

RESUMEN

El presente trabajo está dirigido a la obtención de alcohol a partir de banano maduro de descarte, en el departamento de Tarija, así como también realizar análisis fisicoquímicos a la materia prima y al producto final.

La materia prima banano maduro se obtiene en la zona del Mercado Campesino de la ciudad de Tarija, del señor Juan Márquez, quien se dedica a la comercialización del mismo al por mayor, de ahí que se generan considerables cantidad de desechos.

El proceso de obtención de alcohol a partir de banano maduro de descarte se realizó por medio de un proceso de fermentación, utilizando fermentadores diseñados con baldes de plástico con cierre hermético, adaptando dos salidas, una en la parte superior del balde, para la salida de los gases que se generan como dióxido de carbono y otra en la parte baja, para la toma de muestra y hacer las mediciones correspondiente de azúcar, pH y luego un proceso de destilación para concentrar el alcohol obtenido por medio de un equipo de destilación simple. Esto con la finalidad de determinar los parámetros óptimos de todo el proceso de obtención, tanto para encontrar la mayor conversión de azúcares en alcohol, así como también el tiempo de destilación.

Las pruebas de destilación se realizan en el Laboratorio de Química de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” y por medio de análisis fisicoquímicos realizados en el Laboratorio de Análisis Investigación y Desarrollo CEANID, determinando parámetros fisicoquímicos de materia prima como proteínas, azúcares totales, cenizas, humedad; así también del producto final, realizando análisis fisicoquímicos de acidez, azúcares, pH, grado alcohólico.

Se puede observar en la etapa de fermentación y de acuerdo al diseño factorial planteado, que las variables tomadas en cuenta que son Tiempo de fermentación y Grados Brix, el Tiempo de fermentación es una variable significativa de acuerdo al análisis de Varianza ANOVA, dando a entender por la ecuación matemática determinada que a mayor tiempo de fermentación mayor serán los grados Gay Lussac (grado alcohólico) que se obtenga, ya que en los 10 días de fermentación se tiene una mayor conversión de azúcares del banano en alcohol. Así mismo en la destilación, se realiza un diseño factorial para determinar las variables óptimas de este proceso, en las cuales se toman en cuenta como variables el tiempo y la temperatura de destilación, dando como resultado en el análisis

de varianza ANOVA que el tiempo es una variable significativa, dando a entender con la ecuación matemática obtenida que a mayor tiempo de destilación se obtiene menor grado alcohólico pero mayor cantidad de destilación, siendo 2 horas mínimas a la que se obtienen 20°GL. La medición de los grados Gay Lussac (°GL), se realiza con un alcoholímetro a condiciones de temperatura ambiente.

Para conocer más los azúcares que son fermentecibles en el proceso, se solicitó la ayuda en la caracterización del fruto banano maduro al ingeniero Ismael Acosta (Encargado del Herbario de la Universidad “Autónoma Juan Misael Saracho”), quien con su apoyo se pudo conocer la taxonomía y morfología del fruto haciendo la experimentación en el laboratorio de suelos que dispone la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, también se tomaron fotografías microscópicas del azúcar presente en el banano, siendo de mucha ayuda y comprensión, para la realización y conclusión del presente trabajo.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El banano (musa paradisíaca) es una de las plantas más cultivadas y más antigua en el mundo. Hace más de tres mil años, que se menciona en escritos chinos como uno de los primeros alimentos del hombre primitivo. Los antiguos lo llaman “fruto de los hombres sabios” (musa paradisiaca). Dada sus cualidades nutricionales superiores. (Soto, M. 1992).

El fruto del banano tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse por completo, de 7 a 30 cm de largo y hasta 5 de diámetro, que forma un racimo compacto, la pulpa es blanca a amarilla, rica en almidón y dulce. . (Soto, M. 1992).

La fruta de banano contiene 60% de pulpa y 40% de cáscara, es decir que de una caja de banano de 18.14 kg se desperdician 7.25 kg como cáscara. (Soto, M. 1992).

El banano es una fruta que se consume bastante en países del Caribe, Centroamérica, y Sudamérica. En Bolivia, sobre todo, se cultiva en la zona oriental, en el Chapare de Cochabamba, en Alto Beni, en los Yungas y Caranavi de La Paz, con una producción anual bastante alta, en la gestión 2007 exportó más de 8.9 millones de dólares en banano, siendo sus principales mercados Argentina, Chile, Suiza y Nueva Zelanda. Actualmente existen 63895 hectáreas cultivadas de este producto. De acuerdo a datos de la revista mensual "Exportemos", de la Cámara Nacional de Exportadores de Bolivia (CANEB) y el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), Bolivia registra actualmente 63.895 hectáreas cultivadas de banano. (IBCE, 2000).

FIGURA i-1. PROYECCIÓN DE EXPORTACIÓN BOLIVIANA DE BANANO EN DÓLARES

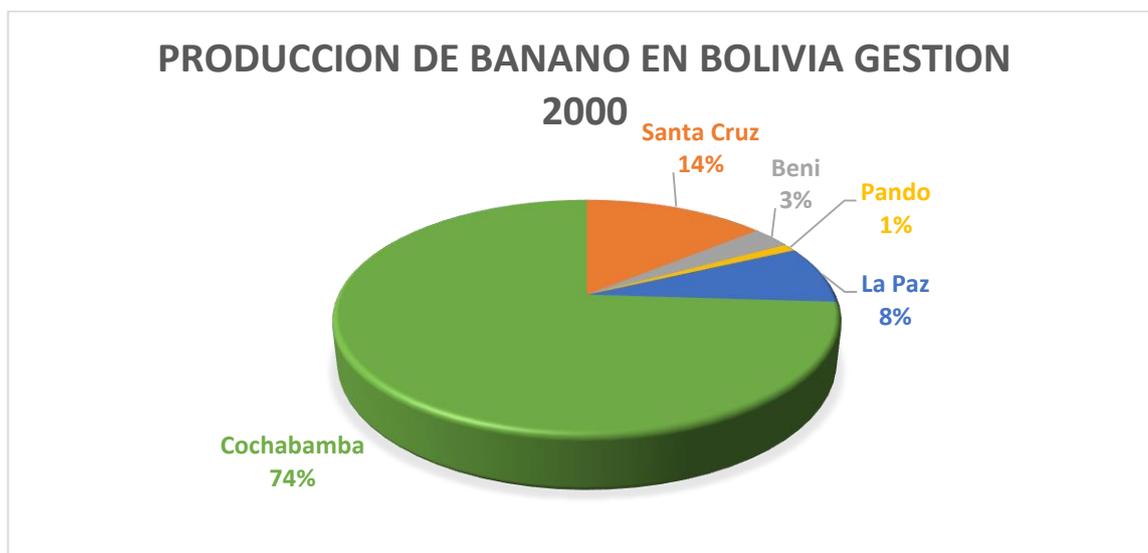


Fuente: IBCE, 2000.

La zona de mayor producción es el trópico de Cochabamba, (según la Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería), cubriendo el mercado regional, nacional, y el mercado internacional en pequeña escala.

En la figura i-2 se puede denotar la producción de banano por departamentos en Bolivia

FIGURA i-2. PRODUCCIÓN DE BANANO POR DEPARTAMENTOS GESTIÓN 2000



Fuente: IBCE, 2000.

Bolivia es un país tercermundista por lo que es lógico esperar una baja industrialización, aunque con el pasar de los años, se confirma que va por un buen

camino la industrialización de las pequeñas, medianas y grandes empresas. Aun así los departamentos que empezaron a surgir industrialmente son Santa Cruz, La Paz y Cochabamba, Tarija si bien cuenta con algunas industrias estas son escasas.

El hecho de dar un valor agregado a un producto industrialmente como es el banano maduro de descarte (cáscara y pulpa), tiene efectos positivos a nivel regional y nacional. Las pérdidas que se generan por la sobre madurez del banano son considerables. Esto no solo para empresarios, sino también para agricultores que encuentran en la industria un mercado seguro para sus productos, además de los empleos que se originan como consecuencia de la industria.

El agricultor se ve afectado en periodos específicos debido al bajo precio que alcanzan estos productos en el mercado a consecuencia de la abundancia del producto. Esto conlleva a que la fruta se acumule y se descomponga o a que los agricultores dejen de cosechar hasta que suba nuevamente el precio del producto en el mercado.

Debido a la creciente necesidad y al cambio global que se está presentando, se busca cualquier oportunidad de reutilización de los residuos para fortalecer su capacidad de mejoramiento continuo, como se sabe las nuevas tendencias que se buscan en el sector de los combustibles es buscar nuevas oportunidades para la obtención de combustibles amigables con el medio ambiente.

Por esta razón nuestra atención se centra en el sector bananero ya que luego de realizar el corte del fruto se acumula una gran cantidad de materia vegetal que se utiliza para consumo interno porque no cumple con las normas estrictas de exportación, a pesar de aprovechar esa materia vegetal, aun así quedan residuos el cual se podría utilizar para la producción de alcoholes, aprovechando cáscara y pulpa, toda la fruta en sí.

La lignocelulosa es la biomasa renovable más abundante proveniente de la fotosíntesis, posee potencial de ser una fuente de químicos y carbohidratos como el etanol sostenible.

El banano es una materia prima apta para la obtención de etanol. Esto se puede corroborar en los aprovechamientos que realizaron en Perú, las estudiantes Alexandra Cordero y Leyla Gamonal, estudiantes del colegio San Agustín de Santa

Anita, ganadoras de la feria escolar Eureka 2014 organizada por el CONCYTEC Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación Técnica Lima noviembre de 2014.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=f-t2rdeKtLo>

Ellas demostraron que sí es posible la obtención de etanol a partir de cáscara de banano maduro, por este motivo también se aprovechara tanto cáscara como la pulpa para mejorar los rendimientos del proceso.

El banano presenta un alto contenido de carbohidratos (aproximadamente 20% de su peso) aptos para procesos fermentativos, los mismos están encaminados a la producción de etanol a partir de la cáscara como de la pulpa (Sierra D. M., 2007).

El banano maduro es un alimento muy nutritivo, cuenta con gran cantidad de hidratos de carbono dotando de energía a nuestro organismo por su rápida digestión, su riqueza de potasio y debido a su textura es ideal para niños, deportistas y ancianos, ayuda a la eliminación de líquidos y por lo tanto, ayuda a mejorar la hipertensión arterial, además de contener magnesio, ácido fólico. La vitamina C combinada con su riqueza en fósforo resulta ideal para el fortalecimiento de la mente, también contiene sustancias de acción astringente por la cantidad de taninos, sin despreciar su elevado aporte de fibra. (Sierra D. M., 2007).

Los residuos de frutas se constituyen principalmente de cáscaras de naranja, piña, papaya y banano, por ser estas las que se encuentran en mayor proporción, por lo tanto estos residuos se constituyen una alternativa como materia prima de otros subproductos, aprovechando las propiedades biológicas, físicas y químicas que poseen.

TABLA i-1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CÁSCARAS DE FRUTAS

Datos por 100g de muestra

Cáscara	Agua (g)	Proteína (g)	Grasa (g)	Cenizas (g)	Fibra (g)	Carbohidratos (g)
Naranja	85	0.8	0.2	0.5	0.7	13.5
Piña	87.9	0.6	0.2	0.3	1.2	11
Papaya	85.9	0.5	0.1	0.7	----	12.8
Banano	74.8	1.2	0.1	0.9	----	23

Fuente: FLORES, G. M. 2013.

A partir de este significativo uso, las cáscaras de los productos no cuentan con ningún tipo de aprovechamiento a pesar de ser reconocido que las mismas cuentan con apreciable valor nutricional, por lo que estas cáscaras son tratadas como residuos con las consabidas afectaciones medioambientales que su disposición provoca.

En la tabla i-2 se muestra los principales componentes químicos del banano maduro.

TABLA i-2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BANANO MADURO (%)

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Agua	75.12
Almidón	4.21
Celulosa	0.92
Sacarosa	9.36
Glucosa	5.19
Dextrosa	1.76
Gomas	1.60
Taninos	0.01
Proteínas	2.10
Cenizas	0.76

Fuente: FLORES, G. M. 2013.

En la tabla i-3 se muestra los componentes químicos que se encuentran presentes en la cascara del banano, siendo el principal los azúcares que son de principal interés.

TABLA i-3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CÁSCARA DE BANANO MADURO

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	35.0
Azúcares solubles (Glucosa, Fructuosa y sacarosa)	31.6
Celulosa	10.5
Hemicelulosa	14.0

Fuente: FLORES, G. M. 2013.

Se quiere evaluar la factibilidad de producción de etanol a partir de banano con el fin de dar una alternativa de uso a los residuos que no son comercializados reduciendo, además, el impacto ambiental al utilizar estos residuos que de otra manera aumentarían el grado de contaminación. (FLORES, G. M. 2013).

En el país del Salvador, se realizó un trabajo de investigación sobre la obtención de etanol por medio de fermentación alcohólica del banano utilizando como microorganismo productor *Saccharomyces cerevisiae*, utilizando la siguiente metodología:

El estudio es de tipo experimental, ya que se desarrolló la práctica de laboratorio para recolectar información y datos necesarios a cerca de la investigación, así mismo se clasifica como estudio prospectivo, debido a que se demostró a través de un lapso de tiempo y en una población determinada, la obtención de alcohol etílico utilizando como medio de producción cáscaras de *Musa paradisiaca* (Banano) en estado maduro y un microorganismo productor *Saccharomyces cerevisiae*.

La práctica de laboratorio se realizó en un período aproximado de un mes, en el laboratorio de Microbiología en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD), en los laboratorios de Química Orgánica, y en el Laboratorio de

Análisis de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. (GIRON, G. M. 2013).

JUSTIFICACION

El buen manejo de los recursos naturales es un tema que día a día va tomando importancia a nivel mundial. El aprovechamiento de desechos agrícolas para la elaboración de nuevos productos representa una alternativa viable para alcanzar las metas de sostenibilidad, ya que además de brindar beneficios sociales y ambientales, es socioeconómicamente rentable.

El banano en Bolivia es una fuente de ingresos procedentes de la exportación agrícola en el país, la producción se ha incrementado rápidamente, sin embargo el incremento y la extensión de banano de exportación, trae consecuentemente un aumento en la producción, una parte de este banano de rechazo, es utilizado para suplir la demanda interna, pero otra cantidad queda sin uso, la cual, si tiene una mala disposición tienden a generar mosquitos, moscas, hongos y malos olores que afectan la salud de quienes trabajan ahí, por lo que es necesario encontrar nuevas alternativas para la utilización de estos.

A través de la ejecución del presente proyecto de trabajo de grado se busca dar valor agregado a los desechos de la fruta del banano (cáscara y pulpa), mediante la conversión de esta materia prima de relativo bajo costo en alcohol (por medio de hidrólisis acida) que podría ser de elevado valor para su utilización, dar una alternativa de consumo y/o generar recursos para las personas que comercializan estas frutas y que ven disminuidos sus ingresos por la perescibilidad de esta fruta en muy corto tiempo de comercialización.

Las cáscaras de *Musa paradisiaca* (banano) en estado maduro poseen un 31.6% de azúcares solubles, por lo cual se considera una alternativa para la producción de alcohol. Algunas frutas como el banano poseen un valor energético definido, que además de azúcar, tiene la particularidad de poseer almidón, que se digiere con gran facilidad, y que en el proceso de maduración un gran porcentaje del almidón se convierte en azúcar

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Obtener alcohol a partir de banano maduro de descarte.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas del banano maduro de descarte.
- Realizar el diseño factorial para el proceso de fermentación.
- Obtener alcohol del banano maduro mediante un proceso de fermentación alcohólica (hidrólisis ácida) por levadura, (*Saccharomyces cerevisiae*).
- Determinar las variables de la cinética de fermentación.
- Determinar los parámetros óptimos para la obtención de alcohol por destilación.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del producto final.