

Extracción y tratamiento enzimático del almidón de papa, para la obtención de jarabes de glucosa y fructosa

YEMINA PAOLA LÓPEZ RUIZ *
SONIA PATRICIA LIZARAZO HERNÁNDEZ **
NINA JOHANNA URBANO VELÁSQUEZ ***

* Químico de Alimentos - Joven Investigadora, 2008
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
Grupo de Investigación Investigadores para el Desarrollo Empresarial y Agroindustrial Sostenible, IDEAS
Correo: yepaloru@gmail.com

** Ingeniera de Alimentos - Investigadora Grupo de Investigación IDEAS - Tutora

*** Química de Alimentos - Integrante Grupo de Investigación IDEAS
Gladys Yaneth Mariño Becerra, Coordinadora Grupo de Investigación IDEAS - Tutora

Resumen

La importancia de la investigación en cualquier Institución de Educación Superior es crucial, debido a que la labor del investigador impacta directamente el desarrollo de la comunidad; por lo anterior el trabajo como Joven investigador Conciencias, en la línea de Investigación en Desarrollo empresarial y Agroindustrial, está encaminado en la búsqueda de innovación y desarrollo de nuevos productos a partir de almidón de papa y otros productos agrícolas, que permitan el aumento de la competitividad y del valor agregado, en beneficio de la SAT papas de Casablanca y del sector agroalimentario.

Consiente de la responsabilidad académica, investigativa y social, es de resaltar la importancia de motivar la articulación entre el sector productivo y educativo, cuyo fin logre encaminar esfuerzos desde la investigación y el desarrollo de nuevos productos a través de estudios de mercados, estos orientados hacia el descubrimiento de la visión de los consumidores, para responder de una manera contundente a las necesidades actuales del mercado nacional con competencias que permitan desenvolverse en el ámbito internacional dentro de los procesos de globalización que hoy se viven.

INTRODUCCIÓN

La papa ocupa un lugar privilegiado en la producción agrícola del país, contándose con diferentes variedades altamente cultivadas en el departamento de Boyacá. Además de pertenecer a una de las cuatro cadenas agroalimentarias establecidas como prioridad de desarrollo; es el tubérculo procedente de la planta *Solanum tuberosum*, proveedora de una gran cantidad de nutrientes y de energía, por su contenido de almidón. Su comercialización en fresco, presenta una gran variedad de posibilidades para ser industrializada y obtener productos con valor agregado de gran aceptación por el consumidor en general.

El principal elemento que afecta la productividad de la industria de procesamiento de la papa, es la no existencia y disponibilidad de variedades que tengan los requisitos fisicoquímicos relacionados con el tamaño, forma, niveles de azúcares reductores, porcentaje de materia seca, color de pulpa y piel, adecuadas para adelantar un eficiente procesamiento industrial.

METODOLOGÍA

Localización. La investigación se desarrolló en el laboratorio de Control Biológico, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Materiales. Obtención y determinación de rendimiento del almidón de las variedades de papa producidas en el municipio de Arcabuco objeto de estudio: La obtención del almidón de las dos variedades de papa seleccionadas, se realizó por el método de decantación (Figura1). Adelantando además, cálculos necesarios para determinar el porcentaje de rendimiento.

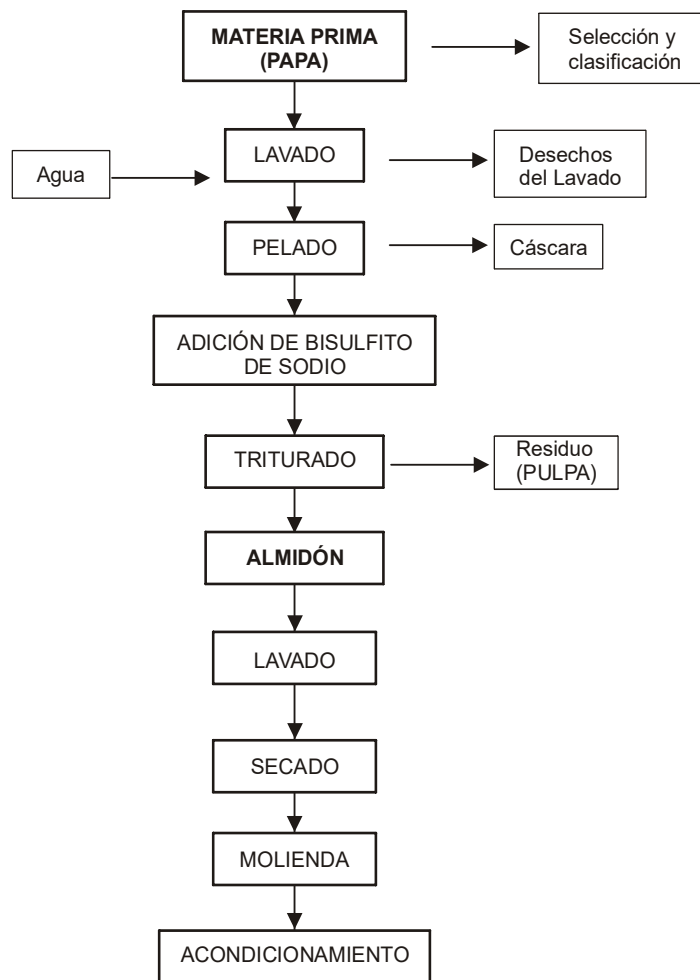


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de almidón de papa (Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2006)

Análisis Proximal: realización de análisis proximal del almidón de papa para las dos variedades en estudio, determinando los porcentajes de humedad (AOAC 7.003/84,930.15/90), proteína (AOAC 84/90), grasa, fibra (AOAC 7.066/84.962.09/90) y cenizas (AOAC 7.009/84,942.05/90), técnicas adaptadas a las condiciones de Laboratorio. El valor del porcentaje de carbohidratos totales se calculó por diferencia.

Hidrólisis enzimática: para la obtención de jarabe de glucosa, se requiere de la realización de dos fases desarrolladas de la siguiente manera:

La primera de licuefacción, utilizando α amilasa y una segunda etapa denominada sacarificación proceso que se efectuó con la enzima amyloglucosidasa (Figura 2).

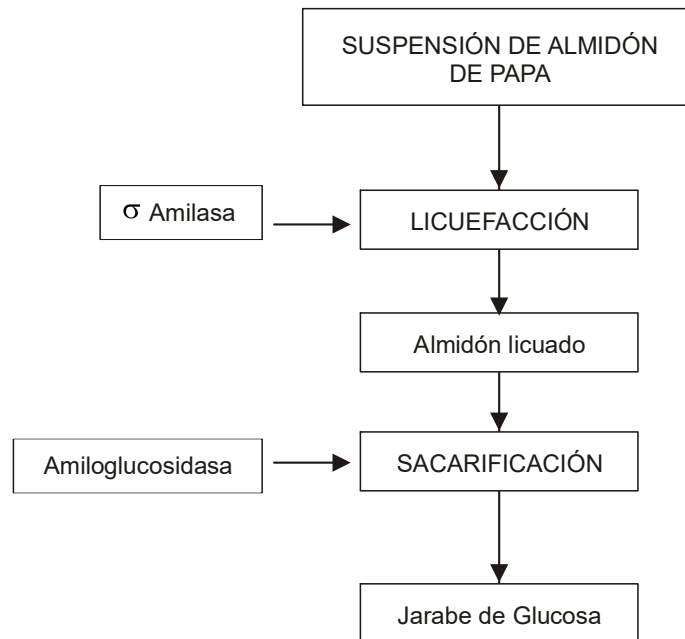


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de Jarabe de Glucosa (Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008)

El comportamiento de la hidrólisis enzimática, se midió según el equivalente de dextrosa DE. Después de la hidrólisis completa del almidón, el jarabe se filtro y centrifugo, para ser sometido a concentración hasta un contenido en sólidos totales superior al 70%.

Isomerización: antes del proceso de isomerización, se requiere activar la enzima teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por la casa comercial y se continúa con el proceso de Isomerización bajo calentamiento y agitación constante (Figura 3); tiempo en el cual se realizó un seguimiento a la actividad enzimática de la glucosa isomerasa, mediante la cuantificación del contenido de fructosa.

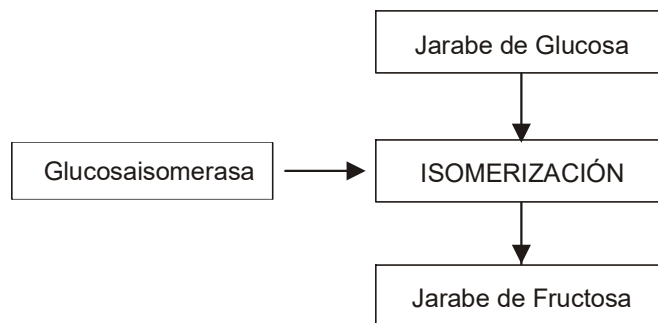


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de Jarabe de Fructosa (Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008)

Caracterización de los subproductos: para la caracterización del jarabe de glucosa y fructosa se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: Humedad, pH, acidez, Grados Brix, densidad, viscosidad, equivalente de dextrosa (DE) y % de fructosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención y determinación de rendimiento del almidón de las variedades de papa producidas en el municipio de Arcabuco objeto de estudio: Para llevar a cabo el proceso de extracción del almidón de papa, se adecuó la materia prima para posteriormente romper la estructura vegetal de la fuente y de esta manera fragmentar las células para que los gránulos de almidón sean liberados y arrastrados como una suspensión en el agua. Dicha suspensión fue purificada separando la fibra y otros productos de la extracción, para finalmente retirar el agua hasta un nivel de humedad entre el 15% al 45% y llevar a la etapa de secado. El proceso de pelado de la papa se realizó de forma manual; inmediatamente se lleva la papa a una solución acuosa de bisulfito de sodio, para evitar el deterioro de su calidad, debido a que la papa presenta compuestos fenólicos, fuertemente oxidables que ocasionan un pardeamiento al tubérculo.

El cuadro 1 muestra los resultados correspondientes al porcentaje de rendimiento para cada variedad. Dichos resultados demuestran que existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento de almidón para las variedades analizadas.

El rendimiento de los almidones de papa por cada 100 g de pulpa expresada en base seca fue de 8,79 g para la variedad Ica Unica y 3.38 g para la variedad Marengo.

Este resultado es relativamente bajo, atribuyéndose a pérdidas durante el pelado de los tubérculos y durante el aislamiento y purificación de los almidones, lo cual se realizó a escala de laboratorio, y de acuerdo a lo reportado en teoría, el contenido en agua para estas dos variedades es alto. Por el contrario, los resultados hallados para las variedades Parda Pastusa, Ica Huila y Tuquerreña (14.04%, 14.87% y 24.15%) expresan un contenido considerable en cuanto a materia seca se refiere, lo que a su vez, permite toda una serie de posibilidades en cuanto a su aprovechamiento industrial, refiriéndose por ejemplo: como adhesivo, ligante, enturbiante, formador de películas, estabilizante de espumas, agente antienviejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante espesante².

La producción de almidón de papa requiere, como insumos, de variedades con un alto porcentaje de materia seca (más del 25 %); ya que existe una alta correlación entre ésta y el contenido de almidón³. La única variedad de papa que satisface este requisito es la Tuquerreña, lo cual permite observar que los tubérculos empleados como materia prima para cada una de las variedades no es de muy buena calidad, o por lo menos aplicable como uso para la extracción de almidón.

Cuadro 1. (%) de rendimiento

VARIEDAD	
PARDA PASTUSA	ICA UNICA
14.4 %	8.79 %

Fuente: Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008

Análisis proximal del almidón de papa: los resultados obtenidos se compararon con la norma NTC 926; la cual se aplica al almidón de maíz y dado que no se cuenta con una específica para almidón de papa, es necesario emplearla. Los valores en los cuales se establece una gran diferencia son el porcentaje de grasa y de proteína, ya que estos nutrientes están en mayor porcentaje en la papa, que en el maíz.

El cuadro 2 muestra los valores obtenidos del análisis físico-químico de los almidones de papa de las variedades analizadas. Se confirma que estas variedades están compuestas

² docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/almidon_celulosa.pdf

³ GÓMEZ Rosario y WONG David. PROCESAMIENTOS DE LA PAPA. Lima, Perú. www.redepapa.org/wong.pdf.

en mayor proporción por carbohidratos y agua, y se pueden considerar como altas fuentes de energía.

El contenido de proteína y grasa, es bajo y sólo se detectaron niveles traza de fibra (0.01-0.02), tal y como se reportan en otras investigaciones. Los contenidos de nutrientes no difieren significativamente según la variedad. Además, se observa que el Clon Marengo, resultó el almidón con mayor contenido de agua como menor de carbohidratos, siendo intermedio en cenizas y grasa. Respecto al contenido de proteína, grasa y fibra no se encontraron diferencias significativas en las seis variedades analizadas.

El contenido de humedad en los seis almidones de papa fue entre 14.56% y 18.08% variedad Tuquerreña y variedad Ica Única respectivamente; estos resultados difieren con la información reportada por otros estudios para almidón nativo de papa que varía entre 7,00 a 13,3 % (Hoover, 2001; Sangeetha, 2006). Dicha variación puede ser ocasionada por un inadecuado manejo de siembra y producción del tubérculo: baja calidad de la semilla, inadecuado uso de pesticidas, entre otros. En los almidones nativos de papa, no se observa ninguna diferencia significativa en el contenido de fibra (0,05 %) y estos resultados son similares a los realizados en otras investigaciones (Petnamsin et al., 2000; Shamekin et al., 2002).

Los almidones de todas las variedades de papa exceptuando la Clon Marengo y la Ica Única mostraron un alto contenido en Cenizas. El aumento en la cantidad de cenizas se relaciona posiblemente con un aumento en el contenido de minerales en los almidones de papa. Estos resultados son similares a los realizados por otras investigaciones y en las cuales, además se reporta que el contenido de fósforo y de algunos minerales en papa influyen en el contenido final de las cenizas (Hoover, 2002).

El contenido de grasa no mostró diferencias entre los diferentes variedades de almidón papa. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros investigadores, los cuales están entre 0,30 y 0,40 % (Huang, 2001). La proteína presente en el almidón nativo de papa para todas las variedades no presenta diferencias, encontrándose contenidos inferiores a los arrojados por otras investigaciones donde se reportan contenidos de proteína de 0,59 a 0,61 %⁴.

⁴ ALVIS A., VÉLEZ Carlos, VILLADA Héctor y RADA-MENDOZA Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Universidad del Valle. Cali, Valle. 2008. www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n1/art04.pdf

Cuadro 2. Análisis Proximal del Almidón de papa en %

Análisis \ Variedad	Parda Pastusa	ICA Unica	ICA Purace	ICA Huila	Tuque- rreña	Clon Marengo
Humedad (H)	17.20	18.08	17.20	15.23	14.56	18.82
Proteína (P)	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Grasa (G)	0.33	0.35	0.32	0.32	0.35	0.32
Fibra (F)	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Cenizas (Ce)	0.87	0.18	0.52	0.67	0.53	0.39
Carbohidratos Totales (C)	82.76	80.94	81.51	83.34	84.11	80.02

Fuente: Lizarazo Hernández, Urbano Velásquez y López Ruiz 2008

Hidrólisis enzimática: para llevar a cabo este proceso se seleccionaron dos variedades de papa. La parda pastusa, de acuerdo a los análisis fisicoquímicos, específicamente de rendimiento y cuantificación amilosa y amilopectina y además la variedad Ica única, por ser la de mayor oferta de producción en el municipio.

Licuefacción del almidón: para convertir el almidón en azúcares sencillos, uno de los microorganismos que se usaron en el proceso es el *Aspergillus oryzae* cuya enzima ocasiona reacciones que son principalmente de despolimerización del almidón, debilitando las asociaciones moleculares.

La acción de la amilasa de *Aspergillus oryzae*, agregada al sustrato presentó una mayor actividad a un pH ácido, ajustado con buffer de hidróxido de calcio dando como resultado un porcentaje de azúcares reductores de 4.57% para la variedad Parda Pastusa y de 2.19% para la variedad Ica Única. Esta diferencia se debe a que la eficiencia de la α -amilasa siempre va a ser más favorecida a concentraciones mayores de amilosa⁵. Así, al analizar los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de amilosa se refiere, el obtenido de la variedad Parda Pastusa es menor que el de la variedad Ica Única.

Sacarificación del almidón: llevado a cabo el proceso de licuefacción, es necesario agregar al sustrato parcialmente hidrolizado la glucoamilasa para escindir los enlaces 1-6 de la amilopectina.

⁵ DOMINIC W. S. Wong. Química de los Alimentos. Mecanismos y Teoría. Zaragoza, España. Editorial Acirbia S.A. 1995.

La acción de la glucoamilasa de *Aspergillus niger* agregada al hidrolizado producto de la licuefacción, presentó una mayor actividad ajustando el pH del medio con una solución de ácido clorhídrico, dando como resultado un porcentaje de azúcares reductores de 14.43% para la variedad Parda pastusa y 12.6% para la variedad Ica Única. Este resultado, además de reafirmar lo anteriormente dicho, es originado al hecho de que en la variedad Ica Unica, la hidrólisis se ve más dificultada debido a que la cantidad de enlaces á 1-6 de amilopectina es mayor que en la variedad Parda pastusa.

Isomerización: el rendimiento de isomerización aportado por la enzima empleada en el proceso, (17%) es inferior a lo reportado por otras investigaciones el cual está alrededor del 40%⁶. Por tal motivo, la cantidad de fructosa obtenida del jarabe de glucosa de almidón de papa (0,86%) no es considerable, debido al reducido porcentaje de azúcares reductores obtenidos a partir de las muestras analizadas; por ende, se puede deducir que el rendimiento de la enzima es óptimo pero la disposición de azúcares por catalizar reduce la cantidad de fructosa a obtener.

Caracterización de los subproductos:

- Jarabe de glucosa: la caracterización del jarabe de glucosa, es un parámetro muy importante para evaluar las posibles aplicaciones de este en los alimentos. En el cuadro 3 se presenta la composición fisicoquímica del jarabe de glucosa.

El hidrolizado obtenido es un líquido poco viscoso, de color amarillo claro cristalino, de sabor y olor característicos. El porcentaje de sólidos y acidez presente en el jarabe de glucosa corresponden a los valores estándar recomendados para este tipo de productos; según la Norma del Codex Stan 212-1999 para los Azúcares. Además el pH se ajusta a lo requerido para que haya una calidad final de aceptabilidad y estabilidad durante el almacenamiento del producto.

En cuanto al Porcentaje de Equivalente de Dextrosa (%ED), valores reportados por una ficha técnica comercial comparados con los jarabes obtenidos a partir de almidón de papa, sugieren clasificarse como un jarabe de glucosa de bajo equivalente Dextrosa, el cual es inferior a 35% ED.

⁶ International Starch Institute. Parque De Ciencia Aarhus, Dinamarca Memorandum técnico de ISI en los jarabes del dulcificante. 1999. www.starch.dk/isi/glucose/tmggluc-spanish.htm

Cuadro 3. Caracterización fisicoquímica Jarabe de Glucosa

ALMIDÓN DE PAPA	JARABE DE GLUCOSA CONCENTRADO						
	pH	Acidez*		° BRIX	Densidad	AR	% DE
Parda Pastusa	5.06	6.5 ml	0.416	77	16.43	33.24	33.24
ICA Única	5.21	5.5 ml	0,352	75	12.60	25.71	25.71

*Acidez expresada en ácido cítrico

- Jarabe de fructosa: de acuerdo a lo reportado en el cuadro 4, los valores de pH y acidez del jarabe de fructosa obtenido, se encuentran dentro del rango estándar comercial. De la misma forma, en el contenido de sólidos solubles tampoco hubo diferencia significativa entre el jarabe y lo reportado por la ficha técnica comercial; lo cual a su vez ratifica una buena calidad del producto final.

Cuadro 4. Caracterización fisicoquímica Jarabe de Fructosa

ALMIDÓN DE PAPA	JARABE DE FRUCTOSA CONCENTRADO					
	pH	Acidez *		° BRIX	Densidad	% de Fructosa
Parda Pastusa	5.16 14.3 °C	2.55 ml	0.1632	76	1,4033	0,69
ICA Única	5.33 14.3 °C	2.20 ml	0.1408	78	1,4138	0.86

*Acidez expresada en ácido cítrico

CONCLUSIONES

- El jarabe de glucosa obtenido es un producto viscoso, color ambar. Se podría utilizar, junto con azúcar en la elaboración de dulces y mermeladas, helados, dando brillo y flexibilidad a las coberturas de chocolate, productos lácteos, panificación y galletería.
- Producción de Jarabes de glucosa y fructosa a partir de almidón de papa, utilizando la hidrólisis e isomerización enzimática respectivamente. Para ello se tuvieron en cuenta variables como enzimas a diferentes temperaturas, pH y concentraciones de sustrato y se estandarizó las condiciones del proceso de obtención.
- En cuanto al color observado en los jarabes, presentan una tonalidad más oscura que los jarabes de glucosa comerciales, esto puede deberse al alto contenido de cenizas que

proporciona cierta turbiedad al jarabe. Esto muestra que tan importante es la refinación del producto de la isomerización, a través de tratamiento con carbón activado o columnas de intercambio iónico donde se puede eliminar el color y obtenerse un jarabe transparente, aunque esto último dependerá de la aplicación eventual dada al jarabe.

- De los resultados obtenidos en el laboratorio se estableció, cuáles de las variedades de papa producidas por la SAT, presentan un mejor comportamiento durante el proceso de hidrólisis, igualmente que variedades proporcionan un jarabe con las características requeridas a nivel industrial y un mejor comportamiento durante el almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIS A., VÉLEZ Carlos, VILLADA Héctor y RADA-MENDOZA Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Universidad del Valle. Cali, Valle. 2008. www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n1/art04.pdf
- BOU RACHED, A DE VIZCARRONDO, RINCÓN, PADILLA. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 2008. www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=pt&nrm=iso&ting=es
- BOYACÁ en Cifras 2004-2005. DANE.
- DOMINIC W. S. Wong. Química de los Alimentos. Mecanismos y Teoría. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 1995. El correo de la papa, junio de 2002
- FERNÁNDEZ SEVILLA, José María. Hidratos de carbono y su aprovechamiento. Dpto. Ingeniería Química www.ual.es/docencia/jfernand/ATA/Tema5/Tema5-HidratosCarbono.pdf
- GARCÍA Roman Miguel. Transformaciones de Almidones. Universidad de Granada, Departamento en Ingeniería Química. Licenciatura en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Tecnología de los Cereales. Curso 2007/2008. España. www.emagister.com/uploads_courses/files_project_1/9023-guia.pdf
- GIRALDO OSPINA Jaime A y CORREA QUICENO María José, Diseño de Un proceso batch para la obtención de dextrosa por hidrólisis enzimática del almidón. Santiago de Cali. Valle del Cauca. 1995
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ Jorge y MOLINA CÓRDOBA Manuel, Estudio de los factores que afectan la hidrólisis enzimática y el proceso fermentativo para la producción de alcohol a partir de papa. www.hiddenwaterfalls.com/ingenieria/ing001-02.pdf
- HERNÁNDEZ Juan Pablo, RODRÍGUEZ Sandra Leticia y BELLO Luis Arturo. Obtención de jarabe fructosado a partir de almidón de plátano (*musa paradisíaca* L.). Caracterización parcial. INCI vol.33 No.5 Caracas Mayo 2008. <http://www.cermav.cnrs.fr/poly/frontsug/ABST/AmyB-abstr.html>