

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

SISTEMA UNIFICADO DE INFORMACION INSTITUCIONAL

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)

LABORATORIO DE TECNOLOGIA POST COSECHA

CONVENIO POST COSECHA MAG-UCR

*TECNOLOGIA POST COSECHA DE YUCA
FRESCA PARA FINADA (*Manihot esculenta
Crantz*) PARA EXPORTACION EN COSTA RICA*

Ing. Jorge Mario Fonseca Laurent Mae

Ing. Daniel Saborío Argüello M.Sc.

San José, Costa Rica

2001

Consejo Editorial

Alex May Montero

Fernando Mojica Betancourt

Jimmy Ruiz Blanco

Alvaro Rodríguez Aguilar

Alexis Calderón Villalobos

Daniel Zúñiga van der Laat

Guillermo Guzmán Díaz

Aprobada **su publicación en sesión** No. 8 de fecha 16 de **marzo 2001.**

ISBN: 9977-9921-7-7

Fonseca Laurent Mae, Jorge Mario

Tecnología poscosecha de la yuca fresca parafinada (*Manihot esculenta* Crant) para exportación en Costa Rica / Jorge Mario, Fonseca Laurent Mae, Daniel Saborío Argüello . -San José, C.R.: MAG, 2001. 56 p., 29 cm.

ISBN 9977-9921-7-7

1. YUCA 2. COSTA RICA 3. EXPORTACIONES 4. TECNOLOGIA POSTCOSECHA
1. Saborío Argüello, Daniel II. Ministerio de Agricultura y Ganadería. III. Universidad de Costa Rica IV. Título

o o o
0110,

IMPRESO EN LA IMPRENTA NACIONAL

LA URUCA. SAN JOSE COSTA RICA/ TELEFONO 2313222

INDICE

PROLOGO		9
INTRODUCCION		11
11		
I.	CAUSAS PERDIDAS POSCOSECHA DE YUCA PARA EXPORTACION	13
II.	ASPECTOS BOTANICOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD POSCOSECHA	14
III.	FACTORES PRECOSECHA QUE AFECTAN LA CALIDAD POSCOSECHA DE LA YUCA	15
	3.1 Material de propagación	15
	3.2 Suelos y necesidades nutricionales	17
	3.3 Condiciones ambientales	17
	3.4 Prácticas agronómicas	17
	3.5 Plagas y enfermedades	19
IV.	LABORES DE COSECHA	20
	4.1 Índices de cosecha	21
	4.2 Operación de arranque	24
	4.3 Transporte a la empacadora	26
V.	LABORES EN LA PLANTA EMPACADORA	27
	5.1 Recepción	27
	5.2 Yuca fresca parafinada	28
	5.2.1. Tratamientos poscosecha: Lavado	29
	Secado	30
	Curado	31
	Parafinado	32
	Equipo de parafinado	34
	5.2.2. Análisis del Deterioro Vascular (D.V.) de la yuca	35
	5.2.3. Potenciales sustitutos de la parafina	37
	5.2.4. Criterios para optimar operaciones en la planta empacadora	39
	5.3 Operación de empaque	41
VI.	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y TRANPORTE DE LA YUCA	41
	6.1 Medidas preventivas en el transporte y la comercialización	44
VII.	BIBLIOGRAFÍA	45
VIII.	ANEXO	48
	8.1 Anteproyecto Normas de Calidad de yuca fresca parafinada para exportación	49

TECNOLOGÍA POSCOSECHA
DE LA YUCA FRESCA PARAFINADA
(*Maníhot esculenta Crantz*)
PARA EXPORTACION EN COSTA RICA

ING. JORGE MARIO FONSECA LAURENT MAE

Profesor e Investigador
Laboratorio de Tecnología Poscosecha
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
Tel.: (506) 253-5661 ext. 3213
Fax: (506) 234-1627
E- mail: jfonseca@cariari.ucr.ac.cr

ING. DANIEL SABORIO ARGUELLO M.Sc.

Investigador
Laboratorio de Tecnología Poscosecha
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
Convenio en Poscosecha UCR-MAG-CNP
Tel.: (506) 253-5661 ext 3134 o 3213
Fax: (506) 234-1627
E-mail: dsaborio@cariari.ucr.ac.cr

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .	Porcentaje de pérdida de yuca parafinada en 10 plantas empacadoras	13
Figura 2.	Causas y porcentajes de la pérdida de yuca fresca parafinada , en plantas empacadoras	14
Figura 3.	Estaca adecuada para la siembra	16
Figura 4.	Plantación de yuca cultivada sobre lomillos	18
Figura 5 .	Yuca con problemas de "acinturamiento "	18
Figura 6 .	Gusano cachón de la yuca (Erynnis ello)	19
Figura 7.	Labores relacionadas con el manejo poscosecha de la yuca fresca parafinada, que exporta Costa Rica	20
Figura 8 .	Poda en una plantación de yuca antes de la cosecha	21
Figura 9.	Efecto del tiempo de poda antes de la cosecha , sobre la incidencia de reventaduras en la cáscara de la yuca (6 días de almacenamiento a 22 °C)	22
Figura 10.	Reventaduras en la cáscara de la yuca	22
Figura 11.	Efecto del tiempo de poda antes de la cosecha sobre el grado de oxidación en yuca (6 días de almacenamiento a 22 °C)	23
Figura 12.	Efecto del tiempo de poda antes de la cosecha, sobre la incidencia de acumulaciones de almidón (6 días de almacenamiento a 22 °C)	23
Figura 13.	Efecto del tiempo de poda antes de la cosecha , sobre la incidencia de daño microbiano en yuca (6 días de almacenamiento a 22 °C)	24
Figura 14.	Cosecha manual de yuca	24
Figura 15	Implemento utilizado para la cosecha mecánica en Costa Rica (Cortesía: Exportadora Borinquen S.A., Jiménez. Limón)	25
Figura 16.	Separación y cortes de unidades de yuca luego de la cosecha	26
Figura 17 .	Unidades de rechazo (rabos) en una planta de yuca	26
Figura 18 .	Tipo de caja plástica utilizada para acarrear yuca hasta la planta empacadora	27
Figura 19.	Yuca pelada y almacenada en barriles con agua , antes de ser congelada	28

	Figura 19 1	Lavado en seco: labor de desprendimiento de tierra en la yuca por "raspado"	29
	Figura 19 2	Lavado húmedo: lavado manual de la yuca para parafinar	30
Figura 20.		Secado de la yuca por exposición directa al sol	30
	Figura 20 1	Detalles de yucas en estado húmedo, seco y parafinado	31
	Figura 20 2	Detalles de yucas en estado húmedo, seco y parafinado	31
Figura 21 .		Nivel de oxidación en los tratamientos de temperaturas de la parafina y uso de la cera Stafresh	
		819 de FMC	33
Figura 22.		Porcentaje de incidencia de hongos en yuca tratada con parafina a diferentes temperaturas, y uso de cera natural	33
Figura 23.		Comparación de temperaturas de parafina según la pérdida que provoca	34
Figura 24.		Parafinado de yuca de forma manual	34
	Figura 24.1	Parafinado de yuca de forma mecanizada (sistema carrusel)	34
	Figura 24.2	Síntoma de yuca con deterioro microbiano	35
	Figura 24.3	Síntoma de yuca con deterioro fisiológico	35
	Figura 24.4	Yucas mostrando ambos tipos de deterioros	36
Figura 25.		Efecto de los tratamientos sustitutos a la parafina, sobre la incidencia del daño bacteria) en la yuca	37
Figura 26.		Efecto de los tratamientos sustitutos a la parafina, sobre la pérdida de peso de la yuca	38
Figura 27.		Modelo de un esquema de planta empacadora de raíces y tubérculos (primer nivel)	40
Figura 28.		Parte exterior de una planta empacadora de yuca	40
Figura 29.		Efecto de la temperatura de almacenamiento, sobre la incidencia de daño microbiano en la pulpa de la yuca	41
Figura 30.		Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la aparición de grietas en la pulpa de la yuca	42
Figura 31.		Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el grado de severidad de oxidación de la pulpa de la yuca	42
Figura 32.		Temperatura en un contenedor de yuca para exportación (48 °F = 8 °C) y temperatura imperante en el exterior del contenedor (28.9 °C)	43
Figura 33.		Contenedor refrigerado con cajas de yuca a granel, para la exportación	44

PRÓLOGO

Los resultados del proyecto "Análisis y soluciones para mejorar la eficiencia en el manejo poscosecha de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)" (No. VI-733-96-288 de la Universidad de Costa Rica) y el apoyo ofrecido por la Vicerrectoría de Investigación y por la Vicerrectoría de Acción Social de la Universidad de Costa Rica, en cooperación con el Convenio en Poscosecha de y Programa de Raíces y Tubérculos del MAG-CNP y el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, motivaron la elaboración de un documento que uniera todos los asuntos tecnológicos incidentes en la calidad poscosecha de la yuca.

En ese documento, se entrelaza la experiencia internacional con la nacional, se identifican y adecuan las soluciones más viables a los problemas de calidad poscosecha y se ofrecen las herramientas para determinar, cuando así se requiera, las áreas en las que se debe profundizar la investigación para maximizar los efectos positivos en la vida útil de la yuca cosechada.

Con la presente obra, se pretende que profesionales, técnicos, extensionistas, estudiantes y líderes de empresas comercializadoras, hagan llegar la información que ella contiene a productores y encargados de operaciones poscosecha en la forma más adecuada, pero, ante todo, se desea establecer una base de conocimiento útil, capaz de lograr la unidad de criterios y de tecnologías aplicadas. De esa forma, la yuca costarricense podría llegar a los mercados internacionales con calidad homogénea, independientemente de quien supla el producto.

*Jorge Mario Fonseca
Daniel Saborlo Arguello*

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta Crantz.*) conocida también como *mandioca* o *cassava*, es originaria del trópico sudamericano y ha sido extendida por todas las regiones tropicales del orbe. Después de los cereales tradicionales (trigo, maíz, arroz), es uno de los principales productos alimenticios. Existen más de 500 millones de consumidores en el mundo y en 1992, se produjeron aproximadamente 161 millones de toneladas de yuca (FAO, 1985). Es además, un producto particularmente consumido por habitantes de zonas tropicales o por emigrantes que viven en áreas templadas, pero su utilización se limita enormemente por el rápido deterioro del órgano de consumo, su raíz.

Su producción a nivel mundial está concentrada en África y Brasil; en Costa Rica se cultiva y se exporta principalmente, a la población latina y caribeña de los Estados Unidos de América. Nuestro país mantiene ventajas sobre África y Brasil en la comercialización de la yuca, por la corta distancia a los principales mercados, la calidad del producto (Villalobos, 1996), y por el beneficio generado por el tratado unilateral de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe.

En Costa Rica la yuca es un cultivo de autoconsumo y ha permanecido en manos de productores con bajo nivel tecnológico y económico, cerca del 80% de sus productores siembra dos hectáreas o menos, y lo hace en forma de monocultivo (Carmona, 1992). Incluso recientemente, muchos productores de maíz y frijol han abandonado esos cultivos y se han dedicado al de la yuca y otras especies de raíces y tubérculos tropicales, básicamente por las perspectivas de exportación que poseen.

El consumo nacional se estima entre 12 y 18,000 tm y la exportación de producto fresco y parafinado alcanzó un total de 45.981 tm (Lee, 1996). En cuanto a exportaciones a Estados Unidos de América, por ejemplo, en 1995, el 96.98% de las importaciones procedieron de Costa Rica, un 0.88% de Nicaragua y un 0.93% de República Dominicana. Otros países que en los últimos años han aumentado sus importaciones son Puerto Rico, Holanda y el Reino Unido.

Ecuador se ha convertido en un fuerte competidor en algunos puertos estadounidenses, como Boston y Nueva York, y México también lo hace en el mercado de Dallas y sus alrededores (Alfaro, 1996). Desde 1995 Costa Rica ha perdido margen en el mercado de los Estados Unidos de América, pues se ha aumentado la oferta de estos otros países competidores (Hernández, 1996).

Se ha indicado que la principal causa que ha incidido en esta reducción de las exportaciones ha sido la mala calidad con que este producto ha sido comercializado en los mercados consumidores, por lo que el objetivo de este documento es el de mencionar y analizar cuáles son los factores que favorecen y deterioran la calidad de la yuca, para tratar que el volumen de oferta y la imagen de exportación de Costa Rica no se vea afectada y que la actividad comercial sea sostenible y competitiva.

I. CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS POSCOSECHA DE YUCA PARA EXPORTACIÓN

En Costa Rica, el cultivo de la yuca representa una actividad agrícola de gran importancia. El consumo nacional, como se mencionó en la introducción, se estima entre 12.000 y 18.000 tm y la exportación de producto fresco y para- finado, alcanzó un total de 45.981 tm Se menciona que las pérdidas poscosecha de yuca son de alrededor de un 30% a 35%, llegando en algunos casos a reducciones de hasta un 55% (Lee, 1996 y SEPSA, 1996).

Al respecto, Saborío y Castro (1996) evaluaron diez de las principales plantas empacadoras de yuca en la zona norte, en las localidades de San Carlos, Pita, Aguas Zarcas y Chachagua, y determinaron que las pérdidas producidas en Costa Rica para esta actividad son de un 49.7%, aproximadamente (Figura 1). En 1997 se analizaron otras 10 plantas de empaque del país, y el análisis preliminar de los resultados mostró una tendencia porcentual muy similar.

Figura 1. Porcentaje de pérdida de yuca fresca en empacadora.

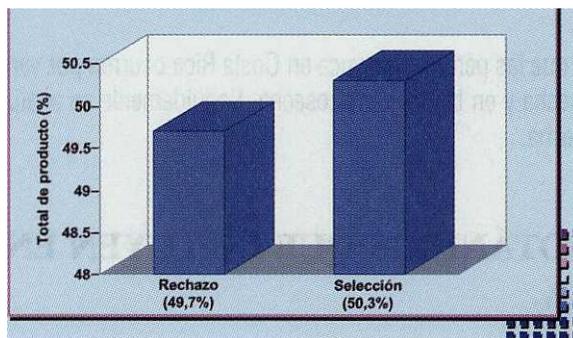


Figura 1: Porcentaje de pérdida de yuca para- finada en 10 plantas empacadoras. Zona Norte, Costa Rica. 1996. (Saborío y Castro, 1996)

Esta evaluación se efectuó con base en las características o estándares mínimos exigidos para la yuca por los principales exportadores de este producto, ya que aunque actualmente existe una normalización nacional de calidad para la yuca, ésta no se aplica. El porcentaje de rechazo representó todas aquellas raíces que no cumplían con estos requerimientos.

Es importante destacar que ese 49.7% indicado de rechazo, no representa el volumen real de producto que generalmente es descartado por los exportadores en las plantas de empaque, pues este es generalmente un 25% y 30%.

El estudio tampoco consideró el porcentaje de pérdida o rechazo de yuca que se presenta en el campo luego de la cosecha, el cual resulta ser de un 4% hasta un 7%, aproximadamente (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1994).

La diferencia entre estos dos valores porcentuales (el encontrado en el estudio y el reportado por los comerciantes), representan cerca de un 20% y 25% de producto que se comercializa sin cumplir con las características idóneas para su exportación, lo cual es la causa que ha provocado la reducción del volumen ofertado y que ha deteriorado la imagen y calidad de la yuca que nuestro país produce y exporta.

La identificación y cuantificación de las principales causas que originaron el rechazo fueron las siguientes: tamaño pequeño de la yuca (36.02%), destronque (4.03%), despunte (3.87%) y grosor mínimo o máximo (3.09%); los demás problemas fueron por daños mecánicos, deformidades, reventaduras, enfermedades y otros daños provocados por roedores e insectos (Figura 2).

Figura 2. Causas y porcentajes de pérdida de yuca en empacadora.

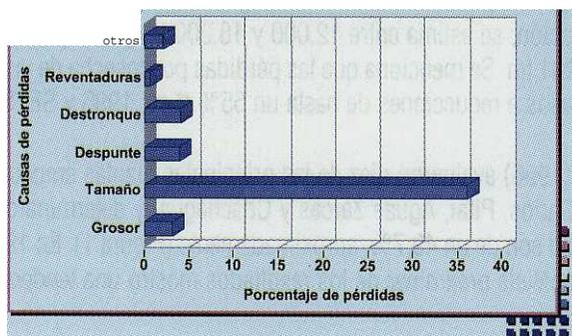


Figura 2: Causas y porcentajes de la pérdida de yuca fresca parafinada en 10 plantas empacadoras. Zona Norte, Costa Rica. 1996. (Sabor o y Castro, 1996)

Por tanto, es posible concluir que las pérdidas de yuca en Costa Rica ocurren por varias razones originadas en el período de producción o precosecha y en la etapa poscosecha. Seguidamente se analizan cada uno de esos aspectos, principalmente los de poscosecha.

II. ASPECTOS BOTÁNICOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD POSCOSECHA

Al analizar el comportamiento poscosecha de un producto agrícola perecedero, es importante conocer muy bien la situación a la cual fue sometido antes de cosecharse, pues su influencia es enorme. Para ello, debe determinarse el origen botánico del órgano radicular de consumo.

En el caso de la yuca, ha de tenerse en cuenta que se trata de una planta leñosa con un porte vertical, que mide entre 1 y 5 metros de altura, y cuyos cultivares, según su tamaño, se agrupan en:

- a. Bajos: hasta 1,50 metros.
- b. Intermedios: entre 1,50 y 2,50 metros.
- c. Altos: más de 2,50 metros.

Además, de acuerdo con el número de sus ramificaciones primarias, esos cultivares se clasifican en:

- a. Sin ramificaciones.
- b. Con dos ramificaciones,
- c. Con tres o más ramificaciones.

La altura de la ramificación también es útil para algunas prácticas relacionadas con el análisis, como por ejemplo, el combate de malas hierbas. Existen tres niveles: (Montaldo, 1991):

- a. Bajo (menos de 50 cm).
- b. Intermedio (entre 50 y 100 cm).
- c. Alto (más de 100 cm).

De igual manera, se debe valorar la posición de los tallos: erecto, decumbente o acostado (Montaldo, 1985) y su grosor, el cual ha sido asociado directamente con el alto rendimiento en las raíces, las cuales son el órgano de consumo.

Las tres partes que componen la raíz son:

- a. Corteza, donde se incluyen los tejidos corticales (felógeno y parénquima), el floema y el cambium.
- b. Parte comestible, compuesta principalmente de xilema y parénquima con abundancia de almidón,
- c. Fibra central, formada por vasos duros del xilema (León, 1987).

El xilema y la fibra central, permiten visualizar en forma inicial, durante la etapa poscosecha, el síntoma conocido como "deterioro vascular de origen fisiológico" u "oxidación", por ser estos los primeros tejidos en perder agua y manifestar el estrés provocado.

Del mismo modo, en este proceso ha de distinguirse la variedad de planta. En Costa Rica hay dos tipos predominantes, a pesar del gran indicio de especies mutantes o derivadas por la segregación de ambas: la "Brasileña" o "Arbolito" y la "Valencia" o "Algodón". La "Brasileña" se caracteriza por tener un nivel de ramificación bajo, un tallo con un grosor mayor y una producción muy alta; aún así, su abundante almidón y la consecuente reducción en el porcentaje de agua la hacen más propensa al deterioro fisiológico y bacteriológico y por ello, se destina más a la industrialización (yuca congelada o almidón de yuca) que a la comercialización en fresco. La "Valencia" por su parte, es también una variedad erecta, pero sus ramificaciones son de nivel intermedio, presenta un tallo delgado y usualmente las raíces son más delgadas y pequeñas.

Finalmente, hay que señalar que todos los cultivares de yuca contienen niveles variables de ácido cianídrico (HCN) altamente venenoso. El HCN resulta de la hidrólisis de glucósidos cianogénicos, principalmente limanarina, por la acción de la enzima limanarasa. Las cantidades de este ácido encontradas en la cáscara son de cinco a diez veces más que en la parte comestible, por eso, toda yuca debe ser adecuadamente procesada y preparada antes de su consumo, pues un efecto acumulativo provocaría en los consumidores bocio, trastornos mentales y lesiones cutáneas, muy observadas en regiones en las que la yuca es alimento predominante, como en África (León, 1987).

III. FACTORES PRECOSECHA QUE AFECTAN LA CALIDAD POSCOSECHA DE LA YUCA

3.1 Material de propagación

Las características varietales propias de la yuca y el uso final de la producción, permiten escoger la variedad idónea a producir. Sin embargo, independientemente de esta decisión, antes de sembrar, es fundamental conocer el estado de la plantación de la cual se extraen las estacas (secciones del tallo) que se usarán como semilla, y recordar que aunque la propagación asexual de la yuca no presenta dificultades en materia de segregación genética, sí surgen muchos problemas de índole sanitario por utilizar semilla infectada, los cuales fácilmente pueden trasladarse a otras zonas productoras. Con respecto a la propagación asexual, se pueden presentar cierta susceptibilidad a mutaciones somáticas ante condiciones climáticas adversas y radiaciones anormales.

En Costa Rica, salvo ciertas excepciones, no se da mayor importancia al empleo de semilla sana. Tampoco se desinfectan las estacas, porque el efecto de la semilla infectada no ha sido verdaderamente cuantificado, como en otros paí-

ses como Colombia, pero esa operación es esencial para evitar considerables perjuicios en la producción y no atribuir a otros factores la ausencia de máximos rendimientos de cosecha.

Por ende, la escogencia de semilla exige considerar algunos factores nombrados en diversos informes en ocasiones contrapuestos entre sí, tales como:

- a. **Tamaño** : resulta importante para producir mayor número de raíces reservantes por planta y conseguir yucas más vigorosas para la comercialización final. Unos 20 cm de estaca se consideran idóneos (CONITTA, 1991), pues así se aprovecha el tallo restante para otras estacas de siembra. (Figura 3). Otras más largas dan pocos beneficios adicionales a la planta y un costo económico mayor.
- b. **Nivel del tallo que da origen a la estaca** : la estaca de mayor producción por excelencia es la de los niveles más bajos y luego, le sigue la de niveles intermedios. Por ello, se deben evitar las apicales o las muy tiernas, ya que su producción será más baja y probablemente más susceptible a daños fisiológicos y patológicos (Montaldo, 1991).
- c. **Posición de siembra** : en cuanto a este aspecto, hay cierta dificultad para discernir lo idóneo, porque investigadores de diversas regiones han reportado resultados diferentes y casi todos han dado su recomendación con base en la producción obtenida.



Figura 3. Estaca adecuada para la siembra

Un criterio importante para decidir si la siembra de la yuca (posición de la estaca) ha de ser en forma horizontal, inclinada o vertical, sería entonces su posible efecto sobre la práctica de cosecha y los consecuentes daños mecánicos. Las observaciones indican que en muchas zonas de Costa Rica, las estacas sembradas en forma horizontal, influyen negativamente cuando se hace la cosecha manual ya que se produce mayor incidencia del daño de "destronque". Este daño consiste en una ruptura o desprendimiento que causa grietas abiertas en la sección que une la raíz de la yuca con la parte final del tallo de la planta. Las estacas plantadas verticalmente tienen un rendimiento inferior a la inclinada, por eso suele sugerirse la inclinada. Pero si la siembra y la cosecha son mecanizadas o si el terreno es lo suficientemente suelto o franco, esa propuesta puede modificarse.

Ahora, en cuanto al almacenamiento del material de siembra, la literatura menciona que para evitar pudriciones se pueden utilizar algunos inhibidores de brotamiento y desinfectantes. Aún así, se ha encontrado que el almacenamiento debe efectuarse solamente si es necesario, pues eventualmente, reduciría los rendimientos de cosecha (Sales y Leihner, 1979).

3.2 Suelos y necesidades nutricionales

Las características físicas del suelo inciden mucho en la forma de la raíz: aquellos suelos pesados arcillosos o con poca preparación, tenderán a producir yuca con un menor tamaño pero con mayor grosor y con deformidades (sin calidad de exportación), y los sueltos o arenosos darán lugar a yucas alargadas y más delgadas.

Además, como la yuca extrae muchos nutrientes del suelo, si se da una siembra inmediatamente después de una cosecha posterior y no se fertiliza, se reducen considerablemente los rendimientos y la calidad, y se presenta una mayor susceptibilidad a problemas sanitarios (CONITTA, 1991); por eso en muchas ocasiones se ha recomienda la rotación de cultivos o la incorporación a las capas más superficiales del suelo de toda la vegetación producida (por el propio cultivo y la maleza), en el proceso de preparación del suelo.

Los elementos minerales más consumidos por la yuca son el nitrógeno (para sus funciones fotosintéticas) y el potasio (especialmente en la última etapa, por la acumulación de almidón). El calcio y el fósforo por su parte, destacan en la producción radicular en las primeras etapas del cultivo y los otros elementos ayudan a evitar clorosis foliares que repercuten en la producción de fotoasimilados y en el consecuente rendimiento de las raíces de almacenamiento (CONITTA, 1991). En Costa Rica, por la situación económica de muchos productores, se efectúan solamente dos aplicaciones de fertilizantes: una al inicio de la siembra con una fórmula alta en fósforo y otra al final, denominada "cosechera" -alta en potasio, generalmente suministrada uno o tres meses antes de la cosecha. (CONITTA, 1991). Quienes tengan mayor capacidad económica, podrán adicionar fertilizantes de manera foliar, para aumentar los rendimientos fotosintéticos y producir raíces con tamaños comerciales de exportación.

Por último, es importante señalar que altas reservas de almidón en las raíces, pueden aumentar el potencial de vida comercial de la yuca una vez cosechado, de ahí la importancia de la última aplicación de nutrimentos,

3.3 Condiciones ambientales

En la producción de fotoasimilados, la luz constituye un factor importante. En general, la yuca se siembra en altitudes medias o bajas del trópico, y recibe unas 10 ó 12 horas de luz al día, por lo que ese factor no resulta limitante; incluso se han reportado plantíos que reciben ocho horas de luz y obtienen raíces con tamaños comerciales y buena calidad poscosecha (Aung, 1990).

La alta pluviosidad por su parte, unido a una mala preparación del terreno y a texturas pesadas o arcillosas afectan considerablemente a la planta y también la calidad poscosecha de la yuca. Durante épocas muy lluviosas, se presentan algunos hongos en yucas cosechadas, como *Phytophthora* sp. y *Pythium* sp, que causan pudriciones internas. Para reducir esos problemas, se debe ser estricto con la escogencia y preparación del terreno y evitar las acumulaciones de agua que favorezcan estos patógenos (Lozano et al., 1981).

Otro factor ambiental que perjudica a la planta es la temperatura. Este factor, si bien no se detecta mucho en la calidad poscosecha, sí se ha asociado al rendimiento debido a deformidades en la partes vegetativas de la planta. Hongos como el *Phaeromularia manihotis* que produce la "mancha blanca", se presentan cuando azotan vientos o temperaturas frías, anormales de las zonas productoras (Lozano et al, 1981).

3.4 Prácticas agronómicas

La determinación de la densidad de siembra o el asocio con otro cultivo es una buena práctica agronómica reflejada en la calidad final del producto; por lo general, las densidades ideales dependen de la variedad empleada. En general altas densidades suelen producir raíces más delgadas y, posiblemente, con problemas de maltratos en la cosecha (especialmente si se asocia con la siembra de estacas en forma horizontal), mientras que las bajas densidades tienden a ofrecer yucas extremadamente largas (Montaldo, 1985).

La preparación del terreno es otra práctica recomendable, especialmente en los casos de suelos pesados en zonas muy lluviosas, (Figura 4). En el caso de la yuca fresca de exportación, la construcción de surcos o lomillos es ideal pues logra menos daños mecánicos y fisiológicos (quemaduras por sol), mientras que la siembra en "rayado o plano" se presenta como una alternativa factible cuando pesan las consideraciones económicas y se cuenta con suelos livianos (no arcillosos).



Figura 4. Plantación de yuca cultivada sobre lomillos

El riego por su parte, es una operación poco utilizada en el proceso de cultivo de yuca, porque generalmente esta raíz se cultiva en zonas húmedas o durante la época lluviosa; aún así, esa práctica puede evitar que ante condiciones fluctuantes de pluviosidad (lluvia y sequía) durante el crecimiento de la planta se produzca el denominado "acinturamiento" de la yuca por desequilibrios en la acumulaciones de materia seca a lo largo de la raíz (Figura 5). Los productos con estas deformidades son inevitablemente rechazados en la actividad de exportación (Montaldo, 1985).

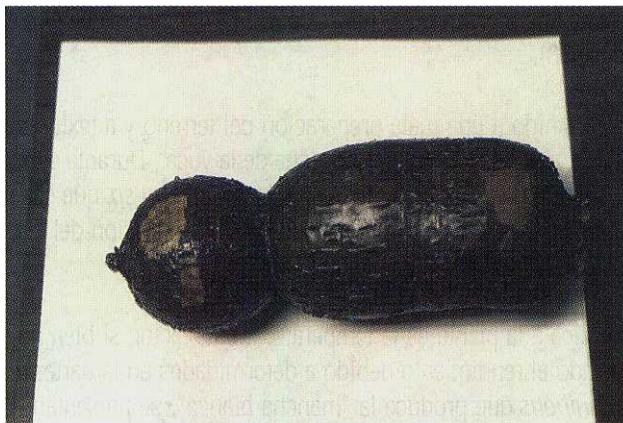


Figura 5. Yuca con problemas de "acinturamiento"

El control de malas hierbas es, igualmente, una práctica importante durante las primeras etapas de desarrollo de la planta, porque evita la alta competencia por energía lumínica y nutrientes que pueden afectar el tamaño de las raíces. Se aplican herbicidas pre y postemergentes (CONITTA, 1991), al utilizar productos post-emergentes se recomienda que sean aplicados por personas conocedoras de esa labor, porque el cultivo fácilmente puede dañarse.

3.5 Plagas y enfermedades

En Costa Rica los principales insectos que afectan la yuca con una acción devastadora, son los denominados "gusanos cachones" (*Erynnis ello* sp.) (Figura 6), los cuales, aunque inciden en forma intermitente en las zonas, pueden eliminar toda el área foliar de una plantación. Si el daño ocurre en un estado temprano de desarrollo, la planta tendrá rendimientos extremadamente bajos, Si ocurre en edad más avanzada, el efecto negativo se visualizará en la calidad poscosecha, por la reducción de tamaño y del "acúmulo" de almidón en las yucas. Por tanto, para el control de esta plaga, se sugiere el uso de insecticidas biológicos (Lozano *et al.*, 1981) como el derivado en la bacteria *Bacillus thuringiensis*, ya que los insecticidas químicos destruyen también los enemigos naturales, por lo que se recomienda evitarlos.



Figura 6. Gusano cachón de la yuca (*Erynnis ello*.)

Otros insectos que limitan una buena producción son el chinche subterráneo (*Cyrtomenus bergi* Froeshner), los ácaros, las escamas y los "trips" (insectos que atacan el follaje).

Por otro lado, hay hongos que dañan mucho el tejido foliar; algunos de ellos son: *Cercosporidium* sp., *Cercospora* sp., *Phaeromularia* sp., *Phoma* sp., *Oidium* spp., *Phytophthora* sp. y *Colletotrichum* sp., estos dos últimos se presentan por lo general, en la etapa poscosecha, dado su efecto directo en la raíz- (Lozano *et al.*, 1981).

Los virus también afectan bastante el cultivo de la yuca, incluso, hay una enfermedad que provoca el denominado "cuero de sapo", cuya sintomatología consiste en el engrosamiento excesivo del tallo y las raíces se vuelven blandas con cáscaras corrugadas. Las bacterias *Xanthomonas* sp, *Agrobacterium* sp, *Erwinia* sp. pueden provocar también pudriciones en la yuca.

Para evitar estos daños, es fundamental la buena selección y desinfección de la semilla (Lozano *et al.*, 1981), pero como en ocasiones esta recomendación no es siempre efectiva, se puede contar con la alternativa de utilizar plantas producidas *in vitro*, las cuales están libres de estos patógenos (Umaña y Torres, 1996), sin embargo estas plantas tienen problemas para su aclimatación a las condiciones de campo y en ocasiones presentan problemas de bajos rendimientos.

Por último, otra plaga que, en el caso de otros cultivos de raíces y tubérculos tropicales suele ser muy dañina, son los roedores (ratones, ratas y taltuzas), sin embargo, existen diversos controles, muchas veces muy particulares de las propias zonas de producción.

IV. LABORES DE COSECHA

A partir de la cosecha se inicia la etapa poscosecha, momento en el cual se visualiza la verdadera calidad de la yuca producida a lo largo de casi un año. De ahí en adelante, dependerá prácticamente de las personas encargadas del manejo (casi sin influencia externa) para el mantenimiento de su calidad.

Dentro del período de manejo poscosecha de la yuca fresca para parafinar, hay varias labores cuya planificación y organización es fundamental para no entorpecer el proceso de comercialización del producto, ni deteriorar su calidad, los cuales se diagraman en la Figura 7.



Esquema 1.

Figura 7. Labores relacionadas con el manejo poscosecha de la yuca fresca parafinada que exporta Costa Rica (Saborío y Castro, 1996).

4.1 Índices de cosecha

El rango óptimo para cosechar varía según el uso final del producto. En el caso de la yuca fresca y la congelada, se recomienda que sea de 9 a 12 meses, el período depende de la variedad, condición climática y precio del mercado (Vries, 1985). Ahora bien, para la extracción de almidón y consumo animal, se prefiere yucas más adultas (15 meses), pues se favorecen así los altos rendimientos de almidón (Montaldo, 1991).

Sin embargo, es básico hacer notar que la apariencia de la planta de la yuca en la etapa de cosecha es la de una planta madura, por eso, cuando se destina al uso industrial (extracción de almidón) es necesario asegurarse de que durante la cosecha ella ha mostrado algunos síntomas de envejecimiento o senescencia, como por ejemplo, amarillamiento de las hojas (Vries, 1985).

De todo esto se desprende que la planificación de la cosecha para yuca de exportación e incluso para consumo en el mercado local, ha de estar bien coordinada con el comprador del producto, para así determinar con certeza el día de la poda de tallos, pues esa poda genera una mejor distribución de nutrimentos hacia la raíz y un engrosamiento o maduración de la cáscara de la yuca. De esa forma, se obtiene un producto menos propenso al "rayado marrón" o "deterioro vascular", con cáscara más resistente al manipuleo y con poca incidencia a reventaduras (Figura 8).



Figura 8. Poda en una plantación de yuca antes de la cosecha

En términos generales y por ensayos previos (Uritani y Reyes, 1984), se recomienda efectuar primero la poda y posteriormente, dejar la yuca en el campo hasta que la cáscara se suberice. Entonces, cuando se haya iniciado el brote vertical (el cual fluctúa entre los ocho y los 15 días, según la época y las condiciones climáticas), es posible proceder a la cosecha. Normalmente se sugiere hacer el corte con un cuchillo desinfectado (con algún producto bactericida o algún fungicida) en forma inclinado, de arriba hacia abajo, a una altura de unos 80 a 90 cm sobre el suelo.

Un corte realizado a esta altura permite posteriormente sacar el máximo provecho de semillas (estacas) para la futura siembra, pues casi siempre la parte apical se emplea como semilla para otra plantación. Sin embargo, si esta sección vegetativa no se usa inmediatamente con ese fin, es preferible desinfectarla nuevamente o al cortar las estacas.

Ahora bien, si por alguna razón la poda del tallo se realiza mucho antes de la cosecha y los hijos o brotes emergen nuevamente en la planta, se aconseja podarlos a fin de evitar los efectos reversibles por la reducción y ensanchamiento de células en los tejidos que pudieran producir rajaduras superficiales o aberturas en la pulpa. Sin embargo, a pesar de lo anteriormente mencionado, algunos autores sostienen que se produce un aumento en la vida poscosecha de la yuca, sin embargo, se disminuye el contenido de materia seca, parámetro de calidad (Wheatley, 1993) y vuelven el fruto más fibroso y menos adecuado para la actividad culinaria. Otro aspecto en la que puede influir la poda es el que menciona Wheatley (1983), donde se ha relacionado la operación de poda de la yuca con una menor acumulación de escopoletina en las raíces, causante del deterioro vascular.

En Costa Rica poco se ha incursionado en estudios de evaluaciones cuantitativas que sugieran cuál es el tiempo prudencial para podar las plantas de yuca antes de la cosecha. Muy recientemente (Fonseca y Saborío, 1997), se estudió el efecto del período de poda antes de la cosecha sobre la vida y calidad comercial de la yuca, se evaluaron los períodos de poda de 4, 3, 2, 1 y 0 semanas antes de la cosecha, y se encontraron diferencias significativas en las variables de calidad "reventaduras de la cáscara" y "oxidación interna" de la yuca, especialmente.

Con respecto a la incidencia de reventaduras de la cáscara, se encontró que las yucas cosechadas inmediatamente después de la poda, fueron las únicas con un grado de reventaduras de un 14,8% (véase la Figuras 9 y 10), por lo que se puede concluir que es oportuno esperar por lo menos una semana entre la poda de las plantas y la cosecha de las raíces. Las reventaduras pueden ocurrir también cuando inmediatamente después de cosechar la yuca, ésta se deja al contacto directo del sol.

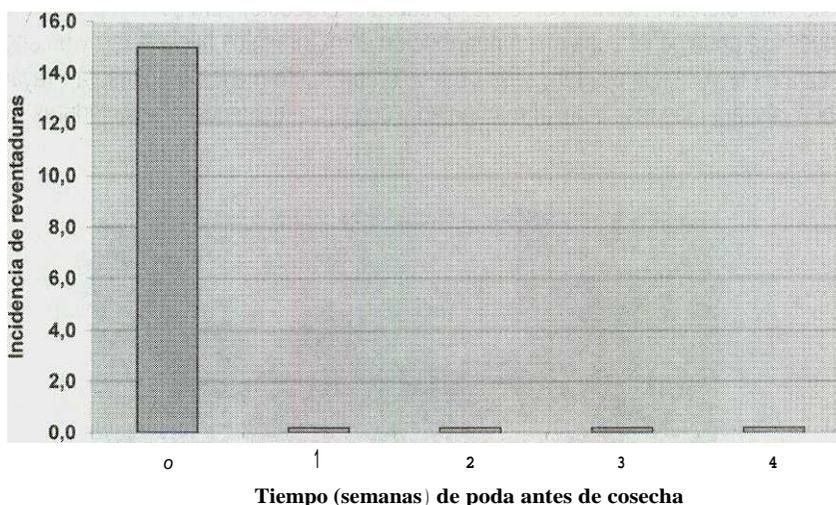


Figura 9. Efecto del tiempo de poda de plantas de yuca antes de la cosecha, sobre la incidencia de reventaduras en la cáscara de la yuca (6 días de almacenamiento a 22 °C).



Figura 10. Reventaduras en la cáscara de la yuca

En cuanto al grado de oxidación interna de la pulpa, se obtuvo una tendencia muy similar, pues la yuca cosechada inmediatamente a la poda obtuvo un grado de oxidación de 4,4 (según escala de 0 a 6, donde 6 es total deterioro); el resto de los tratamientos estuvieron en el rango de 1,3 y 1,8 y fueron diferentes estadísticamente de aquel tratamiento (véase la Figura 11).

Dichos resultados también indican lo importante de la labor de poda de las plantas de yuca antes de proceder a la cosecha (al menos una semana antes), para obtener raíces con una mejor calidad,

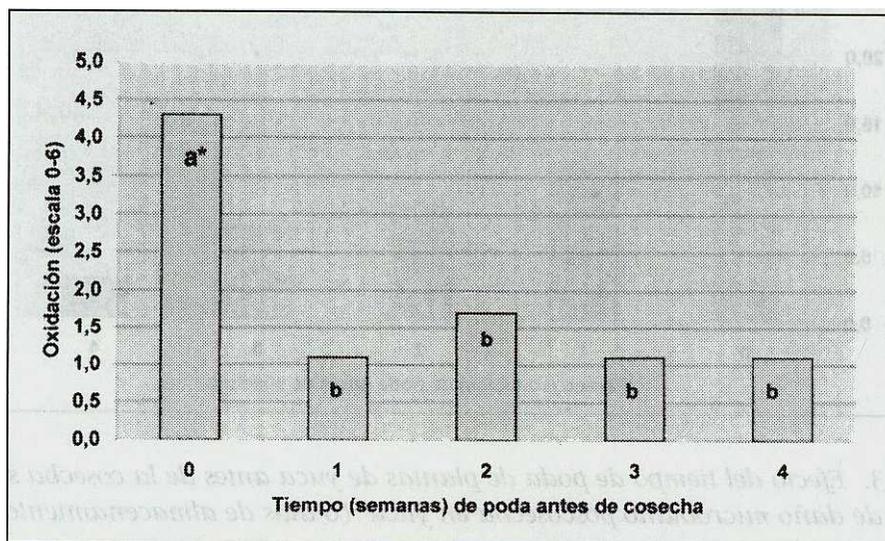


Figura 11. Efecto del tiempo de poda de plantas de yuca antes de la cosecha, sobre el grado de oxidación en yuca (6 días de almacenamiento a 22 °C)

Definir exactamente cuánto tiempo debe dejarse la plantación podada antes de la cosecha es difícil, pues se requiere considerar las condiciones climáticas a las que estuvo sometida la plantación y las condiciones tecnológicas implementadas. Incluso, en el estudio mencionado anteriormente (Fonseca y Saborío, 1997) y según al análisis de las variables de incidencia de daño microbiano (visualizado como presencia de tejido acuoso de color crema en la pulpa) y de acumulaciones anormales no deseado de almidón en la pulpa (visto como zonas de color blanco profundo, con aspecto áspero, asociado al estrés por pérdida de agua), se encontró que la cosecha luego de tres semanas de poda presenta mayor calidad en comparación con una, dos y cuatro semanas de la poda (Figuras 12 y 13).

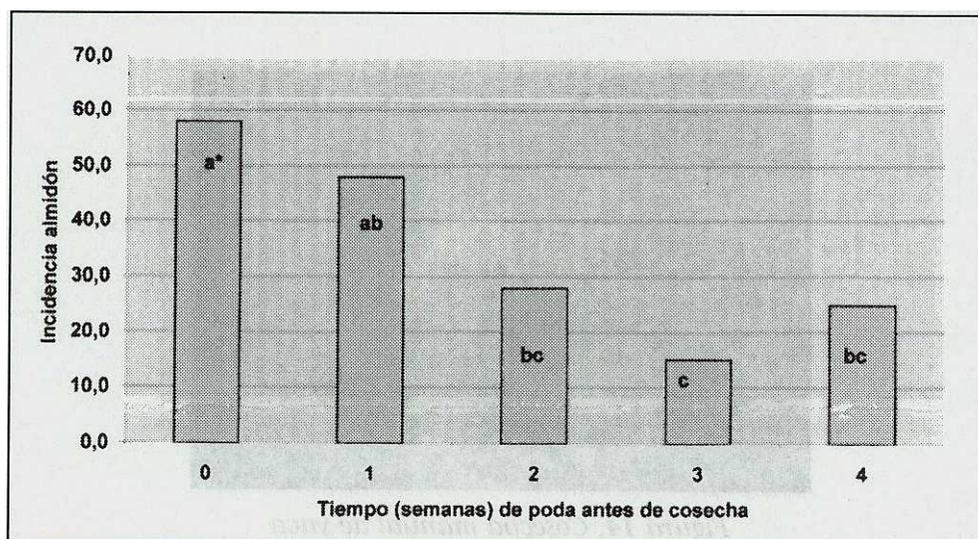


Figura 12. Efecto del tiempo de poda de plantas de yuca antes de la cosecha, sobre la incidencia de acumulaciones anormales de almidón (6 días de almacenamiento a 22 °C)

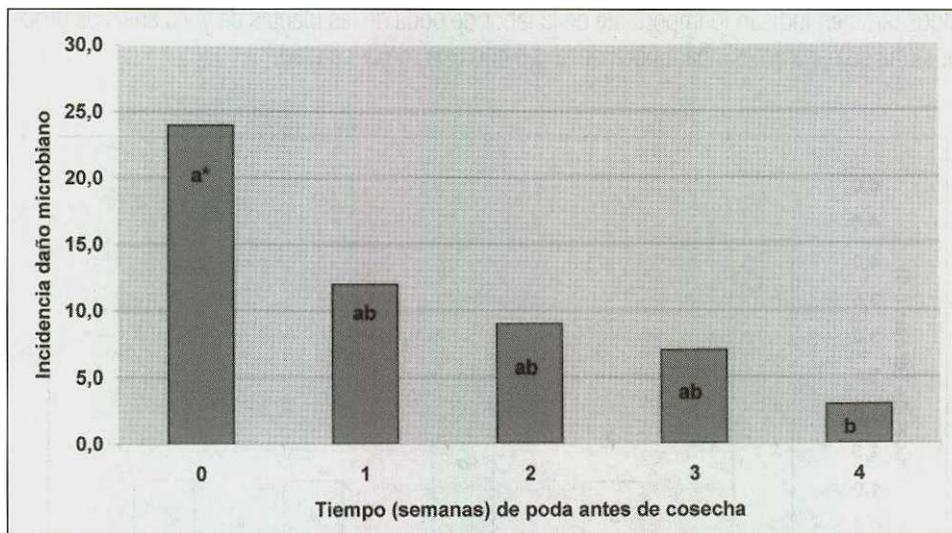


Figura 13. Efecto del tiempo de poda de plantas de yuca antes de la cosecha sobre la incidencia de daño microbiano poscosecha en yuca (6 días de almacenamiento a 22 °C)

Este dato requiere confirmarse con yuca expuesta a otras condiciones, ya que aunque permite establecer la hipótesis de que podría existir un umbral máximo de beneficio, con el cual se logra el mayor rendimiento de calidad; aún así, se conoce que después de la poda el crecimiento o engrosamiento de las raíces se detiene y más bien presenta resultados con rendimientos y calidad descendentes. Al respecto, Uritani y Reyes (1984), encontraron al igual que Fonseca y Saborío (1997), tendencias de incrementos en rendimiento y calidad en yuca podada hasta la tercera semana, pues posteriormente desciende levemente el efecto beneficioso

4.2 Operación de arranque

La cosecha de la yuca puede realizarse en forma mecánica, semimecánica o manual. En Costa Rica, casi toda se arranca manualmente, tirando fuertemente del trozo de tallo que queda luego de la poda de la parte aérea (Ver Figura 14). Una vez extraída toda la planta, se procede al corte o separación de las unidades.



Figura 14. Cosecha manual de yuca

Ciertas empresas costarricenses han hecho uso de un subsolador modificado (mayor tamaño) y con alas verticales, para aumentar el ancho de la franja de terreno a cubrir. El ángulo de ataque (punta del subsolador) considerado efectivo ha sido del 10%, aproximadamente (Figura 15).



*Figura 15. Instrumento utilizado en Costa Rica para la cosecha mecánica de yuca
(Foto tomada en la Exportadora Borinquen S.A., Jiménez, Limón)*

La Exportadora Borinquen S. A., usuaria de este sistema, ha determinado que para maximizar la eficiencia de esta cosecha semimecanizada, la posición de la estaca de siembra debe darse de tal forma que la punta inclinada y enterrada se ubique en el mismo sentido del avance del tractor cosechador y permita el fácil levantamiento de las raíces. Caso contrario, si el extremo sembrado se coloca inclinadamente en sentido contrario a la dirección del tractor, habrá muchas posibilidades de una incidencia considerable de "destronque" por ruptura de la base del tallo.

Entonces, por facilidad de tránsito del tractor en la plantación, quizás lo mejor sea colocar las estacas de siembra de una hilera en un sentido y las de la hilera de al lado en el sentido contrario (siguiendo con los virajes del tractor) y así sucesivamente. En otros países, la mecanización es más popular y se efectúa con un rotavator, modificado de tal forma que incluye una paleta más profunda y ancha para levantar todo el suelo del surco y sacar la planta y sus raíces hacia arriba; posteriormente los trabajadores cortan la yuca en raíces unitarias.

Un instrumento similar se utilizó en el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) de Colombia con el diseño de un equipo que facilitó la cosecha manual (Ashburner y Sims, 1984). Ese dispositivo tiene una cuchilla con un ángulo de acercamiento de 90° y uno de ataque de 17° , los cuales permiten soltar las raíces y soltar el suelo, para luego recolectar y cortar las raíces unitarias de la planta.

En cuanto al plan de costos de la operación de arranque, éste exige el corte de unidades de la planta de yuca en forma casi simultánea con la primera selección. Por tanto, en el campo primero se apartan las raíces que no reúnen las características para producto fresco, pelado ni congelado luego se efectúa la primera clasificación, para determinar el uso final del producto (si es que se tienen las dos opciones de congelado y en fresco).

Aquellas raíces extremadamente grandes y gruesas, junto con las parcialmente dañadas por roedores, por daños mecánicos ocurridos durante la cosecha conocidos como destronque y despunte (quebradura en la base o en la parte dista) de la raíz) y con problemas patológicos se destinan para "yuca pelada y congelada", el resto se prepara para "yuca fresca parafinada" (Saborío y Castro, 1996). En Costa Rica, este tipo de yuca rechazada en campo suele ser entre un 3% a 7% (en peso) de la producción de raíces totales producidas por las plantaciones (Figuras 16 y 17).



Figura .1 6. Separación y cortes de unidades de yuca luego de la cosecha



Figura 17. Unidades de yuca que se rechazan por tamaños y grosores no aptos para la exportación en fresco.

4.3 Transporte a la empacadora

Las yucas cosechadas, deben transportarse a la empacadora. Ello implica dos aspectos: cómo se acarrearán y en qué se trasladarán.

En cuanto al primero, las raíces requieren ser "arregladas", es decir, cortadas sus raíces adventicias delgadas, las cuales se ligan a las raíces de consumo, además de volver a hacer el corte del pedúnculo si este está mal realizado. Luego se llevan en sacos o en cajas de madera o de plástico, colocadas preferiblemente en forma horizontal (Figura 18).

Las cajas plásticas, alargadas y poco profundas son las más adecuadas, pues evitan los "despunte", también se utilizan de madera. El despunte consiste en una ruptura del extremo distal de las raíces.

En cualquier caso, se debe tener el cuidado de no sobrellenar las cajas, ya que al estibar una sobre otra, se producen daños físicos que irremediablemente provocarán un deterioro comercial muy rápido en el producto.



Figura 18. Tipo de caja plástica utilizada para acarrear yuca hasta la planta empacadora.

Si se utilizan sacos (polypropileno), el llenado debe realizarse con mucho cuidado, colocando la parte basa) de la yuca (la más gruesa, unida al tallo) hacia abajo y la punta hacia arriba. Es importante también que el producto no se deje expuesto al sol.

El medio de transporte con el cual se llevará el producto del campo a la empacadora (tractor con carreta, camión, auto tipo pick-up o camioneta), se requiere que en lo posible tenga una adecuada suspensión con la cual disminuyan los movimientos y vibraciones (que causen daños físicos a las yucas), por lo que si los caminos no están en buenas condiciones lo recomendable es transportar la yuca a una baja velocidad.

Los golpes pueden provocar el deterioro vascular en forma localizada, pues este es muy asociado con la entrada de oxígeno y patógenos en las microheridas superficiales (Marriot et al., 1978).

V. LABORES EN LA PLANTA EMPACADORA

5.1 Recepción

Las operaciones en la planta empacadora deben estar bien coordinadas, para que la yuca, ya sea para ser pelada y congelada o preparada para la exportación en fresco (parafinada), demore el menor tiempo posible antes de almacenarse y transportarse al mercado consumidor.

Ahora bien, si la empacadora procesa yuca para ambos usos, se debe pesar la carga total, y luego clasificar y pesar nuevamente la que ha sido seleccionada para uno u otro uso y se inician las labores correspondientes (Figura 19).

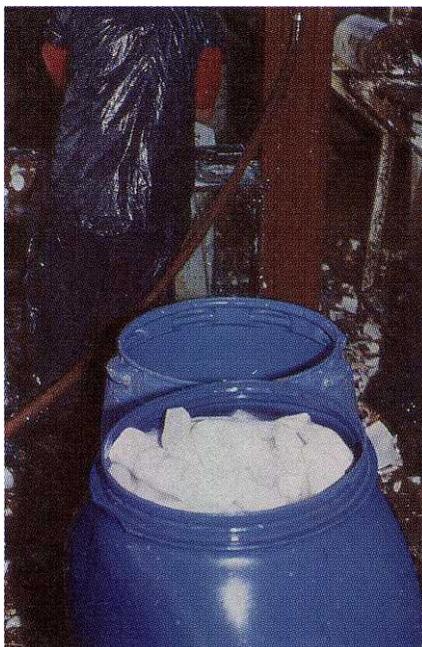


Figura 19. Yuca pelada y almacenada en barriles con agua, antes de ser congelada.

5.2 Yuca fresca parafinada

La yuca fresca debe pesarse y seleccionarse en cuanto llegue a la planta empacadora, a fin de no poner en riesgo su calidad poscosecha. En términos generales (difiere según la variedad) se esperaría que una yuca por exportar no permanezca fuera más de 10 horas desde el momento de cosecha hasta la operación de parafinado o empaque al vacío.

Para la selección, se deben aplicar los criterios de calidad y considerar ciertas variables de los importadores, entre ellas:

a. Destronque:

Consiste en una ruptura de la parte basal de la yuca. Todo producto con este problema y con textura blanda en esa zona, debe rechazarse completamente.

b. Deformidad:

Es el aspecto físico anormal, usualmente se toma como "normal" la yuca con su forma cónica natural.

c. "Acinturamiento":

Se refiere a la yuca parcialmente segmentada o con grietas de crecimiento. Todo producto con estos síntomas se debe rechazar.

d. Despunte:

Se trata de una ruptura en la parte distal de la yuca. Si la raíz presenta despuntes y textura blanda en ese lugar, siempre debe rechazarse.

e. Tamaño:

Con esta variable, se estima si la dimensión del producto es menor o mayor al solicitado. En Costa Rica, se maneja como calibre mínimo 25 cros de longitud o 300 g de peso. En una caja o lote, el rango de variación de longitud ha de estar entre 25 cm y 55 cm.

f. Daño mecánico:

Se revisa el corte producido (pedúnculo) y si la raíz ha recibido alguna magulladura.

g. Daño provocado por insecto:

No se debe permitir, sin embargo, esta variable se tolera únicamente si ha bajado el estándar de calidad.

h. Daño inducido por roedores:

Tampoco se debe permitir yucas con este daño, pero el problema eventualmente se acepta, cuando disminuye el estándar de calidad.

1. Pudriciones o enfermedades:

Toda yuca con síntomas evidentes de problemas patológicos, debe ser rechazada.

Reventaduras:

Se trata de una grieta superficial a lo largo de la yuca, por lo que se rechaza el producto.

k. Descascaramiento:

La pérdida de cáscara se presenta por edad (raíces muy tiernas) o por daño mecánico y no debe permitirse, sin embargo se tolera parcialmente si disminuye el estándar de calidad.

1. Colores externos anormales:

Se acepta cuando disminuye los estándares de calidad.

El grado de aceptación o rigurosidad en la aplicación del control de calidad dependerá de las exigencias del mercado, sin embargo, existen parámetros de idoneidad señalados por la "Norma de calidad comercial para la exportación de yuca fresca parafinada", publicados por la FAO ("Un programa TCP" / COS / 8955, addendum núm. 2 12), los cuales pueden ser referencia para el lector.

5.2.1 Tratamientos poscosecha de la yuca

LAVADO

Para remover la suciedad de las raíces, se utilizan dos sistemas: "en seco" y "en húmedo". En el primero únicamente se raspa el fruto con un cepillo y en el segundo generalmente se emplea agua con mucha presión. Lo recomendable, cuando interesa exportar el producto, es emplear el húmedo, pues asegura su completa limpieza (Figura 19.1).



Figura 19. 1 Lavado en "seco ": labor de desprendimiento de tierra en la yuca por -`raspado ".

El método en seco por su parte, es el más común por razones económicas (no requiere agua ni energía y exige menos tiempo), pero siempre mantiene algo de humedad y difícilmente logra remover toda la tierra adherida a la raíz. Además, si los utensilios empleados son ásperos, puede haber deterioros microscópicos en la cáscara y, en el corto o mediano plazo, se iniciaría el daño microbiano (Figura 19.2).



Figura 19.2 Lavado "húmedo": lavado manual de yuca para parafinar.

SECADO

El secado de la yuca consiste en una remoción del agua fácilmente evacuable o superficial de la raíz, que impide la formación de condiciones ideales para la proliferación de hongos.

Existen diferentes sistemas de secado: hay algunos basados en la energía solar, los cuales dependen de las condiciones ambientales y secan la yuca por exposición directa al sol (Figura 20); otros, que emplean energía por combustión de madera (el calor es arrastrado hacia las raíces húmedas por un abanico); otros utilizan energía eléctrica, pero son más costosos por lo que generalmente su temperatura es muy alta para que la duración sea menor. Otros utilizan hornos, cuya energía es provista por la combustión de gas.



Figura 20. Secado de la yuca por exposición directa al sol

En Costa Rica, los hornos (eléctricos o de combustión de madera o gas) para el secado de las yucas, generalmente no tienen control de las condiciones generadas. Se mantienen a una temperatura alrededor de los 40 °C y baja humedad relativa, por lo que el proceso no es eficiente y presenta riesgos de "quemar" o deshidratar el producto.

En el proceso de secado, la salida de producto debe ser ordenada, y por eso suele aplicarse el sistema "PEPS" PRIMERAS EN ENTRAR, PRIMERAS EN SALIR (Figuras 20.1 y 20.2).



Figuras 20.1 y 20.2 Detalles de yucas en estado húmedo, seco y para%inado.

CURADO

En Costa Rica no se realiza el proceso de curado de las raíces, este es un proceso que involucra cambios físicos, fisiológicos e histológicos, en el cual se favorece la cicatrización de las lesiones ocasionadas durante la cosecha y se impide la invasión de microorganismos; debido a una suberización de las células exteriores próximas a las heridas y, posteriormente, la formación de peridermis a partir de algunas células parenquimatosas profundas que se multiplican y crean una nueva hilera de células de consistencia corchosa, comúnmente vista como tejido grueso y seco, además se provoca protección contra la deshidratación del producto (Wheatley, 1983).

Para lograr un curado de las raíces adecuado, es preciso que la yuca permanezca durante cuatro o siete días a una temperatura aproximada a los 35 °C y humedad relativa del 80% u 85%.

Debe hacerse notar que en estos casos, si la humedad relativa es del 95%, las raíces sufriran una rápida infección de patógenos y si es del 75%, presentarían una deshidratación, la cual se evidenciará externamente por el arrugamiento de la superficie y la incidencia de espacios huecos o aberturas en la pulpa (Cooke *et al.* 1988 y Wheatley, 1983).

De esta forma, se logra también un buen parafinado, el cual es muy ventajoso en la vida poscosecha del tubérculo (Booth y Coursey, 1974; Linneman, 1981; Cooke *etal.*, 1988), pues al exponerlo a una temperatura moderadamente alta y por un período prolongado, su superficie se suberiza aún en partes que pudieron ser dañadas previamente, muchas veces sin ser perceptible a la vista (microheridas).

De igual forma, es importante tener en cuenta el asocio entre la poda de tallos de la planta previo a la cosecha y el tratamiento de secado y curado en poscosecha del tubérculo, pues así es posible obtener resultados que alarguen la vida comercial del producto.

En términos generales, una remoción de agua por temperatura alta no debe exceder el 0,5% del peso de entrada del producto, y las variedades con menos agua serán muy susceptibles al deterioro vascular ante pérdidas de agua.

El curado en nuestro país no es una práctica común por dos motivos: primero, porque implica mantener costosas instalaciones (hornos) en las cuales se almacene el producto durante varios días, y eso obviamente, eleva el costo de comercialización, y segundo, porque son poco conocidas las bondades de un buen curado como tratamiento para la yuca de exportación.

Finalmente, antes del parafinado se "arreglan" las unidades de yuca, labor que consiste en cortar los extremos, con el fin de mejorar su apariencia y eliminar las puntas delgadas, propensas a que se quiebren después e inicien el deterioro vascular.

PARAFINADO

El parafinado es el tratamiento clave en la exportación de yuca fresca, Consiste en sumergir la yuca en parafina líquida, la cual está a una temperatura superior a los 100 °C y dejarla solidificarse o secarse a temperatura ambiente, para protegerla del deterioro vascular.

En la operación de parafinado, la yuca húmeda, con rastros de humedad perceptible (agua superficial) debe evitarse, porque su efecto podría ser detrimental cuando se encapsula humedad en la superficie interna de la cáscara en forma de vapor de agua; además, esta práctica promueve el deterioro microbiológico por incidencia de hongos y bacterias. Esto ocurre en un período corto de tiempo, cuando el producto llega a los mercados internacionales.

Cuando la yuca ha permanecido más de 12 horas después de ser cosechada, debe ser muestreada para verificar su calidad interna, pues podría haber riesgo de haberse iniciado el deterioro vascular prematuro, especialmente si se está en una época de alta pluviosidad, donde el producto está con una alta humedad interna y externa. El muestreo consiste en cortar las puntas de varias yucas y observar si existe algún color oscuro en la pulpa.

La temperatura a la cual se debe sumergir la yuca en la parafina debe contemplar varios factores, entre ellos, el grado de pureza de la sustancia, relación costo/rendimiento, el sistema de parafinado (mecánico o manual), la apariencia visual (cuando la parafina está a temperatura baja, la superficie de la yuca queda de color blanco), por lo que se afecta la calidad final del producto.

En Costa Rica, luego de varias pruebas se ha decidido emplear una parafina semirefinada de origen oriental (con un punto de fusión de 60 °C).

Fonseca (1996), sugiere que la parafina tenga una temperatura de 150 °C, porque así la yuca tendrá buena apariencia (cristalina transparente) y además, el proceso no provocará la evaporación de agentes extraños en ella, dará un buen rendimiento económico y sobre todo, los efectos sobre la calidad poscosecha de la yuca serán tan buenos como con otras temperaturas más bajas (véanse las Figuras 21 y 22).

Algunos trabajos han mostrado que una temperatura de 120 °C o de 130 °C llega a gastar alrededor de un 20% más de parafina que a 150 °C (véase la Figura 23).

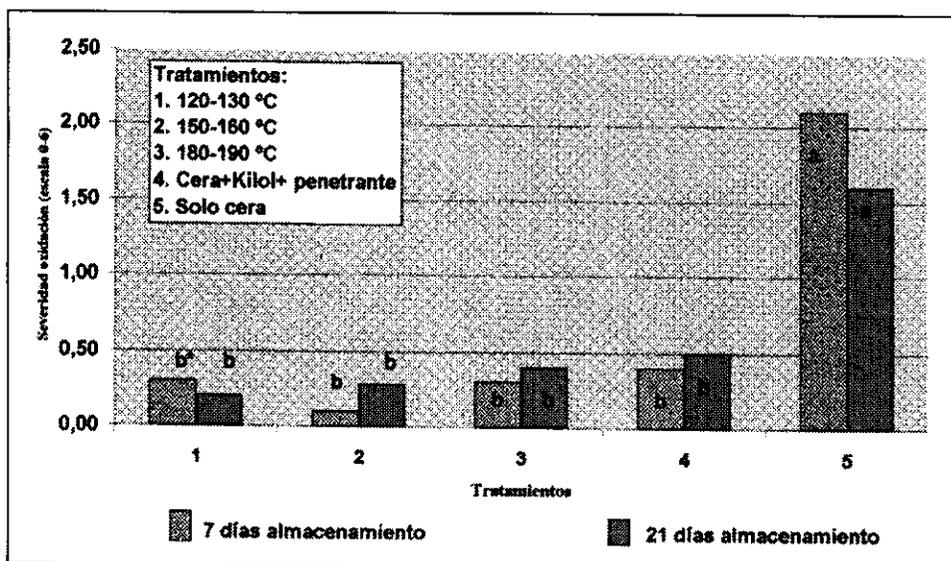


Figura 21. Nivel de oxidación en los tratamientos de temperaturas de la parafina y uso de la cera Stafresh 819 de FMC

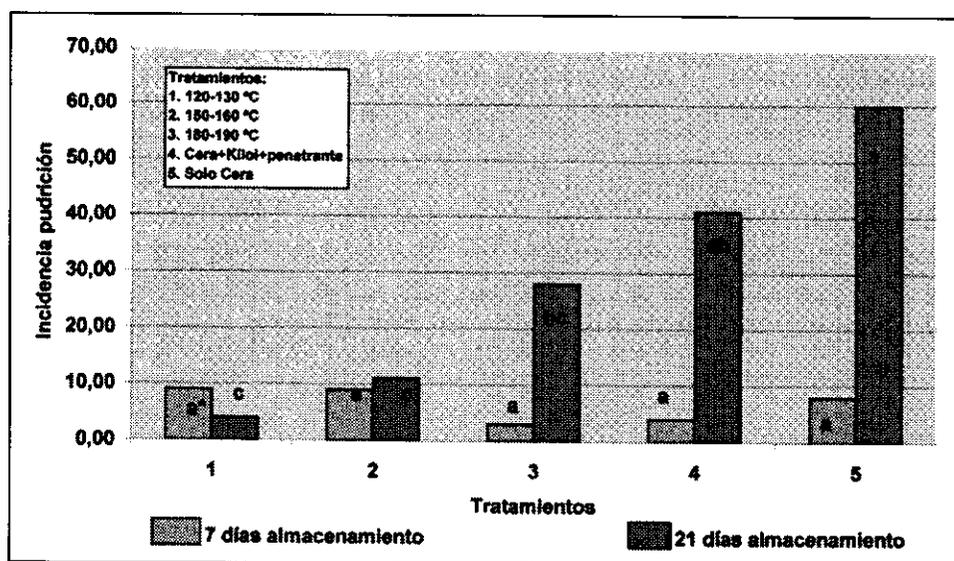
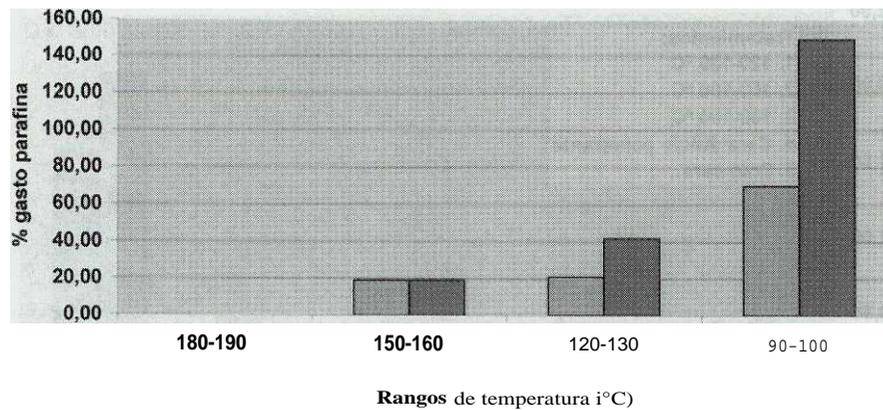


Figura 22. Porcentaje de incidencia de hongos en yuca tratada con parafina a diferentes temperaturas, y uso de cera natural

Otro aspecto a considerar en este proceso de parafinado, es que toda el área de la superficie de la yuca quede cubierta. Un centímetro cuadrado de área superficial sin parafinar es prácticamente una yuca rechazada en el mercado internacional, pues por ese espacio puede infiltrarse el oxígeno, activarse la acción de la enzima polifenol oxidasa y producir el oscurecimiento habitual o en su defecto, la infección bacteriana de la pulpa de la yuca.

De igual manera, es fundamental anotar que cuanto menos tiempo transcurra entre la cosecha y la aplicación de parafina, el tratamiento será más efectivo fisiológicamente.



% de aumento a partir del rango de temp. °C anterior

% de aumento a partir del rango 180-190 °C

Figura 23. Comparación de temperaturas de parafina, según la pérdida que provoca

Debe cuidarse también la colocación de las yucas cuando se parafinan o inmediatamente luego del proceso, ya que al acomodar las raíces muy cerca unas de otras, se pueden adherir (formando deposiciones gruesas de parafina) y al despegadas muestran acumulaciones poco estéticas, o bien quedan espacios de superficie no cubiertos por la parafina. Es aconsejable ubicar las yucas en algún lugar cerca del empaque. En algunas plantas empacadoras se colocan después del parafinado inmediatamente en la caja de exportación, lo que causa manchas en el material de empaque, lo que provoca una mala apariencia, perdiendo calidad por una deficiente presentación estética del producto en su empaque.

EQUIPO DE PARAFINADO

El proceso de parafinado puede realizarse de manera manual o mecánicamente. En el primer caso se tiene un contenedor en el cual una persona sumerge las yucas, primero una mitad y luego la otra. Generalmente son de una forma rectangular, para permitir la labor de una buena cantidad de trabajadores (Figura 24 y 24.1).



Figuras 24 y 24.1. Parafinado de yuca de manera manual y mecanizada (sistema carrusel).

En el proceso mecánico, la yuca se coloca en el equipo (canastas o bandas transportadoras) y luego el parafinado ocurre automáticamente. En Costa Rica existen muchos modelos para este proceso mecánico producto de la creatividad de los productores y exportadores. Un ejemplo de ellos es el "carrusel". Este se usa con bastante regularidad y consta de varias canastas hechas de rejillas de metal, que giran constantemente; el personal primeramente llena las canastas con yuca seca y lavada y luego, el carrusel las desliza por un riel y las sumerge en un contenedor de parafina líquida. Finalmente, los trabajadores retiran la yuca ya parafinada y continúan el proceso de empaque. Los equipos pueden ser eléctricos y solo requieren de un termostato para medir el calentamiento de la parafina. En otros países, como Colombia (Wheatley, 1983), se siguen otras técnicas también útiles, entre ellas, la combinación de parafina con fungicida (tiabendazol).

5.2.2 Análisis del Deterioro Vascular de la yuca (D. V).

El deterioro vascular de la yuca puede iniciarse de manera perceptible desde 8 horas después de haberse cosechado y hay dos tipos de daño, plenamente identificados, que pueden presentarse aislada o simultáneamente:

- a. **Microbiano** : atribuido principalmente a bacterias, presenta una textura más suave y un color crema distribuido en forma localizada y con poca uniformidad (Figura 24.2).

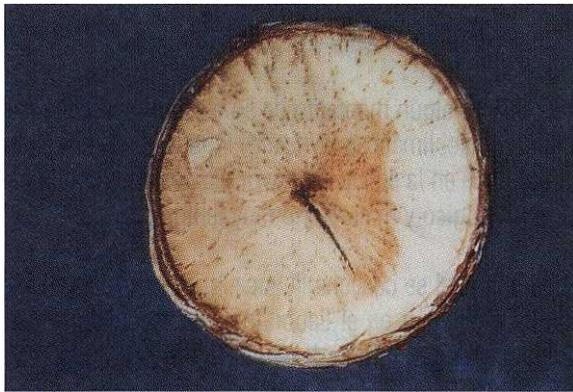


Figura 24.2 Síntoma de yuca con deterioro microbiano.

- b. **Fisiológico** : dado por la oxidación de un compuesto fenólico llamado escopoletina en presencia de la enzima polifenol oxidasa (PPO); presenta una sintomatología de decoloración negro - morada de los rayos xilemáticos y parénquima periférico (Aracena et al, 1994; Booth y Coursey, 1974). La escopoletina se puede detectar en las raíces antes de los síntomas típicos del deterioro, cuando se exponen las raíces a luz ultravioleta, pues emite una fluorescencia de color azul intenso, la cual indica el inicio del proceso (Wheatley, 1983) (Figura 24.3).



Figura 24.3 Síntoma de yuca con deterioro fisiológico.

El D.V. se ha asociado muchas veces a la existencia de rupturas o microheridas en las cáscaras, sin embargo, esto no siempre ocurre, porque la yuca tiene cierta resistencia a la infección patógena (Uritani y Reyes, 1984) y la capacidad de la flora microbiana del suelo y del medio ambiente para "metabolizar" el almidón de las raíces es grande (Wheatley, 1983) (Figura 24.4).



Figura 24.4 *Yucas mostrando deterioro fisiológico y microbiano.*

Todas las yucas cosechadas sufren D.U. en algún momento de su etapa poscosecha como producto fresco, debido a la variedad e incluso a las condiciones edafoclimáticas (Wheatley, 1983). En Costa Rica, por ejemplo, algunos reportes de empresas exportadoras explican que en la época de mayor pluviosidad, donde hay suelos pesados y poca preparación, se dan problemas de D.V. fisiológico y microbiano muy temprano.

Según Marriot *etal.* (1978), la edad a la cual se cosecha la yuca, aparentemente no incide en el grado de severidad del D.V. Ensayos realizados en forma preliminar en el Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica, han demostrado lo anterior, ya que el grado de deterioro de yuca cosechada a los ocho meses a sido similar a la cosechada a los 11 y 12 meses.

En cuanto a la influencia de la variedad del material de yuca en el D.V., puede afirmarse que existen variedades extremadamente susceptibles al deterioro y otras bastante resistentes, como la "Hawai". En un ensayo de Sivan (1979), se encontró que ninguna de las yucas de esta variedad tuvo síntomas de D.V. a los 10 días de estar a temperatura ambiente (25-28 °C), ni tampoco al tercer día, luego de haber sido sometida a un daño preestablecido.

Para la reducción del deterioro fisiológico, algunas técnicas útiles han sido el almacenamiento a bajas temperaturas, el curado y la aplicación de cubiertas superficiales, como la parafina.

La parafina en particular, disminuye la pérdida de agua o deshidratación y limita el intercambio de gases, por tanto, se da o se produce poco etileno (activador del proceso de acción de la enzima PPO, la cual es un aminoácido con acción catalítica, producida en procesos fisiológicos). Ante la ausencia de oxígeno, la producción de etileno se reduce considerablemente, puesto que el oxígeno es necesario en la conversión final de 1-aminociclo propano - 1 ácido carboxílico (acc) a etileno).

El descenso en el deterioro también puede atribuirse al acúmulo de dióxido de carbono, que inhibiría la acción del etileno (como ha sucedido en pruebas con manzana) o de la enzima PPO; consecuente, aminora la oxidación de la escopoletina, observada también en otros productos frescos (Aracena *etal.*, 1994).

El deterioro vascular secundario, por su parte, ocurre al suavizarse los tejidos de la raíz e iniciar el fermento del fruto. La pudrición puede ser aeróbica o anaeróbica, pero ambos manifiestan el mismo síntoma y la misma acidez en la pulpa (Booth, 1980).

Por último, se menciona que en procesos de deterioro vascular de la yuca se han aislado diferentes organismos patógenos que causan pudriciones, como la bacteria *Erwinia* sp. (Umaha,1996). También se han reportado otros patógenos como *Bacillus* sp., *Botryodiplodia theobromae*, *Aspergillus* sp., *Cylindracarpon candidum*, *Trichoderma* sp. y *Rhizopus* sp. (Booth, 1980); *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Pseudomonas* sp., y *Corynebacterium* sp. (Wheatley, 1983).

5.2.3 Potenciales sustitutos de la parafina

La parafina, a pesar de ser un tratamiento altamente efectivo en la disminución del deterioro vascular de la yuca, es también una cadena de hidrocarburos derivados del petróleo en su forma pura. Por eso, algunos países de Europa han prohibido la importación de alimentos transportados en cajas parafinadas (anteriormente utilizadas porque resisten condiciones de alta humedad). Actualmente, los mercados internacionales estudian la posibilidad de prohibir ese método de conservación de la yuca, sin embargo, encontrar un sustituto con los mismos beneficios es bastante difícil. A continuación se enumeran algunos que podrían ser efectivos y que están siendo evaluados.

- a. Ceras naturales líquidas: tienen potencial porque su base biológica evitaría el costo de la "parafinadora" y de la energía que la hace funcionar. Al respecto, hay evidencias de que técnicamente serían tan beneficiosas como el parafinado (Sargent,1995), pero exigen yuca cosechada y manejada con altos niveles de calidad; aún así, es necesario analizar más alternativas para mejorar algunos asuntos, como el tiempo de secado de la cera y el bloqueo de la transmisión gaseosa.

En ensayo realizado en el Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica (Fonseca y González, 1996) evaluaron ceras de la empresa FMC (basadas en carnauba y parafina emulsificada), los resultados fueron similares a los registrados por la parafina (Figura 25), únicamente mostraron una pérdida de peso o deshidratación mucho mayor (Figura 26).

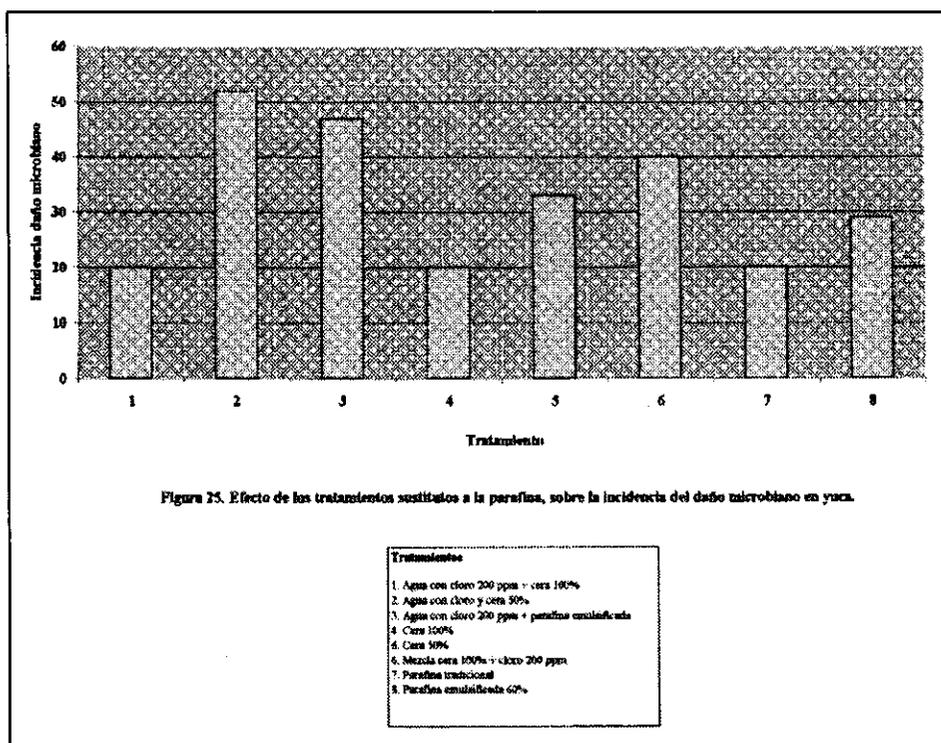


Figura 25. Efecto de los tratamientos sustitutos a la parafina, sobre la incidencia del daño bacteria/ en la yuca

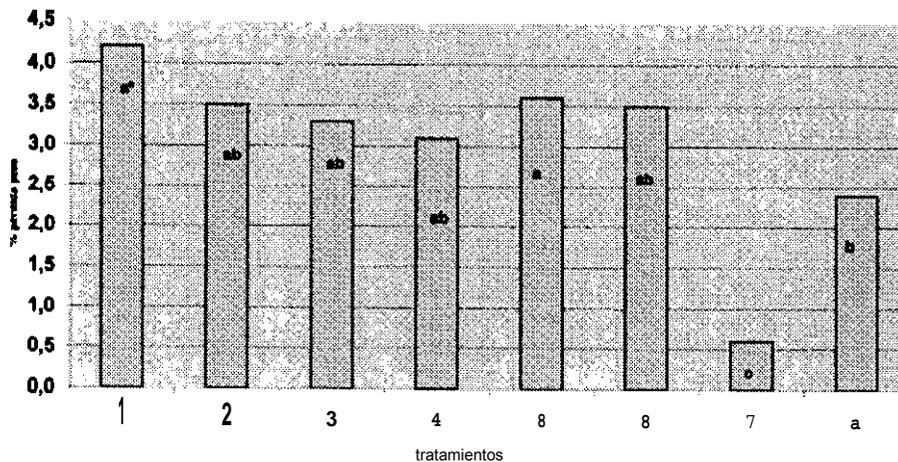


Figura 26. Efecto de tratamientos sustitutos de parafina sobre la pérdida de peso en yuca (15 días almacenamiento 8 C) (Fonseca y Góonzales, 1996)

Figura 26. Efecto de los tratamientos sustitutos a la parafina, sobre la pérdida de peso de la yuca

En la Escuela de Agricultura del Trópico Húmedo (EARTH) en Costa Rica, Guardia y Nuñez (1995), efectuaron pruebas con una cera llamada "Pelike" hecha con la propia cáscara de la yuca, los resultados fueron aceptables y muy similares al de la parafina. Se destaca en el estudio la aplicación caliente de "parafán", película que cubre las raíces la cual está elaborada básicamente de aceite de soya.

Este material resultó tan efectivo como la parafina, para reducir la pérdida de peso, pero los resultados contra el deterioro vascular no fue eficiente. Otros análisis preliminares efectuados en el Laboratorio Poscosecha de la Universidad de Costa Rica, han revisado algunas ceras hechas con parafán principalmente, con cierto potencial pero con un olor muy penetrante y un calentamiento que gasta mucha energía.

- b. **Combinación entre desinfectantes y cera** : es un tratamiento que debe seguir siendo evaluado, ya que en algunas pruebas hechas con el producto Kiloj (bactericida a base de semillas de toronja) y la cera Stafresh 819F (FMC), se notó una reducción del deterioro vascular producido por bacterias, pero siempre hubo mayor deterioro fisiológico que con la yuca parafinada (Fonseca, 1996). Ahora bien, si previamente los tubérculos se sumergieran en cloro junto con otras ceras, probablemente habría resultados satisfactorios (Fonseca y González, 1996).

Otra alternativa serían las ceras basadas en polietileno oxidado, en lugar de las naturales (hechas con carnauba o parafán); con ellas se formaría una barrera de transmisión de gases más fuerte; sin embargo, su base "plástica" y en ocasiones su elevado costo le restan interés.

- c. **Empaque al vacío, o inyección de mezcla de gases predeterminada (atmósfera modificada activa)**: desde el punto de vista técnico es una opción atractiva, pero arrastra los mismos inconvenientes de la parafina: carácter no sostenible y acumulación de mucho vapor de agua en las paredes internas del filme. Este último factor puede solucionarse con el uso de filmes plásticos lo suficientemente permeables al vapor de agua, o con bolsas de polietileno, las cuales mantienen la calidad comercial de las yucas durante un mes aproximadamente (Montaldo, 1985).

Es importante estudiar más la sustitución de la parafina y considerar el efecto de permeabilidad a los gases de los empaques, la atmósfera de equilibrio ideal que alcanza determinado empaque con yuca de contenido y que la hace mantenerse por más tiempo y el efecto de las condiciones propias del tubérculo por utilizar.

- d. **Compuestos químicos** : algunos tratamientos químicos aplicados antes o durante el almacenamiento del producto, pueden ser tan efectivos como la acumulación de dióxido de carbono dada por el parafinado (Passam y Noon, 1979). Por ejemplo, la sumersión en etanol (20% - 60%) antes de almacenar la yuca puede reducir su tensión de oxígeno circundante y una atmósfera alta en gas propano, la puede desviar del D.V. hasta por 70 días. Aún así, ambos tratamientos requieren estudiar sus posibles efectos secundarios.

Por su parte, la inmersión en fenil-fenato de sodio con dicloro-4-nitroanilina durante 45 segundos, ha dado muy buenos resultados en pruebas hechas por Ingram y Humphries en 1976.

- e. **Almacenamientos en empaques alternativos** : en Costa Rica se ha guardado la yuca en cajas con aserrín de ciprés (*Cupressus lusitanica*) o con musgo tipo "lana de portal" (*Pilotrichella flexilis*) y sus resultados han sido buenos (Caballero y Valverde, 1983), pues se ha logrado calidad comercial en el producto hasta por 28 días. Se considera que la clave de estos tratamientos es la humedad acondicionada de la caja que evita la pérdida de agua y el contacto de oxígeno con el material comestible. Solamente se debe cuidar la emisión de raíces secundarias en el tubérculo y la eventual acumulación de hongos saprófitos en la superficie de la yuca.
- f. **Tratamientos físicos** : ciertos tratamientos térmicos reducen la aparición del D.V. a corto plazo, como la inmersión en agua a 60 °C por 45 minutos, la cual desactivó durante varias semanas la aparición del daño (Ingram y Humphries, 1976).

Ese almacenamiento en agua es algo que se debe estudiar un poco mas, especialmente después de observar que la industria de yuca congelada lo utiliza.

5.2.4 Crterios para optimar operaciones en la planta empacadora

En las plantas empacadoras de yuca, al igual que en otras actividades de productos frescos, es valioso considerar ciertos puntos básicos en la operación, con el fin de maximizar sus rendimientos de trabajo y calidad. Seguidamente se muestran varios de ellos, que podrían considerar los encargados de las plantas empacadoras:

- a. Una coordinación entre la cosecha y la carga de trabajo en la planta empacadora, a fin de evitar tiempos muertos o demoras en la empacadora y en el procesamiento de la yuca,
- b. Una lógica distribución física dentro de la planta que permita el flujo continuo y la cercanía de cada punto del proceso.

En la Figura 27 se muestra un diseño de planta empacadora para raíces y tubérculos y en la Figura 28 se observa el exterior de una planta empacadora de yuca con la rampa para facilitar cargar los contenedores refrigerados para el transporte del producto.

- c. Distribución de funciones: es necesario identificar la idoneidad de las personas para realizar los diferentes trabajos dentro de la planta empacadora; algunos asuntos por considerar son: compleción física suficiente para soportar operaciones de acomodo y estibado, capacidad para resistir la humedad y las temperaturas frías, propias de las operaciones de lavado y estibado y potencial analítico y agilidad en las reacciones.
- d. Luminosidad en la empacadora: dentro de todo el proceso de empaque de la yuca, y ante todo durante la selección y parafinado, es fundamental ofrecer la suficiente iluminación, sea natural o artificial.
- e. Capacitación de personal: todos los funcionarios deben saber ejecutar adecuadamente sus labores técnicas, pues así el juicio de calidad no solamente recae en las personas de selección y clasificación sino en todo el personal, pero también es de gran relevancia crear y fortalecer en ellos la conciencia de que su labor implica una

responsabilidad con la empresa y con el país. En ese ámbito, es conveniente caracterizar al consumidor internacional y mostrar a los trabajadores esa noción; así se conocerá sobre la rigurosidad que exige el manejo del producto y ante todo, se asimilará mejor el concepto de calidad.

- f. Implantación de un sistema de control de calidad: para ello, primeramente se deben tener claros los elementos de juicio y luego, se ha de definir el tamaño de muestra inicial (lo cual podría estar alrededor del 0.5%) y su confirmación (recuérdese que usualmente se eleva al doble). También es importante señalar cuáles son los puntos claves en la consecución de un producto de calidad al llegar al mercado de exportación, para aplicar los mayores controles en esas áreas.

Para concluir, un programa de control de calidad requiere la clara indicación del momento en que se trabaja con otros parámetros, por qué se hace de esa forma (generalmente es por el volumen de oferta internacional), y rechazar solo el producto necesario (pues cuanto más rápido se deseché un producto de mala calidad menor será el costo del proceso).

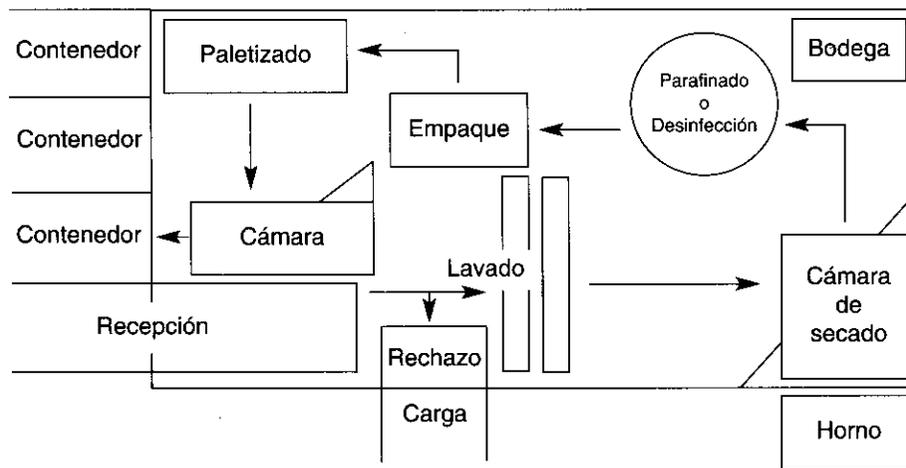


Figura 27. Modelo de un esquema de planta empacadora de raíces y tubérculos (primer nivel)



Figura 28. Parte exterior de una planta empacadora de yuca

5.3 Operación de empaque

El empaque de la yuca se efectúa una vez parafinada, con las dimensiones exigidas por el comprador. En Costa Rica habitualmente se utiliza la caja de 23 kilos para la comercialización a los Estados Unidos y la de 20 kilos para Europa.

La caja de 20 kilos es más ventajosa porque puede ser ubicada en paletas con las dimensiones recomendadas internacionalmente y su tamaño (22 cm de alto, 39 cm de ancho y 49 cm de largo), es el óptimo para tarimas y construcción de paletas (1,00 m X 1,20 m) que transportan los contenedores refrigerados.

En caso de diseñarse una caja de dimensiones especiales, se ha de procurar que el volumen (cm³) resultante permita el fácil acomodo de la yuca para el peso definido. Igualmente se debe considerar que el material del empaque tenga una resistencia que permita soportar el peso de toda una línea vertical de cajas, en una paleta para contenedor refrigerado.

VI. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LA YUCA

Para la yuca fresca, las temperaturas de almacenamiento definidas se encuentran en el rango de 0 °C a 5 °C (McGregor, 1987). En Costa Rica, se utilizan 8 °C (47 °F), pero también 12 °C y hasta 15 °C, cuando se dan embarques mixtos (con tubérculos como tiquisque, jengibre, ñampí, etc).

Algunas pruebas realizadas por Fonseca y Saborío (1996), evaluando todo el rango usado en la actualidad (0 °C a 15 °C), mostraron que las yucas almacenadas alrededor de los 15 °C presentan menor oscurecimiento de la pulpa, aparición de grietas internas y un deterioro vascular o mayor severidad de oxidación (Figuras 29, 30 y 31).

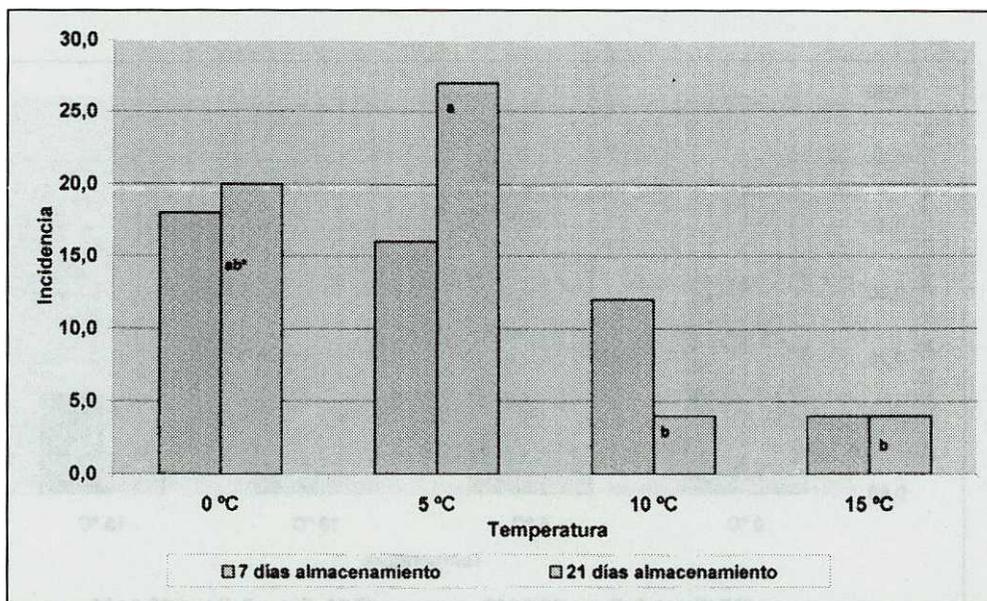


Figura 29. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la incidencia del daño microbiano en la pulpa de la yuca

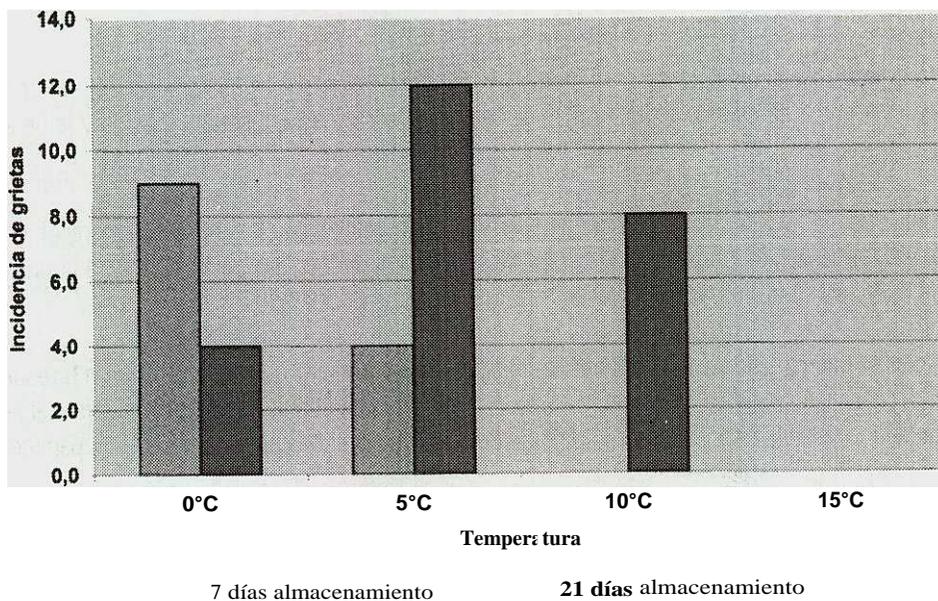


Figura 30. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la aparición de grietas en la pulpa de la yuca

Existen muchos reportes de quejas de mala calidad de la yuca por parte de importadores de los Estados Unidos de América cuando el producto a sido transportado con temperaturas entre 0 °C y 8 °C. Lo que podría estar presentando es que la acumulación de la condensación del vapor de agua sobre la superficie de la yuca favorece la proliferación de patógenos y la oxidación producida por el estrés donde se da la producción de etileno y consecuen- te actividad de la PPO (Aracena et al, 1994). Esto se presenta principalmente cuando la yuca llega al consumidor y la temperatura externa o ambiental sobrepasa los 20 °C, condiciones que se producen principalmente en los meses de verano.

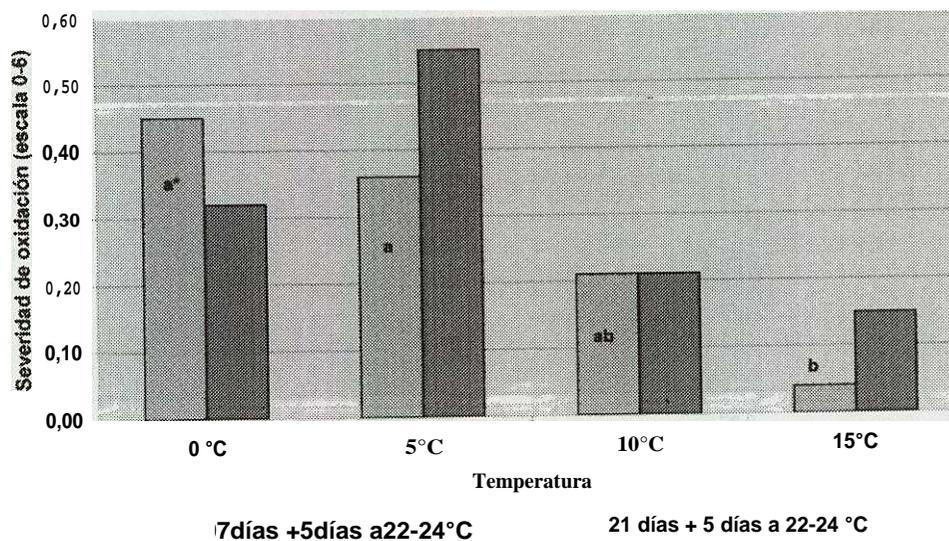


Figura 31. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el grado de severidad de oxidación de la pulpa de la yuca

Algunas tablas internacionales de condiciones de transporte indican que entre 13 °C a 15°C como recomendable para un tránsito de 14-21 días de yuca (American President Companies, 1986).

En conclusión, estos resultados permiten manifestar que el almacenamiento del producto parafinado a una temperatura cercana a los 15 °C (siempre y cuando el almacenamiento y transporte refrigerado no demore más de tres semanas), es la forma más segura de ofrecer una yuca con alto grado de calidad comercial al consumidor, al menos con las condiciones actuales de exportación.

Así mismo, dichas condiciones favorecen a reducir los costos de comercialización, por tener menor carga térmica demandada de refrigeración.

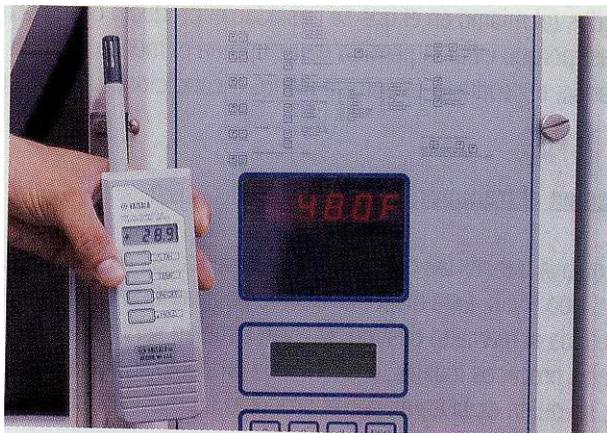


Figura 32. Temperatura en un contenedor de yuca para exportación (48 °F = 8 °C) y temperatura imperante en el exterior del contenedor (28.9-°C)



Figura 33. Contenedor refrigerado con cajas de yuca a granel, para la exportación

En cuanto a la humedad relativa recomendada, se menciona el rango de un 85% a un 90% para la yuca que no es parafinada y de un 80% a un 85% para la parafinada (McGregor, 1987).

Por otra parte, en cuanto a las condiciones de transporte de la yuca, es importante mencionar que los contenedores de refrigerados más recientes incluyen "ventiladores" como parte de sus accesorios, y pueden estar al 0%, 25%, 50% y 100% de apertura.

Son empleados por empresas navieras y de transporte refrigerado, e incluso se controlan con tablas de medición, pero para el caso de la yuca, no son muy útiles.

Son más utilizados en cargas de productos que producen altas cantidades de etileno como frutas de mango, melón, plátano, etc.

Ahora bien, en el caso del transporte marítimo que es el más común, existen varias opciones:

- sistemas de almacenamiento por paletas en las cámaras del barco.
- almacenamiento por unidades o cajas individuales en las cámaras del barco y
- en contenedores refrigerados (el mismo en el que se trasladan el producto desde la finca); este es el que usualmente ofrece más ventajas, porque evita la pérdida de tiempo en el muelle (para la descarga del contenedor y carga en el barco) y por ende, el producto se somete menos a condiciones no refrigeradas.

6.1 Medidas preventivas en el transporte y la comercialización

Para garantizar que el producto vaya a tener las condiciones recomendadas de transporte se debe colocar un medidor de temperatura desechable, tipo Ryan. Este dispositivo sirve para verificar la temperatura en el ambiente circundante del producto hasta su llegada al mercado destino. El Ryan también servirá para los trámites de litigios, para el reclamo en posibles y potenciales procesos legales, cuando llega producto con deterioro de calidad a los clientes. De esta manera se podrá verificar de quién es la culpa por el producto en mal estado, ya sea por el productor/empacador/exportador o bien por el transportista.

Igualmente, es básico codificar todas las cajas (en ambos lados si trata de una "telescópica"), con el número del lote remitente y el origen de la yuca (con el nombre y la ubicación del productor, si es posible); de esta manera, al reportarse un problema en el mercado de exportación, el empacador puede resolver la situación fácilmente.

AGRADECIMIENTOS: Un especial agradecimiento a la Ing. Gerardina Umaña M.Sc. y al Ing. Marco Vinicio Sáenz M.Sc., Ing. Luis Gómez M.Sc. y Ing. Floria Bertch M.Sc. por la revisión del contenido de este documento. A las empresas El Brujo, Murex S.A., El Borinquen, APROALE, APROASA, EXPROAGRO, Empacadora del Norte y Empacadora Hnos. Vargas; al Ing Sergio Torres, M.Sc., Ing. Edgar Aguilar, Ing. Carlos Demerutis M.Sc., Ing. Marco Vinicio Castro, a los estudiantes de la Escuela de Economía Agrícola, del Curso "Diseños Experimentales", y al estudiante Carlos Salazar Aguilar, por el apoyo ofrecido a la realización del presente trabajo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, A. 1996. *Comportamiento del mercado nacional e internacional de raíces y tubérculos*. Dirección de mercadeo agropecuario. Consejo Nacional de la Producción. Boletín No.1-96. 15 p.
- American President Companies. 1986. *A handbook on shipping perishable commodities*. CA. USA.
- Aracena, J.; Sargent, S. y Brecht, J. 1994. *Efecto de la parafina en la conservación de la yuca fresca*. Documento informe para Universidad de Florida, Gainesville, FL,USA, 13 p.
- Ashbuner, J. y Sims, B. 1984. *Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza*. IICA. San José, Costa Rica.
- Aung, L. 1990. *Growth substances and environment on the development of vegetative storage organs. Hormonal regulation of Plant growth and development*.
- Booth, R. y Course, Y, 1974. *Storage of Cassava Roots and related post-harvest problems. Proceedings of an interdisciplinary workshop*, Pattaya, Thailand, pp. 43-49
- Booth, R. 1980. "A review of root rot diseases in cassava". En: *Tropical Products Institute*, London. Mardi, West Malaysia.
- Caballero, C. y Valverde, E. 1983. "Evaluación de métodos para el almacenamiento y conservación posterior a la cosecha de raíces de yuca cv. Valencia". *Agronomía Costarricense*. UCR. Costa Rica. 7(1/2), pp. 55-61
- Carmona, D.R. 1992. *Situación del mercadeo de raíces y tubérculos tropicales*. Dirección de Mercadeo-Programa de raíces y tubérculos del Consejo Nacional de la Producción. 10 p.
- Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), 1995. *Desarrollo de tecnología poscosecha para raíces y tubérculos tropicales de exportación en Costa Rica*. Proyecto de Investigación presentado al Consejo Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agrícola (CONITTA). 14 p.
- CONITTA. 1991. *Raíces y tubérculos*. Ministerio de Agricultura y ganadería . Universidad Estatal a Distancia , Serie IT-TA Núm . 14. 36 p.
- Consejo Nacional de Producción. 1996. *Comportamiento del mercado nacional e internacional de raíces y tubérculos*. Departamento de Inteligencia de Mercados. 7 p.
- Cooke, R; Rickard, J. y Thompson, A.. 1988. *The storage of tropical root and tuber crops.casava, yam and edible aroids*. Expl. Agricult. Great Britain. Vol. 24.
- FAO, 1985. *Anuario FAO de la producción*. FAO, Roma, 1986.
- FAO "Norma de calidad comercial para la exportación de yuca fresca parafinada", publicados por la FAO, "Un programa TCP" /COS/ 8955, adendum núm. 2.12. 4 p.
- Fonseca, J. 1996 *Determinación de la temperatura ideal de la parafina utilizada como material de cobertura para la yuca de exportación*. Info a UCR. En prensa: Boletín del Laboratorio de Tecnología Poscosecha-Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad, de Costa Rica. 7 p.

- Fonseca, J. y González, C. 1996. *Alargamiento de la vida comercial de la yuca cv Valencia con el uso de materiales de cubierta*. Informe a la UCR (en prensa): Boletín Laboratorio de Tecnología Poscosecha. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. 9 p.
- Fonseca, J. y Saborío, D. 1996. *Determinación de la temperatura óptima de almacenamiento de la yuca (Manihot esculenta cv. Valencia) parafinada de exportación de Costa Rica*. Informe a Vic. Inv. -Univ. Costa Rica- En prensa: Boletín Laboratorio de Tecnología Poscosecha. Universidad de Costa Rica. 7 p.
- Fonseca, J., Saborío, D. Castro, M.V. y Salazar, C. 1997. *Efecto del período de poda antes de la cosecha sobre la vida útil de la yuca (Manihot esculenta cv. Valencia)*. Info a UCR. En prensa: Boletín del Lab. Tecnología Poscosecha. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 8 p.
- Guardia, R y Núñez, E. 1994. *Evaluación de cinco películas cubrientes en yuca de exportación*. Escuela de Agricultura del Trópico Húmedo. Guácimo, Costa Rica. 6 p.
- Handenburg, R., Watada, A. y Wang, Ch. 1990. *The Commercial storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. USDA. Government Printing Office, Washington, DC 20402. USA.
- Ingram, J. y Humphries, O. 1976. *Cassava Storage-a review*. Tropical Science Tropical Products Institute London. pp. 131-148
- Kader, A. 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, University of California. **Division of Agriculture and National Resources** . USA. 192 p.
- León, J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- Linneman, A. 1981. *Preservation of certain tropical root and tuber crops*. Abstract on Tropical Agriculture. Vol. 7 (1).
- Lozano, J. y otros. 1981. *Problemas en el cultivo de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 205 p.
- Marriot, J y otros. 1978. *The aetiology of Vascular discoloration in cassava roots after harvesting. Association with water loss from wounds*. Physiol. Plant 44.
- Mc Gregor, B. 1987. *Manual de Transporte de Productos Tropicales*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 148 p.
- Montaldo, A. 1985. *La yuca o mandioca*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 386 p.
1991. *Cultivo de raíces y tubérculos tropicales*. **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura**. San José, Costa Rica. 284 p.
- Passam, C. y Noon, R. 1979. *Deterioration of yams and cassava during storage. Proceedings of the asocitation of applied biologists*. Tropical Producis Institute. London. pp. 436-439
- Saborío, D. y Castro, M. 1996, *Diagnóstico sobre manjo poscosecha de yuca fresca parafinada para exortación de la zona norte de Costa Rica*. Documento informe para Convenio UCR-CNP. San José, Costa Rica. 12 p.
- Sales, A. y Leihner, D. 1979. *Influence of period and conditions of storage on growth an yield of cassava*. From: Postharves Institue Information Center. Idaho, USA. pp. 33-37

- S ;van, P. 1979. *Post-harvest durability of fresh roots of cassava varieties in Fffland storage of roots in moist sawdust.* Fji Agric, J. pp. 95-101
- Salunkhe, D. y Desai, B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Vegetables.* Vol. 11, C.R.C. Press. Boca Ratón , Florida.
- Sargent, S. 1995. *Application of postharvest coatings to fresh cassava roots (Manihot esculenta Crantz.) for reduction of vascular streaking.*
- Villalobos, V. 1996. *Estudio de factibilidad técnica y financiera para instalar una planta empacadora de yuca, tiquisque y jengibre en el asentamiento del valle de Guatuso, Alajuela.* Tesis para optar por el grado de licenciatura en Economía Agrícola. Universidad de Costa Rica.
- Uritani, K. y Reyes, E. 1984. *Tropical root crops. Postharvest physiology and processing.* Japan Scientific Societies Press, Tokio. pp. 37-60
- Vries, C.A. 1985. *Optimum harvest time of cassava (Manihot esculenta).* Abstracts Tropical Agriculture vol.10.
- Wheatley, C. 1983. *Almacenamiento de raíces frescas de yuca.* Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Cali, Colombia.

ANEXO

PRESENTACION

El Comité del Codex sobre Frutas y Hortalizas Frescas, en su séptima reunión (Ciudad de México, 1997), aceptó el ofrecimiento del Gobierno de Costa Rica de preparar un Anteproyecto de Norma del Codex para la yuca.

En el seno de dicho Comité de especialistas se discuten y aprueban las normas del Codex de Frutas y Hortalizas Frescas que se comercializan en el mercado internacional. Debido a que las normas del Codex se convierten en normas de referencia para cualquier disputa entre países en el comercio internacional de alimentos, es muy importante la participación activa del país en esta actividad del Codex Alimentarius.

El Subcomité de Frutas y Hortalizas Frescas de Costa Rica la ONNUM (Coordinado por la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida), ha venido trabajando en la elaboración de este anteproyecto de norma durante los últimos dos años, con la colaboración de productos, comercializadores, exportadores, y con el aporte técnico de los especialistas del Consejo Nacional de Producción y del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Este documento se encuentra actualmente en proceso de revisión por los diferentes países que integran el Comité del Codex sobre Frutas y Hortalizas y se espera que próximamente se convierta en una norma internacional.

ANTEPROYECTO DE NORMA DEL CODEX PARA LA YUCA¹

DEFINICION DEL PRODUCTO

Esta norma se aplica a las variedades comerciales de raíces de yuca *Manihot esculenta Crantz*, de la familia de las *Euphorbiaceae*, que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluye la yuca destinada a la industrial.

2. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

2.1 Requisitos mínimos

En todas las categorías, de conformidad con las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las yucas deberán:

- Estar enteras.
- Con consistencia firme.
- Sanas, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre, moho o deterioro que haga que no sea aptos para el consumo humano.
- Prácticamente exentos de daños mecánicos y magulladuras.
- Limpias y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible, excepto aquellas sustancias permitidas que prolonguen su vida de anaquel.
- Prácticamente exentos de plagas que afecten el aspecto general del producto.
- Exentas de humedad relativa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.
- Exentas de pérdida de color de pulpa.
- Exentas de cualquier olor y/o sabor extraño³.
- El corte en la parte dista (angosta) de la yuca no deberá exceder 2 cm. de diámetro.
- La porción del tallo de la raíz deberá tener un corte limpio, con una longitud entre 1 y 2.5 cm.

2.1.1 Las yucas deben haberse cosechado cuidadosamente y haber alcanzado un grado adecuado de desarrollo fisiológico, de acuerdo con los criterios propios para la variedad y de la zona en que se producen. El desarrollo fisiológico de las yucas debe ser tales que les permitan:

Soportan el transporte y la manipulación.

Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino,

¹ Comúnmente conocida en ciertas regiones como cassava, manicc, mandioca, tapioca, aipim.

² Los gobiernos, al indicar su aceptación de la Norma del Codex para la yuca, deberán notificar a la Comisión cuáles disposiciones de la Norma serán aceptadas para aplicarlas en el punto de importación y cuáles para aplicarlas en el punto de exportación.

³ Esta disposición prevé el olor causado por conservantes utilizados de conformidad con las reglamentaciones correspondientes.

2.2. **Clasificación**

Las yucas se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación:

2.2.1 **Categoría "Extra"**

Las yucas de esta categoría deberán ser de calidad superior y características de la variedad y/o tipo comercial,

No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, a su calidad y estado de conservación y a su presentación en el envase.

2.2.2 **Categoría I**

Las yucas de esta categoría deberán ser de buena calidad y presentar las características de la variedad y/o tipo comercial. Podrán permitirse; sin embargo, los siguientes defectos leves, a su calidad y estado de conservación y a su presentación en el envase:

Defectos leves de forma.

Cicatrices: siempre y cuando no superen el 10% de la superficie del producto.

Raspaduras: siempre que no superen el 20% de la superficie del producto.

Los defectos no deberán afectar en ningún caso a la pulpa del producto.

2.2.3 **Categoría II**

Esta categoría comprende las yucas que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero que satisfacen los requisitos mínimos especificados en la Sección 2.1.

Podrán permitirse los siguiente defectos, siempre y cuando las yucas mantengan sus características esenciales en lo que respecta a su calidad y estado de conservación y su presentación en el envase:

Leves defectos de forma.

Cicatrices: siempre que no supere el 20% de la superficie del producto.

Raspaduras: siempre que no supere el 30% de la superficie del producto.

Los defectos en ningún caso deberán afectar a la pulpa del producto.

3. **DISPOSICIONES SOBRE LA CLASIFICACION POR CALIBRES**

El calibre se determina por el diámetro en la sección más gruesa de la raíz conforme a la siguiente tabla:

Código de calibre	Diámetro (cm)
A	4-6
B	6.1-8
C	>8

En todos los casos, la yuca no deberá pesar menos de 300 gramos ni medir menos de 20 cm de longitud.

4. DISPOSICIONES SOBRE TOLERANCIAS

En cada envase se permitirán tolerancias de calidad y de calibre para los productos que no satisfagan los

4.1 Tolerancias de Calidad

4.1.1. Categoría extra

En cinco por ciento en número o en peso que no satisfaga los requisitos de esta categoría, pero que satisfaga los de la categoría 1 o, excepcionalmente, que no supere las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.2 Categoría 1

El diez por ciento en número o en peso que no satisfaga los requisitos de esta categoría, pero que satisfaga los de la categoría II o, excepcionalmente que no supere las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.3 Categoría II

El diez por ciento en número o en peso de yucas que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, a excepción del producto afectado por podredumbre o cualquier otra alteración que haga que no sean aptos para el consumo humano.

4.2 Tolerancias para el Calibre

Para todas las categorías, 10 por ciento en número o en peso de yucas que no correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior al indicado en el envase.

5. DISPOSICIONES SOBRE LA PRESENTACION

5.1. Homogeneidad

El contenido de cada caja debe ser uniforme en cuando a la forma y contener únicamente yucas del mismo origen, variedad y/o tipo comercial, calidad y calibre. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

5.2. Envasado

Las yucas deberán envasarse de manera que el producto quede debidamente protegido. El material utilizado en el interior de los envases deberá ser nuevo⁴, estar limpio y ser de calidad tal que impida que se provoquen daños externos o internos al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel y sellos con indicadores comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxicos.

Las yucas deberán comercializarse en envases que se ajusten al Código de Prácticas para el Envasado de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44- 1995).

5.2.1 **Descripción de los Envases**

Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia necesarias para asegurar una manipulación, transporte y conservación apropiados de las yucas. Los envases deberán estar exentos de cualquier materia u olor extraños.

6. **DISPOSICIONES SOBRE MARCADO Y ETIQUETADO**

6.1 **Envases destinados al consumidor**

Además de los requisitos especificados en la Norma General del Codex para el Etiquetado de alimentos preenvasados (CODEX STAN 1-1985; Codex Alimentarios Vol. 1- Requisitos Generales), se aplican las siguientes disposiciones específicas:

6.1.1 **Naturaleza del Producto**

Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre el producto y podría etiquetarse, con el de la variedad y/o tipo comercial.

6.2 **Envases no destinados a la venta al por mayor**

Cada envase deberá llevar la información que se indica a continuación, agrupada en el mismo lado, marcada de forma legible o indeleble y visible desde el exterior, o bien en los documentos que acompañen al embarques.

6.2.1 **Identificación del Producto**

Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor. Código de identificación (opcional)⁵.

6.2.2. **Naturaleza del producto**

Nombre del producto si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad y/o tipo comercial (opcional),

6.2.3 **Origen del producto**

País de origen y facultativamente nombre del lugar, distrito, región, región de producción.

6.2.4 **Identificación comercial**

Categoría

Calibre expresado en términos de código de calibre o diámetro mínimo y máximo en centímetros.

Peso neto (facultativo).

6.2.5 **Marca de inspección oficial (facultativo)**

⁵ Los gobiernos, al indicar su aceptación de esta Norma, deberán notificar a la Comisión cuáles disposiciones de esta Sección se aplicarán.

⁶ La legislación nacional de algunos países requiere una declaración expresa del nombre y la dirección. Sin embargo, en caso de que se utilice una marca en clave, habrá de consignarse muy cerca de ella la referencia al "envasador y/o expedidor" (o a las siglas correspondientes).

7. CONTAMINANTES

7.1 **Metales pesados**

Las yucas deberán satisfacer los niveles máximos de metales para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

7.2 Residuos de Plaguicidas

Las yucas deberán ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

8. HIGIENE

8.1 **Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente norma se prepare y manipule de conformidad con lo estipulado en las secciones pertinentes del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1 -1969, Rev. 3-1977), así como de otros códigos de prácticas encomendadas por la Comisión del Codex Alimentarius pertinentes para este producto.**

8.2 En la medida de lo posible, de acuerdo con las buenas prácticas de envasado y manipulación, el producto deberá estar exento de materias objetables.

8.3 Cuando sea examinado con métodos de muestreo y análisis apropiados, el producto:

Deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud.

Deberá estar exento de parásitos que puedan representar un riesgo para la salud.

No deberá contener ninguna sustancia que derive de microorganismos en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud.