

Producción de dextrinas de yuca a partir de almidón nativo en la rallandería Todoyuca ubicada en el corregimiento Pescador (municipio de Caldon, Cauca)

William Andrés Luna*, Julián Andrés Mera**, Johanna Aristizábal Galvis**

Resumen

Esta investigación validó el proceso de producción de dextrinas en la rallandería Todoyuca, ubicada en el corregimiento Pescador, municipio de Caldon (Cauca), como una nueva opción de mercado para la agroindustria rural del almidón de yuca con la obtención de un producto de mayor valor agregado.

Se evaluaron cada una de las etapas del proceso actual de producción de almidón nativo de yuca en la rallandería Todoyuca, determinando una eficiencia de proceso del 19,6%. Se definieron las etapas del proceso que deberían ser adaptadas para la producción de dextrinas de yuca a partir de almidón nativo en la rallandería. Se evaluaron en la etapa de mezclado, el tipo de mezclado (lechada o torta de almidón), cantidad de agua y concentración de catalizador (HCl); en la etapa de peletizado, el tipo de aglutinante (pasta de almidón o dextrina) y concentración (1,5 y 3,0%); en la etapa de presecado, el caudal de aire (0,21 y 0,26 m³/s) y sistemas de flujo de aire libre o con homogenización de aire y temperatura; y en la etapa de tostación, el sistema de flujo de aire libre o el de homogenización de aire y temperatura; determinándose que las mejores condiciones de operación en para la producción de dextrinas fueron solubilizar la pasta o torta de almidón en agua a una concentración de 37,8% p/p y adicionar 0,18% de HCl (al 37%) y 3,0% de dextrina (elaborada) con respecto al peso de almidón seco presente en la suspensión de almidón.

El agua sobrenadante se neutraliza con 0,003 g/ml de Carbonato de Calcio. La pasta de almidón acidulada es granulada para homogenizar su humedad a 45% y luego es peletizada. El presecado de los pelets se realiza a 55-60 °C, con flujo de aire utilizado de 0,21 m³/s y la tostación a 150 °C con flujo de aire de 0,1 m³/s y en ambos casos usando un sistema de homogenización de aire y temperatura. Las dextrinas de yuca obtenidas tuvieron 95% de solubilidad en agua fría y mayor poder viscosante (33 cP) comparados con los valores obtenidos para la dextrina patrón de maíz 90% (30 cP), la prueba de coloración con solución de yodo fue igual para ambas de dextrinas; color rojo que se decolora rápidamente, hecho característico de las dextrinas altamente convertidas. Fueron

* Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca. Popayán (Cauca). Trabajo de grado realizado en Clayuca. 2006. E-mail: andresluna25@yahoo.es

** Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca. Popayán (Cauca). Trabajo de grado realizado en Clayuca. 2006. E-mail: jamera_a@yahoo.es

** Ingeniera Química. Asistente de Investigación. Manejo Poscosecha Yuca. Clayuca, Cali-Colombia. E-mail: j.aristizabal@cgiar.org

elaborados adhesivos a partir de dextrina de yuca y maíz, presentando los de dextrina de yuca ventajas comparativas frente a los de dextrina de maíz, como olor imperceptible en húmedo, mayor fuerza adhesiva de primer agarre y mayor estabilidad. Los costos de inversión de la producción de dextrina en la rallandería Todayuca, están representados en la compra de la bomba mecánica y el peletizador; ya que cuenta con toda la infraestructura para la producción de almidón y con el equipo de secado.

Introducción

Las rallanderías son un tipo de agroindustria rural destinadas a la extracción del almidón de yuca, siendo una fuente de empleo de muchas familias ubicadas en su mayoría en el norte del departamento del Cauca, Colombia. Existen alrededor de 148 rallanderías (2003) en esta zona, las cuales presentan niveles de tecnología artesanal, donde casi todas las operaciones de proceso son realizadas en forma manual y otras de media escala, en donde algunas de las etapas de proceso han sido mecanizadas. El único producto de esta agroindustria es el almidón agrio que es utilizado para la elaboración de productos tradicionales como el pandebono, pandeyuca, besitos y rosquillas, entre otros. La generación de nuevos mercados para el almidón de yuca y el desarrollo de nuevos productos de mayor valor agregado ayudaría al desarrollo de esta agroindustria y a su diversificación.

El almidón de yuca tiene una amplia gama de aplicaciones en la industria de alimentos, de papel y cartón, textil, farmacéutica y de adhesivos, entre otros. Sin embargo, la mayoría de los almidones usados en estos sectores son modificados, los cuales han sido desarrollados para reducir una o más de las limitaciones que tiene el almidón nativo para uso industrial. Las modificaciones en el almidón involucran el tratamiento del gránulo por medios físicos, químicos y bioquímicos que causan la ruptura de algunas o todas las moléculas, lo cual permite realzar o inhibir en el almidón propiedades como consistencia, poder aglutinante, estabilidad a cambios en el pH y temperatura, y mejorar su gelificación, dispersión o fluidez.

Uno de los almidones modificados usado en la industria de los adhesivos son las dextrinas, las cuales son productos de degradación parcial del almidón generados por medio de temperatura y/o catalizadores, en un mecanismo de conversión que involucra procesos tales como ruptura hidrolítica, rearreglo de moléculas y repolimerización. Los cambios más notables en el almidón son la reducción de la viscosidad y el aumento de la solubilidad en agua fría. Las dextrinas son utilizadas para la producción de adhesivos, particularmente en la industria de papel y cartón para el cerrado de cajas de cartón, formado de bolsas de papel multipliego, elaboración de tubos en espiral y etiquetado sobre vidrio.

Estudios previos¹ demostraron que es posible la producción de dextrinas de yuca, con mejores características comparadas con las dextrinas de maíz, utilizando una tecnología aplicable en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales, que

¹ Aristizábal J. 2004. Estudio de la viabilidad técnica y económica de la producción de dextrinas a partir de yuca utilizando tecnologías de vía seca. Cali, Colombia : Clayuca-CIAT

le agrega valor a la producción de almidón nativo de yuca y presenta ventajas en comparación con las tecnologías actuales de producción de dextrinas en forma de polvo. El proceso es limpio y de baja inversión y permite utilizar la torta de almidón, el cual sedimenta en los canales de sedimentación en el proceso de extracción de almidón de yuca, evitando su secado y elimina la generación de polvos y contaminación; obteniéndose un producto de fácil manejo y empaque. Sin embargo, en estos estudios el método de mezclado era ineficiente, lo que requería un equipo de mezclado que aumente los costos de proceso; adicionalmente, se requería evaluar las condiciones de peletizado y secado para hacer de esta tecnología un proceso eficiente y asequible a una rallandería tradicional.

Materiales y Métodos

La fase experimental de producción de almidón se llevó a cabo en la rallandería Todoyuca ubicada en el corregimiento de Pescador, municipio de Caldon, norte del departamento del Cauca, en beneficio de la rallandería. Ubicada a 2° 48' 22,085" de latitud norte (N) y a 76° 33' 01,314" de longitud occidental (O) a una altura de 1585 msnm, con un clima subhúmedo tropical, al lado de la vía panamericana que comunica Cali con Popayán. La temperatura promedio de esta región es de 23 °C. Los materiales utilizados en los ensayos durante el desarrollo experimental fueron los equipos de la rallandería Todoyuca, una bomba para las etapas de acidulación y mezcla, un peletizador y un secador de bandejas de aire caliente para las pruebas de tostación o conversión.

Resultados y Discusión

Balance de materia del proceso de obtención de almidón de yuca en la rallandería Todoyuca

- **Recepción de raíces de yuca fresca.** Los resultados obtenidos de los contenidos de materia seca determinados con el método de gravedad específica se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de materia seca y contenido de almidón calculados con el método de gravedad específica.

Muestra	Gravedad específica	Porcentaje de materia seca	Porcentaje de almidón (b.s)
1	1,1311	36,96	32,34
2	1,132	36,5	31,94
3	1,14	38,37	33,57
4	1,1251	35,44	31,01
Promedio	1,1321	36,82	32,21

La prueba de gravedad específica, mostró ser una prueba confiable para la determinación del contenido de materia seca, ya que los datos obtenidos con respecto al valor obtenido por el método analítico presentaron una desviación estándar de 1,29%. Lo que indica que es un método confiable para la determinación del contenido de materia seca.

En contenido de almidón obtenido con el método de gravedad específica no fue comparable con el resultado obtenido con el método analítico, ya que los datos mostraron una desviación estándar de 7,71%. Esta variación es relativamente alta, y depende principalmente de la variedad de yuca utilizada, dado que el contenido de almidón de yuca puede variar en el rango de 70-90%.

El resultado del balance de materia se presenta en la Figura 1, donde se muestran los flujos másicos y volumétricos en cada etapa, desde la recepción de materia prima hasta la etapa de sedimentación. El balance está relacionado para un bache de 300 kg, cantidad con la cual se realizaron las pruebas.

Dentro del balance de materia hay un factor importante que es el cálculo de la eficiencia de rallado que determina la eficiencia de liberación de los gránulos de almidón. El cual fue calculado de la siguiente manera:

$$ER = \left[1 - \frac{A_A * F_R}{A_R * F_A} \right] * 100$$

A_A = almidón recuperado en el afrecho en porcentaje

F_R = fibra cruda en las raíces frescas en porcentaje

A_R = almidón en las raíces frescas en porcentaje

F_A = fibra cruda en el afrecho en porcentaje

ER= eficiencia de rallado

$$ER = \left[1 - \left(\frac{54,7 \times 4,24}{73 \times 15,7} \right) \right] \times 100$$

ER = 79,8%

- **Consumo de energía en el proceso de obtención de almidón de yuca en la rallandería Todayuca.** El cálculo de energía se hizo para el motor que proporciona la potencia para el funcionamiento de los equipos de la rallandería, teniendo en cuenta el tiempo que se emplea en el proceso y el consumo de energía reportado en las especificaciones del motor.

El cálculo de la energía eléctrica consumida por el motor para procesar un bache de 300 kg fue:

Tiempo total de proceso = 58 min /300 kg

Vatios consumidos por el motor = 25 A * 220V = 5500 W = 5500 J/s

Tiempo en segundos = 58 min * 60 s /1min = 3480 s

Energía consumida por el motor en el tiempo de proceso: 5500 J/s * 3480 s = 19140000 J

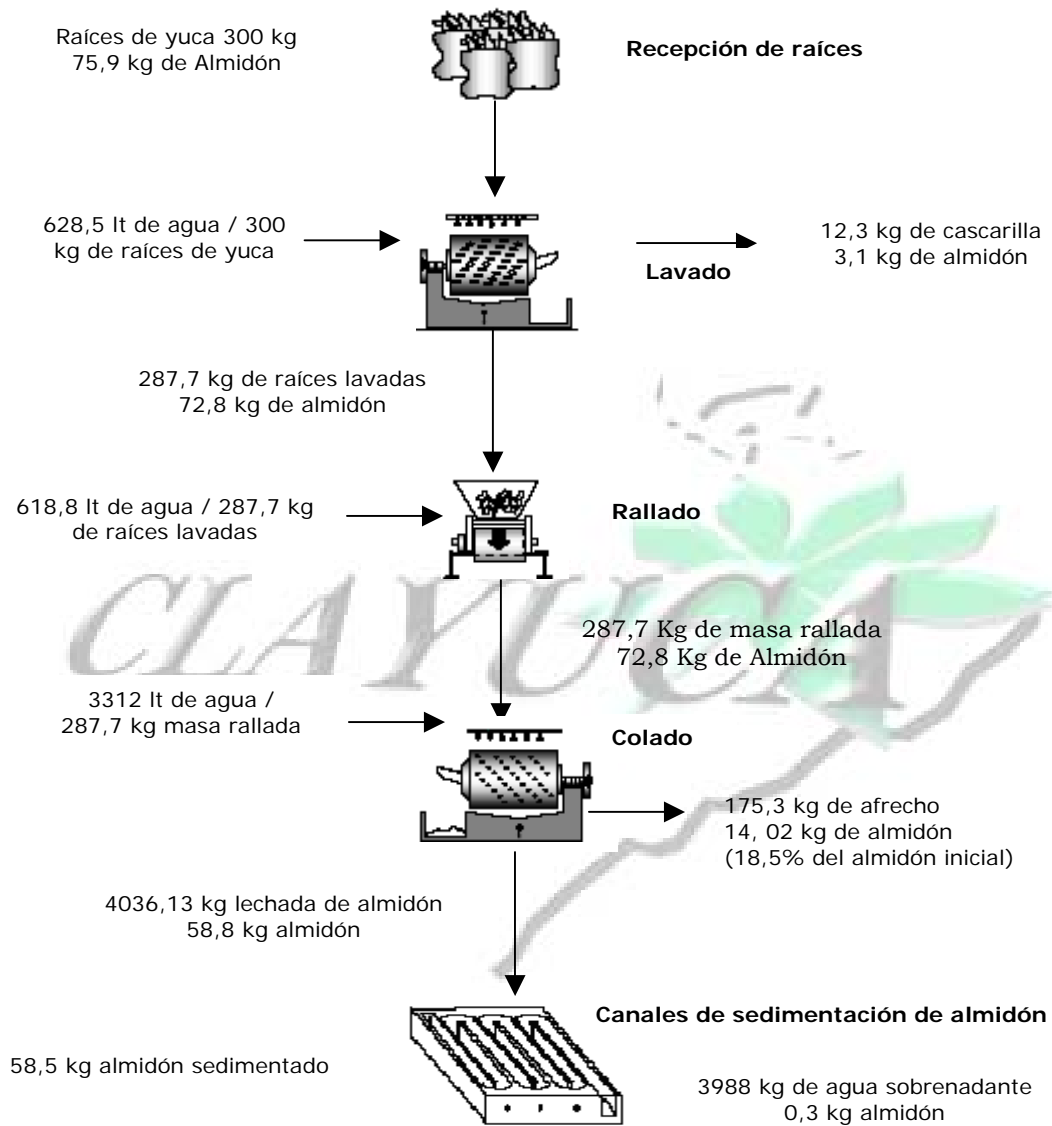
Kilovatios hora consumidos en el proceso: 19140000 J * (1Kw/h/3.6*10⁵ J) = 53,16 Kw/h consumidos

Costo de Kilovatio hora = \$ 333

Costo de la energía consumida por una hora de proceso = \$17.722

El procesamiento de 300 kg de raíces por bache de proceso demanda un tiempo total de una hora, donde se obtienen 60 kg de almidón contenidos en la lechada de almidón que sale de la etapa de colado. La etapa de sedimentación no demanda consumo de energía. Así, el costo de energía consumida en el proceso para producir 1 kg de almidón seco en la rallandería Todayuca es de \$ 295.

Figura 1. Balance de materia del proceso de extracción de almidón para 300 kg de raíces de yuca.



Rendimiento del proceso de extracción de almidón sedimentado de las raíces de yuca: 19,6%
Relación kg raíces frescas: kg dg almidón sedimentado : 5,1 : 1

En la Figura 2 se describe la línea de proceso de la producción de dextrinas en la rallandería Todoyuca y el balance de materia, presentando en cada etapa de proceso las corrientes de entrada y de salida.

Rendimiento y eficiencia del proceso

Como se observa en la Figura 2, la eficiencia del proceso de extracción de almidón de yuca fue de 19,6% y la de producción de dextrinas de 20,1%.

Los equipos y sus especificaciones, que la rallandería Todoyuca tendría que adquirir para implementar el proceso de producción de dextrinas son:

- Bomba mecánica. Equipo utilizado para el mezclado del catalizador con la suspensión de la pasta de almidón en agua. Las especificaciones de este equipo son:

Potencia: 1 1/3 HP
Velocidad: 3520 rpm

- Peletizador. Equipo utilizado para la formación de pelets de almidón acidulado para posterior secado y conversión a dextrinas. Las especificaciones de este equipo son:

Carcasa o cilindro horizontal (Molino tipo industrial No. 32):
Material: Fundición gris
L = 20 cm D = 8,7 cm

Tornillo sin fin:
L = 18 cm D = 8 cm L/D = 2,25

Disco de extrusión:
D = 9,9 cm. Número de agujeros: 108. D agujero = 4,7 mm.
(Se puede tener la posibilidad de cambiar el diámetro del orificio, con el objetivo de estudiar diferentes tamaños de pelets)

Motor-reductor seleccionado: Marca Getriebbau Nord, modelo SK 20-80L/4, potencia 1 HP, trifásico, velocidad de entrada 1720 rpm, torque nominal 143 Nm y factor de servicio de 1,5 (50 %). El reductor tiene una relación 34/1; lo cual da una velocidad máxima de salida del motor de 50 rpm.

Distancia mínima entre el eje del tornillo del molino y la tapa de la estructura de soporte de 13 cm, para poner la bandeja de recepción del material (la cual tiene un altura de 2.5 cm). El ajuste del molino a esta altura se realizó mediante la implementación de sistema de bloques de caucho.

La tolva de alimentación fue construida en acero inoxidable, calibre 18, con doblez hacia afuera, con acople a la tolva del molino para permitir un fácil desmonte del molino, para su adecuada limpieza. Esta tolva se apoyó en la caja del motor-reductor.

La caja o guarda-motor para el motor-reductor es cerrada por los costados en lámina cold rolled, con tapa de inspección para montaje y mantenimiento, con dispositivo de accionamiento del motor externo.

Se acopló la cuchilla al eje del tornillo del molino, usada para cortar el material que sale del extrusor en pelets de 8-10 mm.

Las dimensiones de la estructura de soporte del peletizador son:

- Longitud 120 cm, ancho 60 cm, con base o tapa superior plana en acero inoxidable 304, calibre 18.
- Distancia de la base al piso 90 cm.
- Estructura en cold rolled, cuadrado de 1 ½ pulgadas con base anticorrosiva y acabado en pintura resistente a la humedad.
- Entrepaño en galvanizado calibre 20, a una distancia de 25 cm del piso.

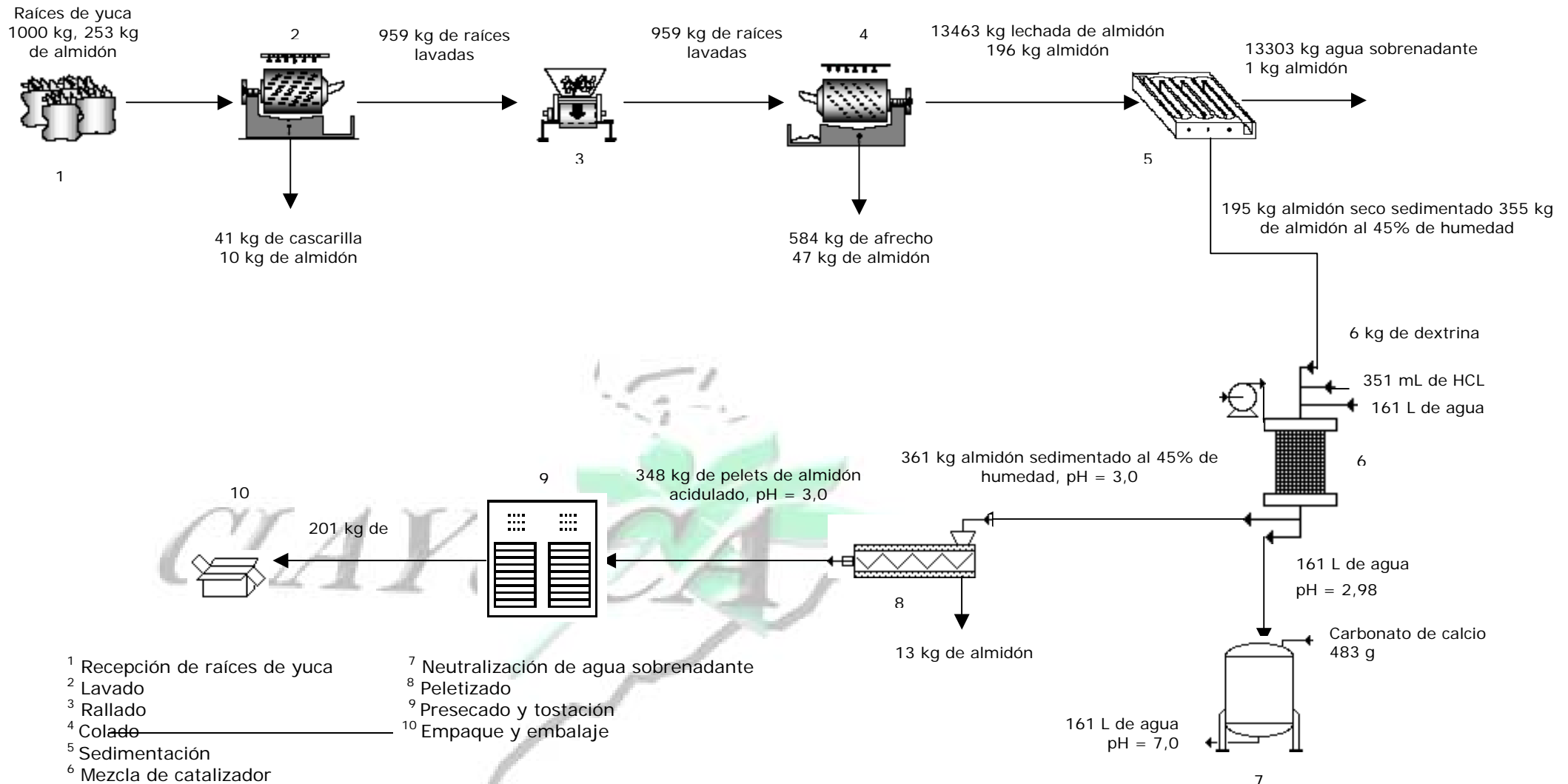
Los costos aproximados de la bomba mecánica y del peletizador son:

Bomba mecánica: \$500.000

Peletizador: \$1.000.000



Figura 2. Línea de proceso para la producción de dextrinas de yuca en la rallandería Todayuca.



Conclusiones

- Actualmente en la rallandería Todoyuca, (modelo de rallandería de mediana escala), hay un consumo excesivo de agua en todas las etapas de proceso (lavado, rallado, colado y recolado). Y no existe ningún tipo de recirculación de los efluentes de una etapa para que alimente otra.
- El rendimiento del proceso del almidón sedimentado de yuca con relación a las raíces de yuca fue de 19,6%; es decir, se requieren 5,1 kg de raíces de yuca para obtener 1 kg de almidón sedimentado. Hasta esta etapa del proceso hay una pérdida de almidón del 4,1% en la etapa de lavado y de 18,5% en la etapa de colado. Adicionalmente, luego de retirar el almidón de los canales en el agua sobrenadante, se pierde 0,5% del almidón.
- Para la obtención de almidón nativo de mejor calidad para la producción de dextrinas en la rallandería, es necesario realizar un colado eficiente de la masa rallada de almidón evitando el paso de fibra u otras sustancias extrañas que influyan en el proceso de acidulación de la pasta de almidón.
- Para la producción de dextrinas de yuca en una rallandería, los canales de sedimentación deben ser sometidos a un riguroso proceso de lavado para evitar, en lo posible, procesos de hidrólisis enzimática durante la sedimentación del almidón que produzcan variaciones de pH, en almidones obtenidos en diferentes semanas de producción.
- La tecnología de mezclado de catalizador utilizando la bomba mecánica con una suspensión de almidón, demostró tener mejores resultados en cuanto a su aplicabilidad en la producción de dextrinas de yuca en una rallandería de mediana escala, además de mejores resultados en la homogenización del catalizador.
- La cantidad de ácido adicionado a la suspensión de almidón, para obtener el pH requerido para la reacción de dextrinización, se ve afectado por factores como la presencia de sustancias diferentes al almidón, como afrecho que pasa de la etapa de colado, mancha que se mezcla con el almidón durante la sedimentación y variabilidad de pH del almidón por hidrólisis enzimática en los canales.
- El presecado y la tostación de los pelets de almidón acidulado, en un secador de bandejas no es uniforme, debido a que se presentan gradientes de temperatura que no permiten tener una distribución homogénea de ésta ni un secado uniforme de los pelets.
- El proceso de conversión del almidón acidulado a dextrina, se favorece, dadas las condiciones del equipo con un sistema de homogenización de flujo de aire y temperatura, y con un caudal de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Bibliografía

Acosta MP, Salcedo MC. 2004. Estudio de las aplicaciones industriales, potencial de mercado en Colombia y diseño de un producto a partir de pirodextrinas de yuca. Cali. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial.

Alarcón F, Dufour D. 1998. Almidón agrio de yuca en Colombia. Producción y recomendaciones. Tomo I. Cali : CIAT-CIRAD, p. 3, 10-16.

Aristizábal J, Robles S. 2001. Estudio de la dextrinización del almidón de yuca por vía seca. Bogotá. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química.

Balagopalan C, Padmaja G, Nanda SK, Moorthy SN. 1988. Cassava in Food, Feed and Industry. Bocaraton, Florida, CRC Press. p.138.

Colombia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2003. Censo de plantas procesadoras de yuca para uso industrial. Bogotá : Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

FAO. 2005. Producción. Cultivos primarios [on line][citado 25 noviembre 2005]. Disponible en <http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=ProductionT.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=ES>. 2005.

Gil JL, Buitrago JA. 2002. La yuca en la alimentación animal. En: La Yuca en el Tercer Milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Clayuca). p. 527-569 ISBN 958-694-043-8

Wurzburg OB. 1986. Modified Starches: Properties and Uses. Boca Raton: CRC Press, p. 29-40, 254-256.