonisable	----	Not Darker than Standard	Pass
Lead	PPM	$\leq 0.5$	<0.1
As	PPM	$\leq 1$	<1
Mercury	PPM	$\leq 1$	<1
Aluminum	PPM	$\leq 0.2$	<0.2
Barium	----	Pass	Pass
Bacteria Endotoxin	IU/ mg	<0.5	<0.1
Volatile Organic Impurities	----	Pass	Pass
Tridodecylamine	mg/kg	$\leq 0.1$	<0.1
Ultraviolet Absorbance	----	Pass	Pass

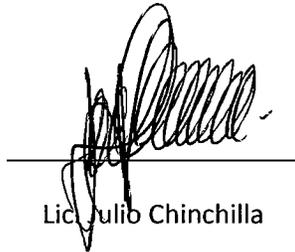
Conclusion: The product is in conformity with BP/USP/FCC/E330.

Signature & Stamp:



Mónica Melissa Morales Martínez

Autora



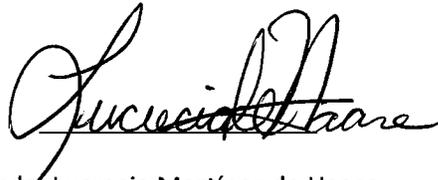
Lic. Julio Chinchilla

Asesor



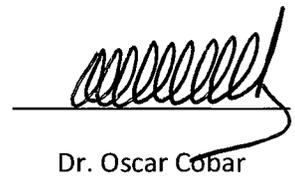
Licda. Aylin Santizo

Revisora



Licda. Lucrecia Martínez de Haase

Directora de Escuela de Química Farmacéutica



Dr. Oscar Cobar

Decano

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia