

CAPÍTULO 27

Conservación y Acondicionamiento de las Raíces Frescas

Teresa Sánchez* y Lisímaco Alonso**

La yuca (*Manihot esculenta*) es un alimento importante porque es fuente económica de calorías, especialmente para las gentes de pocos recursos económicos que habitan las regiones tropicales del mundo. Por tal razón, los científicos han hecho grandes esfuerzos para desarrollar variedades de mayor rendimiento y para diseñar tecnologías apropiadas de bajos insumos que mejoren la producción del cultivo. La aplicación de estas tecnologías en las fincas ha logrado que aumente significativamente esa producción.

La yuca se utiliza cada vez más en la alimentación humana y en otros campos; por ello, valdría la pena transferir varias tecnologías de poscosecha con tal que se solucione el rápido deterioro que sufren las raíces después de la cosecha. Este deterioro aumenta los costos y los riesgos y causa pérdidas considerables a mayoristas y minoristas; de ahí depende el alto margen de comercialización de este producto agrícola, que compensa por el volumen apreciable de raíces que se pierden.

Para aportar soluciones a este problema e incrementar con ellas la demanda y las opciones de comercialización de la yuca, el CIAT y otras entidades de investigación han buscado métodos de conservación de las raíces de yuca después de la cosecha que, siendo de bajo costo, permitan almacenarlas durante períodos prolongados. En este capítulo se describirán

algunos de los métodos o prácticas de conservación que fueron manejados por el CIAT y otros, como la parafinación de raíces y la elaboración de astillas o trozos congelados de yuca, que están ganando importancia en el mercado nacional y en el de exportación, principalmente hacia Estados Unidos y Europa.

Composición Físicoquímica de las Raíces

Las raíces de yuca son ricas en calorías pero son deficientes en proteínas, grasas, minerales y vitaminas. Hay también varios compuestos secundarios en los tejidos de la raíz:

- los **polifenoles**, que son los más importantes y están involucrados en el proceso de deterioro fisiológico después de la cosecha;
- los **taninos**, que se encuentran en baja concentración en el parénquima fresco y en mayor cantidad en la cáscara.

El parénquima tiene de 30% a 45% de **materia seca**; de ésta, entre el 90% y el 95% constituye la fracción no nitrogenada, o sea, los carbohidratos (Cuadro 27-1).

Las raíces de yuca contienen cantidades variables de cianuro (CN⁻), un radical que genera compuestos tóxicos en ciertos niveles. El cianuro se encuentra principalmente (90%) como un glucósido cianogénico (linamarina); el resto es cianuro libre.

Las características mencionadas varían según algunos factores varietales y edafoclimáticos, como edad de la planta, tipo de suelo, fertilización y época de cosecha.

* Química, Jefe del Laboratorio de Control de Calidad del Proyecto Mejoramiento de Yuca, CIAT, Cali, Colombia. E-mail: t.sanchez@cgiar.org

** Ingeniero Agrícola, Sistemas de Manejo Poscosecha, CLAYUCA, Cali, Colombia. E-mail: l.alonso@cgiar.org

Cuadro 27-1. Composición química de las raíces de yuca.

Componente de raíz	Contenido
Energía	1460 cal/kg
Agua	66.00%
Carbohidratos	35%
Proteína	1.2%
Grasa	0.2%
Fibra	3.1%
Ceniza	1.9%
Calcio	330 mg/kg
Hierro	7 mg/kg
Fósforo	440 mg/kg
Vitamina A	0.21 mg/kg
Tiamina	0.6 mg/kg
Riboflavina	0.8 mg/kg
Niacina	6 mg/kg
Vitamina C	360 mg/kg

Deterioro de las Raíces

Después de la cosecha, las raíces de yuca pueden sufrir dos tipos de deterioro: uno fisiológico y otro microbiano.

Deterioro fisiológico

Es el primero que aparece; se manifiesta como un color azul negruzco en varios tejidos de la raíz, especialmente cerca del xilema (Figura 27-1). Lo causa una acumulación poscosecha de ciertos



Figura 27-1. El deterioro fisiológico da un color azul oscuro (flechas) a los tejidos que están cerca del xilema. (A) Corte transversal de la raíz. (B) Corte longitudinal.

compuestos fenólicos que, al polimerizarse, forman el pigmento azul negruzco.

Los signos visibles de deterioro fisiológico aparecen de 24 a 48 horas después de la cosecha. Antes de estos signos, las raíces muestran una fluorescencia azul brillante bajo la luz ultravioleta, debida a la acumulación de un fenol denominado escopoletina; esta fluorescencia es una indicación segura de que el deterioro se ha iniciado. El deterioro fisiológico se inicia rápidamente en las heridas, que casi siempre ocurren en los extremos distal y proximal de la raíz durante la cosecha.

El deterioro fisiológico necesita oxígeno para desarrollarse y se apoya en reacciones enzimáticas; por consiguiente, se puede evitar impidiendo el acceso de oxígeno a los tejidos parenquimatosos o inhibiendo las reacciones enzimáticas.

Conociendo estos mecanismos, se diseñan sistemas de almacenamiento en que se eliminen los factores que favorecen el deterioro de las raíces.

- Por ejemplo, el almacenamiento en atmósfera de nitrógeno o en el vacío elimina el oxígeno ambiental. Este aislamiento se puede lograr también cubriendo las raíces de yuca con capas delgadas de parafina que actúan como barrera artificial frente al oxígeno.
- Otro ejemplo es el almacenamiento de las raíces a temperaturas bajas para inhibir procesos enzimáticos. A 2 °C se inhiben las enzimas polifenoloxidasas y otras afines que forman los pigmentos típicos del síntoma de deterioro fisiológico.

Deterioro microbiano

La descomposición microbiana empieza del quinto al séptimo día después de la cosecha de las raíces. Se manifiesta inicialmente por un estriado vascular semejante al observado en el deterioro fisiológico; posteriormente, éste se convierte en una pudrición húmeda, con fermentación y maceración de los tejidos (Figura 27-2).

El deterioro microbiano está asociado con la actividad de varios microorganismos patógenos; se acelera, por tanto, en un ambiente en que la

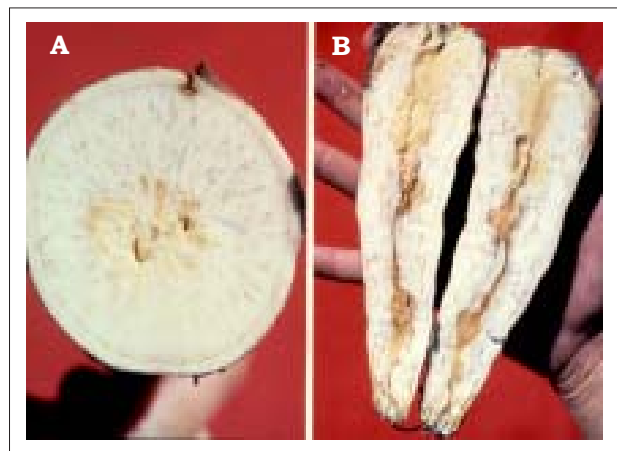


Figura 27-2. El deterioro microbiano se manifiesta primero como un estriado vascular (A) y luego como pudrición húmeda (B).

humedad relativa y la temperatura son altas, especialmente en las raíces que tengan daños físicos. En estudios etiológicos se han aislado del tejido afectado hongos de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Fusarium*, y bacterias de varias especies de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Corynebacterium*.

Calidad de las Raíces

Calidad es la totalidad de las condiciones y características de un producto que lo hacen cumplir con las disposiciones legales de composición interna y con el gusto o la aceptabilidad del consumidor.

Aunque un producto cumpla con las disposiciones legales puede, sin embargo, ser rechazado por el consumidor por causa de su color, su olor o su sabor. Es muy importante, por ello, hacer un buen acondicionamiento de las raíces para que cumplan con las exigencias del mercado en que se ofrecerán.

Los criterios de calidad para las raíces que se ofrecen en el **mercado fresco** son exigentes, aunque varían considerablemente de región en región. La buena calidad de estas raíces está asociada, generalmente, con los siguientes aspectos: bajo contenido de cianuro, un contenido intermedio de materia seca y de almidón, calidad culinaria aceptable y resistencia al deterioro. El contenido de cianuro total de la pulpa para raíces consumidas en fresco no debe exceder de 60 ppm. La cocción de

las raíces elimina el cianuro de los tejidos de la pulpa.

Calidad culinaria

La calidad culinaria tiene que ver con el tiempo de cocción o preparación de las raíces y con su aceptación por degustación que manifiesta el consumidor. Para hacer esta prueba, se seleccionan al azar en el lote varias plantas de yuca, se cosechan las raíces y se cogen al azar varias yucas para someterlas a un proceso de cocción. La buena calidad culinaria de la yuca depende de los siguientes factores:

- *Tiempo de cocción*: no mayor de 30 minutos; al final, la yuca cocida debe tener una consistencia entre dura y muy blanda.
- *Sabor*: ni amargo ni dulce. El primero significa que las raíces tienen un contenido alto de ácido cianhídrico y el segundo, que tienen alto contenido de azúcar.
- *Fibras*: no debe tenerlas ni tampoco tejidos lignificados dentro del parénquima.
- *Consistencia*: la pulpa cocinada debe ser firme, sin porciones duras ni vidriosas; el almidón que contiene debe ser blanco o de color amarillento y nunca transparente.

Estos factores se detectan, principalmente, al degustar los trozos de yuca; no podrían percibirse mediante la observación de su apariencia externa. Sus características y condiciones se presentan en la siguiente tabla:

Factor de calidad	Condiciones
Tiempo de cocción	<30 min (el parénquima)
Sabor	Ni amargo, ni dulce
Consistencia	Firme
Fibrosidad	Ausente
Color de almidón	Blanco o amarillo

Calidad morfológica

La calidad morfológica comprende ciertas características de la forma de la raíz que están relacionadas con su aptitud, según la variedad, para ser conservada. Los principales aspectos

que contempla la calidad morfológica son los siguientes:

- Raíces cilíndricas o cónicas, con pedúnculo bien desarrollado: éstas sufren pocos daños físicos durante la cosecha y el almacenamiento.
- Pedúnculos más largos que cortos: éstos son difíciles de separar del tallo (el 'tocón') y, cuando se separan, casi siempre se rompe la cáscara y se daña el parénquima.
- Raíces redondas: las que no son redondas sufren daño a lo largo de la cáscara durante el transporte y el almacenamiento.
- Raíces poco largas: las largas se parten con facilidad durante la cosecha (Figura 27-3).

Los criterios anteriores indican que las variedades de yuca más apropiadas para ser conservadas son las que tienen raíces de tamaño mediano con pedúnculos bien desarrollados (Figura 27-4). Estas raíces sufren menos pérdidas por daños físicos durante la cosecha, la selección y el almacenamiento.

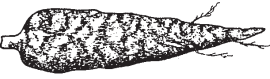




Desarrollo del pedúnculo		APC	Notas
Bien formado		3	
Mal formado		X	Difícil desprenderla del tallo sin causarle daño
Forma de la raíz			
Cilíndrica		3	
Cónica		3	
Redonda		X	Tiende a rajarse

Figura 27-3. Características de la raíz de yuca (respecto a pedúnculo y forma) que la hacen apta para su conservación. APC = aptitud para la conservación (X = poco apta).



Figura 27-4. Las raíces que se conservan mejor son las de tamaño mediano con pedúnculo bien desarrollado.

Calidad sanitaria

Las raíces sanas no presentan pudriciones externas o internas. Por razones de calidad, las raíces que presenten pudriciones deben descartarse pues una sola de ellas, aun con la afección incipiente, puede causar la pérdida total del lote de raíces.

No siempre es fácil detectar esas pudriciones. Las pudriciones internas debidas a la 'viruela de la yuca', que es transmitida por una chinche subterránea, no son visibles desde el exterior y es necesario pelar las raíces para verlas (Figura 27-5). Algunas enfermedades del tallo llegan a infectar la raíz a través del pedúnculo lignificado. Por consiguiente, es necesario seleccionar cuidadosamente las raíces después de la cosecha.



Figura 27-5. Raíz afectada por la enfermedad denominada viruela de la yuca.

Almacenamiento de Yuca Fresca

Actualmente no hay una técnica universal para conservar raíces de yuca a nivel comercial. Las técnicas más refinadas pueden tener limitaciones, debidas unas a su alto costo; además, las técnicas más sencillas no se han difundido en la práctica agrícola, a pesar de los resultados satisfactorios obtenidos con ellas a nivel experimental. Según su duración, hay tres tipos de almacenamiento de raíces: el de corto plazo, el de mediano plazo y el de largo plazo.

El almacenamiento **a corto plazo** permite superar algunos de los obstáculos que actualmente dificultan la comercialización de la yuca y puede reducir las pérdidas por deterioro que suelen ocurrir antes de la venta del producto. Es un sistema factible que debe cumplir los siguientes requisitos:

- Permitir que el almacenamiento dure de 7 a 10 días.
- Ser de bajo costo.
- Ser fácil de aplicar y poder adaptarse rápidamente al sistema actual de mercadeo.
- Impedir el deterioro fisiológico y microbiano de las raíces puesto que puede favorecer la curación de las heridas.
- Ser transportable con comodidad.
- Conservar la calidad culinaria y la apariencia de las raíces.

El almacenamiento **a mediano plazo** (2 a 4 semanas) suele ser más costoso y complejo que el anterior. Su objetivo principal es proporcionar condiciones para que las heridas de las raíces se curen, deteniendo así el deterioro fisiológico y el microbiano. Debe ser fácil de transportar y no debe alterar la calidad de las raíces. Ejemplos de este almacenamiento son los sistemas de parafinado y las cajas con aserrín mojado.

El almacenamiento **a largo plazo** permite que las raíces se conserven durante más de 4 semanas. Al parecer, es aún poco factible por la dificultad de mantener la calidad de las raíces durante periodos de tiempo prolongados, en los que las raíces adquieren, generalmente, un sabor dulce por la hidrólisis del almidón;

además, aumenta en él la probabilidad de pérdida por deterioro microbiano. Ejemplo de un sistema de almacenamiento que evite estos efectos es la conservación de la yuca por congelamiento; no obstante, es costoso y sería económico solamente cuando las raíces se destinen a la exportación o a los supermercados, en los que el costo no es un factor muy importante.

Métodos tradicionales

Las técnicas tradicionales de almacenamiento son sencillas. Hay sitios en que se entierran pequeñas cantidades de raíces, se cubren con barro o se almacenan en agua. Estos métodos han tenido éxito porque las condiciones de almacenamiento son propicias para la curación de las heridas que tengan las raíces; no son apropiados, sin embargo, para almacenar grandes cantidades de yuca y menos aún si el periodo de almacenamiento es prolongado.

Silos de campo

Los silos de tierra y paja usados para conservar la papa se han ensayado para almacenar raíces de yuca. El silo se construye en un terreno seco y nivelado, sobre el cual se hace un lecho circular con paja u hojas secas de caña o pasto. Las raíces frescas se amontonan sobre este lecho, formando una pila cónica que se cubre con una tapa de paja similar a la utilizada en la base. Finalmente, según Booth (1977), se recubre con tierra y se hace una zanja de drenaje alrededor del silo (Figura 27-6).

El silo permite mantener una humedad ambiental alta; en condiciones adecuadas, las

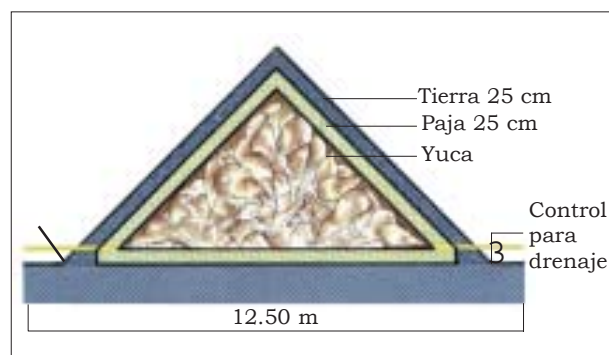


Figura 27-6. Dibujo de un corte transversal de un silo piramidal para almacenamiento de yuca en el campo.

raíces se curan por formación de suberina que cicatriza las heridas infligidas a ellas durante la cosecha y el transporte. Las raíces se conservan durante períodos de 1 a 3 meses, al cabo de los cuales se observa una ligera disminución en el contenido de almidón y un aumento proporcional en el de azúcares, cambios que no afectan la calidad final de las raíces. Estos resultados (curación y tiempo de almacenamiento) pueden variar según el diseño del silo y las condiciones predominantes en la región.

El almacenamiento en silos en condiciones ambientales diferentes a las de CIAT-Palmira presentó resultados muy variables. En unos casos hubo 80% de raíces sanas un mes después de almacenadas; en otros, ninguna raíz se encontró sana. Esta variación está relacionada con la temperatura y la humedad relativa durante el período de almacenamiento: en períodos frescos y húmedos, los resultados pueden ser satisfactorios, pero en los períodos secos y calientes en que la temperatura puede subir rápidamente y mantenerse a más de 40 °C, se puede perder casi todo el producto ensilado. Los silos que tenían bocas para la entrada y la salida de aire arrojaron mejores resultados.

El almacenamiento en silos se conoció en 1974 y demostró ser eficiente a nivel experimental; sin embargo, no se ha aplicado aún en el campo.

Cajas de madera

Este método ha resultado muy efectivo en las condiciones ambientales de CIAT-Palmira. Las raíces de yuca se empaquetan en cajas de madera de 50 cm de largo, 29 cm de ancho y 30 cm de alto que contienen aserrín hasta 1/3 de su altura; la humedad dentro de la caja debe ser 50% para favorecer la curación de las heridas de las raíces y evitarles una pérdida excesiva de humedad (Figura 27-7). Debe controlarse cuidadosamente la humedad del aserrín: si está demasiado seco, no hay curación de heridas y el deterioro fisiológico de la raíz es rápido; si está demasiado húmedo, se presenta un desarrollo excesivo de raíces secundarias y ocurren pudriciones severas en las raíces.

Las cajas se sellan con una tapa de madera, se colocan a la sombra o en el campo, y se cubren con tela impermeable. En las condiciones

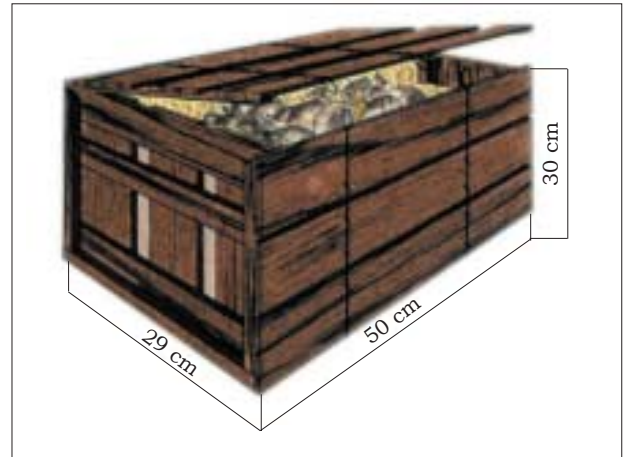


Figura 27-7. Sistema de almacenamiento de raíces de yuca en caja de madera.

del CIAT, la temperatura interna varió de 24 a 28 °C cuando se colocaron a la sombra, y estuvo entre 26 y 34 °C cuando se mantuvieron en campo abierto.

En los trabajos experimentales de almacenamiento de raíces en estas cajas se observó que, aproximadamente, un 75% de las raíces conservaban una calidad aceptable después de 4 semanas de almacenamiento; la demora de un día entre la cosecha y el empaque redujo este porcentaje hasta 49%.

El aserrín se ha convertido en un inconveniente grande de este sistema de almacenamiento porque hospeda insectos y hongos y, además, aumenta los costos de transporte del producto. Este método ha sido poco usado en la práctica.

Métodos modernos

Bolsas de polietileno

En este nuevo método de almacenamiento de las raíces de yuca se consideran aspectos importantes como el tiempo entre la cosecha y el momento del empaque, el efecto del sol en la calidad de las raíces, y la coordinación de las actividades que requiere el método.

Este último aspecto es decisivo: las labores de cosecha, empaque y tratamiento deben hacerse rápidamente y de manera eficiente. Para lograrlo, se crean grupos de trabajo con los operarios y a cada grupo se le asigna una labor

(o etapa) del método, o sea, cosecha, selección, empaque, tratamiento, sellado, transporte, etc. Los efectos de esta labor coordinada son los siguientes:

- se mantiene una línea de trabajo permanente, más eficaz y de resultados más seguros; lo contrario ocurriría si todos los operarios trabajaran al tiempo en cada una de las etapas del proceso;
- no se acumulan las raíces de yuca entre etapa y etapa;
- cuando sea necesario suspender las actividades por la lluvia o por otra causa, el tiempo entre la cosecha, el empaque y el tratamiento sería corto y no se dañarían las raíces ya cosechadas.

Las etapas en que se organizan las actividades de este método son las siguientes (Figura 27-8):

Cosecha de las raíces. Las raíces se cosechan entre los 8 y los 12 meses de edad de las plantas (época de mayor rendimiento). La

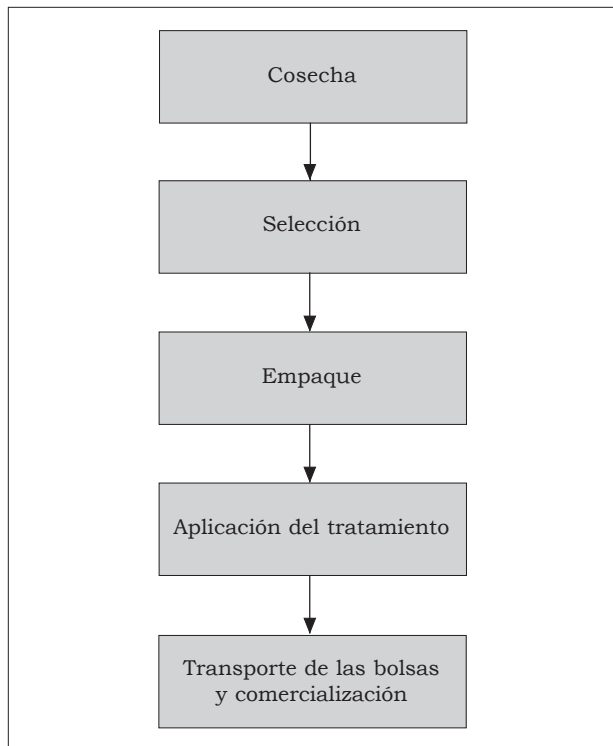


Figura 27-8. Diagrama que muestra el flujo de actividades que comprende el método de conservación de yuca en bolsas de polietileno.

cosecha debe hacerse con cuidado para no partir las raíces ni ocasionarles daños físicos apreciables. En la Figura 27-9 se observan diferentes daños y su efecto en la aptitud de la yuca para su conservación.

Se hace cosecha manual separando la raíz del tallo (el tocón) con ayuda de un machete o de unas tijeras de jardinero. Este instrumento es el más adecuado ya que permite hacer un corte preciso y cuidadoso que causa menos daños. Se deja adherido a la raíz un trozo pequeño de pedúnculo para que el parénquima no quede expuesto al aire (Figura 27-10).

Selección de las raíces. La yuca cosechada se clasifica en tres categorías (A, B y C) según el tipo de raíz (comercial o no) y la magnitud del daño físico recibido (Cuadro 27-2).

	APC	
Leña	Ausencia de cascarilla	3
		3
Pulpa		3
		X
		X
		X
	X	
	Herida longitudinal	X

Figura 27-9. Aptitud de las raíces de yuca para ser conservadas teniendo en cuenta el daño que hayan sufrido durante la cosecha. APC = aptitud para la conservación (X = poco apta).



Figura 27-10. Una buena práctica de cosecha es dejar adherido un pedazo de pedúnculo a la raíz.

Cuadro 27-2. Categorías en que se clasifican las raíces de yuca para su uso.

Categoría	Uso de la raíz	Daño físico de la raíz	Frecuencia en lote (%)
A	Comercial ninguno	Leve o	80 a 90
B	Comercial	Severo	5 a 10
C	No comercial	Presente o ausente	5 a 10

En general, de 80% a 90% de las raíces son comerciales y tienen poco o ningún daño físico (categoría A), condición que las hace aptas para ser tratadas y conservadas. Una cantidad menor de raíces se clasifican también como comerciales pero, por presentar daños severos (categoría B), no son aptas para ser conservadas. Es probable que la frecuencia de raíces de esta categoría aumente en épocas de verano, cuando la cosecha es más difícil.

Las yucas de la categoría B tienen varios usos potenciales: se venden en el mercado para consumo humano inmediato, se ensilan o se ofrecen fresca como alimento animal, se venden a empresas productoras de concentrados para animales, o se usan en la producción de almidón. Las raíces no comerciales (categoría C) también podrían sacarse y destinarse a alguno de los usos mencionados, para aprovechar así toda la cosecha.

Empaque y tratamiento. En esta etapa hay que considerar varios aspectos y actividades:

1. Tiempo entre cosecha y empaque. Los ensayos experimentales y la experiencia

conducen con la necesidad de realizar las operaciones de empaque y tratamiento lo más rápidamente posible después de la cosecha. Una demora mayor que 4 horas podría causar la pérdida total del producto por deterioro fisiológico. Se recomienda que el tiempo transcurrido entre la cosecha y el empaque sea menor que 3 horas; esto requiere que las labores respectivas se hagan en el lote de la cosecha o en un sitio cercano a él.

2. Efecto del sol. La exposición directa de las raíces al sol durante períodos prolongados aumenta la posibilidad de pérdidas de las raíces por deterioro fisiológico. Esta pérdida puede evitarse cosechando y empacando las raíces en las primeras horas de la mañana o bien entrada la tarde o a la sombra en el sitio de la cosecha.

3. Materiales y equipos para el tratamiento. Se requiere un equipo mínimo y materiales adicionales que es preciso tener disponibles en el sitio de operaciones. Son los siguientes:

- Una bomba o aspersora de espalda de alta presión, con una capacidad máxima de 20 litros.
- Un fungicida: se aplica generalmente Mertect 450 FW.
- Bolsas de polietileno de 4 y 12 kg de capacidad. Las primeras (4 kg) miden 21 × 12 cm y su espesor o calibre es de 0.4 mm. Las de 12 kg miden 21 × 48 cm y su espesor es de 0.6 mm. El tamaño de las bolsas depende de las necesidades del mercado.
- Etiquetas de información, en las que se escriben los siguientes datos: marca (de la empresa distribuidora de yuca), fecha de cosecha y de empaque, peso del contenido, tiempo de conservación garantizado, instrucciones para el manejo adecuado del producto. Esta etiqueta puede sustituirse por la impresión de esa misma información directamente sobre las bolsas de polietileno.
- Una balanza de manejo fácil; debe estar en buenas condiciones.
- Grapadoras o cosedoras de ganchos, adecuadas para el tipo de empaque que se usará y con suficientes ganchos de repuesto.

4. Procedimiento. Comprende los siguientes pasos: empacar las raíces de yuca seleccionadas, tratarlas con el fungicida, y disponerlas para su transporte a los puntos de comercialización.

- Se **empacan** sólo las raíces seleccionadas, es decir, las yucas de tamaño comercial que no presenten daños (ver Cuadro 27-2). Las raíces se colocan en la bolsa en posición vertical, con el pedúnculo hacia arriba. Se empacan raíces de diferente tamaño en una misma bolsa para evitar que las más pequeñas llenen las últimas bolsas.

- Se ajusta luego el peso de las bolsas a su capacidad. Si una bolsa con capacidad de 4 kg tiene menos peso, se perjudica el consumidor, y si tiene más, pierde el agricultor.

- Se aplica luego un **tratamiento** a las raíces ya colocadas en las bolsas. Consiste en una solución fungicida a base de Mertect 450 FW, de concentración 0.4%, que se prepara así:

- Se llena con agua el tanque de la bomba fumigadora (en este caso, 20 lt) y se le agregan 80 ml (0.08 lt) de Mertect (o sea, el 0.4% de 20,000 ml). La mezcla se agita fuertemente con un palo o con la lanza de la bomba.
- Se colocan el filtro y la tapa de la bomba. La solución fungicida queda así lista para ser aplicada.

Se introduce luego la lanza de la bomba en cada una de las bolsas y se bañan las raíces con la solución, en especial los extremos de cada raíz (Figura 27-11). Para tratar una bolsa de 4 kg se gastan, aproximadamente, 100 ml de solución; por tanto, 1 litro de Mertect 450 FW alcanza para tratar 10 t de yuca.

- Se elimina el **excedente** de solución fungicida que quede dentro de la bolsa para que el exceso de humedad interna no favorezca el rápido desarrollo de los hongos. No es muy práctica la operación de invertir con cuidado la bolsa para que drene el exceso de líquido porque pueden salirse las raíces; además, representa una actividad adicional de la mano de obra.



Figura 27-11. Para aplicar el tratamiento del fungicida, se introduce la lanza de la aspersora en el interior de las bolsas y se bañan con ella bien todas las raíces.

Se recomienda, en cambio, hacer cortes en diagonal en las esquinas inferiores de las bolsas antes de la operación de empaque. Estos cortes son prácticos, permiten drenar el líquido excedente (Figura 27-12) y, además, ayudan a regular la humedad interior de las bolsas, sobre todo cuando se ha cosechado en época lluviosa en que la humedad es excesiva. Esta práctica favorece mucho la conservación de las raíces.

- Se cierran las bolsas doblando 2 ó 3 veces su boca y sellando el doblez con ganchos de la máquina grapadora. Deben colocarse tantos ganchos cuantos sean necesarios; con los últimos se adhiere a la bolsa la etiqueta de información, si es éste el caso (Figura 27-13).



Figura 27-12. Un corte en diagonal del fondo de la bolsa por donde drene el exceso de solución aplicada.



Figura 27-13. La última operación es adherir con ganchos la etiqueta de información.

Transporte de las bolsas. Las bolsas de polietileno llenas de raíces tratadas se transportan en los mismos tipos de vehículos que se utilizan para el transporte de la yuca fresca corriente. Ahora bien, si se considera que en este primer tiempo del proceso de conservación se crean las condiciones para la curación de heridas o daños de las raíces —un paso muy importante para este proceso y para el éxito del método de almacenamiento— es necesario vigilar el comportamiento del clima durante el transporte para que no se altere el proceso de curación.

Por consiguiente, la **temperatura interna de las bolsas** durante el transporte debe ser, aproximadamente, de 30 °C. Si se transportan bolsas en clima cálido, no es conveniente mantenerlas mucho tiempo dentro del vehículo para que su temperatura interna no supere el nivel máximo permitido (40 °C). En cambio, en los climas templados o fríos, es necesario, a veces, cubrir las bolsas con una carpa para protegerlas del frío. Además, si hay que transportar estas bolsas en climas muy fríos (p. ej., la Zona Andina) durante tiempos largos, se deben colocar previamente durante 24 horas en un ambiente cálido (30 a 40 °C) para asegurarse de que el proceso de curación de las heridas ocurra antes del transporte.

Hay que comprobar, asimismo, el **estado de las vías**. Si el transporte dura mucho tiempo y las carreteras están en mal estado, es seguro que las raíces sufrirán daños físicos, lo que afectará su conservación. Es aconsejable, por tanto, acomodar las bolsas dentro del camión, de

tal manera que no se golpeen unas con otras durante el viaje. Pueden colocarse también grupos de bolsas en cajones de plástico o de madera. Finalmente, el camión debe conducirse con cuidado.

Cuando las malas condiciones del transporte lesionan físicamente las raíces, el tiempo de conservación garantizado (15 días, generalmente) se reduce casi siempre y puede quedar en 10 ó 7 días. El distribuidor puede exigir, por tanto, que se modifique el tiempo de conservación impreso en la etiqueta de la bolsa.

La temperatura mantenida durante el transporte se conserva en el almacenamiento de las bolsas. Cuando se comprueba que las raíces se han curado, se permite que la temperatura dentro de la bolsa sea menor que 30 °C; en ningún caso se acepta una temperatura que sobrepase los 40 °C.

Comercialización. La experiencia adquirida en Bucaramanga, Colombia, y los estudios de mercadeo allí realizados han demostrado que la bolsa de 4 kg es la más apropiada para el consumidor. Esta cantidad de yuca es suficiente para una familia de tamaño promedio (5 miembros) durante una semana, que conserva la yuca en la bolsa mientras la va consumiendo. Si el consumo es menor, el distribuidor minorista puede vender al detal la yuca contenida en las bolsas de 12 kg; de este modo, él se beneficia del método de almacenamiento, y el consumidor de la calidad garantizada del producto y del precio más favorable.

Se han hecho estudios de aceptación entre los consumidores de Bucaramanga, de bolsas que contenían yuca conservada durante 1 ó 2 semanas después de la cosecha; los datos permiten concluir que el consumidor no encuentra cambios en la calidad culinaria de esas raíces y que el 90% de ellos prefieren comprar yuca conservada en las bolsas de polietileno aquí descritas.

Parafinación de Raíces Frescas de Yuca

Un poco menos de la cuarta parte de la yuca destinada al consumo humano en fresco se

pierde porque las raíces, una vez cosechadas, se descomponen 2 ó 3 días después. Este deterioro aumenta si es grande la distancia del cultivo a los centros de consumo y si la comercialización de los productos agrícolas es deficiente en la región. El problema, por tanto, no es de fácil solución.

El deterioro rápido de la yuca (CIAT, 1976; 1987) obliga a venderla en el menor tiempo posible; su comercialización, por tanto, presenta grandes variaciones en el precio, que afectan tanto a los productores como a los consumidores. Buena parte de la yuca nunca se vende porque los intermediarios de la cadena de venta la desechan antes de llegar al mercado.

El antiguo Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) de Colombia hizo algunos estudios de conservación de raíces frescas de yuca, de los cuales se destacó el método de la parafinación. El IIT lo presentó como una alternativa para retardar el deterioro y disminuir las pérdidas que éste causa en la comercialización de la yuca (IIT, 1972; 1973).

Efectividad del método

Este método logra los siguientes efectos en la yuca, que garantizan la conservación de las raíces:

- Inactivación parcial de las enzimas presentes en los tejidos de la yuca.
- Disminución notable de la permeabilidad al oxígeno y control indirecto de la acción de las peroxidasas.
- Reducción de la pérdida de agua.
- Disminución de la contaminación con microorganismos por la acción de las temperaturas altas producidas por el tratamiento.
- Control de las fermentaciones por disminución del recuento de levaduras.

La parafinación proporciona el control de los factores antes mencionados y permite, por tanto, disponer de yuca fresca de buena calidad y sin cambios notables en sus características organolépticas durante un lapso de 20 á 30 días (IIT, 1972).

Etapas del proceso de parafinación

Las etapas básicas del proceso se aprecian en el esquema de la Figura 27-14. Debe advertirse que la parafinación no mejora la calidad de la yuca sino que la conserva; por tanto, se aplica solamente a raíces de muy buena calidad culinaria (IIT, 1973).

La parafinación debe hacerse en las 24 horas siguientes a la cosecha. Por esto se recomienda que la planta parafinadora se instale muy cerca de los cultivos o de los sitios de provisión de las raíces frescas.

Cosecha

Las raíces se cosechan con extremo cuidado para no maltratar su superficie (Figura 27-15). El proceso se inicia, prácticamente, en la recolección cuidadosa que dará un porcentaje alto de raíces aptas para la parafinación. Es conveniente que cada raíz conserve una buena porción del pedúnculo que la protegerá de un ataque bacteriano por este extremo y facilitará su manejo durante la parafinación.

En las regiones yuqueras en que se practica la parafinación, se calcula por experiencia que sólo un 15% de las raíces cosechadas resultan aptas para la parafinación. El resto de las raíces se ofrecen en el mercado fresco corriente o se usan como materia prima para elaborar trozos congelados, astillas o croquetas.

Transporte a la planta de parafinación

Las raíces se transportan en cajas de madera o plástico, tal como se hace con la mayoría de los productos agrícolas delicados. La capacidad máxima de una de estas cajas es de 20 a 25 kg (Figura 27-16).

Selección y clasificación

En la planta de parafinación se retiran las raíces rotas, golpeadas o que tengan un tamaño inaceptable. Generalmente, los supermercados de cadena establecen las dimensiones de las raíces según la preferencia de los consumidores. En este primer control de calidad se selecciona también respecto al deterioro fisiológico y microbiano de las raíces.

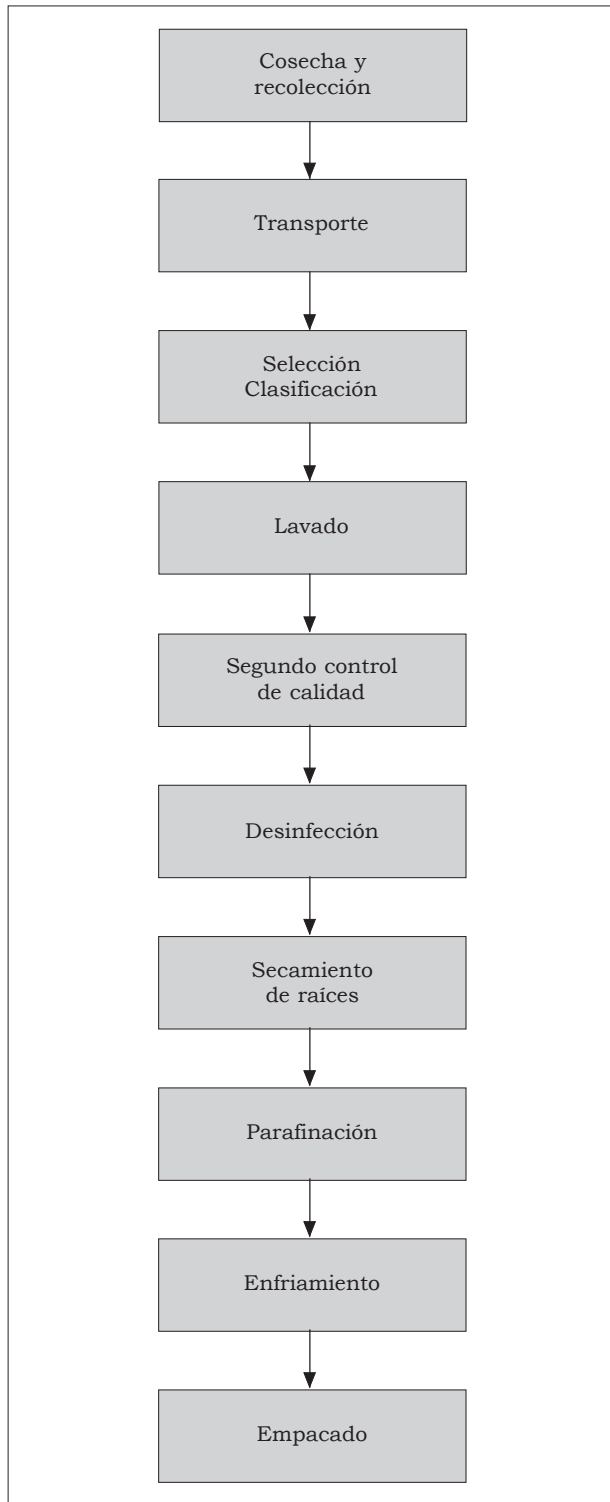


Figura 27-14. Diagrama de flujo en que aparecen las principales etapas del método de parafinación de raíces frescas de yuca.



Figura 27-15. Raíces de yuca cosechadas con cuidado.



Figura 27-16. Empaque de raíces frescas de yuca en cajas de plástico para transportarlas a la planta de parafinación.

Lavado

El agua de lavado debe ser de muy buena calidad, a ser posible agua potable. La tierra superficial se retira mediante fricción de la raíz con esponjillas o con un cepillo de cerdas plásticas suaves que no cause heridas a la cáscara (Figura 27-17).

El lavado se puede hacer por inmersión en un tanque que tendrá una rejilla en el fondo y un colector de sólidos; éstos se precipitan y entonces se retiran, y luego se hace el cambio de agua. Este sistema de lavado evita que la turbulencia mezcle de nuevo la tierra retirada; al



Figura 27-17. Tanque para el lavado de las raíces frescas de yuca.

mismo tiempo, permite hacer aspersión o rociado con chorros de agua de baja presión.

El lavado elimina completamente la tierra de la superficie de la raíz para que la parafina pueda adherirse bien a la cáscara. Las raíces lavadas se someten luego a un segundo control de calidad: en él se eliminan las que no son aptas (y escaparon al primer control de calidad), se revisan de nuevo para detectar algún deterioro, se adecuan los tocones o pedúnculos, y se eliminan las porciones de epidermis que se hayan desprendido.

Desinfección

Después del lavado, se aplica a las raíces una aspersión de agua con 'Lonlife', un producto nuevo a base de aceite de semilla de cítricos que protege las raíces del ataque de hongos y bacterias (Figura 27-18). Se prepara una solución de 1 g de Lonlife en 1 litro de agua y se obtiene una concentración de 250 ppm del ingrediente activo.

Las raíces pueden desinfectarse también con Mertect 450 FW (tiabendazol) que se prepara agregando 1 ml del producto a 1 lt de agua. Las raíces se sumergen en la solución durante 3 minutos.

Secado de la superficie

En algunas empresas, las raíces se dejan secar al aire en un lugar sombreado. En otras, se



Figura 27-18. Lonlife es un producto obtenido de las semillas de los cítricos que se utiliza para contrarrestar el ataque de hongos y bacterias a las raíces.

introducen las raíces en un horno o túnel donde se les aplica aire caliente a 40 ó 45 °C. El secado perfecto de la superficie de las raíces las prepara para la parafinación.

Parafinación

En esta etapa, la temperatura y el tiempo están perfectamente controlados. La operación es crítica: una mala aplicación de la parafina, por exceso o por defecto, ya sea de tiempo o de temperatura, no sólo invalida el proceso sino que puede acelerar el deterioro de las raíces.

Las raíces secas se sumergen en un recipiente con parafina a una temperatura que fluctúa entre 140 y 160 °C. Si la temperatura es menor que 140 °C, se deposita en la raíz una película de parafina muy gruesa que aumentaría el consumo de este material. Por encima de los 160 °C, la parafina se evapora y forma grumos. Es necesario contar con un termómetro que registre permanentemente la temperatura del recipiente, para poder encender y apagar el equipo cuando sea necesario (Julián Botero, comunicación personal).

Generalmente, el método de parafinado es manual (Figura 27-19). Primero se introduce en el recipiente la mitad de la raíz, se espera que la película de parafina se enfríe sobre ella, y se parafina luego la otra mitad. Las raíces parafinadas se colocan en una mesa contigua al recipiente de la parafina para que se enfrien totalmente.

En Armenia, Colombia (SENA, 2001), se ha desarrollado una canastilla de acero inoxidable que permite parafinar 2 ó 3 kg de raíces por tanda (Julián Botero, comunicación personal). La parafinación se realiza en los pocos segundos que tarda la canastilla en bajar al fondo del recipiente y en subir de nuevo (Figura 27-20). Las raíces no deben permanecer en la parafina más de 3 segundos para que su pulpa no presente luego problemas de cocción.

Enfriamiento y empaque

Cuando se hayan enfriado las raíces (Figura 27-21), se empacan en cajas plásticas para enviarlas al supermercado que las solicite. Si es necesario acelerar el enfriamiento de las raíces parafinadas para no retrasar la operación de empaque, éstas se sumergen en agua fría. Los



Figura 27-19. Parafinación manual de las raíces frescas de yuca.



Figura 27-20. Canastilla de varilla de acero empleada para parafinar de 2 a 3 kg de raíces frescas de yuca.



Figura 27-21. Enfriamiento de la parafina dentro de la canastilla usada para sumergir las raíces.

empaques son cajas de madera o de plástico con capacidad de 20 a 25 kg.

La parafinación suele hacerse con una mezcla de parafinas: una proveniente de China y otra de origen nacional. La parafina nacional es de consistencia gruesa y no se adhiere perfectamente a la cáscara de la raíz; la parafina china es más delgada, se adhiere mejor a la cáscara y da buena apariencia a la raíz, pero se consume en mayor cantidad en la operación.

Algunos empresarios de la región cafetera dicen que la mezcla 50%-50% es perfecta. Con 50 kg de parafina se pueden procesar alrededor de 4000 kg de yuca fresca (Julián Botero, comunicación personal). Otros sólo emplean la parafina china.

Un cálculo del costo del proceso de parafinación (abril 2001) da Col\$56/kg de raíz fresca parafinada, incluido el costo de la mano de obra. Este costo se puede distribuir así: Col\$33 por mano de obra, Col\$19 por la parafina y Col\$4 por el empaque (J. Botero, comunicación personal).

Las raíces deben estar libres de lesiones y cortes. Algunos supermercados, sin embargo, piden que se haga un corte en el extremo de las raíces que se parafinan para que el comprador pueda apreciar la calidad del parénquima (Figura 27-22). Esta práctica acorta la duración del almacenamiento hasta 8 ó 10 días solamente; además, la pulpa puede contaminarse y adquirir sabor a parafina. El tiempo normal de



Figura 27-22. Parafinación de una porción de raíz.

conservación de la calidad de las raíces intactas puede estar entre 20 y 25 días (IIT, 1972; 1973).

Congelación de Trozos o Astillas de Yuca

La refrigeración es una de las técnicas que permite almacenar la yuca fresca. Consiste en almacenar las raíces en un cuarto frío a una temperatura entre 0 y 2 °C y manteniendo la humedad relativa entre 85% y 95%.

Antes de refrigerarlas, las raíces se seleccionan y se lavan. Para mejorar el lavado, primero se frota la superficie de las raíces con un cepillo de cerdas suaves que desprenderá todo el barro; luego se tratan con un producto desinfectante.

Las temperaturas bajas inhiben los procesos enzimáticos que causan el deterioro fisiológico de las raíces. Si además éstas se guardan en bolsas plásticas y están rodeadas de buenas condiciones de almacenamiento, su conservación se prolongaría por mucho tiempo.

La yuca debe almacenarse refrigerada inmediatamente después de ser cosechada. Una nevera doméstica común y corriente sirve para refrigerar las raíces y las mantiene en buenas condiciones durante 5 ó 6 días (ITT, 1978).

Se han incrementado recientemente las ventas de trozos o astillas de yuca congelados,

previamente pelados. Algunas empresas los congelan precocidos para que el comprador final emplee menos tiempo en la preparación. En este capítulo se presentan las etapas del proceso de producción de astillas o trozos de yuca fresca que se conservan congelados. Esta descripción se complementa con la guía que distribuye la empresa Congelagro a sus proveedores (Congelagro, 2001).

El esquema de la Figura 27-23 presenta las etapas del proceso de producción de trozos o astillas de yuca fresca para congelación.

Cosecha y selección

Cuando una empresa comercializa yuca fresca para la producción de trozos o astillas congelados, selecciona primero las raíces que se destinarán a la parafinación. Las que no clasifican por su menor calidad, se distribuyen en el mercado de galerías o plazas y en el de trozos congelados. Obviamente, el momento de la cosecha se define según la calidad culinaria de las raíces.

Recepción de la materia prima

Se hace aquí un primer control de las raíces para comprobar la variedad, la diversidad o rango de tamaños, el grado de madurez y la sanidad. La sanidad de la raíz comprende la ausencia de deterioro, de daños físicos y de ataques de hongos, virus y bacterias.

Para determinar el grado de madurez de las raíces se hacen pruebas de textura y sabor:

- el contenido total de cianuro (CN^-) de la pulpa debe ser menor que 25 ppm;
- el tiempo de cocción no debe pasar de 20 min (se cocina 1 kg de raíces); en caso contrario, conviene reevaluar la calidad de la materia prima.

Calibración y lavado

Se separan las raíces frescas según su longitud y según su diámetro, que comúnmente oscila entre 4 y 8 cm. En este momento se hace el primer lavado con agua potable a presión y se complementa con un cepillado de las superficies,

si se considera necesario. Si el lavado se hace fuera del área en que se desarrolla el proceso, se recomienda cambiar el agua por cada tanda de 200 kg de raíces cuando éstas se lavan en recipientes de 55 galones.

Despunte, ‘cilindrado’ y pelado

Se eliminan los extremos (tocón y punta) de las raíces y se cortan éstas en secciones cilíndricas (‘cilindrado’) de 5 a 6 cm de altura (Figura 27-24). Se retira luego la corteza o cáscara gruesa de cada cilindro de raíz, que queda así pelado (Figura 27-25).

Segundo lavado y primera desinfección

Se lavan los cilindros de raíz con agua potable por segunda vez y después se sumergen en una solución desinfectante de cloro activo (Cl_2) de 10 ppm durante 5 a 10 minutos. Esta solución se prepara con 1 ml de hipoclorito de sodio (producto comercial al 2.5%) en 1200 ml de agua. Durante la desinfección se debe verificar permanentemente la aparición de algún color parduzco en la pulpa de las raíces (‘pardeamiento’). El agua de lavado y la solución desinfectante deben cambiarse después de cada tanda de 200 kg de cilindros (o de 500 kg, según el recipiente que se use para esta operación).

Eliminación de la fibra y astillado

En esta etapa, los cilindros de pulpa de yuca se parten en cuatro trozos (a lo largo) y de cada uno de ellos se elimina la fibra o vena central. Este tejido fibroso debe eliminarse con cuidado para que la astilla no pierda las dimensiones que han sido previamente definidas por la empresa productora (Figura 27-26).

Tercer lavado y segunda desinfección

Las astillas se lavan con agua potable. Si esta operación se hace en un recipiente, el agua se debe cambiar después de cada tanda de 100 kg de astillas. Estas se sumergen luego en una solución compuesta por cloro activo (Cl_2), 30 ppm, y por amonio cuaternario [$N(CH_3)_4$], 50 ppm, durante 7 minutos, como máximo. La solución se cambia después de cada tanda de 500 kg de astillas.

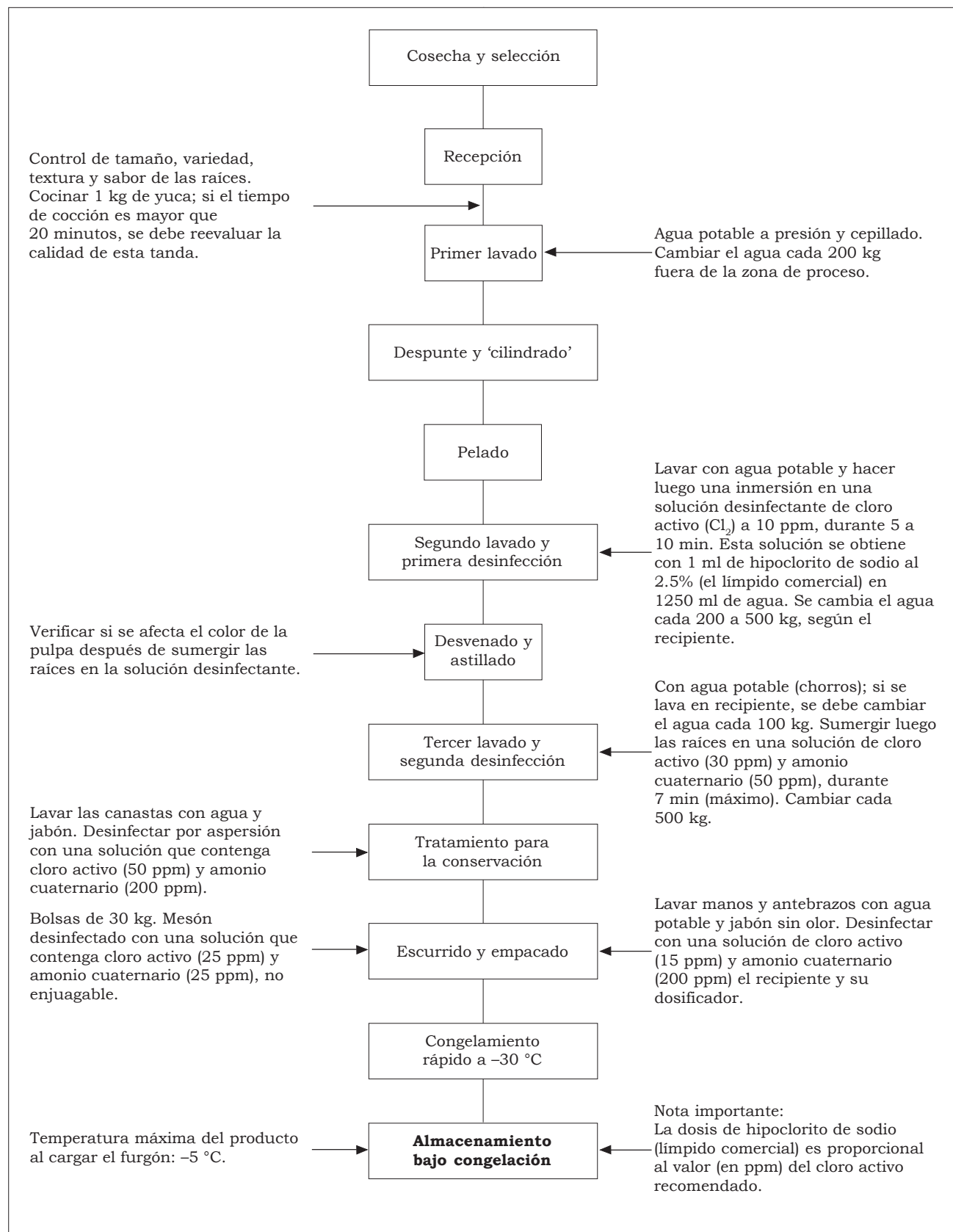


Figura 27-23. Etapas del proceso de producción de astillas o trozos congelados de yuca fresca.



Figura 27-24. Despunte y trozado de las raíces en cilindros ('cilindrado').



Figura 27-26. Corte en cuatro trozos que se 'desvenan' para obtener astillas de yuca.



Figura 27-25. Operación de pelar los cilindros de raíz de yuca.

Tratamiento para la conservación

Para evitar que se contaminen más tarde las astillas de pulpa de yuca —lo que garantizará su calidad al consumidor final— se sumergen en una solución acuosa de ciertas sustancias preservantes como el Sorbato (200 ppm) y el Eritorbato de potasio (25 g/100 kg de yuca) durante 20 minutos.

Escurrido y empackado

Se dejan escurrir las astillas (o cilindros) y luego se empackan en bolsas de polietileno de baja densidad cuya capacidad ha sido determinada previamente. La zona de empacke debe estar completamente limpia y desinfectada para evitar la recontaminación del producto final.

- Las **canastillas de plástico** que suelen utilizarse para transportar el producto en estas operaciones se lavan primero con agua y jabón, y luego se desinfectan asperjándolas con una solución de cloro activo, Cl_2 (50 ppm), y amonio cuaternario, $\text{N}(\text{CH}_3)_4$ (200 ppm).
- Las **manos de los operarios** que participan en esta delicada etapa del proceso no deben estar contaminadas. Cada uno lava sus manos y sus antebrazos con jabón sin olor y agua potable, y los juaga finalmente con una solución de cloro activo (15 ppm) y de amonio cuaternario (200 ppm).

Por lo regular, la solución se ofrece en un recipiente con dosificador. Los mesones en que se ejecutan estas operaciones se desinfectan con una solución de cloro activo (25 ppm) y de amonio cuaternario (25 ppm); no es necesario enjuagar las superficies.

Congelación rápida

Las astillas se congelan rápidamente a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ en sus empaques. A veces se colocan todas las astillas (o los trozos) en recipientes amplios y, una vez congeladas, se empaquetan y se almacenan.

Almacenamiento

Las bolsas con astillas se almacenan en cuartos fríos a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 27-27). Después de cada operación hay que limpiar muy bien toda el área de trabajo, o sea, las canastillas, las paredes, las canecas y demás elementos de trabajo.



Figura 27-27. Astillas de yuca empacadas y almacenadas a temperatura de congelación.

Control de calidad

Calidad microbiológica

Los límites establecidos por la empresa Congelagro para sus proveedores de materia prima (raíces de yuca) respecto al estado microbiológico final del producto procesado (astillas), son los siguientes (UFC = unidades formadoras de colonias):

Recuento de mesófilos aeróbicos:	<100,000 UFC/g
Recuento total de coliformes:	<500 UFC/g
<i>E. coli</i> fecal:	<10 UFC/g
Hongos y levaduras:	<3,000 UFC/g
Psicrófilos:	<1,000 UFC/g

Cada empresa compradora o procesadora de estos productos establece el límite máximo de dichos microorganismos según la norma propia de calidad y las condiciones en que maneja el producto.

Calidad organoléptica

Los siguientes parámetros permiten evaluar la calidad organoléptica de las astillas de yuca:

- *Sabor*: después de la cosecha, la yuca no debe tener sabor amargo o sabor extraño.
- *Textura*: al momento de la compra, la astilla o el trozo debe estar congelado y rígido; al momento del consumo, debe tener una consistencia farinácea blanda, sin fibra y paluda o tiesa. Una consistencia dura (yuca pelada) es un factor de rechazo.
- *Tiempo de cocción*: este tiempo no debe sobrepasar los 20 minutos y la prueba debe llevarse a cabo en una olla tradicional.

Croquetas de Yuca Fresca

La croqueta es otro producto a base de yuca que gana lentamente un espacio en los mercados de las ciudades colombianas porque, entre otras razones, es un producto natural de yuca

precocida, es muy práctica y muy conveniente, ya que puede estar lista para el consumo en 3 ó 5 minutos.

El proceso de producción de las croquetas es un poco más complejo que el de las astillas o trozos congelados, ya que tiene etapas de precocción, de mezcla con varios ingredientes, y de manejo de aceites para la fritura final. A continuación se describe el proceso en forma general.

Cosecha y selección

Cuando una empresa cosecha la yuca o participa en su recolección, tiene en cuenta los tres productos indicados antes:

- las raíces de primera calidad se destinan al consumo en fresco (mercado de plaza) y al mercado de raíces parafinadas;
- las raíces de segunda van al mercado de astillas y trozos congelados;
- las raíces de tercera, junto con algunas raíces ‘redrojo’ (raicillas muy delgadas) se usan en la fabricación de croquetas.

Las empresas que producen astillas utilizan, a veces, el material de rechazo para fabricar también croquetas, reduciendo así a cero el material de desperdicio. Es conveniente que los materiales utilizados en el proceso estén bien caracterizados para fijar de manera adecuada los parámetros requeridos. Los cambios en las condiciones climáticas, principalmente en las lluvias, modifican las cualidades de algunas variedades de yuca. Por ello, al comenzar cada proceso conviene verificar el comportamiento del material de yuca con pruebas de laboratorio que simulen el proceso de producción.

Recepción de las raíces y tratamiento

En esta primera etapa, las raíces llegan a la planta ya agrupadas según su destino final; no obstante, se hace una selección adicional para eliminar las raíces enfermas y la basura que crean las raicillas (Figura 27-28).



Figura 27-28. Recepción de raíces frescas en la planta procesadora.

Lavado

Esta operación se realiza en cilindros rotatorios alimentados con agua potable. Se pueden emplear también tanques y dentro de ellos se aplica agua a presión y se cepillan las raíces; en este lavado de inmersión el agua se cambia después de cada tanda de 200 kg.

Se toman aquí varias muestras para determinar la calidad de las raíces y el tiempo de cocción de la pulpa. Si los resultados quedan fuera de las normas de calidad de la empresa, todo el material de esa tanda se rechaza (Figura 27-29).



Figura 27-29. Prueba de cocción de la yuca durante el lavado de las raíces.

Descortezado, corte en trozos y selección

Esta operación suele hacerse en forma manual sobre mesones metálicos. Los operarios despojan las raíces de la cáscara y de sus extremos (tocones y puntas); hacen además una segunda selección del material.

Segundo lavado

El material seleccionado por segunda vez se lava con abundante agua potable. Cuando el agua ha sido tratada previamente, el cloro puede manchar la pulpa y afectar el sabor final de la croqueta.

Precocción

En esta etapa, las raíces peladas se pueden cocinar en ollas corrientes como las usadas para procesos artesanales. Se cocinan también en túneles o autoclaves donde se aplica vapor de agua que llega a temperaturas de 180 °C; en éstos, el tiempo de cocción es de 5 a 10 minutos. La cocción ablanda la pulpa y la deja manejable como la masa de harina de trigo; no debe quedar, por tanto, ni muy dura ni muy blanda.

El punto exacto de cocción es diferente para cada variedad de yuca. Cambia si se utiliza sólo la pulpa del centro de las raíces o sólo la de los extremos; es muy importante, por tanto, que la materia prima sea homogénea. Por consiguiente, el manejo que da la empresa productora de croquetas a sus proveedores de yuca es la parte más delicada del proceso. Un buen manejo garantiza el suministro de materia prima uniforme, es decir, sin mezcla de variedades; la mezcla podría dañar la calidad final del producto.

Maceración y enfriamiento

Los trozos de yuca precocida se maceran en un molino de discos o en uno de los molinos utilizados para procesar carne (Figura 27-30). La molienda no debe ser muy fuerte porque puede dañar la estructura de la masa de yuca y ésta no podría moldearse bien. La masa se deja enfriar para pasar a la etapa de preparación de la fórmula.



Figura 27-30. Maceración de los trozos de raíz precocidos.

Fórmula y mezcla

En esta etapa se prepara la masa de yuca y se moldea. La fórmula de la preparación es un secreto de cada empresa. En general, la fórmula contiene sal, almidón de yuca, harina de trigo, azúcar y aceite comestible, entre otros ingredientes. De la fórmula depende el éxito de las croquetas en el mercado. Algunas empresas han tardado años en desarrollar la fórmula final. Los ingredientes y su porcentaje de participación en la fórmula cambian según la variedad de yuca empleada y sus características al momento de la cosecha.

La mezcla de los ingredientes para obtener una masa homogénea se lleva a cabo en máquinas horizontales (Figura 27-31) o en las mezcladoras verticales usadas regularmente en la industria de panificación. Del tratamiento que se dé a la masa en esta etapa depende el buen funcionamiento de la máquina extrusora de croquetas; si la mezcla tarda mucho tiempo, no podrán moldearse bien las croquetas.

Moldeado

Terminada la mezcla, la masa se moldea para darle la forma final de croqueta (cilindro,



Figura 27-31. Mezcla de la masa de yuca preparada.

dedito u otras) con la cual se comercializa. El moldeado puede lograrse con mecanismos muy simples que presionan la masa de yuca en un cilindro mediante un émbolo y la hacen salir por una o varias boquillas; un operario corta manualmente la longitud de masa que corresponde a una croqueta.

El moldeado puede hacerse también en extrusoras muy refinadas como la que aparece en la Figura 27-32.

Prefritura y acabado

En esta etapa las croquetas se fríen un poco y se enfrían luego a temperatura del ambiente. La prefritura se hace en aceite a una temperatura de 170 a 180 °C. Puede usarse también una mezcla de aceites hidrogenados y sólidos (Figura 27-33).

Enfriamiento y congelación rápida

Las croquetas salen de la prefritura y se dejan enfriar hasta que adquieran la temperatura del ambiente. Enseguida se someten a una congelación rápida a -30 °C. Este producto no debe enfriarse lentamente

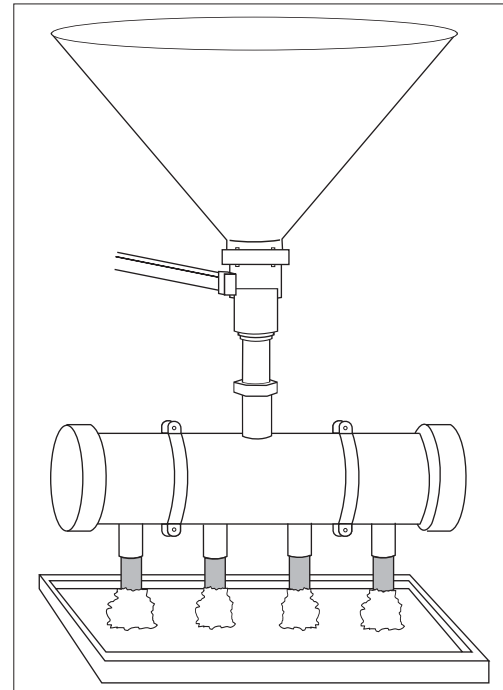


Figura 27-32. Diagrama del tipo de extrusora utilizada en la fabricación de croquetas.



Figura 27-33. Las croquetas se fríen un poco en aceite.

porque los cristales de hielo que contiene alcanzan a reagruparse y rompen su estructura interna.

Empacado y almacenamiento

Estas son las operaciones finales del proceso (Figura 27-34). Las croquetas terminadas se empacan en bolsas de polietileno grueso y éstas se almacenan a temperaturas inferiores a -18 °C.



Figura 27-34. Las croquetas empacadas se almacenan a temperatura de congelación.

Bibliografía

- Booth RH. 1976a. Post-harvest deterioration of tropical root crops: Losses and their control. *Tropical Science* 16(2):49-63.
- Booth RH. 1976b. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta* Crantz). I. Post-harvest deterioration and its control. *Experimental Agriculture* 12(2):103-111.
- Booth RH; Coursey DG. 1974. Storage of cassava roots and related post-harvest problems. En: *Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop*, Pathaya, Tailandia, 1974. International Development Research Centre (IDRC), Bangkok, Tailandia. p. 43-49.
- Booth RH. 1977. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta* Crantz); II: Simple storage techniques. *Experimental Agriculture* 13(2):119-128.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1973. Sistemas de producción de yuca. En: *Informe Anual 1972*. Cali, Colombia. p. 47-90.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1976. Almacenamiento de raíces de yuca. En: *CIAT. Causas de deterioro que se presentan después de la cosecha de raíces frescas*. Cali, Colombia. 27 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1977. Sistemas de producción de yuca. En: *Informe Anual 1976*. Cali, Colombia. p. B1-B85.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Cassava production systems. En: *Annual Report 1977*. Cali, Colombia. p. A12-A22.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1979. Programa de Yuca. En: *Informe Anual 1978*. Cali, Colombia. 107 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1980. Programa de Yuca. En: *Informe Anual 1979*. Cali, Colombia. 96 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Programa de Yuca. En: *Informe 1980*. Cali, Colombia. p. 21-42.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Programa de Yuca. En: *Informe Anual 1981*. Cali, Colombia. p. 35-58.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Conservación de raíces de yuca en bolsas de polietileno. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial del mismo tema. Cali, Colombia. 35 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Almacenamiento de raíces frescas de yuca. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial del mismo tema. Cali, Colombia. 34 p.
- CONGELAGRO S.A. (Compañía Congeladora de Productos Agrícolas). 2000. Descripción del procesamiento de yuca en los centros de acopio: Provedores, norma y materia prima. En: *Línea de croquetas de yuca. Manual*. Bogotá D.C., Colombia. 4 p.
- Coursey DG; Booth RH. 1977. Post-harvest problems of no grain staples. *Acta Horticulturae* 52:23-33.
- IIT (Instituto de Investigaciones Tecnológicas). 1972. La yuca parafinada. *Tecnología* 14(78):47-51.

- IIT (Instituto de Investigaciones Tecnológicas). 1973. Proceso de parafinar yuca: Ventajas y economía. Bogotá, Colombia.
- IIT (Instituto de Investigaciones Tecnológicas). 1978. Preservación del método de parafinado. *Tecnología* 15(36):1-15.
- Jansen W; Wheatley C. 1985. Urban cassava markets: The impact of fresh root storage. *Food Policy* 10:265-277.
- Lozano JC; Cock JH; Castaño J. 1978. New developments in cassava storage. En: Brekelbaum T; Bellotti A; Lozano JC (eds.). *Cassava Protection Workshop*, Cali, Colombia, 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 134-141.
- Marriot J; Been BO; Perkins C. 1978. The etiology of vascular discoloration in cassava roots after harvesting: Association with water loss from wounds. *Physiologia Plantarum* 44(1):38-42.
- Marriot J; Been BO; Perkins C. 1979. The etiology of vascular discoloration in cassava roots after harvesting: Development of endogenous resistance in stored roots. *Physiologia Plantarum* 45(1):51-56.
- Montaldo A. 1973. Vascular streaking of cassava root tubers. *Tropical Science* 15(1):39-46.
- Montaldo A. 1979. La yuca o mandioca: Cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de la OEA, San José, Costa Rica. 386 p.
- Noon RA; Booth RH. 1977. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. *Transactions of the British Mycological Society* 69(2):287-290.
- Oudit DD. 1976. Polyethylene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperatures. *Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago* 76(1):63-66.
- Pachico D; Londoño N R de; Duque MC. 1983. Economic factors, food consumption patterns and nutrition in Cali. Seminario interno CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 22 p.
- Passam HC; Noon RA. 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. *Proceedings of the Association of Applied Biologists* 85(3):436-440.
- Richard JE. 1981. Study of the production of xylem occlusions and scopoletin in cassava roots in response to injury. *Proceedings of the Royal Mycological Society* 16(4):294.
- Richard JE. 1982. Investigation into post-harvest behavior of cassava roots and their response to wounding. Tesis (Ph.D.). University of London, Londres, Reino Unido. 161 p.
- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje). 2001. La yuca: Producción, cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial. Programa Nacional de Capacitación en Manejo de Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Centro Agroindustrial Vereda San Juan, Armenia, Colombia. 36 p.
- Wheatley C; Orrego JI. 1984. Fresh cassava root storage in polyethylene bags. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.