

# EVALUACION DE LA AGROINDUSTRIA DEL ALMIDON AGRIO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN CORDOBA Y SUCRE

## CASSAVA SOUR STARCH AGROINDUSTRY EVALUATION (*Manihot esculenta* Crantz) IN CORDOBA AND SUCRE

Marly P. Cadena<sup>1</sup>, Erika C. Villarraga<sup>1</sup>, Deivis E. Luján<sup>1</sup>, Jairo G. Salcedo<sup>3</sup>

Recibido para evaluación: Octubre 2005

Aceptado para publicación: Mayo 2006

### RESUMEN

El almidón agrio de yuca es un producto obtenido por fermentación espontánea del almidón nativo de este tubérculo, posterior secado con luz solar. En Colombia su producción se realiza en algunos municipios de los departamentos del Pacífico (Cauca) y del Caribe de Colombia (Córdoba y Sucre). El objetivo de esta investigación fue la evaluación de la agroindustria del almidón agrio de yuca y determinación de la situación actual de las rallanderías y los procesos de producción en los departamentos de Córdoba y Sucre, aplicando el acta de inspección sanitaria del INVIMA para plantas de alimentos y formatos de encuesta diseñados para la recolección de información adicional referente a los equipos, materia prima, métodos empleados, producto terminado, mercado, estructura administrativa y costos de producción. Además, se determinó la calidad del almidón agrio por medio de análisis bromatológicos, físico-químicos, microbiológicos y test de panificación. Con este trabajo se logró determinar que para el primer periodo del año 2005, en los departamentos de Córdoba y Sucre se encontraban cinco plantas ubicadas en los niveles tecnológicos medio y alto. Estas plantas presentan una producción de más de 800 ton año<sup>-1</sup> de almidón agrio comúnmente comercializado en las ciudades de Medellín y Barranquilla; con un margen de ganancia entre un 40 a 57% sobre el precio de venta. Aunque el proceso es tecnificado no se encuentra controlado, ni estandarizado y las condiciones higiénico-sanitarias no son las mejores.

**Palabras claves:** Fermentación espontánea, rallandería, inspección sanitaria, nivel tecnológico, calidad.

### ABSTRACT

Sour cassava starch is obtained from natural fermentation of sweet starch after drying using solar energy. In Colombia, production areas are the Pacific Coast (Cauca) and Caribbean region (Córdoba and Sucre). The present research focused on determining the situation of the processes and production sites in the Córdoba and Sucre department areas based on INVIMA regulations for foodstuff plants and technical level (equipments, source material, methods, quality product, commercialization, administration and costs). Likewise, a bromatological, physical – chemical and microbiological tests were performed Five plants

---

Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería de Alimentos Km 12 vía Cereté – Ciénaga de Oro. Tel. (4) 894 0508 Fax: (4) 786 0255 - Email: dlujan@sinu.unicordoba.edu.co.

were located with fair technological levels. The aforementioned plants registered a production over 800 ton year<sup>-1</sup> mostly commercialized at Medellín and Barranquilla markets. Profits margins are estimated at 40 to 57% on the selling price. Despite the technical level the process is not efficient enough and presents sanitary failures that need to be fixed.

**Key words:** Natural fermentation, sanitary inspection, technological level, quality.

## INTRODUCCION

El proceso de obtención del almidón agro de yuca consiste en una serie de operaciones que, por vía húmeda, logra la extracción del almidón que contiene las raíces de la yuca. Este almidón se somete luego a una fermentación anaeróbica espontánea y, posteriormente, a un secado con luz solar. Su producción es realizada en América Latina, particularmente en Brasil, Colombia, Ecuador y Paraguay. Esta actividad se realiza en pequeñas unidades artesanales llamadas rallanderías que procesan entre 125 y 625 Kg de raíces frescas por hora (Rivier *et al.*, 2001).

En el caso particular de Colombia la producción se realiza en algunos departamentos de la región Caribe y Pacífica. En la actualidad en el departamento del Cauca se encuentran 210 pequeñas a medianas rallanderías que procesan aproximadamente 53000 ton de raíces de yuca al año, para producir alrededor de 11000 ton año<sup>-1</sup> de almidón agro de yuca, que representan el 80% de la producción total del país (Sandoval, 2002).

En la región Caribe, la producción de almidón agro se puede localizar en los departamentos de Córdoba y Sucre. En Córdoba se obtuvo una producción de 216613 ton en el año 2003, mientras que el departamento de Sucre obtuvo una producción de 150150 ton en ese mismo año (Minagricultura, 2003).

El estudio y evaluación de esta agroindustria permitirá establecer programas de investigación y desarrollo que brinden

soluciones para mejorar los procesos que se emplean en la producción del almidón agro en los departamentos de Córdoba y Sucre, con el fin de obtener un producto de buena calidad que pueda competir con el almidón que se comercializa en otras regiones donde la tecnología de producción se encuentra mas desarrollada.

## MATERIALES Y METODOS

### Inventariado y caracterización de las agroindustrias de procesamiento de almidón agro de yuca en Córdoba y Sucre

Se determinó la ubicación y el número de las unidades productoras o rallanderías de los departamentos de Córdoba y Sucre, luego se realizó una encuesta a las mismas en donde se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: características de la rallandería, características del rallandero y estructura administrativa, producción y comercialización del almidón, producción y comercialización de los subproductos, materia prima, costos de producción e ingresos, asistencia técnica e inspección sanitaria de acuerdo con el formato INVIMA.

### Clasificación de las rallanderías según nivel tecnológico

Se realizó una observación directa a la infraestructura y tecnología empleada en cada rallandería; una vez obtenidos los datos se procedió a establecer la clasificación de las rallanderías según los criterios presentados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de las rallanderías según nivel tecnológico (Gottret *et al.*, 1996).

Nivel tecnológico	Estrato	Descripción
Bajo	1	Proceso totalmente en forma manual.
Bajo	2	Rallanderías con alguna etapa mecanizada (lavado, rallado o colado) pero algunas realizadas en forma manual.
Medio	3	Proceso mecanizado, sin canales para sedimentación, ni maquinaria distribuida según la gravedad.
Alto	4	Proceso mecanizado con sedimentación en canales o equipos en niveles de acuerdo con la gravedad.
Alto	5	Proceso mecanizado, sedimentación en canales y maquinaria haciendo uso de la gravedad.

### Evaluación del proceso de producción del almidón agrio

Se tomó una muestra del almidón nativo empleado por cada una de las rallanderías seleccionadas y se realizaron análisis microbiológicos (INS, 1998), fisicoquímicos y bromatológicos (AOAC, 1990) por triplicado. Al agua empleada se le determinó su potabilidad mediante las pruebas requeridas para tal fin: análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Se tomaron muestras del almidón agrio y del agua sobrenadante cada 2 o 3 días, desde el inicio hasta que finalizó la fermentación, se determinó el pH de acuerdo al método AOAC 10.041/84, 945.10/90 (AOAC, 1990), acidez por titulación con NaOH 0.1N, almidón degradado de acuerdo a Thivend (1965) y un test de panificación para determinar la capacidad o potencial de expansión de acuerdo al método desarrollado

por Fernández *et al.* (2003). Una vez realizada la prueba, se clasificó el almidón agrio teniendo en cuenta lo presentado en la tabla 2.

A las muestras de almidón agrio también se les realizaron análisis microbiológicos (en la muestra intermedia y final) y análisis bromatológicos en la muestra final, utilizando las mismas técnicas empleadas en cada análisis para almidón nativo. El tiempo final de la fermentación fue determinado por el rallandero.

Para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos (pH y acidez del agua sobrenadante; pH, acidez, degradación y expansión del almidón) se empleó un diseño experimental completamente al azar con un nivel de significancia del 1%.

**Tabla 2** Clasificación del almidón agrio (Fernández *et al.*, 2003)

Clasificación	Poder de expansión	Volumen peso <sup>-1</sup>	Usos
Grado extra	Alto	> 12 cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	Pandeyuca
Grado 1	Bueno	10 - 12 cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	Pasabocas
Grado 2	Corriente	8 - 10 cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	Almojábanas y Pandebonos
Grado 3	Bajo	6 - 8 cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>	Buñuelos

## Procesamiento de datos

Se utilizó el Software SAS System y los datos fueron analizados con un análisis de varianza, correlación de variables y regresiones, con un nivel de significancia del 1%. Esto se aplicó únicamente en la evaluación del proceso de producción del almidón agrio (Evaluación de los parámetros fisicoquímicos e índice de expansión).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Inventariado y caracterización de la agroindustria de producción de almidón agrio de yuca en Córdoba y Sucre

**Número y ubicación de las rallanderías:** En los departamentos de Córdoba y Sucre fueron inventariadas en total 5 rallanderías productoras de almidón agrio de yuca ubicadas en zona rural. En Córdoba están concentradas en los municipios de Cienaga de Oro (Rallanderías A, B y C) y Sahagún (Rallandería D) y en el departamento de Sucre en el municipio de Corozal (Rallandería E), coincidiendo con las regiones de mayor producción de yuca en dichos departamentos. Al momento de la visita una de las rallanderías del municipio de Cienaga de Oro aun estaba en labores finales de construcción (Rallandería A).

**Materia prima:** Las variedades de yuca más comunes procesadas en estas zonas son las de consumo humano como la Venezolana y las variedades industriales Tai 8, Ica Costeña, M Ven 25 y Corpoica Ginés. Para su procesamiento se exige que la yuca sea lo mas fresca posible, incluso algunos exigen que la yuca sea arrancada el mismo día como es el caso de la Rallandería D, por lo que el proceso en esta comienza en las horas de la tarde y se prolonga hasta la media noche. El precio de la materia prima oscila entre los \$100000 - 110000 ton.

**Producción real por rallandería:** Con base a la información obtenida a partir de la encuesta, se estimó que las rallanderías productoras de almidón agrio de yuca en Córdoba procesan un total aproximado de yuca fresca de 6912 ton año<sup>-1</sup>, con un índice de conversión promedio yuca:almidón de 5,43:1, produciéndose 1272 ton año<sup>-1</sup> de almidón dulce, del cual un 64.15 % (816 ton año<sup>-1</sup>) es destinado a la producción de almidón agrio, el 20.6% de esta producción corresponde a Cienaga de Oro (168 ton año<sup>-1</sup>) y el 79,4% a Sahagún (648 ton año<sup>-1</sup>).

La única planta productora de almidón agrio de yuca en Sucre procesa 1440 ton año<sup>-1</sup> de yuca fresca, con un índice de producción promedio yuca:almidón de 6:1, lo que significa, una producción de 240 ton año<sup>-1</sup> de almidón dulce, del cual se someten a agriado tan solo 12 ton año<sup>-1</sup> que corresponde al 5%.

**Proceso de obtención de almidón agrio:** La mayoría de las rallanderías utilizan el diagrama de flujo del proceso tradicional; es decir: recepción, lavado, reducción de tamaño, separación del almidón, sedimentación, fermentación, secado, empaçado y almacenamiento; sin embargo, la rallandería ubicada en el municipio de Sahagún cuenta con equipos de tecnología más avanzada y etapas adicionales en el proceso, tales como molienda húmeda en molino de martillo, la separación del almidón se realiza en tamices cónicos rotacionales (centrifugadoras) y la fibra sale por tuberías mezclada con agua.

**Aspecto sanitario:** La calificación obtenida por cada una de las rallanderías en el aspecto sanitario es baja (Tabla 3). Los aspectos que más afectan esta calificación son el mal estado de los equipos y de las instalaciones (específicamente en las plantas del nivel medio), la no existencia de programas de buenas prácticas de manufactura (BPM), limpieza, desinfección, aseguramiento y control de la calidad de los procesos y de los productos.

**Tabla 3.** Verificación y calificación del aspecto sanitario por rallandería (Formato INVIMA)

Aspecto a verificar / calificación máxima	Calificación				
	A	B	C	D	E
1. Instalaciones físicas / 30	20	9	14	23	10
2. Instalaciones sanitarias / 10	1	0	0	2	1
3. Personal manipulador de alimentos					
3.1. Practicas higiénicas y medidas de protección / 22	4	1	3	4	3
3.2. Educación y capacitación / 10	0	0	1	1	0
4. Condiciones de saneamiento					
4.1. Abastecimiento de agua / 16	2	2	2	4	2
4.2. Manejo y disposición de residuos líquidos / 4	4	0	2	4	0
4.3. Manejo y disposición de desechos sólidos / 10	2	1	4	5	1
4.4. Limpieza y desinfección / 6	0	0	0	0	0
4.5. Control de plagas/10	2	0	2	2	2
5. Condiciones de proceso y fabricación					
5.1. Equipos y utensilios / 28	15	12	12	13	10
5.2. Higiene locativa de la sala de sala de proceso / 44	23	8	12	28	8
5.3. Materias primas e insumos / 18	4	4	4	6	6
5.4. Envases / 6	6	2	3	6	6
5.5. Operaciones de fabricación / 10	3	2	4	5	3
5.6. Operación de envasado y empaque/6	1	1	1	2	1
5.7. Almacenamiento de producto terminado / 12	4	1	3	4	3
5.8. Condiciones de transporte / 10	2	2	2	2	2
6. Salud ocupacional / 6	0	0	0	0	0
7. Aseguramiento y control de la calidad					
7.1. Verificación de documentación y procedimientos / 14	0	0	0	0	0
7.2. Condiciones del laboratorio de control de calidad / 42	0	0	0	11	0
Total / 314	93	45	70	108	58

Calificación alta >314, calificación media 313-157, calificación baja <157.

**Costos de producción por tonelada de almidón agrio:** La tabla 4 muestra los costos de producción por rallandería con base en los datos suministrados por sus propietarios.

**Usos y canales de comercialización:** El almidón agrio de yuca se emplea comúnmente

en panadería y es enviado con mayor frecuencia a la ciudad de Medellín. El precio de venta del almidón agrio es variado (\$1200 - \$2.100, con un margen en base al precio de ventas entre el 40 y el 57%), y está determinado por el uso de intermediarios y la capacidad de negociación del productor, el

**Tabla 4.** Costos de producción en pesos del almidón agro por tonelada por cada rallería

Item	A	B	C	D	E
Materia prima	600.000	600.000	550.000	500.000	600.000
Mano de obra	60.000	56.000	35.000	80.000	80000
Empaque	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
Servicios (agua, energía eléctrica, acpm)	3.500	1.500	24.000	130.000	40.000
Arriendo	42.000	17.000	34.000	290.000	100.000
Administrativo	0	0	0	800	0
Total costo de producción	714.500	683.500	652.000	1.009.800	829.000

cual depende de su nivel de escolaridad y/o experiencia.

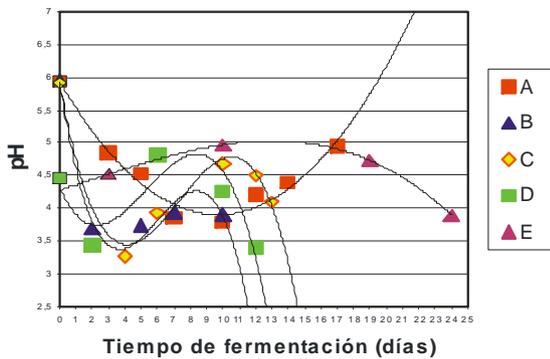
**Clasificación de las rallerías según nivel tecnológico**

De acuerdo con sus características, las rallerías fueron clasificadas así: En el nivel tecnológico medio estrato 3, las rallerías B, C y E, y en el nivel tecnológico alto A y D en los estratos 4 y 5 respectivamente.

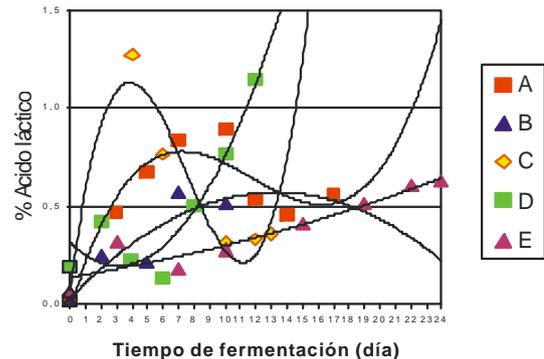
**Características fisicoquímicas (pH, acidez, almidón degradado) e índice de expansión**

El análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas ( $P_r < 0.001$ ) entre las medias en cada uno de los tiempos al transcurrir el proceso de fermentación, esto indica que existió un cambio en cada una de las variables durante el proceso como se observa en las figuras 1, 2 y 3.

a. Variación de pH agua sobrenadante



b. Variación acidez del agua sobrenadante



**Figura 1.** Variación del valor del pH (a) y la acidez titulable del agua sobrenadante (b) durante el proceso de obtención de almidón agro de yuca.

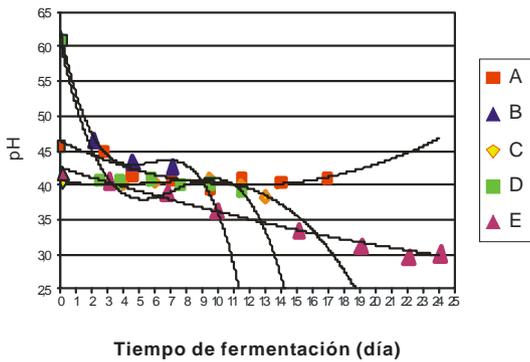
El pH del agua sobrenadante en la mayoría de las plantas disminuye, debido al aumento en la acidez, como se puede observar en la figura 1. Como la fermentación es realizada en forma abierta es posible que estos valores no reflejen realmente lo que esta sucediendo en

el almidón, ya que el agua se encuentra expuesta al ambiente, haciéndola susceptible a la contaminación por microorganismos que pueden aumentar o disminuir estos valores pero solamente en la superficie.

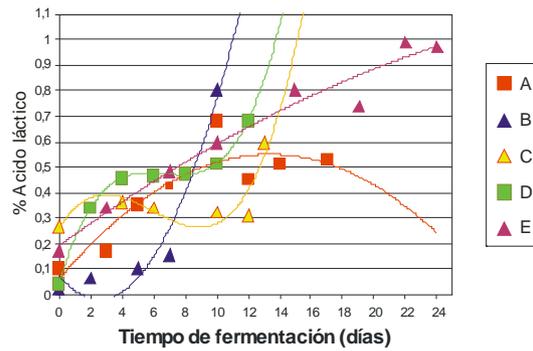
Comparando los resultados obtenidos en este estudio (Figura 2) con los presentados por Ascheri (2003), se observa que para el experimento realizado a nivel industrial el comportamiento del pH y de la acidez titulable del almidón agrio es similar al obtenido en las rallanderías de Córdoba y Sucre; sin

embargo, en este experimento se observó disminución hasta el cuarto día de fermentación, seguido de aumento de esta variable, lo que ocurre en forma similar en las plantas A y D, presentándose un descenso hasta el séptimo y octavo día con un posterior incremento.

a. Variación de pH almidón.

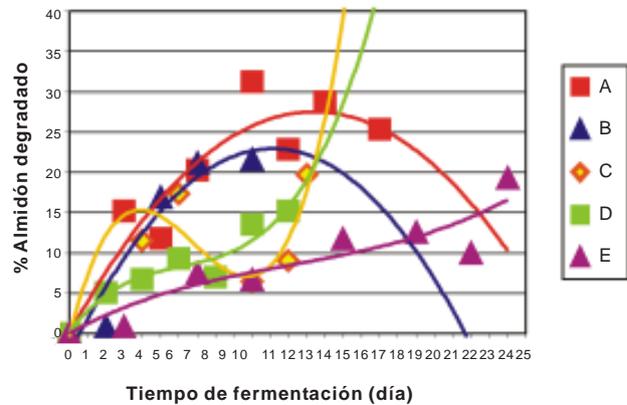


b. Variación de la acidez almidón.



**Figura 2.** Variación del valor del pH y acidez titulable del almidón durante el proceso de obtención de almidón agrio de yuca

Las variables con las que se puede realizar un control adecuado del mismo son el pH y la acidez del almidón ya que presentan una correlación más alta con la expansión, comparada con las demás variables. La relación entre el pH del almidón con la acidez, la degradación y la expansión del almidón es inversa. Esto es de esperarse ya que a medida que avanza el proceso de fermentación las enzimas de los microorganismos degradan la molécula de almidón (Figura 3), liberando las moléculas de glucosa susceptibles a ser convertidas por otros microorganismos en ácido láctico y otros ácidos orgánicos secundarios en esta fermentación, provocando un descenso en el valor del pH y un aumento de la acidez. Adicionalmente la solubilidad del almidón aumenta durante la fermentación haciéndolo más expandible.



**Figura 3.** Variación del porcentaje de almidón degradado en la obtención de almidón agrio de yuca

En general, el índice de expansión en las rallanderías sigue un comportamiento ascendente, alcanzando un índice de expansión dentro de los grados de calidad descritos por Fernández *et al.* (2003) (Figura 4), pero es notable que conforme avanza la fermentación este índice tiende a disminuir ya que por ser un proceso de tipo natural sin ningún control, existen muchos factores que pueden afectarlo, como por ejemplo la degradación de los almidones por microorganismos no lácticos que pueden causar alteraciones.

Tiempo de fermentación (día)

**Figura 4.** Variación del índice de hinchamiento durante el proceso de obtención de almidón agrio de yuca

Tomando como dato el índice del último día de la fermentación; el almidón agrio que se produce en las rallanderías de Córdoba y Sucre se encuentra ubicado en el grado 2 con poder de expansión corriente (rallandería C) y grado 3 con poder de expansión bajo (rallanderías B, D y E), en el primer caso es empleado en la elaboración de pandebonos y almojábanas y en el segundo en la elaboración de buñuelos. En el caso de la rallandería A, el almidón no alcanza un índice de expansión dentro de la clasificación.

### Calidad microbiológica

La tabla 5 muestra los resultados del análisis microbiológico con base en la norma NTC 267 empleada en el proceso de panificación (Harina de trigo). Se observa que los recuentos y detección de microorganismos patógenos se

encuentran cumpliendo con la norma, esto se explica por los valores bajos de pH y altos de acidez en el almidón agrio de yuca, factores que inhiben el crecimiento de estos microorganismos. Los recuentos de mesófilos aerobios y hongos se encuentran por debajo de los parámetros permisibles de la NTC 267. En general se observa que la fermentación está dominada por las bacterias mesófilas, grupo al cual pertenecen la mayoría de las bacterias acidolácticas, como *Lactobacillus* sp; *Saccharomyces* sp; *Staphylococcus* sp y *Streptococcus* sp (Pérez, 1998).

### Características bromatológicas

Comparando los resultados obtenidos en el análisis bromatológico de la muestra inicial o almidón dulce (Tabla 6) con los valores reportados por el ICBF (1996), encontramos que los valores de las cenizas y fibra son muy altos, lo cual se puede atribuir a la contaminación del almidón por materia extraña como polvo, insectos y tierra que llega del ambiente, incluso por el agua utilizada en la etapa de extracción. También es observable que los porcentajes de ceniza y fibra aumentan al final de la fermentación del almidón, por la prolongación del tiempo de exposición del mismo al ambiente. Ascheri (2003) determinó que el contenido de cenizas y grasas presentaron poca variación, mientras que la cantidad de proteína y fibra aumentaron durante el proceso al igual que en las plantas de Córdoba y Sucre.

Igualmente los porcentajes de grasa y proteína al inicio son más altos que los reportados en la literatura, esto puede estar influenciado por las variedades de yuca utilizadas, un incompleto proceso de desmanchado del almidón y porque en algunas plantas el almidón que se destina al agriado es una recolección de varios días que ya ha empezado su proceso fermentativo; además, como es de esperarse el porcentaje de proteína aumenta al final de la fermentación puesto que el almidón sufre un enriquecimiento proteínico en este proceso por la biomasa microbiana.

**Tabla 5.** Resultados análisis microbiológicos del almidón agrio por rallandería

Muestra		Mesofilos aerobios (ufc g <sup>-1</sup> )	Hongos (ufc g <sup>-1</sup> )	Coliformes (bact g <sup>-1</sup> )		Estafilococos aureus coag. + (ufc g <sup>-1</sup> )	Salmonella	Bacillus cereus (ufc g <sup>-1</sup> )
				Totales	Fecales			
* Índice máximo permisible	Buena calidad	200.000	1000	**	< 3	**	0	**
	Calidad aceptable	300.000	5000	**	-	**	-	**
<b>A</b>	Inicio	3.840	295	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Medio	2.720	11.600	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Final	2.500	500	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
<b>B</b>	Inicio	1.640	35.400	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Medio	6.600	220	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Final	1.460	< 10***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
<b>C</b>	Inicio	2.060	11***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Medio	2.975	12***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Final	585	27***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
<b>D</b>	Inicio	76.000	21***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Medio	30.100	10***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Final	9.650	3***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
<b>E</b>	Inicio	11.050	17***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Medio	10.150	1***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100
	Final	25.050	27***	< 3	< 3	< 100	Ausencia	< 100

\*Según NTC 267 (Harina de trigo), \*\*En la NTC 267 no están especificados estos parámetros, \*\*\* Recuento estimado en placa.

**Tabla 6.** Resultados del análisis bromatológicos del almidón agrio por rallandería.

Análisis bromatológico – Almidón en base húmeda							
Muestra	Día	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra	Proteína	Carbohidratos
<b>A</b>	Inicio	11,60	0,39	0,76	0,62	0,82	85,81
	Final	10,20	0,54	0,40	1,06	0,88	86,92
<b>B</b>	Inicio	14,40	0,28	0,41	0,53	0,88	83,50
	Final	11,70	0,32	0,35	0,62	0,95	86,06
<b>C</b>	Inicio	11,90	0,24	0,41	0,18	0,96	86,31
	Final	11,40	0,34	0,59	0,35	0,97	86,34
<b>D</b>	Inicio	11,03	0,23	0,39	0,18	0,81	87,36
	Final	8,04	0,24	0,39	0,23	0,82	90,28
<b>E</b>	Inicio	11,59	0,22	0,14	0,72	0,72	86,62
	Final	12,35	0,23	0,13	0,79	1,28	85,22

## Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de proceso

Los resultados del análisis de agua de proceso (Tabla 7) muestran que solo el agua empleada en la planta C se puede considerar como potable según el decreto 495-98 (Minsalud, 1998). El agua utilizada para la extracción del

almidón en las plantas A, B, D y E no es potable, puesto que los recuentos de Coliformes totales y fecales están por encima de los parámetros exigidos por el decreto mencionado, además de la turbiedad (planta B), alcalinidad total (plantas D y E) y dureza total (planta D).

**Tabla 7.** Resultados análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de proceso por rallanderías

Característica	Expresada en	valor admisible agua potable (Dec 475-98)	valor admisible agua segura (dec 475-98)	A	B	C	D	E
Turbiedad	NTU*	£ 5	£ 5	1.90	16.50	2.50	0.23	0.11
Sólidos totales	mg l <sup>-1</sup>	£ 500	£ 1000	283.00	213.24	230.34	566.10	295.45
Conductividad	micromhos cm <sup>-1</sup>	50 - 1000	£ 1500	148.95	96.88	73.57	748.50	407.5
Alcalinidad total	mg l <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	100	120	28.00	30.50	21.00	249.00	208.00
Cloruros	mg l <sup>-1</sup> Cl <sup>-</sup>	250	300	27.51	18.94	18.44	79.98	64.98
Dureza total	mg l <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	160	180	65.00	50.00	44.00	225.00	16.00
Sulfatos	mg l <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub>	250	350	80.00	50.00	25.00	50.00	50.00
pH	-	-	-	6.15	6.23	6.95	7.90	9.02
Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	0	8.00	264.00	0	206.00	60.00
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	0	8.00	156.00	0	12.00	1.00

\*Unid nefelométricas de turbidez

## CONCLUSIONES

- En Córdoba y Sucre, el número de plantas destinadas a la producción de almidón agro de yuca es pequeño (5 plantas), al igual que las cantidades de yuca procesada para obtener este producto (4503 ton año<sup>-1</sup>), comparado con la cantidad de yuca que se cultiva en estos departamentos (21661.3 ton en Córdoba y 150150 ton en Sucre en el 2003).
- Los márgenes de ganancia para el almidón agro se encuentran entre un 40 y 57% sin requerir de una tecnología muy avanzada.
- Todas las rallanderías cuentan con procesos mecanizados, el 60% de las plantas se encuentran ubicadas en el nivel tecnológico medio y el 40% restante en el nivel tecnológico alto.
- La calificación obtenida por cada una de las rallanderías en el aspecto sanitario fue baja.
- Los almidones se encuentran ubicados entre los grados 2 y 3 con un poder de expansión bajo y corriente, esto lo convierte en un almidón con un precio mas bajo; sin embargo, como el proceso en ninguna planta está estandarizado es posible que los resultados no sean los mismos en todas las fermentaciones.
- En el proceso de fermentación se presenta una ausencia de microorganismos patógenos por las condiciones de acidez y de pH del medio, mientras que los valores de cenizas y de fibra son altos y aumentan hasta el final de la fermentación debido a la contaminación con partículas extrañas (polvo, cabellos e insectos) del ambiente.
- Los valores de grasa y proteína pudieron estar influenciados por las variedades de yuca empleadas, deficiencias en el proceso de desmanchado y por el enriquecimiento debido al aumento de la biomasa microbiana.

## BIBLIOGRAFIA

- AOAC (Association of official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, 1298p.
- Ascheri, D. 2003. Determinación del tiempo óptimo de la fermentación del almidón de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), en la fabricación del almidón agrio ("Polvilho azedo"). Universidad estadual de Goiás, Departamento de Química, <http://www.monografias.com/trabajos6/deteti/deteti.shtml> [Accedido: 25-08-2003]
- Fernández, A.; Zakhia, N.; Ruiz, R. y Trujillo, J. 2003. Desarrollo de un método sencillo para medir la calidad del almidón agrio de yuca: impacto del método sobre la agroindustria rural en el departamento del Cauca (Colombia). Universidad del Valle, Palmira, 6p.
- Gottret, M.; Henry, G. y Dufour, D. 2003. Caracterización de la agroindustria de procesamiento de almidón agrio en el departamento del Cauca, Colombia: proyecto de desarrollo de agroempresas rurales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, 21p.
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 1996. Tabla de composición de alimentos Colombianos. Grupo de Administración de Impresos de la División de Recursos Físicos ICBF, Bogota, 134p.
- INS (Instituto Nacional de Salud). 1998. Técnicas de análisis microbiológico. Ministerio de Salud, Bogotá, 120p.
- Minagricultura (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2003. Anuario estadístico del sector agropecuario: información agrícola (Yuca). Departamento nacional de planeación, Bogotá, 2p.
- Minsalud (Ministerio de Salud Pública). 1998. Decreto 475. Normas Técnicas de Calidad del Agua Potable. Ministerio de Salud Pública, Bogotá, 22p.
- Pérez, O. 1998. Evaluación de los parámetros físicos y químicos que intervienen en el proceso de fermentación del almidón de yuca. En: Meek, E. y Aldana, H. (Ed.). Memorias Primer Encuentro Técnico Nacional de Producción y Transformación de Yuca. Tolú, p. 159-160
- Rivier, M.; Moreno, M.; Alarcón, F.; Ruiz, R. y Dufour, D. 2001. Almidón agrio de yuca en Colombia. Planta procesadora. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, 251p.
- Sandoval, N. 2002. Sistema agroalimentario localizado de producción de almidón agrio de yuca en el departamento del Cauca – Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, 14p.
- Thivend, P. 1994. Dosificación del almidón dentro de los medios complejos. En: Raimbauh, Maurice (Ed). Manual de laboratorio: Métodos físicos, químicos y microbiológicos. Universidad del Valle, Cali, p. 20