 **CIAT****66983**

COLECCION HISTORICA

*Seminario técnico sobre raíces y tubérculos autóctonos  
Ibagué - Colombia, 27 al 29 de Mayo de 1997.*

## **Procesamiento de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*):**

*Estudio de la factibilidad técnica y económica para la producción de  
almidón y harina y de sus propiedades fisicoquímicas*

J.J. Hurtado<sup>1&2</sup>; R. Ortiz<sup>1&4</sup>; G. Rodríguez<sup>2</sup>; D. Dufour<sup>1&3</sup>

1 CIAT, A.A. 6713, Cali-Colombia.

2 COROPOICA, A.A. 240142, Bogotá, Colombia.

3 CIRAD-SAR, B.P. 5035, Montpellier-Francia.

4 Universidad Jorge Tadeo Lozano, A.A. 34165, Bogotá-Colombia.

90641  
35385

1998

### **RESUMEN**

La arracacha es una raíz destinada principalmente al consumo en fresco con algunas experiencias de procesamiento en forma de almidón y harina. Identificados como dos de las principales formas de procesamiento y en las cuales existen limitados estudios.

Las tres formas hortícolas representativas de la arracacha (amarilla, blanca y morada) fueron procesadas en forma de almidón y harina. Los resultados indican que es factible técnicamente la producción almidón y harina de arracacha en plantas destinadas normalmente para el procesamiento de yuca. Los rendimientos obtenidos varían de 6 a 12% en almidón y 8 a 16% para las harinas. Los contenidos de amilosa y las propiedades funcionales fueron comparados con sus semejantes de mayor utilización por la industria (yuca, maíz, maíz ceroso y trigo). Los contenidos de amilosa de los almidones de arracacha se hallan entre 8 a 20% frente a 23% para yuca y maíz.

Las propiedades funcionales de los almidones de arracacha son semejantes a las exhibidas por el almidón de yuca; temperaturas de gelatinización inferiores a 65 °C, facilidad de cocción, inestabilidad de la pasta durante la cocción y baja tendencia a la retrogradación, opuestas a las enseñadas por el almidón de maíz. Las harinas de arracacha amarilla y blanca mostraron una alta actividad enzimática.

El precio de la arracacha presenta una marcada participación en la composición del costo de producción en almidón y harina. El precio hallado para el almidón nativo de arracacha es un 22% inferior el de un almidón modificado de características semejantes. El costo estimado para la harina de arracacha es cuatro veces mayor el de la harina de yuca y trigo.

## **INTRODUCCION**

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es una raíz originaria de los Andes (Tapia, 1992) donde se almacena principalmente almidón. Reconocido por ser de fácil digestibilidad (Cámara et Maffia, 1985). El principal productor comercial es Brasil con un área sembrada de 16 000 ha cultivadas y un rendimiento de 8-14 t/ha (Santos, 1997; Hermann, 1994). Seguido por Colombia donde el cultivo ha disminuido un 50% en los últimos seis años con 6 000 ha cultivadas y un rendimiento de 11 t/ha (Rodríguez, 1996; Hermann, 1994).

La producción de la arracacha es destinada principalmente al mercado en fresco, donde se conserva solo por una semana. Las limitadas experiencias de procesamiento se concentran en Brasil donde es utilizada por varias compañías como la Nestlé (São Paulo), en alimentos para bebé y Nutrimental S.A. (Parana) que produce harinas y hojuelas (Hermann, 1995). En Colombia el procesamiento es restringido a la utilización del almidón en bizcochos por Industrias Ramo, harinas y chips.

El almidón nativo y la harina de la arracacha han sido identificados como formas potenciales para incrementar su procesamiento industrial. Su almidón nativo es considerado como un sustituto promisorio de los almidones modificados en el procesamiento de alimentos sometidos a condiciones ácidas y tratamientos de congelación (Dufour et al. 1997; Hurtado, 1997; Hermann, 1995). La harina en el procesamiento de alimentos como sopas y purés además de ser incluida en las comidas de las escuelas gubernamentales del Brasil (Santos et Hermann, 1994).

Sin embargo es muy débil la información existente sobre el procesamiento de la arracacha y en particular de las propiedades funcionales de sus almidones y harinas. Este trabajo tiene como objetivo conocer la factibilidad técnica y económica de procesar las tres principales formas hortícolas de arracacha (amarilla, blanca y morada disponibles comercialmente en Colombia) como almidón y harina, y caracterizar sus propiedades funcionales comparándolas con los almidones y harinas de utilización corriente (maíz, trigo, yuca).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Materia prima**

Las raíces de arracacha de las formas hortícolas amarilla, blanca, morada fueron compradas en la Corporación de Abastecimiento del Valle del Cauca S.A. (CAVASA), las cuales son originarias de las zonas productoras de los municipios de Cajamarca (Tolima) y el Dovio (Valle del Cauca).

### **Análisis proximal**

La materia seca es determinada a 60 °C por 24 horas. Las determinaciones de fibra, proteína (factor de conversión 6.25), extracto etéreo y cenizas son realizadas a través de las metodologías de la A.O.A.C. (1965), descritas por Harris (1970).

## **Determinación de carbohidratos**

Azúcares totales y reductores: los azúcares son extraídos con etanol en un equipo soxhelt y cuantificados por el método de Cronin et Smith (1979). Se evapora el etanol y se obtienen los azúcares en medio acuoso en el cual los grupos carboxilo o cetónicos libres reducen los iones libres de cobre, formando un compuesto coloreado al reaccionar con el reactivo arsenomolibdato cuantificable a 520 nm.

Determinación enzimática del contenido de almidón: el contenido de almidón es determinado a través del método enzimático de (Batey et Ryde, 1982; Holm et al., 1986) mediante la solubilización de este con  $\alpha$  amilasa (Termamyl 120 L, NOVO) termoestable e hidrólisis con amiloglucosidasa (de *Aspergillus niger*, MERCK) y determinación de la glucosa liberada mediante reacción con Glucosa-Oxidasa-Peroxidasa (ABTS) medida a 560 nm.

## **Determinación de la proporción de amilosa y amilopectina en el almidón**

Se realiza de acuerdo al método colorimétrico descrito por la norma ISO 6647 (1987). Que tiene como principio la dispersión de los gránulos de almidón con etanol, luego gelatinizados con hidróxido de sodio, posterior acidificación y formación de un complejo coloreado con una solución de yodo cuantificado a 620 nm mediante espectrofotometría UV-VIS.

## **Viscosidad amilográfica**

En un viscoamilógrafo Brabender (Duisburg, Alemania) son evaluadas las propiedades viscoamilográficas de los almidones y las harinas utilizando suspensiones en agua destilada al 5 y 10 % p/v respectivamente. Las suspensiones son sometidas a calentamiento iniciando a 25 °C hasta 90°C (velocidad constante de 1,5°C/min), se mantiene a 90°C durante 20 min seguido de un enfriamiento hasta 50°C conservando esta temperatura constante por 10 min durante este ciclo se registra de manera continua la viscosidad aparente de las pastas.

## **Procesamiento del almidón nativo**

El procesamiento de las tres formas hortícolas de arracacha en almidón es realizado en una rallandería (planta de procesamiento para almidón de yuca) ubicada en el corregimiento de la Agustina, municipio de Santander de Quilichao (Cauca - Colombia). El procesamiento como se ilustra en la Figura 1 consiste en un lavado, pelado y rallado de las raíces, una extracción por tamizado con agua, sedimentación en tanques y secado artificial.

### *Lavado*

Esta operación es realizada en un tambor cilíndrico de eje central con capacidad de 220 a 250 kg donde son eliminadas las impurezas (tierra, hojas) y la cascarilla de las raíces. La

lavadora utilizada gira a 35 r.p.m. con un sistema de motor reductor y con un caudal promedio de 28 lt/min y de 3 min de lavado por bache.

### *Rallado*

El rallado permite liberar los gránulos de almidón contenidos en las células del parenquima es realizado en seco en un tambor de madera de 30 cm de diámetro y 50 cm de largo, el cual esta cubierto de una lámina perforada manualmente que se encuentra en un cajón donde origina un punto de corte con la madera, con una rotación de 1700 r.p.m. La masa rallada obtenida es fina o gruesa dependiendo de la abertura del tambor con la madera, esta característica es proporcional a la eficiencia del proceso. La capacidad del rallador es de 1200 a 1700 kg/hora de raíz.

### *Tamizado*

El tamizado es realizado en una coladora dispuesta con un cilindro asociado a un semi-eje que se carga y descarga lateralmente con una tolva. La coladora gira a 12 r.p.m. provista internamente de unas aspas, las cuales cumplen una función de mezclado de la masa rallada con el agua utilizada a un caudal de 56 lit/min. en baches de 12 a 15 min. En la lamina de la coladora se encuentra un lienzo de tela de nylon con 80 mesh, el cual tamiza la masa rallada y permite solo el paso de la lechada (almidón en suspensión en el agua del colado) y retiene el afrecho fibra celulósica).

### *Sedimentación*

En esta etapa, se obtienen el almidón sedimentado y un segundo subproducto la "mancha", con un alto contenido de proteína.

La sedimentación se realiza en tanques de 1-2 m<sup>3</sup>. revestidos con azulejo por 18 a 24 h, se retiran el agua sobrenadante y la mancha (rica en proteínas) que queda en la superficie del almidón.

### *Resuspensión del almidón*

Después de la sedimentación el almidón es resuspendido en agua y pasado a través de una malla metálica de 150 mesh con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de impurezas y ser nuevamente sedimentado por 4-5 h.

### *Secado artificial*

Después de la sedimentación el almidón es secado artificialmente en bandejas de aluminio en un horno (Despatch Oven Company) por 24 horas a 40 °C hasta obtener una humedad de 10 a 12%. El almidón obtenido es empacado en bolsas de polietileno y almacenado a 4 °C.

## **Proceso de obtención de la harina**

El procesamiento de las tres formas hortícolas de arracacha en harina es realizado en la planta piloto ubicada en las instalaciones del CIAT, Palmira. El procesamiento como se presenta en la Figura 2 consiste en un lavado y trozado de las raíces seguido por un secado artificial y una molienda

### *Lavado*

El lavado es realizado en un tambor cilíndrico en lotes de 140-150 kg (diámetro 0,8 m ; 0,65 m de longitud) que rota a 40 r.p.m provisto de un inyector de agua potable con terminación en tres boquillas dirigidas a diferentes sitios dentro del tambor rotatorio con un caudal de 32 lit/min en el eje montante.

Las maquinas lavadora y picadora forman un conjunto por medio de un acople que pone en movimiento los engranajes de la lavadora desde el elemento de potencia (motor con una potencia de 5 HP) localizado en la picadora.

### *Trozado*

Las raíces lavadas alimentan por gravedad directamente de la maquina lavadora a la maquina picadora, donde las raíces de arracacha son reducidas de tamaño para facilitar el secado en una picadora tipo Colombia, conformada por una tolva de alimentación y un disco rotatorio (500 r.p.m) que produce el corte a través de líneas de cuchillas acanaladas, con una capacidad de 6-9 ton/hora. La forma de los trozos es una barra rectangular

Los trozos son recibidos por un carro recolector que se acopla frontalmente a la maquina picadora y es utilizado también para transportar los trozos al área de secado.

### *Secado artificial.*

El secado artificial es conseguido en una cámara de secado formada por cuatro paredes que encierran un piso falso (70 cm del piso) de una lamina de hierro galvanizado, perforada con agujeros de 3 mm de diámetro (total de la superficie abierta es de 3%) sobre la cual se depositan los trozos húmedos. El aire se calienta a 60 °C mediante un quemador vertical indirecto alimentado con carbón mineral; cada media hora son agregados 5 kg a fin de sostener la temperatura de 60 °C, acoplado a la entrada de un ventilador centrifugo de 5 HP, el cual lo impulsa a la cámara de secado.

### *Molienda y tamizado*

La molienda de los trozos secos de arracacha es llevada a cabo en un molino de martillos que gira a velocidades mayores a 3000 r.p.m. La harina obtenida es pasada a través de una tamizadora de un cilindro provista con un tamiz de 60 mesh en donde son obtenidos una harina llamada de primera y un subproducto "ripio" alto en fibra celulosica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Procesamiento de la arracacha: almidón y harina

Las Figuras 3 y 4 ilustran los balances de masa de las etapas de procesamiento del almidón y la harina de arracacha calculados a partir de la medida de los datos durante el procesamiento y análisis de laboratorio. La Tabla 1 y 2 presentan la composición química de cada una de las etapas de producción.

Las Tablas 3 y 4 muestran las principales características del procesamiento en almidón y harina de la arracacha amarilla, blanca y morada comparadas con la yuca.

#### *Producción de almidón: balance de masa*

Los rendimientos teóricos (indican la cantidad máxima de almidón recuperable) de las tres formas hortícolas de arracacha no presentan cambios significativos, al mostrar variaciones de 20 a 23 g/100g de materia seca. Sin embargo los rendimientos teóricos no muestran correspondencia con los débiles rendimientos obtenidos (6-13 g/100g base humedad) lo cual es reflejado en las bajas tasas de extracción mostradas (24-50%), comparadas con las tasas de extracción en yuca de 64 a 76% (Alarcón et Dufour, 1997 ; Marder et al., 1996).

Dos factores en especial influyen las bajas tasas de extracción de almidón presentadas por las raíces de arracacha (amarilla, blanca y morada). El primer factor es ocasionado en el lavado por pérdidas de hasta 14 %, cuando normalmente son de 3% en yuca. Estas pérdidas son debidas a la fricción entre las raíces y los agujeros en las paredes de la lavadora dispuestos en forma cóncava originando cortes en el parenquima de las raíces que son eliminados con los desechos.

El segundo factor es ocasionado por la eficiencia del rallado; donde se liberan los gránulos de almidón del parenquima, definido como el efecto del rallo por Chuzel et al. (1995) que muestra en las formas hortícolas de arracacha valores de 83-86% frente a valores superiores a 90% en instalaciones con técnica avanzada.

Aunque la arracacha blanca presenta los mayores rendimientos obtenidos la arracacha morada enseña los mayores rendimientos teóricos (23.0 g/100g b.s.) y las menores relaciones raíces/almidón (4/1) y por tanto la mayor oportunidad de extracción del almidón. Estos resultados son semejantes al efectuar los cálculos a partir de los valores reportados en Colombia por Hurtado (1997) y en Ecuador por Brito et Espín, (1996) luego de una evaluación a 30 materiales de las tres formas hortícolas.

El rendimiento obtenido y la relación (raíces/almidón) de la yuca son dos veces superiores al obtenido en la arracacha. Estas diferencias en términos del rendimiento teórico son menores (20-30%) y pueden ser reducidas a través de la selección de variedades con mayores contenidos de materia seca y aumentando la productividad de la planta, como es el

caso de Brasil a través de variedades tempranas que pueden cosecharse en solo 7 meses (CIP, 1994).

### *Harina*

El balance de masa del procesamiento de las tres formas hortícolas de arracacha en harina muestra débiles rendimientos (8 a 16 %), comparados con los rendimientos presentados por la yuca (21.5 %). Así mismo presentan una relación (raíces/harina) de 2 a 3 veces superior la mostrada por la yuca.

Los rendimientos obtenidos de harina de las tres formas hortícolas de arracacha relacionados con sus rendimientos en campo (12.5 t/ha) permite alcanzar rendimientos de 1 a 2 t/ha de harina. Sin embargo ensayos realizados por el INIAP (1995) reportan que pueden ser alcanzados rendimientos de 1.6 a 3.2 t/ha de harina utilizando variedades de mayor rendimiento en campo.

### **Propiedades fisicoquímicas**

#### *Almidón*

La relación amilosa/amilopectina imparte características definitivas en las propiedades funcionales de un almidón de importancia al seleccionarlo para un fin específico. La amilosa favorece la retrogradación de las pastas de almidón durante el enfriamiento ocasionando el indeseable fenómeno de la sinéresis "perdida de agua". Al contrario la amilopectina presenta pastas espesas que no retrogradan al enfriarse. Estas diferencias son utilizadas en el desarrollo de productos específicos.

La Tabla 5 presenta el contenido de amilosa de las tres formas hortícolas de arracacha en comparación con yuca y maíz. El margen de variación de las formas hortícolas de arracacha se halla entre 8 y 19% semejante al reportado por la bibliografía (Hurtado, 1997 ; INIAP, 1995).

Los contenidos de amilosa hallados y los reportados por Hurtado (1997), muestran en las formas hortícolas de arracacha amarilla y blanca contenidos de amilopectina superiores a 90%. Indicativos de una baja tendencia a la retrogradación.

Se aprecia una variación muy elevada en el contenido de amilosa de los almidones de arracacha que no se encuentra en ninguna de las otras especies de raíces y tubérculos.

En arracacha según Hurtado (1997), la apariencia microscópica de los gránulos exhibe formas ovaladas con los extremos truncados; originadas probablemente por la fragmentación durante la extracción. El tamaño de los gránulos mostró una variación de 8-10  $\mu\text{m}$  (Tabla 5). Estos valores son similares a los reportados por Carpió (1993).

## **Propiedades de la pasta**

### *Almidón*

La Figura 3 muestra los viscoamilogramas obtenidos de las tres formas hortícolas de arracacha en comparación con los de yuca, maíz y maíz ceroso. La Tabla 6 muestra los diferentes parámetros obtenidos a partir de los perfiles de viscosidad.

Las temperaturas de gelatinización de las tres formas hortícolas de arracacha no muestran variaciones significativas (58-60°C). Al contrario de la viscosidad máxima al presentar variaciones de hasta 3 veces (480 a 1340 u.B.).

Los almidones de arracacha muestran un comportamiento reológico semejante al exhibido por los almidones de yuca son de fácil y rápida gelatinización y muestran baja tendencia a la retrogradación. Las pastas de los almidones de arracacha comparadas con las de maíz y maíz ceroso exhiben temperaturas de gelatinización inferiores en 10 y 26 °C así como viscosidades máximas superiores en 2 y 20 veces respectivamente.

Es de notar que la arracacha que presenta el menor nivel de amilosa desarrolla la máxima viscosidad como en el caso del maíz ceroso.

### *Harina*

Las Figuras 4a y 4b presentan los viscoamilogramas de las harinas de arracacha amarilla, blanca y morada en medio acuoso y con inhibidor de enzima respectivamente. Las Tablas 7a y 7b enseñan sus características viscoamilograficas.

Las pastas de las harinas de arracacha blanca y amarilla muestran una débil viscosidad máxima (<400 u.B.) y elevada sensibilidad al calor al perder totalmente su viscosidad (<20 u.B.). En contraste la arracacha morada enseña una viscosidad máxima hasta 3 veces superior la de estas y una pérdida de su viscosidad máxima de 26% acorde con el comportamiento normalmente exhibido por los almidones de arracacha.

Las variaciones en los contenidos de almidón son poco significativas (<10%) como para explicar las elevadas variaciones de viscosidad en las harinas de arracacha, no relacionadas con los comportamientos de sus respectivos almidones. La interacción entre los restantes componentes de las harinas (ver Tabla 2), la variabilidad del contenido de amilosa de las formas hortícolas de la arracacha, condiciones edafoclimáticas, edad de la planta, pH o la actividad enzimática entre otros pueden explicar este comportamiento.

La actividad enzimática es uno de los factores que más influencia puede ejercer en la viscosidad de los almidones (principal componente de las harinas de arracacha) como los observados en nuestro caso. Para determinar la influencia de la actividad enzimática en las



harinas son realizados los viscoamilogramas de las harinas utilizando una solución inhibitoria de la actividad enzimática ( $\text{HgCl}_2$ , 0.01M).

Los resultados de los viscoamilogramas muestran la elevada influencia de la alfa-amilasa en las harinas de arracacha principalmente en las formas hortícolas amarilla y blanca. Los cambios en las temperaturas de gelatinización no son significativos a diferencia del marcado decrecimiento en la viscosidad máxima de las pastas de las harinas en medio acuoso (variaciones de 3 a 6 veces).

### **Costos de producción**

El costo de la arracacha comprada al productor en el municipio de Cajamarca mostró una variación en el año 1996 entre 240 a 880 pesos colombianos/kg. (Norma C. Vasquez, comunicación personal CORPOICA-CRECED Norte del Tolima, 1997). Estos valores son 2 a 8 veces superiores los costos promedios de la yuca.

### *Almidón*

La Tabla 8 relaciona las inversiones en instalaciones, equipos y herramientas requeridas para el montaje de una planta procesadora de almidón nativo de arracacha en la zona rural de Cajamarca (Tolima) principal productor del país (44% de la producción nacional) con una capacidad instalada de 440 ton/año de almidón seco. La inversión necesaria es de \$48 349 000 para el primer semestre de 1997 asumiendo que el terreno es adquirido por el inversionista.

La Tabla 9 muestra los costos estimados de producción para una tonelada de almidón seco de arracacha utilizando sus rendimientos teóricos y no los obtenidos por la influencia de los equipos en estos. El precio estimado para el almidón corresponde a \$1 330 000/t. El precio de la arracacha representa un 72% del costo de producción del almidón con una utilidad del 25%. Este porcentaje y la rentabilidad de la planta son influenciados por las fluctuaciones en el costo de la arracacha durante el año.

El precio estimado para el almidón nativo de arracacha es de \$1330/kg. Las propiedades funcionales de su almidón lo harían competir con el almidón nativo de yuca (49% menor el precio del almidón nativo de arracacha), el almidón de maíz ceroso (10% menor del precio del almidón nativo de arracacha) y con almidones modificados como el Snow flake 4621 (22% mayor del precio del almidón nativo de arracacha) (Tabla 10).

Dentro del mercado de almidón existe un mercado masivo y uno especializado. En el mercado masivo un precio competitivo es la llave del éxito, mientras que en el mercado especializado, las características funcionales del almidón son la clave para competir (Ostertag, 1993).

El almidón nativo de arracacha por su característica específica de resistencia en medio ácido y de congelación (Dufour et al., 1996 ; Dufour et Hurtado, 1996) interesantes para los

industriales compite en el mercado especializado donde los compradores están dispuestos a pagar un precio mayor en 5 a 10 % por los almidones nativos y hasta un 30% por almidones modificados con los cuales podría competir el almidón de arracacha sin generar rechazo por los consumidores y ser introducido sin limite en los productos (Henry et Gottret, 1996).

### *Harina*

La Tabla 11 muestra las inversiones en instalaciones, equipos y herramientas requeridas para el montaje de una planta procesadora de harina de arracacha en la zona rural del municipio de Cajamarca (Tolima) principal productor del país (44% de la producción nacional) con una capacidad instalada de 300 ton/año de harina. La inversión necesaria es de \$56 819 000 para el primer semestre de 1997 asumiendo que el terreno es adquirido por el inversionista.

La Tabla 12 muestra los costos de producción para una tonelada de harina de arracacha. El precio estimado para la harina de arracacha es de \$2000/kg con una rentabilidad aceptable del 23% este valor es cuatro veces superior el precio de la harina de trigo. Ante la diferencia en precios es necesario identificar mercados potenciales de alto valor agregado (ej alimentos para bebé) en los cuales sus propiedades funcionales logren compensar la desventaja en precios.

Es el caso de la harina de yuca, no compite con la harina de trigo en panificación entre otras razones por costo, sin embargo la industria cárnica reemplaza la harina de trigo total o parcialmente por harina de yuca en sus productos por presentar mejores propiedades funcionales (mayor absorción y retención de agua, mejora la consistencia) y mayores rendimientos (Ruales et al., 1996).

## **CONCLUSIONES**

La arracacha posee un elevado potencial no materializado aun en Colombia (segundo productor mundial) para el procesamiento de alimentos en forma de almidón y harina. Existe en la actualidad un considerable aumento de procesamiento de la arracacha en Brasil liderado por la Nestlé S.A y Nutrimental S.A. (Hermann, 1995).

El estudio del procesamiento en almidón y harina de las tres formas hortícolas de arracacha (amarilla, blanca y morada) utilizando plantas comerciales destinadas a yuca ha mostrado ser factible técnicamente. Es necesario reducir los costos de las plantas de procesamiento de almidón y harina a ser utilizadas con arracacha y mejorar la eficiencia de los equipos.

Los almidones de arracacha muestran una elevada variabilidad del contenido de amilosa en y entre las tres formas hortícolas. Se destacan los contenidos de amilopectina superiores a 90% en las formas hortícolas amarilla y blanca. La gelatinización y la tendencia a la retrogradación de los almidones de arracacha es mas baja que la del almidón de maíz y restantes cereales.

Los costos de producción de la arracacha en almidón y harina son mayores a los presentados por sus semejantes de yuca y trigo respectivamente originados principalmente por la incidencia del precio de la arracacha en los costos variables. La factibilidad económica de producción del almidón y harina de arracacha se halla ligada al potencial de los mercados donde compite por sus propiedades funcionales específicas y diferentes a los de común utilización por la industria.

El incremento del potencial de la arracacha para el procesamiento se halla unido al mejoramiento de la competitividad de la arracacha a través de materias primas con mayores contenidos de materia seca, productividades y obtención de materias primas económicas para el procesamiento que permitan obtener un producto final más rentable cuando sea puesto en el mercado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALARCON, F. and DUFOUR, D. 1997. Producción del almidón de yuca en Colombia: Proceso general de extracción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. (en impresión).

BATEY, I.L. et RYDE, N. 1982. Starch analysis using thermostable alpha-amylases. *Starch/Stärke*. 34(4):125-128.

BRITO, B. and ESPIN, S. 1996. Evaluación del contenido de almidón total de raíces y tubérculos andinos del banco de germoplasma del INIAP-Ecuador. Conferencia internacional de almidón: propiedades fisicoquímicas, funcionales y nutricionales; Usos, 8-10 de mayo de 1996. Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p.53-59.

CAMARA, F.L. and MAFFIA, L.M. 1985. Curva de crecimiento e utilização da mandiocinha-salsa na alimentação. *Hor. bras.* 3 (2):29-33.

CARPIO, C. and RUALES, J. 1993. Caracterización físico química y funcional del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*). Simposio en carbohidratos 4-6 octubre, 1993. Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p. 251-256.

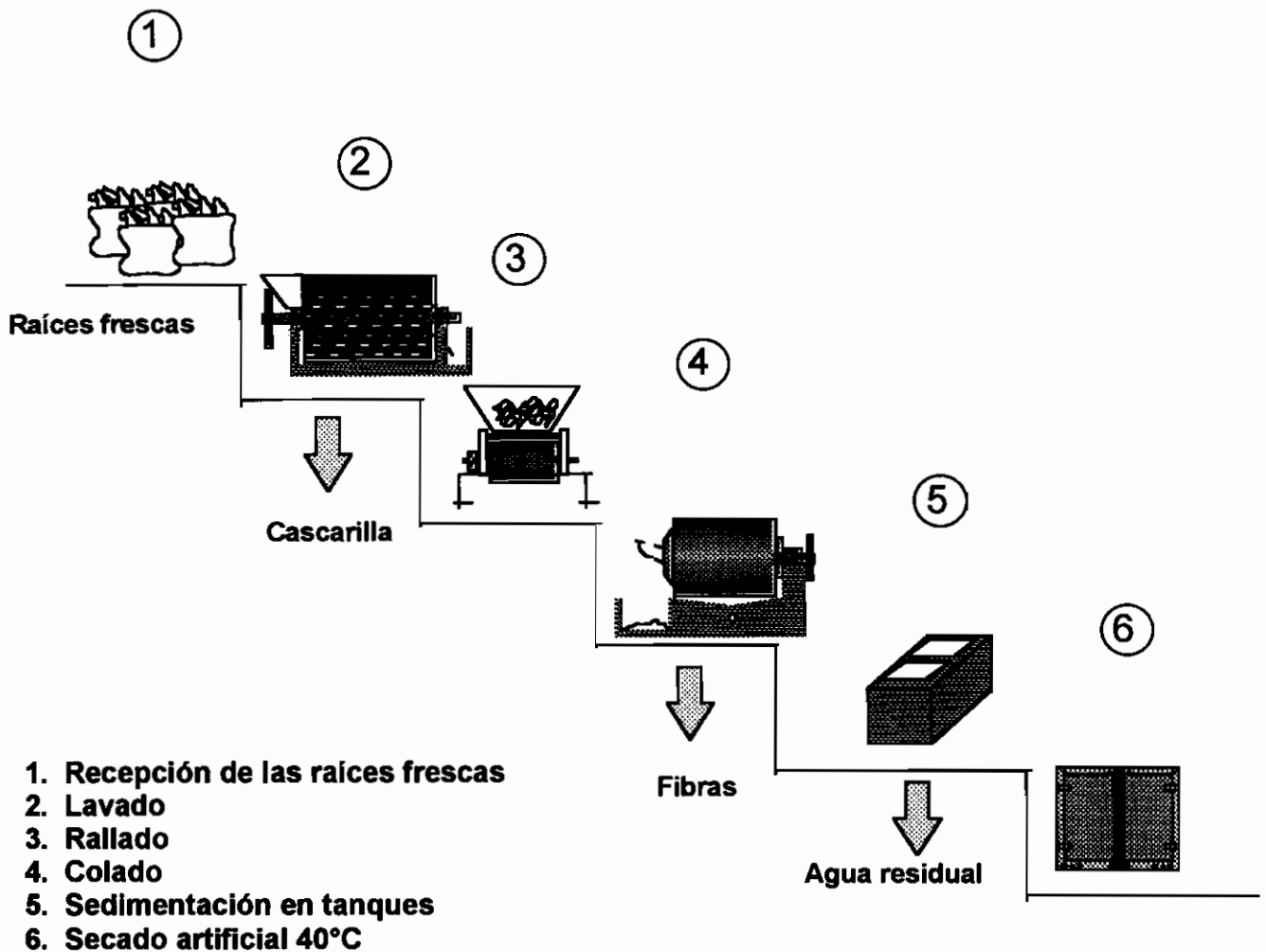
CENTRO INTERNAIONAL DE LA PAPA (CIP). 1994. Informe Anual. Lima, Perú p. 16-19

- CHUZEL, G.; PEREZ, D.; DUFOUR, D. and GRIFFON, D. 1995. Amélioration technologique des équipements d'extraction d'amidon en Colombie: transformation alimentaire du manioc. Editions Orstom, Paris, France. p.623-636.
- CRONIN, D. and SMITH, S. 1979. A simple and rapid procedure for the analysis of reducing total and individual sugars in potatoes. *Potato Res.* 22:99-105.
- DUFOUR ; HURTADO, J.J. and WHEATLEY, C. 1996. Characterization of starches from noncereal crops cultivated in tropical America: comparative analyses of starch behavior under different stress conditions. International symposium on cassava starch and starch derivatives. Nanning, China, November 11-15, 1996.
- DUFOUR, D. and HURTADO, J.J. 1996. Perspectivas de uso de almidones nativos de raíces y tubérculos en relación con sus propiedades específicas. *Proceedings of the Conferencia Internacional de Almidón: Propiedades físico-químicas funcionales y nutricionales.* Usos p. 149-166.
- DUFOUR, D.; RUALES, J. and HURTADO, J.J. 1997. Valorización de los cultivos de raíces y tubérculos andinos: oportunidades de nuevos mercados en relación con las propiedades funcionales de los almidones. IX Congreso internacional de cultivos andinos "Oscar Blanco Galdos", 22-25 de abril de 1997. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú. p. 139.
- GUY, H. and GOTTRET, V. 1996. Tendencias globales de la producción y mercado de la yuca y sus productos. *En: La economía de la yuca* p. 11-27.
- HARRIS, L. 1970. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Center for Tropical Agriculture Feed Composition Project Livestock Pavilion University of Florida Gainesville, Florida 32601 USA. p.2101-2501.
- HERMANN, M. 1994. La achira y la arracacha: procesamiento y desarrollo de nuevos productos. *Centro Internacional de la Papa (CIP) 20(3):10-13.*
- HERMANN, M. 1995. Arracacha and achira processing and product development. CIP Progress report 6310-1994, Quito, Ecuador. 8p.
- HOLM, J. and BJORCK, N. 1986. A rapid method for the analysis starch. *Starch/Stärke* 38(7):224-226.

- HURTADO, J.J. 1997. Valorización de las amiláceas "no-cereales" cultivadas en los países andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Bogotá, Colombia.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP). 1995. Informe anual p. 23-25.
- ISO (International Organization for Standardization). 1987. Norme ISO 6647 (F). Riz - Détermination de la teneur en amylose. Switzerland. 3 p.
- MARDER, C.; ARAUJO, R.; MORENO, M. CURRAN, A. and TRIM, D. 1996. Investigating sour starch production in Brazil. Cassava flour and starch: progress in research and development. Editions CIRAD-SAR, CIAT. p. 247-258.
- OSTERTAG, C. 1993. Producción y mercados mundiales del almidón. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 29 p.
- RODRIGUEZ, G. 1996. Raíces y tubérculos de consumo tradicional en diferentes regiones de Colombia. IX Congreso Brasileiro de Yuca - I Congreso Latino Americano de raíces tropicales, 7-11 de octubre de 1996. Centro de Raíces Tropicais-Cerat/Unesp, Botacatu, Brasil.
- RUALES, J.; TOLEDO, V. and MOULIES, C. 1996. Desarrollo de productos cárnicos en base de harina y almidón de yuca. Conferencia internacional de almidón: propiedades fisicoquímicas, funcionales y nutricionales; Usos, 8-10 de mayo de 1996. Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p.185-196.
- SANTOS, F.F. 1997. Introducción y distribución geográfica de villarraca en Brasil. IX Congreso internacional de cultivos andinos "Oscar Blanco Galdos", 22-25 de abril de 1997. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú. p. 44-45.
- SANTOS, F.F. and HERMANN, M. 1994. The processing of Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) in Brazil. 10th symposium of the international society for tropical root crops (ISTRC), 13-19 november, 1994 Salvador, Bahia, Brasil. p. 90.

TAPIA, M. 1992. Cultivos marginados de la región andina: cultivos marginados otra perspectiva de 1492. Colección FAO: producción y protección vegetal N° 26. p.147-177.

VIERA, M. 1983. Proyecto de producción y comercialización de harina de yuca en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT), Cali, Colombia. Documento interno de trabajo 35p.



Fuente: Alarcón et Dufour (1997).

Figura 1. Distribución de las operaciones de producción del almidón de arracacha utilizando una rallandería destinada para yuca que aprovecha el gradiente de gravedad.

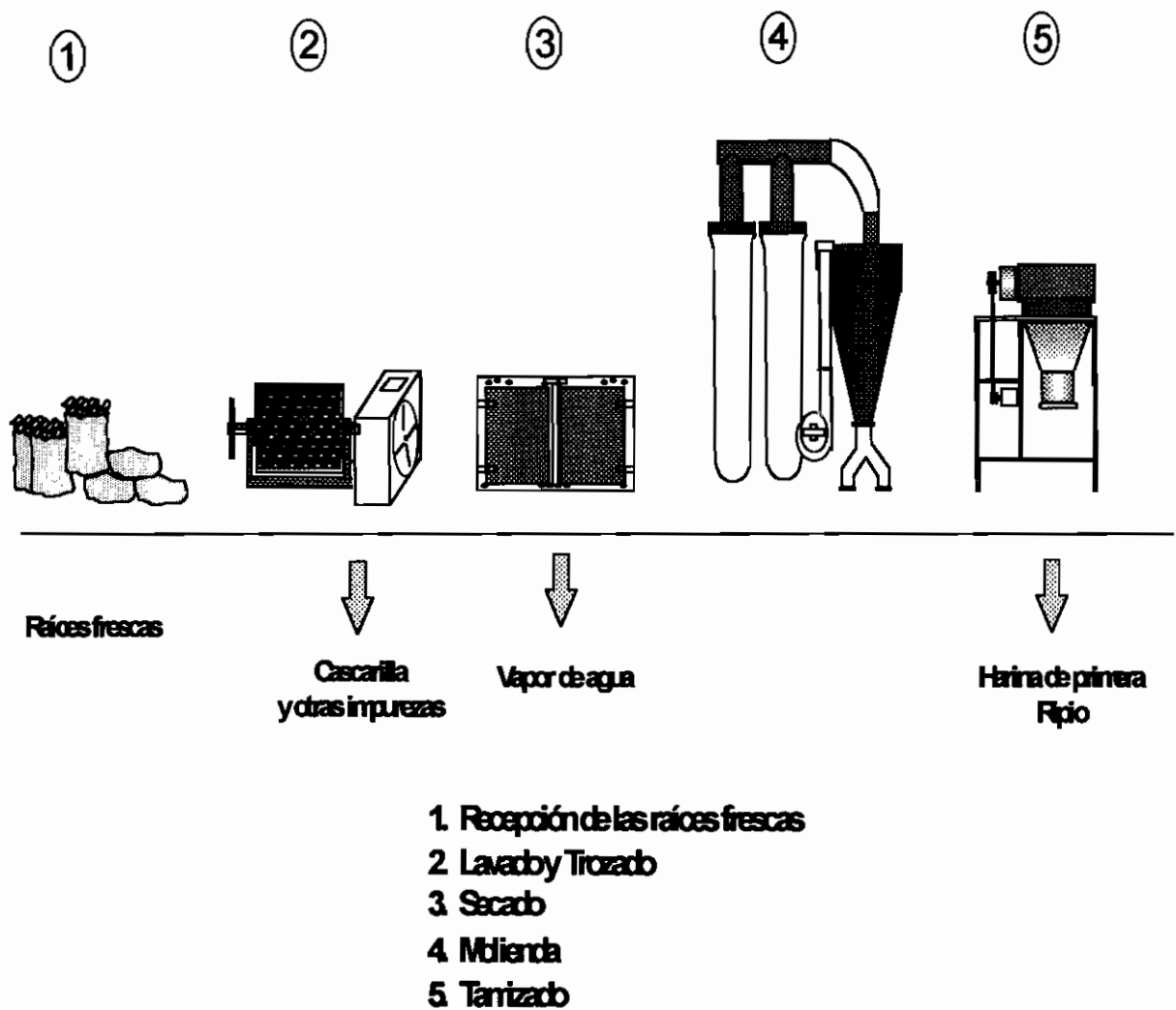


Figura 2. Distribución esquemática de las operaciones de producción de harina



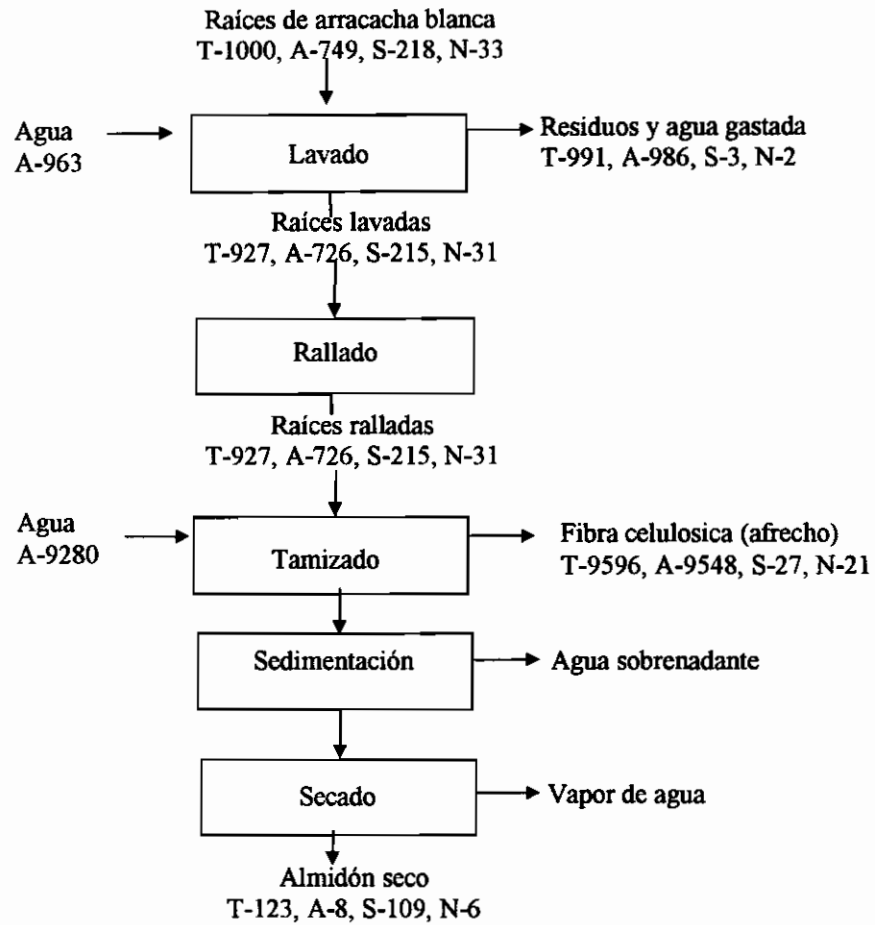


Figura 3. Balance de masa del proceso de almidón de arracacha blanca, basado en 1000 kg de raíces. (T= masa total del flujo, A= agua, S= almidón, N= compuestos no amilaceos)

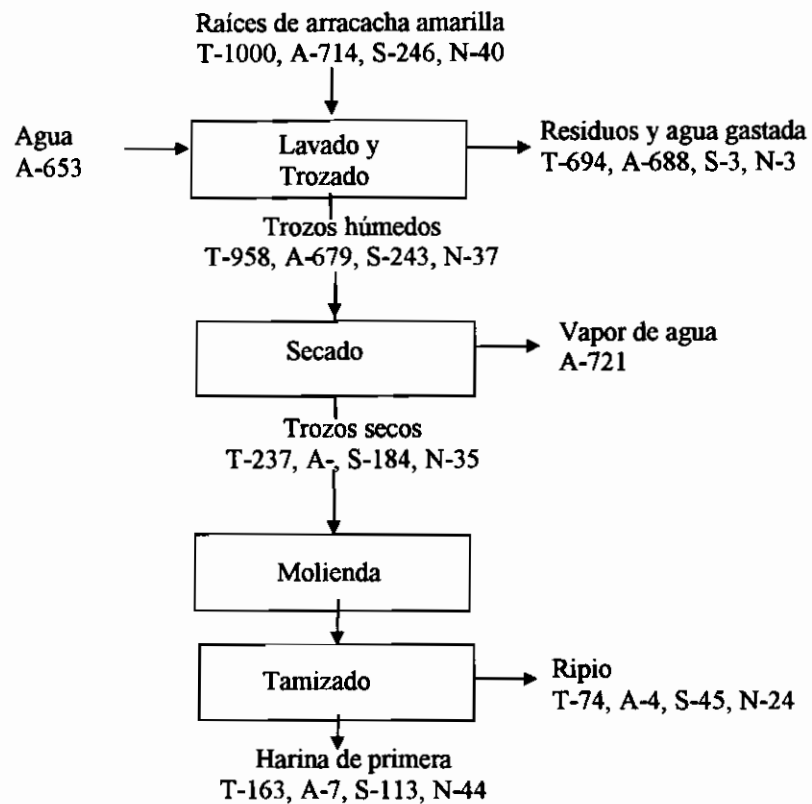


Figura 4. Balance de masa del proceso de obtención de harina de arracacha amarilla, basado en 1000 kg de raíces. (T= masa total del flujo, A= agua, S= almidón, N= compuestos no amilaceos)

Tabla 1. Composición química de las raíces de arracacha amarilla, blanca y morada durante el flujo de procesamiento en almidón

Muestra	Materia seca g/100 materia prima	% Materia seca				
		Almidón	Fibra cruda	Extracto etéreo	Proteína	Cenizas
<b>Arracacacha amarilla:</b>						
Raíces frescas	23.5	85.0	2.5	1.6	2.2	4.7
Residuos del lavado	15.3	44.0	7.2	0.8	2.1	9.0
Parenquima rallado	25.4	77.0	2.4	0.3	2.5	4.5
Afrecho	10.6	45.0	9.2	0.5	1.2	1.8
Almidón seco	93.0	98.0	0.0	1.0	0.3	0.2
<b>Arracacha blanca:</b>						
Raíces frescas	25.1	87.0	2.1	1.0	2.1	4.7
Residuos del lavado	18.2	55.0	6.5	0.8	2.1	9.5
Parenquima rallado	25.2	81.0	2.4	0.8	2.0	4.7
Afrecho	15.3	56.0	7.9	0.7	1.2	1.7
Almidón seco	93.4	95.0	0.0	0.4	0.3	0.1
<b>Arracacha morada :</b>						
Raíces frescas	27.1	85.0	2.0	1.3	2.6	4.5
Residuos del lavado	24.6	49.0	3.9	1.7	2.4	13.3
Parenquima rallado	25.0	83.0	2.7	1.0	2.4	5.0
Afrecho	17.0	54.0	7.7	0.5	1.6	1.7
Almidón seco	93.6	95.0	0.0	0.3	0.3	0.2

Tabla 2. Composición química de las raíces de arracacha amarilla, blanca y morada durante el flujo de procesamiento en harina

Muestra	Materia seca g/100 materia prima	% Materia seca				
		Almidón	Fibra cruda	Extracto etéreo	Proteína	Cenizas
<b>Arracacha amarilla :</b>						
Raíces frescas	28.6	86.0	1.8	0.9	2.5	3.7
Residuos del lavado	15.0	47.0	7.4	1.6	2.4	24.0
Trozos secos	94.2	84.0	2.0	0.8	3.3	3.7
Harina	96.0	72.0	2.3	1.7	3.3	3.2
Ripio	94.5	65.0	2.5	-	3.3	5.5
<b>Arracacha blanca :</b>						
Raíces frescas	20.2	85.0	1.6	1.4	2.4	4.9
Residuos del lavado	16.1	39.0	6.8	1.6	2.1	32.7
Trozos secos	92.7	80.0	1.5	1.7	2.9	4.6
Harina	96.0	64.0	1.9	1.0	3.1	4.7
Ripio	93.7	63.0	2.5	-	3.3	5.2
<b>Arracacha morada :</b>						
Raíces frescas	20.8	85.0	1.5	1.3	1.3	4.7
Residuos del lavado	15.5	40.0	8.7	1.5	2.9	25.8
Trozos secos	94.2	84.0	2.1	1.6	1.9	4.6
Harina	96.2	67.0	2.1	2.0	1.8	4.2
Ripio	94.8	63.0	3.3	-	2.1	5.5

Tabla 3. Características del procesamiento de extracción de almidón de las tres formas hortícolas de arracacha

Característica	Arracacha amarilla	Arracacha blanca	Arracacha morada	Yuca
Rendimiento obtenido(g/100g materia prima b.h.)	10.8	12.3	6.1	22.6
Rendimiento teórico (g/100g materia prima b.s.)	20.0	21.8	23.0	29.5
Tasa de extracción (%)	49	50	24	76.6
Relación (raíces/ almidón)	9	8	16	4.4
Relación teórica (raíces/ almidón)	5	5	4	3
Agua utilizada en el proceso:				
m <sup>3</sup> / 1000 t de raíces	10.9	10.2	11.4	7.1
m <sup>3</sup> / kg de almidón seco	0.01	0.08	0.18	0.03

Fuente: Alarcón et Dufour, 1997

Tabla 4. Características del proceso de obtención de harina de las tres formas hortícolas de arracacha

Característica	Arracacha amarilla	Arracacha blanca	Arracacha morada	Yuca
Rendimiento obtenido(g/100g materia prima b.h.)	16.3	8.8	13.1	21.5
Relación (raíces/ harina)	6	11	8	3.5
Agua utilizada en el proceso:				
m <sup>3</sup> / 1000 t de raíces	0.65	0.65	0.66	1.6
m <sup>3</sup> / kg de harina de primera	0.004	0.007	0.005	0.006

\* Fuente: Viera (1993).

Tabla 5. Tamaño, forma y contenido de amilosa de los almidones de arracacha amarilla, blanca y morada, yuca y maíz.

Almidón	Forma	Diámetro mayor	Diámetro menor	Amilosa	Amilosa*
Arracacha amarilla	-	-	-	7.8 ± 0.06	15.7 ± 0.41
Arracacha blanca	-	-	-	18.5 ± 0.35	5.6 ± 0.48
Arracacha morada	Ovalada, truncados	10	8	18.9 ± 0.3	20.5 ± 0.66
Yuca	Esférica	17	14		22.7 ± 0.33
Maíz	Poliédrica	15	12		23.2 ± 1.0

\* Fuente : Hurtado, (1997).

X ± IC ; X valor medio y IC intervalo de confianza, n=3

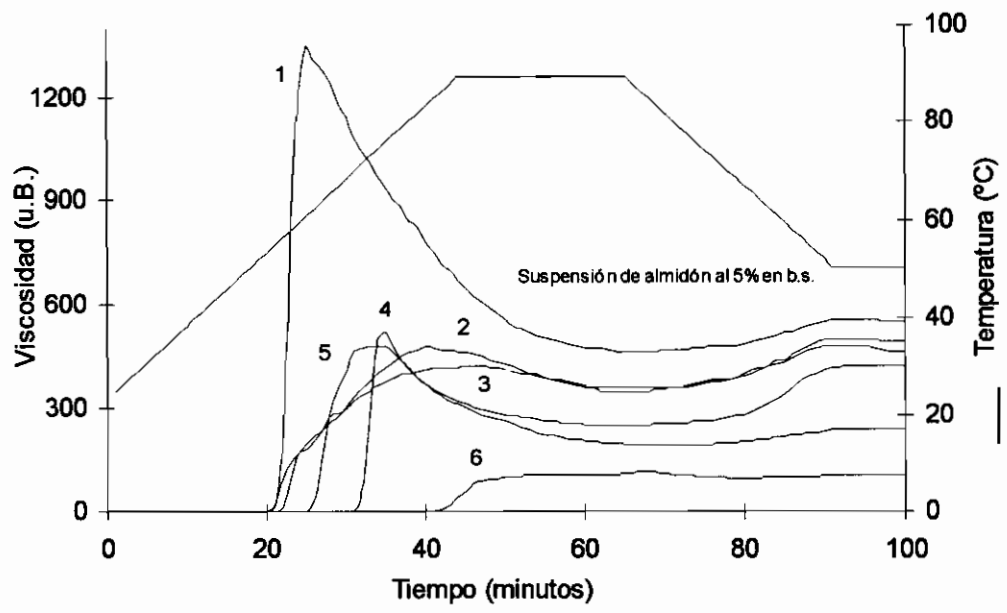


Figura 5. Viscoamilogramas de diversos almidones

1. Arracacha amarilla; 2. Arracacha blanca; 3. Arracacha morada; 4. Maíz ceroso; 5. Yuca; 6. Maíz.



Tabla 6. Características viscoamilograficas de los almidones de arracacha amarilla, blanca y morada en comparación con los de maíz y yuca.

Almidón	Tg °C	Vmax	V90	V90/20 u.B.	V50	Vmax- V90/20	V50- V90/20	tVmax- tTg min.
Arracacha amarilla	59.1	1340	540	472	590	868	118	4.3
Arracacha blanca	60.2	500	476	356	480	144	124	71.5
Arracacha morada	58.6	480	414	358	470	122	112	72.6
<b>Yuca - CM 3306-4*</b>	<b>63.2</b>	<b>482</b>	<b>330</b>	<b>250</b>	<b>410</b>	<b>232</b>	<b>160</b>	<b>8.5</b>
<b>Maíz*</b>	<b>86.5</b>	<b>57</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>56</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>48.5</b>
<b>Maíz ceroso*</b>	<b>72.2</b>	<b>530</b>	<b>320</b>	<b>196</b>	<b>230</b>	<b>334</b>	<b>34</b>	<b>3.0</b>

\* Fuente: Hurtado, (1997)