

## Producción de Dextrinas a partir de Almidón Nativo de Yuca por Ruta Seca en una Agroindustria Rural

Reinaldo J. Velasco\*, William A. Luna, Julián A. Mera y Héctor S. Villada

Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agroindustria, Calle 5 No. 4-70. Popayán, Cauca, Colombia (e-mail: rvelasco@unicauca.edu.co)

\*autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

---

### Resumen

En una agroindustria rural se utilizó yuca variedad MCOL 1505 para obtener dextrinas por ruta seca, siguiendo técnicas propuestas a nivel de laboratorio y probadas en planta piloto. La concentración óptima del almidón fue 37.8 % (w/v) y el pH final tuvo una media de 3.1. El presecado se realizó con aire entre 55 y 60 °C con un flujo de 0.21 m<sup>3</sup>/s con un sistema de homogenización, durante 120 minutos para una humedad del 3 al 5 % de los pellets. Para la conversión a dextrina se utilizó un flujo de aire de 0,1 m<sup>3</sup>/s a 150 °C, un sistema de homogenización, y el tiempo de conversión fue de 45 minutos. Se obtuvo dextrina de yuca de calidad similar a la dextrina comercial de almidón de maíz. Se comprobó a nivel industrial que las condiciones experimentales determinadas en el laboratorio continuaron siendo válidas a excepción de las operaciones de mezclado y secado.

*Palabras clave: dextrinas, yuca, almidón nativo, pellets, ruta seca*

## Dextrin Production from Cassava Native Starch by Dry Route in a Rural Agroindustry

### Abstract

In a rural agricultural industry, cassava variety MCOL 1505 was used to obtain dextrin using a dry route developed in the laboratory and tested in a pilot plant. The optimum concentration of starch was 37.8 (w / v) and the final pH had an average of 3.1. The pre-drying process was conducted with air between 55 and 60 °C at a flowrate of 0.21 m<sup>3</sup>/s with a homogenization system, during 120 minutes for pellets of 3 to 5% moisture. For the conversion of cassava to dextrin an airflow of 0.1 m<sup>3</sup>/s at 150 °C and a homogenization system were used, being the conversion time of 45 minutes. Cassava dextrin of quality similar to the commercial corn starch dextrin was obtained. It was found that experimental conditions determined in the laboratory continued to be valid at industrial level except for the mixing and drying operations.

*Keywords: dextrin, cassava, native starch, pellets, dry route*

## INTRODUCCIÓN

En Colombia el almidón de yuca se obtiene en pequeños establecimientos agroindustriales rurales llamados rallanderías cuyo principal producto es el almidón agrio (hidrolizado) utilizado en panaderías. En el proceso de extracción del almidón en las rallanderías se pueden distinguir las siguientes etapas: lavado, rallado, filtración (de la cual sale una lechada de almidón) y sedimentación (de la cual sale una pasta de almidón) (Acosta et al., 2006).

El almidón está compuesto aproximadamente entre un 15-20 % de amilosa y el resto de amilopectina y muestra propiedades especiales que pueden ser usadas para diferentes propósitos. Algunas de estas propiedades no son apropiadas para ciertas aplicaciones específicas, pero existen métodos disponibles para modificarlas. Las principales modificaciones pueden clasificarse en físicas, químicas, enzimáticas y combinadas. Los tratamientos químicos están basados en la disponibilidad de un gran número de radicales hidroxilo en las moléculas de almidón, estos radicales pueden reaccionar en diferentes vías con diferentes reactivos. Existe una creciente demanda de los almidones modificados, los cuales son utilizados con fines específicos (Moorthy, 1994). Por ejemplo los almidones oxidados se utilizan en la preparación de salsas y mayonesas y en la elaboración de encolados, los almidones fosfatados son recomendados para alimentos refrigerados, congelados y en la elaboración de gelatinas y gomas coloidales, y las dextrinas que también son almidones modificados, son usados en la elaboración de pegamentos (Wurzberg, 1986).

Técnicamente, las dextrinas son productos de la degradación parcial del almidón, obtenidas por medio de temperatura y/o catalizadores, en un mecanismo de conversión que involucra procesos de ruptura hidrolítica, reorganización de moléculas y repolimerización. La dextrina tiene la misma fórmula empírica del almidón original  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , donde en el almidón el valor de  $n$  es completamente largo pero en las dextrinas decrece progresivamente con la degradación del almidón. La dextrina es considerada químicamente un polímero intermedio entre el almidón y la dextrosa, se presenta como un sólido amorfo color crema hasta marrón, soluble en agua fría e insoluble en alcohol (Aristizábal et al., 2007).

El origen del almidón es muy importante para la manufactura de dextrinas, ya que de esto depende su calidad y sus propiedades. El almidón de yuca ha sido reconocido como la materia prima más adecuada para la producción de dextrinas de alta calidad (Prime Quality Dextrins). El proceso de producción de dextrinas es esencialmente el mismo para todos los almidones, pero la facilidad de conversión cambia con el tipo de almidón y su calidad. Almidones de cualquier variedad de yuca pueden ser utilizados para la producción de dextrinas, sin embargo la conversión se favorece para variedades de alto contenido de amilopectina debido al alto número de cadenas ramificadas (Aristizábal et al., 2007).

Para la obtención de dextrinas de yuca por vía seca, se ha propuesto y desarrollado una nueva técnica, consistente en la conversión en lecho fijo de pelets de almidón de yuca, la cual resulta ser de mayor aplicabilidad en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales para la agroindustria rural colombiana, particularmente de las llamadas rallanderías, en comparación con las tecnologías disponibles actualmente para la producción de dextrinas. El proceso propuesto es prácticamente limpio y con bajos requerimientos de inversión al permitir utilizar directamente la torta húmeda de almidón sin necesidad de costosas instalaciones de presecado, elimina la generación de polvos y permite obtener un producto de fácil manejo y empaque. El catalizador usado fue ácido clorhídrico, con una concentración de 37 % (v/v) para mantener un pH cercano a tres. La etapa de mezcla es de particular importancia porque el catalizador debe ser distribuido completamente sobre los gránulos de almidón y así lograr una buena penetración; de lo contrario se presentarán problemas de carbonización de las partículas de almidón. El ácido requiere estar suficientemente diluido, dado que la velocidad de difusión dentro del gránulo es directamente proporcional al contenido de agua del almidón (Aristizábal et al., 2007).

Después de la etapa de mezclado se obtienen pelet con una relación L/D igual a 1,25 y una humedad del 45 %. Posteriormente se realiza un presecado con temperatura entre 50-60 °C hasta una humedad del 5 %. A continuación el pelet es sometido a altas temperaturas. El estudio de

Aristizábal et al. (2007), proponen a nivel de planta piloto la utilización de un secador lecho fijo para las etapas de presecado y conversión. Dependiendo de la temperatura que se maneje se pueden obtener dos clases de dextrinas: blancas y amarillas. Las dextrinas amarillas o canarias son obtenidas a temperaturas entre 150-220 °C, pH bajo y tiempo largos de tostación 6-18 horas. Presentan un distintivo color que va desde crema a amarillo. La mayoría son solubles 100 % en agua fría. Estas dextrinas resultan de la combinación de dos mecanismos: hidrólisis y repolimerización, los cuales tienen lugar en sucesión. Se usan en la elaboración de adhesivos para la industria del papel, como aglutinantes, plastificantes, agentes de relleno, encapsulantes de aromas, sustituto de grasas, flexibilizantes y en la elaboración de antibióticos (Balagopalan y Padmaja, 1988).

El objetivo del presente estudio fue probar la técnica propuesta Aristizábal et al. (2007), e implementar la línea de proceso en la producción de dextrinas a partir de almidón nativo de yuca por ruta seca en una agroindustria rural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materiales*

Como fuente de almidón se utilizó yuca variedad MCOL 1505 (algodona), del departamento del Cauca. Su extracción se realizó en la planta industrial Todoyuca ubicada en Pescador (Cauca-Colombia), utilizando el método descrito por Acosta et al. (2006), que es el normalmente empleado en los procesos industriales para la obtención de almidón nativo de yuca.

El catalizador utilizado fue ácido clorhídrico con una concentración entre 30 y 40 % (v/v), según metodología propuesta por Moorthy (2000), para la acidificación de suspensiones de almidón.

Se utilizaron dos clases de aglutinantes: dextrina y pasta de almidón (4 % de sólidos), para cada caso se utilizaron dos concentraciones de aglutinante, que fueron 1,5 % (w/w) y 3 % (w/w), respectivamente.

### *Métodos*

*Mezcla del catalizador.* Se realizaron ensayos para establecer la concentración óptima del almidón manteniendo un pH alrededor de tres. Se evaluaron dos métodos para el mezclado del catalizador con el almidón: mezcla directa con lechada de almidón (producto de la etapa de filtración) y mezcla con suspensión de almidón (producto de la etapa de sedimentación). En ambos casos se determinó el *factor ácido*, que es la cantidad de ácido necesario para llevar una suspensión de almidón-agua hasta el pH requerido para iniciar la dextrinización. Para el mezclado del almidón con el catalizador se empleó una mezcladora marca Hobart durante 15 minutos.

*Mezcla directa con lechada de almidón.* Para determinar el factor ácido en el caso del mezclado del catalizador utilizando la lechada, se tomaron muestras aleatorias de lechada de almidón durante la etapa de colado, en el procesamiento de varios baches, tomando muestras representativas en cada uno de ellos. Este seguimiento se realizó en una semana de producción. Las pruebas de titulación, se trabajaron con 200 ml de lechada, y se agregó el catalizador por goteo, mezclando constantemente con una plancha de agitación, hasta obtener un pH cercano a 3,0.

*Mezcla con pasta de almidón en suspensión.* Para determinar el factor ácido en este caso, se utilizó una solución de almidón-agua, con la concentración que se determinó en laboratorio. Se trabajaron muestras de 200 ml de la solución, y se tituló con HCl (37 %), hasta obtener un pH cercano a 3,0, mezclando constantemente con una plancha de agitación. La relación almidón-agua que debía ser mezclada utilizando la bomba se determinó en laboratorio, variando concentraciones de almidón, hasta obtener la concentración límite que permitió mantener el almidón en suspensión durante el mezclado con la potencia de la bomba utilizada para la operación. Una vez determinada la concentración de almidón en suspensión se realizó una prueba de mezclado en campo utilizando la bomba de desplazamiento positivo, el criterio de evaluación para el mezclado fue cualitativo observando la no presencia de almidón sedimentado.

*Formación de pelets.* Se utilizó un peletizador con un cilindro horizontal de 20 cm de longitud y 8,7 cm de diámetro, tornillo sin fin de 18 cm de longitud y 8 cm de diámetro, disco de extrusión con un diámetro de 9,9 cm, número de agujeros 108, diámetro de agujero 4,7 mm, motor reductor con una potencia de 1 HP, trifásico, velocidad de entrada 1720 r.p.m, torque nominal 143 Nm y factor de servicio de 1,5 (CLAYUCA). Se evaluaron dos clases de aglutinante: dextrina y pasta de almidón (4 % de sólidos), para cada caso se utilizaron dos concentraciones: 1,5 % (w/w) y 3 % (w/w) y se evaluó la dureza del pelet al final del proceso de dextrinización. El equipo utilizado fue un medidor de dureza para comprimidos marca KAHL, resorte de 2,5 mm.

*Presecado de los pelets y conversión a dextrina.* El equipo evaluado fue un secador de calentamiento con gas propano, 150 cm de alto, 97 cm de largo y 97 cm de ancho, un ducto por el que ingresa el aire de 250 cm de largo y 400 cm<sup>2</sup> de área transversal (CETEC); un quemador de gas propano marca WAYNE y capacidad de calentamiento de 80000-210000 BTU, voltaje 110 V, controlador automático y un termostato con un rango de temperatura entre 30-150 °C; un ventilador centrifugo marca CHICAGO BLOWER, diseño 39 SQI, tamaño 9, clase estándar, arreglo 9, con un motor monofásico, marca SIEMENS de 1,0 HP, 1800 r.p.m, 3/60/115/230 Voltios, protección IP 54 (TEFC), F.S 1,15. Para el pre-secado la temperatura utilizada estuvo dentro de un rango de 55-60 °C y se empleó un caudal de aire de 0,21 m<sup>3</sup>/s, evaluándose dos tratamientos: flujo de aire libre y utilización de un sistema de homogenización de aire, que consistió en una lamina perforada con orificios de área de 7 cm<sup>2</sup>, para un área total de orificios de 400 cm<sup>2</sup>. Se determinó el tiempo de pre-secado hasta la obtención de una humedad de entre 3-5 %. Se utilizaron 3 bandejas del secador con un espesor de lecho de 1 cm y un área de conversión de 810 cm<sup>2</sup>. Se tomaron muestras representativas de cada bandeja en periodos de tiempo de 15 minutos y se determinó el nivel de solubilidad. Para la conversión se utilizó una temperatura de 150 °C y un caudal de 0,1 m<sup>3</sup>/s, evaluándose los mismos tratamientos: flujo de aire libre y flujo de aire homogenizado, utilizando el sistema descrito en el presecado. El seguimiento de la reacción de conversión de almidón nativo a dextrina se realizó utilizando como parámetro la solubilidad de la dextrina en agua fría, esta debía estar dentro de un rango de 90-100 %.

*Caracterización de dextrinas.* Las dextrinas de yuca obtenidas fueron caracterizadas analizando sus principales propiedades funcionales: solubilidad en agua fría evaluada en un refractómetro y la viscosidad evaluada en un viscosímetro Brookfield en el laboratorio de agroempresas rurales en CIAT. Adicionalmente se realizaron dos clases de adhesivo utilizando la dextrina obtenida y una dextrina comercial de maíz (dextrina 210 Quimex Coragum 08700) comparando sus propiedades: pH, color, olor en húmedo y apariencia de película. Los adhesivos elaborados se realizaron utilizando las formulaciones para cerrado de cajas de cartón (Kruger y Lacourse, 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Mezcla del catalizador*

La técnica propuesta por Aristizabal et al. (2007), de utilizar una mezcladora no fue operativa, debido a sus altos costos en energía y en mano de obra por los altos volúmenes de lechada obtenidos y porque la pasta de almidón que sale de la etapa de sedimentación en el proceso de extracción es fuerte y compacta por ello en este artículo se plantea el mezclado en línea usando una bomba de desplazamiento positivo de acción directa, marca SIEMENS, con una potencia de 1 y 1/3 HP, y velocidad de 3520 rpm, no obstante es necesario evaluar la cantidad de ácido que se debe adicionar para obtener un pH cercano a tres que es el requerido para obtener la dextrinación. Para determinar cual de los dos métodos de mezclado del catalizador era el más adecuado, fue necesario seleccionar las variables de respuesta que permitieran esta comparación. Las variables seleccionadas fueron: el pH inicial y el contenido de sólidos. Ambas variables se trabajaron con un nivel de significancia del 99%, obteniéndose los siguientes valores: sólidos presentes (0.879), contra pH inicial (0.571). Se concluyó que para comparar los dos métodos la variable a controlar era el contenido de sólidos.

- *Mezcla directa con lechada.* El procedimiento de calibración aplicado en la acidificación de lechada de almidón, arrojó un rango de HCL adicionado entre 0,0 y 0,71 ml (con un 95 % de confianza), con un promedio de 0,31 ml. Los valores encontrados para la adición de HCL no son aplicables, debido a

la amplitud del rango encontrado, pues la concentración de sólidos en la lechada varía mucho, razón por la cual se desecha el método de mezcla directa con lechada como procedimiento útil para la mezcla del catalizador.

- *Mezcla con suspensión de almidón.* Los análisis para determinar la concentración óptima del almidón en la suspensión dieron como resultado 37,8 % (w/v), esta concentración coincide con la reportada por Moorthy (2000) para la acidificación de suspensiones de almidón entre 30 % y 40 % (w/v) y arrojó un pH inicial de  $5,1 \pm 0,84$ . El procedimiento de calibración aplicado a la acidificación de suspensión de almidón arrojó un rango de HCl adicionado entre 0,18–0,23 ml (con un 95 % de confianza) y una media de 0,2 ml de HCl. La adición de HCl en el rango obtenido en este estudio, permitió obtener un pH final entre 2,94–3,3 (con un 95 % de confianza) y una media de 3,1, resultado que coincide con el reportado por Aristizábal et al. (2007), para obtención de dextrina por vía seca a nivel de laboratorio.

#### Peletización de almidón ácido

Al final del proceso de peletizado y dextrinización se evaluó la dureza de los pelets, los resultados obtenidos permiten concluir que existe diferencia significativa al 95 % de confianza entre la utilización de dextrina al 3 % como aglutinante con respecto a los demás tratamientos. La dureza promedio con la dextrina como aglutinante dio 6,7 kg-f (figura 1), siendo muy superior al resultado reportado por Aristizábal et al., 2007 de alrededor de 2 kg-f.

#### Presecado y Conversión

- *Presecado.* El análisis de varianza univariante permitió obtener los gráficos de tiempo contra humedad, los cuales representan las medias de las pruebas realizadas en cada tratamiento.

El primer tratamiento con un caudal de aire de  $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$  y flujo libre, presentó un tiempo de presecado de 255 minutos, donde las bandejas 1 y 3 obtuvieron la humedad requerida para la conversión (3-5 % de humedad), mientras que la bandeja 2, presentó una humedad mayor al rango establecido para esta operación en la producción de dextrinas amarillas. Si se efectúa la reacción de dextrinización por encima de estos niveles de humedad, se promueve la formación de azúcares reductores (Kennedy y Fischer, 1984; Aristizábal et al., 2007).

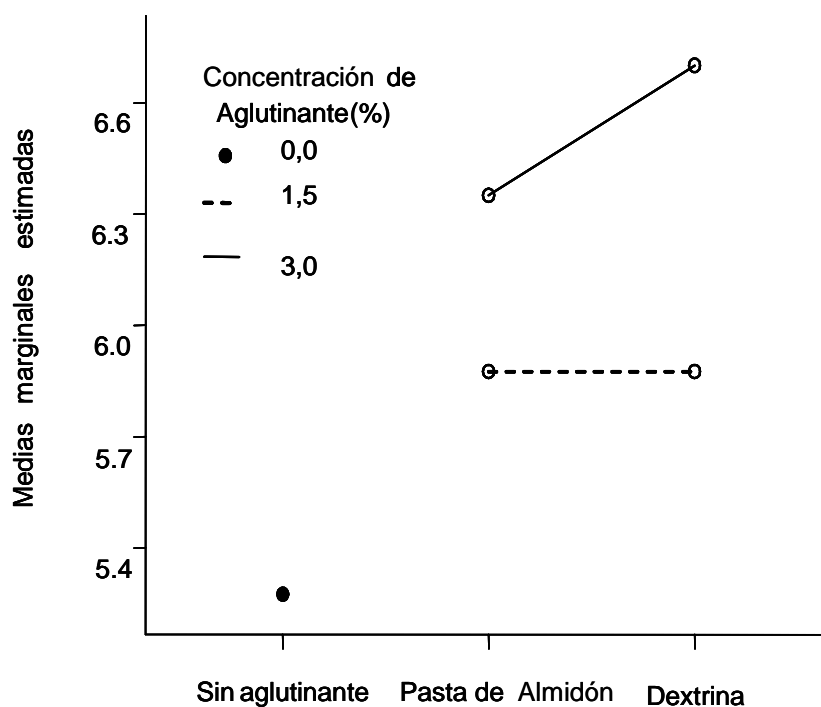


Fig. 1: Medias marginales estimadas de Dureza de pelet kg-f.

El segundo tratamiento con un caudal de aire de 0,21 m<sup>3</sup>/s y el sistema de homogenización presentó un tiempo de presecado de 120 minutos, una disminución de 135 minutos con relación al tiempo obtenido en el anterior tratamiento (secado con flujo libre).

Según Treybal (1998), una de las dificultades más importantes en la utilización de secadores de este tipo es la no uniformidad del contenido en humedad, propia del producto terminado que se extrae de diferentes partes del secador. Esa falta de uniformidad es principalmente el resultado del movimiento inadecuado y no uniforme del aire dentro del secador. Es posible que la falta de uniformidad del aire caliente dentro del secador, hubiese afectado directamente el contacto entre el sólido húmedo y el aire caliente que es el que promueve la transferencia de materia en función de un gradiente de humedad, lo que posiblemente disminuyó la velocidad de secado en el tratamiento con flujo libre comparado con el tratamiento donde se utilizó el sistema de homogenización. La transferencia de materia en los secadores en los que un gas circula sobre o a través de los sólidos es la que controla la velocidad de secado (McCabe, 1991).

- *Conversión.* La dextrinización obtenida utilizando 0,1 m<sup>3</sup>/s, y flujo de aire libre, presentó un tiempo de conversión de 90 minutos, para obtener una dextrina con una solubilidad entre 90-100 %, el tratamiento que utilizó flujo de aire homogenizado y 0,1 m<sup>3</sup>/s presentó un tiempo de conversión de 45 minutos, similar al de Aristizábal et al. (2007).

La diferencia en los tiempos de conversión, posiblemente se debió al movimiento inadecuado y no uniforme del aire dentro del secador, igual al mencionado en el presecado. En este caso el flujo de aire caliente a 150 °C no generó transferencia de masa en función del gradiente de humedad del sólido (pelet de almidón), solo se presentó transferencia calórica.

Para el tratamiento que utilizó un flujo libre, posiblemente la velocidad de conversión fue menor en relación al segundo tratamiento, debido a la no uniformidad de la transferencia de calor del aire al sólido, presentándose zonas de menor temperatura que aunque generan la reacción de conversión, lo hacen a una menor velocidad.

Las dextrinas obtenidas en el estudio no presentaron problemas de carbonización de las partículas de almidón, lo cual indica que la bomba distribuyó completamente el catalizador sobre los gránulos de almidón logrando una adecuada penetración.

#### *Caracterización de las Dextrinas y adhesivos obtenidos*

Las valoraciones realizadas fueron de tipo cuantitativo (pH, solubilidad y viscosidad) y cualitativo (color, olor en húmedo y apariencia de película).

Las dextrinas obtenidas en el estudio se compararon con una dextrina comercial de almidón de maíz y con los datos suministrados por Aristizabal et al. (2007) (Tabla 1).

Para comprobar la calidad de la dextrina obtenida, se preparó un adhesivo para el cerrado de cajas de cartón, el cual fue comparado con otro adhesivo preparado a partir de dextrina de maíz comercial y con el obtenido por Aristizabal et al. (2007) (Tabla 2).

El almidón de yuca, comparado con el almidón de maíz, proporciona dextrinas de excelente dispersión y estabilidad, en tanto que las dextrinas de maíz tienden a volverse espesas durante el almacenamiento, factores que hacen a la dextrina de yuca una materia prima adecuada para la producción de este tipo de adhesivos. Las diferencias de color entre los adhesivos de dextrina se de-

Tabla 1: Caracterización de dextrina de yuca.

Análisis	Dextrina comercial de maíz	Dextrina de yuca obtenida en el estudio	Dextrina de yuca obtenida por Aristizábal et al., 2007
Viscosidad (cP)	30-37,5	32,56	No comparable
Solubilidad (%)	90-100	90-100	80-100

Tabla 2: Caracterización de adhesivo de dextrina para cerrado de cajas.

Análisis	Adhesivo de dextrina de maíz	Adhesivo de dextrina de yuca obtenida en el estudio	Adhesivo de dextrina de yuca obtenida por Aristizábal et al., 2007
pH	8,62	8,40	9,3
Color	Amarillo oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro
Olor en húmedo	Característico	No perceptible	No perceptible
Apariencia de película	Brillante-Opaca	Brillante-semitransparente	Transparente y brillante

ben principalmente a la presencia de grupos fosfato unidos a la molécula de almidón de yuca, el olor en húmedo y la opacidad de la película de maíz, se deben principalmente a que los cereales comparados con las raíces, presentan mayor contenido de lípidos y proteínas, los lípidos son los responsables del olor, mientras que la presencia de proteínas puede generar reacciones de Maillard, durante la dextrinización lo cual hace que las películas sean opacas (Swinkels, 1996).

## CONCLUSIÓN

Es posible obtener dextrinas a partir de almidón de yuca en una planta industrial con calidades similares a las obtenidas en el laboratorio y en planta piloto las cuales son mejores que las dextrinas comerciales de maíz, modificando algunas variables de proceso, como forma de mezclado del catalizador con el almidón y la velocidad y forma de circulación del aire en las etapas de secado y conversión.

## AGRADECIMIENTOS

A la rallandería TodoYuca ubicada en el Corregimiento de Pescador-Cauca, Colombia por permitir la realización de este trabajo de investigación en sus instalaciones.

## REFERENCIAS

Acosta, H., H.S. Villada., A. Torres, y J.G. Ramírez; *Morfología Superficial de Almidones Termoplásticos Agrícola de Yuca y Nativo de Papa Observados por Microscopía Óptica y Microscopía de Fuerza Atómica*, Inf. Tecnol, ISSN: 0718-0764 (en línea): 17 (3), 63-70 (2006). <http://www.scielo.cl/scielo.htm>. Acceso: 15 de enero (2007).

Aristizábal, J., F. Moreno. y G. Basto; *Estudio de una nueva técnica e implementación de una línea piloto de proceso para la obtención de dextrinas a partir de almidón de yuca*. Ingeniería e Investigación, ISSN: 0120-5609 (en línea), 27 (2), 26-33 (2007). <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n2/v27n2a04.pdf>. Acceso: 6 de octubre (2007).

Balagopalan, C. y G. Padmaja; *Cassava in Food, Feed and Industry*. Boca ratón, Florida: CRC Press, p. 138 (1988).

Kennedy, H.M. y A.C. Fischer Jr; *Starch and Dextrins in prepared Adhesives*, En: Whistler, Roy L., Bemiller, James N. y Paschall, Eugene F. *Starch: Chemistry and Technology*, 2ª edición, pp 593-610, Orlando (Florida): Academic Press, USA (1984).

Kruger, L. y N. Lacourse; *Starch based adhesives*. En: Skeist, I., *Handbook of adhesives*. 3 ed. Van Nostrand Reinhold Company: New York, p.153-166 (1990).

McCabe, W.L.; *Operaciones unitarias en ingeniería química*, 4ª edición, 821-863. McGraw-Hill, Madrid, España (1991).

Moorthy, S.N.; *Tuber crop starches*. Thiruvananthapuram: Central tuber crops research institute, 18, p. 40 (1994).

Moorthy, S. N.; *Large scale industries*. In. Balagopalan, C. *integrated technologies for value addition and post harvest management and tropical tuber crops*. Thiruvananthapuram: Central tuber crops research institute, Cap 6, p. 106 (2000).

Swinkels. J.J.M; *Properties, modifications and applications of starches*. Industrial starch chemistry by AVEBE, Veendam, p. 48 (1996).

Treybal, R.; *Operaciones de transferencia de masa*, 2ª edición, 730-734. McGRAW-HILL, Madrid, España (1998).

Wurzburg, O.B.; *Modified Starches: Properties and Uses*. CRC Press Boca Raton, p. 29-40, 254-256 (1986).