

EVALUACION DE METODOS PARA EL ALMACENAMIENTO Y CONSERVACION POSTERIOR A LA COSECHA DE RAICES DE YUCA, cv. 'Valencia'¹ *

César Caballero LI. **
Edgar Valverde G. ***

ABSTRACT

Effect of different storage procedures on the postharvest conservation of cassava roots, cv. 'Valencia'. Fresh roots of cassava, cv. 'Valencia', were assessed during two months of storage after the following treatments: ambient storage (control), pruning the plants 16 days prior to the harvest, cuticular antitranspirant dip, sealed polyethylene bags, storage in moist sawdust, storage in moss, cold storage and field clamps. All treatments, except control, significantly reduced shrinkage at the end of the storage period. Additionally, all treatments except antitranspirant dip, significantly reduced deterioration-rate as compared to ambient storage.

Box storage in moist sawdust, followed by storage in moss, cold storage and polyethylene bags, respectively, were considered the best individual storage methods to preserve roots of 'Valencia', the most important cassava cultivar in the Costa Rican market. None of these treatments significantly affected the internal quality of the roots for fresh consumption during the experimental period.

The primary deterioration of 'Valencia' roots was of physiological nature. Secondary deterioration was caused by microbial rots. *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Rhizopus* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. and some unidentified bacteria were among the microorganisms associated with postharvest spoilage of 'Valencia' roots.

INTRODUCCION

Uno de los problemas que se presenta en la utilización de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como producto fresco en Costa Rica, es que se deteriora rápidamente después de la cosecha y generalmente no puede mantenerse en condiciones

aceptables al consumidor por más de cuatro días. En consecuencia, se producen grandes pérdidas en el producto si las actividades de recolección y manejo postcosecha no se realizan en forma rápida y cuidadosa.

Se reconocen dos tipos de deterioro en la raíz de yuca: deterioro primario y secundario. El deterioro primario aparece cuando se observa un cambio en la coloración interna de la raíz; al principio se observan estrías negro-azuladas en el sistema vascular, siendo más pronunciadas en la periferia, cerca de la corteza. Finalmente, ocurre un cambio total en la coloración interna de la raíz y las estrías se tornan de diferentes tonalidades de café. El deterioro secundario es causado por microorganismos que inducen la fermentación y el ablandamiento de las raíces (2, 10).

1 Recibido para su publicación el 16 de febrero de 1983.

* Parte de la tesis de Ingeniero Agrónomo presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

** Residente actualmente en Venezuela.

*** Sección de Horticultura, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

Uno de los principales factores que influyen sobre el deterioro de la raíz es el daño mecánico. Generalmente, el producto es golpeado y dañado con los instrumentos o máquinas de cosecha, al transportarse a granel en camiones, y durante la descarga en el mercado (11). El deterioro primario se inicia de preferencia en los sitios en donde hay células lesionadas; estos daños a su vez, predisponen las raíces al ataque de microorganismos. Las pérdidas también pueden ocurrir por el ataque de insectos y roedores durante el almacenamiento (1).

Entre las alternativas para el control del deterioro están el empleo de variedades más resistentes (13) y varios métodos para el almacenamiento y conservación de raíces de yuca como: cajas de madera con aserrín humedecido (2), refrigeración entre 0 y 6 C (7), bolsas de polietileno (12), poda pre cosecha de las plantas (10), silos de campo (13), y el parafinado (9).

La escasez de información al respecto en nuestro medio y las significativas pérdidas postcosecha del cultivar de yuca de mayor comercialización en Costa Rica, motivaron la realización del presente trabajo, cuyos objetivos fueron evaluar algunos métodos de almacenamiento y conservación conocidos, así como el uso de materiales autóctonos que permitan la preservación de raíces frescas del cultivar 'Valencia'. También se deseaba determinar, si la naturaleza de los tratamientos, durante el tiempo que resultaron eficientes, afectaba propiedades organolépticas del producto cocinado comparándolo con las de un producto recién cosechado.

MATERIALES Y METODOS

Para este ensayo se utilizaron plantas del cultivar 'Valencia' sembradas en la Estación Experimental Fabio Baudrit en Alajuela, en el mes de febrero de 1980 y cosechadas a los 12 meses de edad. Las estacas se sembraron en posición oblicua, en lomillos separados a 1,6 m y a una distancia de 0,6 m entre plantas. No se aplicó fertilizante ni se hizo necesario el combate de plagas ni enfermedades. La cosecha se realizó en forma manual eliminando las raíces con daños mecánicos evidentes, atacadas por enfermedades, o con otros defectos señalados en las normas de calidad centroamericanas (8). Las raíces fueron inmedia-

tamente dispuestas de acuerdo a los siguientes tratamientos:

Almacenamiento al ambiente (testigo)

Las raíces se introdujeron en bolsas perforadas de nylon (mallas) y fueron almacenadas en un galerón ventilado extendidas sobre un piso de cemento. La temperatura y la humedad relativa promedios durante el período de almacenamiento fueron de 24 C y 66 o/o, respectivamente.

Poda de las plantas antes de la cosecha

Las plantas se podaron 16 días antes de la cosecha a una altura de 20 cm sobre la superficie del suelo y luego las raíces se embolsaron en mallas y se almacenaron al ambiente.

Inmersión en antitranspirante de película

Las raíces recién cosechadas fueron sumergidas durante 10 segundos en una solución acuosa al 2,5 o/o del producto antitranspirante Vapor Gard que contiene pinolene como ingrediente activo. Al final del tratamiento las raíces se embolsaron en mallas y se almacenaron al ambiente.

Almacenamiento en bolsas de polietileno

Se usaron bolsas de polietileno de aproximadamente 0,076 mm de espesor. Se introdujeron cinco raíces por bolsa y se cerró ésta. Las bolsas se almacenaron en las mismas condiciones que el testigo.

Almacenamiento en cajas con aserrín

Se usaron cajas de madera con dimensiones de 30 x 30 x 50 cm con un forro interno de material plástico para evitar la caída del aserrín. Se usó aserrín de ciprés (*Cupressus lusitanica*) con una humedad inicial del 65 o/o. Las raíces fueron puestas de forma que quedaran cubiertas por el material.

Almacenamiento en cajas con musgo

Las raíces se empacaron de igual forma que el tratamiento anterior. El material usado en este caso fue musgo "lana de portal" (*Flootrichella flexilis*) con una humedad inicial del 67 o/o.

Las cajas con aserrín y con musgo se almacenaron en las mismas condiciones que el tratamiento testigo.

Almacenamiento en cámara fría

Las raíces en bolsas de nylon se almacenaron en una cámara con una temperatura de 5 C. La humedad relativa promedio fue de 65 o/o.

Almacenamiento en silo de campo

En un lote de la Estación Experimental Fabio Baudrit M., en Alajuela, se hizo un lecho circular de 1,5 m de diámetro con zacate seco en el fondo. Las raíces frescas se amontonaron formando una pila cónica. Esta pila se cubrió con otra capa de zacate y todo el silo se tapó con tierra. No se hicieron drenajes laterales por cuanto el experimento coincidió con la época seca. La temperatura y humedad relativas promedios de la zona durante el experimento fueron de 24 C y 66 o/o, respectivamente.

El diseño experimental usado fue un irrestrictamente al azar. Los tratamientos y observaciones fueron aleatorizados para asignarlos a la yuca cosechada, con excepción del tratamiento "poda de las plantas antes de la cosecha", que se aleatorizó en el campo.

Se realizaron 16 observaciones por cada tratamiento. Cada observación consistió de cuatro repeticiones y cada repetición de cinco raíces en una bolsa perforada de nylon o plástica (según fuera el caso). Las observaciones sobre la conservación de la yuca se hicieron cada cuatro días y hasta por 64 días después de la cosecha.

La conservación de las raíces se evaluó en función de la pérdida de peso y el índice de deterioro. El porcentaje de pérdida de peso se obtuvo mediante una pesada inicial y final de cada repetición en cada fecha de observación. Las raíces se ubicaron de acuerdo al porcentaje de deterioro resultante de la escala y fórmula sugeridas por Booth (4). De acuerdo con lo anterior, se consideró que raíces que presenten 25-30 o/o de deterioro son todavía aceptadas por el consumidor. Para determinar si la yuca almacenada presentaba diferencias organolépticas debidas al tratamiento con relación al producto recién cosechado, se evaluó la calidad interna de la raíz mediante el análisis

sensorial. Para esta prueba se tomó semanalmente 1 kg de yuca de aspecto sano de cada tratamiento y se evaluó aspectos como sabor, textura y color del producto después de cocinado en una olla de presión por tres minutos. Se usó entonces una prueba de preferencia de cinco puntos para estos aspectos de calidad en donde la muestra se calificó en orden creciente como: mala, regular, buena, muy buena y excelente. Para la yuca recién cosechada se asignó el tiempo "cero días de almacenamiento".

RESULTADOS Y DISCUSION

El deterioro primario, al igual que lo indicado por varios autores (2, 10, 13) se presentó inicialmente como un rayado azul-verdoso de forma circular en la parte central de la raíz, que se hizo más intenso y de tonalidad más oscura en la periferia, cerca de la corteza. Posteriormente se observó una necrosis seca de color marrón.

Las raíces del tratamiento testigo perdieron peso muy rápidamente. La raíz, una vez separada de la planta y expuesta a condiciones ambientales desfavorables tales como alta temperatura y baja humedad relativa, respira y transpira activamente en especial en los sitios donde han sido provocados daños mecánicos (12).

Los resultados obtenidos para la pérdida de peso y deterioro de las raíces se presentan en el Cuadro 1. Todos los tratamientos mostraron una pérdida de peso significativamente menor que el testigo al final del experimento. El tratamiento más eficiente resultó ser la yuca almacenada en cajas con aserrín, seguido, en orden descendente, por cajas con musgo, bolsas de polietileno, cámara fría, silo de campo, poda de las plantas antes de la cosecha e inmersión en antitranspirante. Todos los tratamientos a excepción del antitranspirante disminuyeron significativamente el deterioro de las raíces con respecto al testigo. La poda de las plantas y el silo de campo no presentaron diferencias significativas entre ellos pero este último produjo tan buenos resultados como el empaque en bolsas de polietileno, el cual a su vez no resultó tan eficiente como la cámara fría, las cajas con musgo y las cajas con aserrín, en orden creciente.

Cuadro 1. Pérdida de peso y deterioro durante el período de almacenamiento en raíces de yuca, cv. 'Valencia'.

| Tratamiento | Pérdida de peso o/o | Deterioro o/o |
|-----------------------|------------------------|------------------|
| Testigo | 30,1 a* | 92,3 a |
| Cámara fría | 9,1 e | 46,1 d |
| Cajas con aserrín | -4,7 h | 27,1 f |
| Cajas con musgo | -1,9 g | 34,3 e |
| Poda precosecha | 20,7 c | 77,6 b |
| Bolsas de polietileno | 6,3 f | 71,1 c |
| Antitranspirante | 27,1 b | 90,1 a |
| Silo de campo | 16,4 d | 74,1 bc |

* Promedio de cuatro repeticiones y 16 observaciones (cada cuatro días). Promedios en una misma columna, seguidos por una misma letra, no difieren significativamente entre sí, de acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey ($P < 0,01$).

Los valores promedio de pérdida de peso y deterioro de las raíces a través del tiempo y por tratamiento se observan en las Figs. 1 y 2. Las raíces almacenadas al ambiente (testigo) presentaron una disminución de su peso inicial a los cuatro días de más del 5 o/o, Fig. 1; esta pérdida de peso aumentó hasta llegar al 50 o/o o más después de los 48 días. Por su parte, el índice de deterioro fue de 70 o/o a los cuatro días de almacenamiento, Fig. 2, lo que parece indicar que el cultivar 'Valencia' se puede clasificar como muy susceptible al deterioro si se compara con otros cultivares (3). El deterioro secundario se hizo presente a partir de los 16 días de almacenamiento; se observaron patógenos creciendo en la superficie de la raíz en especial en los sitios donde no había peridermis o ésta se encontraba levantada. A los 24 días, cuando las raíces presentaron un deterioro de 95 o/o, se aislaron del cilindro central los hongos: *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp. y *Botryodiplodia* sp.

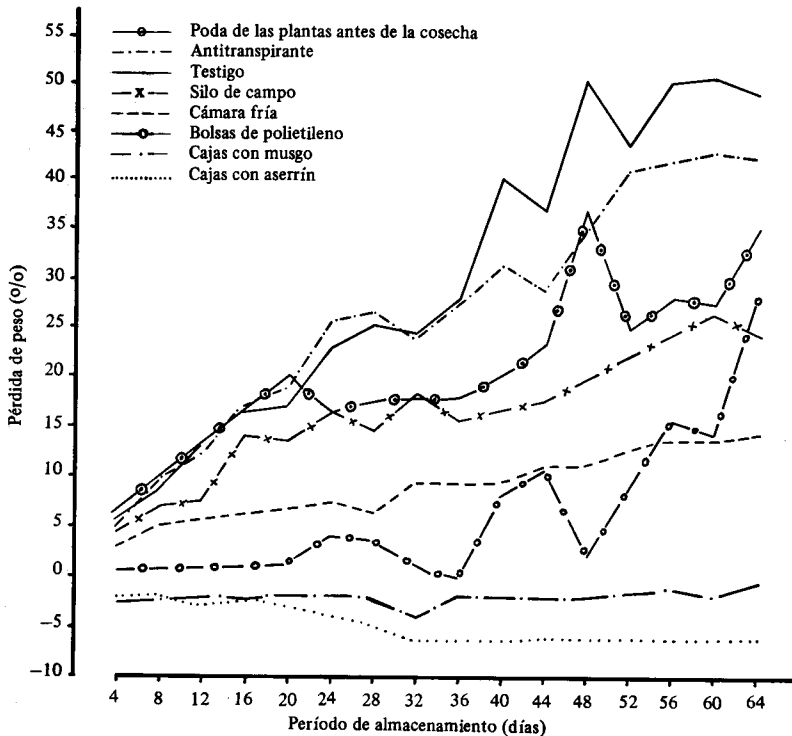


Fig. 1 Pérdida de peso de las raíces de yuca, cv. 'Valencia', almacenadas durante los meses marzo-abril de 1981.

Las raíces provenientes de plantas podadas y almacenadas al ambiente presentaron una pérdida de peso inicial similar al testigo, Fig. 1 y un deterioro mayor del 35 0/o al cuarto día de almacenamiento, que las hizo inaceptables al consumo humano, Fig. 2. Estos resultados difieren numéricamente con los de Lozano, Cock y Castaño (10) quienes observaron un índice de deterioro menor del 10 0/o cinco días después del almacenamiento en raíces de cuatro variedades podadas 14 días antes de la cosecha. Estos autores, a su vez, informan sobre una amplitud en el grado de respuesta al tratamiento dependiendo de la variedad. Aunque en este experimento con 'Valencia', la reducción en el grado de deterioro con respecto al testigo fue alrededor del doble, Fig. 2, el valor alcanzado hizo

la yuca inaceptable para el consumo.

El uso de antitranspirante de película hidrofóbica no fue satisfactorio, ya que la pérdida de peso con respecto al testigo fue ligeramente inferior, Fig 1, pero el índice de deterioro fue similar, Fig. 2. Algunos autores (5, 6) señalan que la eficiencia de estas sustancias depende de la acción combinada de una serie de factores que determinan la permeabilidad cuticular, entre éstos se citan: la especie vegetal, su morfología y fisiología, los factores climáticos, la dosificación del producto y el tipo y naturaleza misma del antitranspirante. El parafinado, por ejemplo, resultó eficiente para evitar el deterioro de las raíces de yuca en Colombia (9).

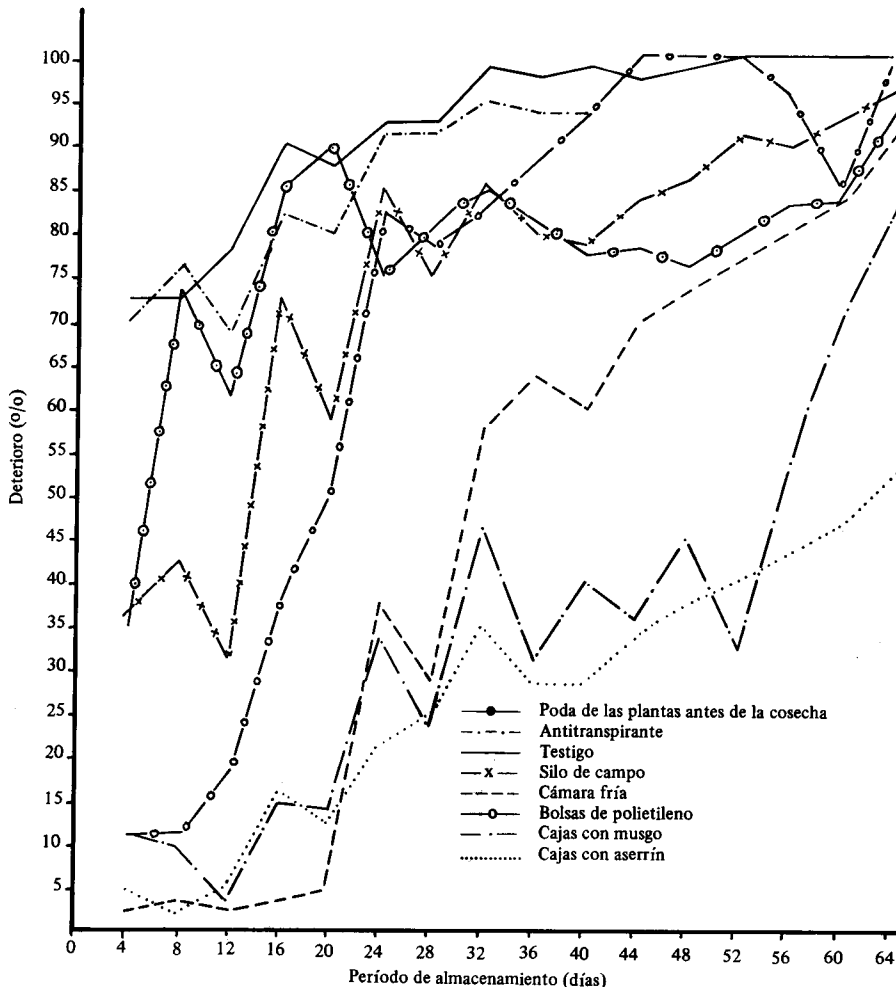


Fig. 2. Deterioro de las raíces de yuca, cv. 'Valencia', almacenadas durante los meses marzo-abril de 1981.

Las raíces en bolsas de polietileno se mantuvieron sin pérdida de peso hasta los 20 días, Fig. 1, y con buena apariencia para el consumo humano hasta los 12 días, fecha en que alcanzó un deterioro del 15 0/o, Fig. 2. Posteriormente, el deterioro aumentó en forma acelerada con una evidente fermentación de la raíz. El tiempo óptimo de almacenamiento encontrado en este experimento es similar al informado por Lozano, Cock y Castaño (10) pero menor que el obtenido por Oudit (12), quien utilizó polietileno de más bajo espesor, 0,038 mm, lo que puede explicar la restricción de oxígeno a las raíces, en el presente experimento.

Se determinó una ganancia de peso o posiblemente una recuperación del mismo en las raíces almacenadas en cajas con aserrín y musgo humedecidos, Fig. 1. Booth (2) considera que si el contenido de humedad del aserrín se encuentra entre 50 y 60 0/o se logra mantener una alta humedad relativa dentro de las cajas lo que previene la pérdida de humedad sin mojar las raíces. Las raíces con aserrín humedecido se mantuvieron en condiciones aceptables hasta los 28 días de almacenamiento mientras que para el musgo este período alcanzó hasta los 20 días, Fig. 2. Posteriormente a esta fecha, las raíces presentaron levantamientos en la peridermis y la corteza resultó atacada por *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp. y bacterias no identificadas que penetraron hasta el cilindro central inclusive. El levantamiento de la peridermis también fue observado en las raíces almacenadas en aserrín, sin embargo, no fueron aislados patógenos de las mismas, posiblemente debido a algún efecto inhibitorio de sustancias contenidas en este material conservador.

Uno de los aspectos adversos observados para ambos tratamientos alrededor de la cuarta semana de almacenamiento, fue la aparición de raíces secundarias en algunas raíces, lo que afecta notoriamente su apariencia a pesar de que la calidad interna se mantuvo en estado satisfactorio. Además, el musgo humedecido se adhirió a las raíces de yuca haciendo difícil su separación y no mantuvo una humedad uniforme dentro de la caja de almacenamiento.

Las raíces almacenadas a bajas temperaturas permanecieron en buenas condiciones hasta los veinte días, Fig. 2, con una pérdida de peso de al-

rededor del 5 0/o, Fig. 1. El levantamiento de la peridermis se presentó alrededor de los 24 días de almacenamiento y las raíces fueron atacadas por los patógenos: *Rhizopus* sp., *Alternaria* sp. y *Penicillium* sp., penetrando este último hasta la médula, acompañado de un deterioro acelerado de las raíces.

El sito de campo redujo la pérdida de peso en forma satisfactoria durante las dos primeras semanas de almacenamiento, ocupando luego un lugar intermedio entre el testigo y los mejores tratamientos a través del período de almacenamiento, Fig. 1. El deterioro de las raíces no mostró un comportamiento paralelo por cuanto fue mayor del 30 0/o (similar al testigo) en solamente cuatro días después del inicio del experimento, Fig. 2. Las condiciones de alta temperatura prevalcientes en la Estación Experimental Fabio Baudrit durante la época seca y el ataque de insectos y roedores a las raíces en el silo fueron dos posibles factores que afectaron este tratamiento.

Con relación al análisis sensorial, los tratamientos de almacenamiento al ambiente, poda antes de la cosecha e inmersión en antitranspirante no se pudieron evaluar a causa del alto grado de deterioro que presentaron al cabo de dos semanas de almacenamiento. Los resultados de la prueba de preferencia mostraron que durante el tiempo que fue posible extraer la muestra de yuca de cada tratamiento, las raíces, una vez cocidas, no presentaron sabor, textura o color indeseables que las diferenciara entre sí de acuerdo con la prueba de Kruskal y Wallis (14). Las muestras fueron calificadas por los panelistas como muy buenas y excelentes.

Es importante destacar que las raíces, una vez sacadas del tratamiento y por el tiempo en que se mantuvieron en condiciones aceptables de acuerdo con el índice de deterioro, Fig. 2, siguieron una velocidad de deterioro similar al testigo durante los primeros días de almacenamiento de éste. Las raíces del tratamiento en frío como excepción, parecieron deteriorarse más rápidamente que las de los otros tratamientos. Similares resultados fueron hallados por otros autores (7, 13).

La respuesta de las raíces del cultivar 'Valencia' al almacenamiento en aserrín y musgo humedecidos afirman lo expresado por Booth (1) en el

sentido de que es importante evaluar algunos otros materiales conservadores de fácil adquisición en nuestros países, que sean baratos y que se ajusten a los requisitos específicos del mercado ya sea interno o de exportación. Es indispensable, por otro lado, evaluar la respuesta de algunos otros cultivares de importancia comercial en nuestro medio y la combinación de algunos de los tratamientos que resultaron eficientes en este experimento. Sería importante, determinar cuál es el mejor ámbito de humedad y el efecto de un buen curado de raíces de acuerdo con la modalidad de mercadeo y evaluar con mayor atención la apariencia externa de las raíces, ya que si el curado es muy pronunciado, las raíces secundarias y los hongos afectan este componente de calidad tan importante en el producto de consumo fresco.

RESUMEN

Se estudió la conservación de raíces de yuca del cultivar 'Valencia' durante dos meses de almacenamiento bajo las siguientes condiciones: almacenamiento al ambiente (testigo), poda de las plantas 16 días antes de la cosecha, inmersión en anti-transpirante de película y almacenamiento en: bolsas de polietileno selladas, cajas con aserrín humedecido, cajas de musgo humedecido, cámara fría y silo de campo. Todos los tratamientos mostraron pérdidas de peso significativamente menores que el testigo y, a excepción del uso del anti-transpirante, todos disminuyeron significativamente el deterioro de las raíces con respecto al testigo.

Los tratamientos: almacenamiento en cajas con aserrín, almacenamiento en cajas con musgo, cámara fría y bolsas de polietileno en orden decreciente, fueron considerados como los mejores métodos de almacenamiento de raíces del cultivar de yuca de mayor comercialización en Costa Rica. Ninguno de los anteriores métodos afectó significativamente la calidad interna de la raíz una vez cocinada, durante el tiempo en que se consideraron como eficientes.

El deterioro primario de las raíces fue de orden fisiológico. El deterioro secundario fue causado por pudriciones microbianas. Los organismos asociados a estas pudriciones fueron los hongos *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Rhizopus* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. y bacterias no identificadas.

LITERATURA CITADA

1. BOOTH, R.H. Postharvest deterioration of tropical root crops: losses and their control. *Tropical Sci.* 16: 49-63. 1974.
2. ———. Almacenamiento de raíces de yuca; causas del deterioro que se presenta después de la cosecha de raíces frescas. Cali, Colombia, CIAT, Series ES No. 16. 1976. pp. 5-20.
3. ———. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*) I. Postharvest deterioration and its control. *Exp. Agric.* 12: 103-111. 1976.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Cassava production systems: fresh root storage. Annual report, 1972. Cali, Colombia, CIAT, 1973. pp. 74-78.
5. DAVENPORT, D.C. Effects of chemical antitranspirants on transpiration and growth of grass. *Jour. Exp. Botany* 18: 332-347. 1967.
6. EGLINTON, G. y HAMILTON, R.J. Leaf epicuticular waxes. *Science* 156: 1322-1335. 1967.
7. INGRAM, J.S. y HUMPHRIES J.R.O. Cassava storage. A review. *Tropical Sci.* 14: 131-148. 1972.
8. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Norma centroamericana: frutas y hortalizas frescas, yuca (1). Guatemala, 1977. s.p. (mimeografiado).
9. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS. La yuca parafinada. *Tecnología* 14: 47-81. 1973.
10. LOZANO, J.C.; COCK, J.H. y CASTAÑO, J. New developments in cassava storage. Cali, Colombia, CIAT, series CE No. 14. 1978. pp. 135-141.
11. MONTALDO, A. La yuca o mandioca. San José, Costa Rica, IICA, 1979. 387 p.
12. OUDIT, D.D. Polyethylene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperatures. *Jour. Agric. Soc. Trinidad Tobago* 76: 63-66. 1976.
13. RICKARD, J.E. y COURSEY, D.G. Cassava storage, Part 1: Storage of fresh cassava roots. *Tropical Sci.* 23: 1-32. 1981.
14. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. pp. 406-411.