

## IMPORTANCIA REGIONAL, DETERIORO Y TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE LA MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ).

### MARÍA PAOLA NIGRI

Magíster en Tecnología en Alimentos. Profesor Titular. Cátedra de Procesos Industriales I, II y Bromatología. Ingeniería en Alimentos. Facultad de Ingeniería y Tecnología. Sede Central.  
E-mail: nigrimaria\_cen@ucp.edu.ar

### GUSTAVO MANUEL DELUCA

Magíster en Física Médica. Profesor Titular. Cátedra de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado. Ingeniería en Alimentos. Facultad de Ingeniería y Tecnología. Sede Central.

### PALABRAS CALVES

- Mandioca.
- Manihot esculenta CRANTZ.
- Polifenol oxidasa.
- Conservación de la mandioca.
- Deterioro fisiológico poscosecha (DFP).

### INTRODUCCIÓN

Esta revisión tiene por objetivo presentar los métodos de conservación actuales, aplicados a la mandioca (Manihot esculenta CRANTZ),

como producto proveniente de la región noreste del Argentina teniendo en cuenta la importancia cultural y productiva de esta raíz, declarada de interés provincial por la ley 5923 de la provincia de Corrientes que establece un régimen de promoción para la producción e industrialización del cultivo de la mandioca.

La producción e industrialización vegetal de la región presenta altos porcentajes de pérdidas que se producen luego de ser cosechados, por lo que es importante la revisión de las técnicas actuales de conservación o combinación de las mismas a los fines de permitir un mayor tiempo de permanencia del producto fresco en el mercado.

### PÉRDIDAS POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Las escasas instalaciones de almacenamiento y la falta de infraestructura causan pérdidas de alimentos durante la poscosecha. Los productos frescos (como frutas, hortalizas, carne y pescado) directos de la explotación o tras la captura pueden deteriorarse en climas cálidos debido a la falta de infraestructura para el transporte, el almacenamiento, la refrigeración y los mercados (Rolle, 2006; Stuart, 2009). Parte del problema se debe a la estacionalidad de la producción y al coste que supone invertir en instalaciones de procesamiento que no se utilizarían durante todo el año.

Kader et. al, (1985) han publicado valores de pérdida promedio para frutas y hortalizas que varían entre 5 y 25 % en países desarrollados y entre 20 y 50 % en países en desarrollo.

Según los estudios realizados entre agosto de 2010 y enero de 2011 por el Instituto Sueco de Alimentos y Biotecnología (SIK) a petición de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se determinó que el 33% de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia en todo el mundo, lo que equivale a aproximadamente 1300 millones de toneladas al año, más los recursos desperdiciados en la producción. (1)

Si bien en la Argentina existen escasos datos sobre el tema, el INTA estima que, en la cadena de frutas y hortalizas, las pérdidas superan el 50% (las etapas de producción, poscosecha y procesamiento explican el 80% de esta cantidad). En cereales y pescado, las pérdidas son del 30% en cada uno. Y en carnes y leche y sus derivados, del 20% en cada rubro. (2)

En trabajos de investigación realizados por un equipo conformado por profesionales de la AER INTA Arroyo Seco y de la Cátedra de Sistemas Cultivos Intensivos, Área Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, se lograron determinar aproximadamente 40 % de pérdidas en promedio, a lo largo del año, de diferentes frutas y hortalizas hasta que las mismas llegan a los comercios minoristas, lo que confirma la información citada.

En la región, es determinante el efecto que presenta la temperatura sobre la vida útil de los vegetales, dado que incrementa la respiración y favorece el desarrollo de microorganismos alterando su composición y acelerando su deterioro. Consecuentemente acorta la presencia del producto a la venta e impide acceder a otros mercados ya sean de exportación o bien, de otras provincias no productoras de tales alimentos. El análisis de las características del suelo, temperatura, precipitaciones, relieve, permiten detectar cuales son los alimentos producidos en la región y analizar críticamente cuales son aquellos que merecen una pronta dedicación.

### MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ)

La raíz *Manihot esculenta* CRANTZ recibe diferentes nombres comunes: mandioca en Argentina, Paraguay y Brasil, yuca en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, cassava en países anglo parlantes, guacamote en México, y mhogo en los países de África oriental (3).

La mandioca pertenece a la clase Dicotyledoneae, subclase Archchlamydeae, orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, sub-

familia Manihotae, género *Manihot* y especie *Manihot esculenta* CRANTZ. La familia Euphorbiaceae comprende 7200 especies, caracterizadas por tener vasos lactíferos compuestos de células secretorias (Ceballos y Cruz, 2002). Este cultivo es perenne, generalmente de 1 a 3 metros de altura. La planta se puede propagar vegetativamente, con finalidad comercial, y sexualmente, en programas de mejoramiento y ocasionalmente en campos de agricultores. (3)

Es un cultivo de clima tropical-subtropical húmedo, tolerante a suelos ácidos, ricos en potasio y fósforo. Es originaria de América del Sur y actualmente se cultiva en todo África tropical y Asia. Las condiciones óptimas de producción son temperaturas promedio de 25 °C, sin heladas, con precipitaciones superiores a 1000 mm bien distribuidas en el ciclo anual. Su cultivo empobrece mucho a la tierra, por ello es aconsejable plantar después de otros cultivos. En su base, la planta tiene uno o más tallos de 2 a 3 cm. de diámetro, cada tallo se divide en tres ramas y cada rama se subdivide en tres. Las raíces, que son las más aprovechadas por el hombre, son las encargadas de absorber los nutrientes del suelo. Al no contener gluten en su composición la hace apropiada para personas con celiaquía. (4) Existen más de 6300 clones en el banco de germoplasma de CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). Cada variedad tiene sus propias características relacionadas con su tipo de cascara parénquima, contenido de ácido cianhídrico, tamaño del granulo, y contenido de almidón. (5)

Existen factores importantes a la hora de seleccionar las características varietales, se destacan susceptibilidad a los daños mecánicos en las raíces, presencia de pedúnculos largos, adherencia de la cáscara, textura y grado de compactación del suelo y del método de cosecha (Booth, 1976; Aristizábal y Sánchez, 2007). Además de lo mencionado, la mayor o menor susceptibilidad al deterioro entre y dentro de las variedades; se da al correlacionar el porcentaje de materia seca y el grado de deterioro fisiológico (CIAT, 1977; Wheatley et al, 1985).

## IMPORTANCIA DE LA MANDIOCA EN EL CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

La mandioca representa la tercera fuente más importante de calorías en los trópicos, después del arroz y el maíz. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), más de 600 millones de personas dependen de la mandioca en África, Asia y Latinoamérica tanto para la seguridad alimentaria como para la generación de ingresos. (1)

La producción mundial de mandioca se encuentra en la siguiente proporción, 54,2 % África, 29,4% Asia y 18,3% América. El 70 % de la producción de mandioca, se encuentra concentrada en cinco países: Nigeria, Brasil, Tailandia, Indonesia y República Democrática del Congo. Nigeria es el mayor productor de África y Brasil de América Latina y el Caribe. La producción argentina de mandioca se ubica en el lugar 45 en orden decreciente de producción a nivel mundial. (3) La provincia de Misiones es la principal productora de mandioca del país, con el 70%. Seguidos de Corrientes (17%), Formosa (8%) y Chaco (5%). (4)

Hay dos variedades de interés en nuestra región: "la palomita" o "blanca", cultivada en suelo arenoso y característica de Corrientes y la "colorada" cultivada en tierra colorada y arcillosa como la de Misiones. La primera es preferida por el consumidor por tener la cáscara menos adherida, con mejores características de conservación.

## CAUSAS DE DETERIORO DE LA MANDIOCA

La mandioca es un tubérculo altamente perecedero y de presencia estacional en el mercado. La cosecha comienza a fines de abril y se extiende hasta septiembre manteniendo la calidad culinaria. Presenta un alto porcentaje de pérdidas poscosecha debido a su rápido deterioro y especialmente en el norte del país donde las temperaturas ambientales hacia el final de la época, son muy elevadas, promediando los 35°C. Se han identificado dos tipos de deterioro,

uno primario y otro secundario. El primario reconocido como "vascular streaking" y el secundario como microbiano (CIAT,1973,1974: Booth, 1973). El deterioro primario, designado también como deterioro fisiológico poscosecha (DFP) se manifiesta dentro de las 24 a 48 horas después de su recolección, con cambio de coloración en los tejidos parenquimatosos y los haces xilemáticos, adquiriendo éstos últimos una coloración azulada que luego se convierte en estrías vasculares de color marrón (Montaldo, 1973) debido a la oxidación de los compuestos fenólicos, principalmente escopoletina, escopolina, hidroxycoumarinas, esculina, (Wheatley y Schwabe, 1985) visualizándose compuestos fluorescentes en las vascularizaciones (5).

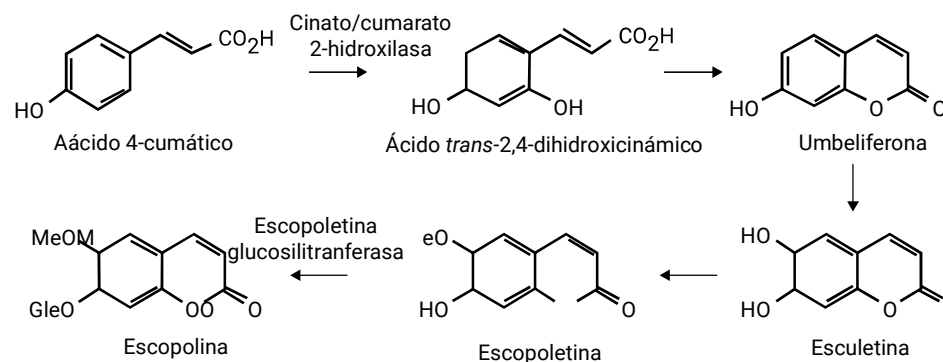


Figura 1. Algunos estudios reportaron que el DFP está positivamente asociado con alto contenido de materia seca e inversamente con carotenoides de esta última, por acción de antioxidantes no enzimáticos como el beta-caroteno y ácido ascórbico. La escopoletina es una cumarina que se encuentra en baja proporción en la raíz fresca y es la responsable de la coloración violácea en el deterioro (Iglesias et al, 1996 y Sánchez et al, 2005).

Estudios citológicos determinaron que los contenidos de dichos compuestos aumentan luego de la cosecha (Rickard, 1982) (6). Esto nos hace pensar que si tal deterioro se desencadena posteriormente, deberíamos encontrar un mecanismo para detenerlo y más aún si su origen es enzimático.

Posteriormente, dicho deterioro se extiende al parénquima y se producen modificaciones de la velocidad de la respiración, cambios en el almidón por hidrólisis a azúcares más simples, aumento de la producción de etileno (Hirose et al, 1984), aumento de la actividad enzimática (deshidrogenasas, peroxidasas, catalasas, fenilalanina amonioliasa, fenol oxidasa), (Plumbley y Rickard, 1991) e incremento en el contenido cianogénico en las raíces. Dichos cambios también provocan alteraciones en la composición lipídica (Lalaguna y Agudo, 1989) y a través de la inhibición del ciclohexamida, cambios en la expresión de genes y síntesis de nuevas proteínas, (Uritani et al, 1984; Beeching et al, 1995, Beeching et al, 1997). Todas estas causas descritas lo transforman en un producto no comercializable y organolépticamente inaceptable. (5)

Se han realizado estudios en tubérculos, clon de la variedad “palomita”, con el fin de determinar la influencia de los factores climáticos sobre el DFP. Los resultados obtenidos han demostrado que el contacto directo de las raíces con el aire (aireación) independientemente de la exposición a la luz, acelera el inicio del deterioro. (6)

El deterioro microbiano o “secundario” ocurre después del deterioro fisiológico, a los 5-7 días después de la cosecha (Booth, 1976), comienza de manera similar al deterioro fisiológico, mediante la coloración con estriaciones violáceas y luego se produce la pudrición húmeda, fermentación y ablandamiento de los tejidos de las raíces. Tal descomposición es causada por el desarrollo de microorganismos patógenos (hongos y/o bacterias) y se ve acelerada en ambientes de humedad relativa y temperaturas altas.

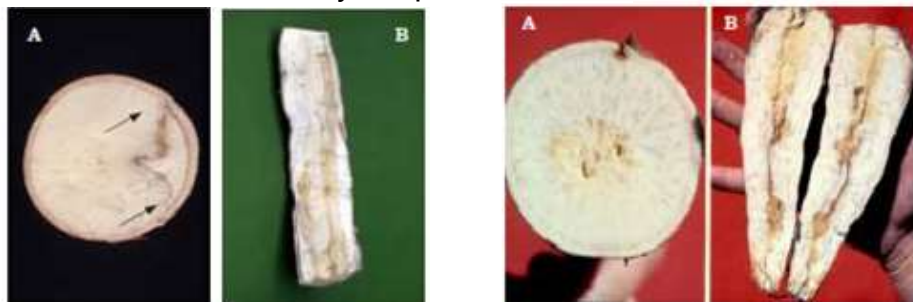


Figura 2. El deterioro fisiológico da un color azul oscuro (flechas) a los tejidos que están cerca del xilema. (A) corte transversal (B) corte longitudinal.

Figura 3. El deterioro microbiano se manifiesta primero como un estriado vascular (A) y luego como pudrición húmeda (B).

Los hongos *Aspergillus niger*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium solani*, *Penicillium javanicum*, *Penicillium sp.* y *Trichoderma sp.* han sido aislados de la superficie de las raíces lavadas, y sembradas en agar papa dextrosa. Aislamientos de *B. theobromae* y *F. solani*, son responsables de una gran putrefacción en los tubérculos recién cosechados de yuca. (5).

## TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MANDIOCA

Actualmente no hay una técnica universal para conservar raíces de yuca a nivel comercial, debido al rápido deterioro (Sánchez y Alonso, 2002). Estos métodos además de evitar la descomposición deben en lo posible no alterar las propiedades organolépticas de la mandioca. Las variables utilizadas para corroborar la frescura de la mandioca pos tratamiento serían acidez titulable, pH, firmeza, coloración, actividad de la enzima polifenoloxidasas, contenido de cianógenos, tiempo de cocción, entre otros.

A continuación, se listan diversas técnicas de conservación que permiten disminuir su descomposición:

- Almacenamiento en atmósfera de nitrógeno o al vacío, lo que reduce el oxígeno ambiental, evitando la oxigenación de la raíz y evitando el deterioro debido a la acción de la enzima polifenoloxidasas.
- Cubrimiento de la raíz con parafina (parafinado). Consiste en la inmersión de las raíces cepilladas, y desinfectadas en parafina a una temperatura de 140°-160°C, con el objetivo de inactivar enzimas, disminución de la permeabilidad al oxígeno y microbiana por acción de

la temperatura de inmersión, reducción de pérdida de agua (7).

- Almacenamiento refrigerado. Es una buena técnica de aplicación a raíces frescas. Consiste en almacenar, previa selección, cepillado y lavado con solución desinfectante, a temperaturas de entre 0° y 2°C y Hr 85-95%. Las temperaturas bajas permiten ralentizar los procesos enzimáticos y en consecuencia el DFP.

- Congelación de trozos pelados. Consiste en aplicar a las raíces procesos de selección, cepillado, lavados con solución desinfectante en dosis específicas a cada etapa, pelado, calibración y clasificación para luego someter a una congelación rápida a -30°C. Luego se envasan en bolsas y se almacenan a -18°C.

- Curación de las heridas de las raíces. Consiste en provocar la cicatrización de las heridas ocasionadas durante la cosecha, por formación de suberina, siempre que la humedad sea la adecuada. Se acomoda formando una pirámide, con los tubérculos, sobre una base de paja y hojas secas. Finalmente se cubren los mismos, con paja y encima tierra, aproximadamente de 25 cm de espesor. (Booth 1977)

- Conservación de las raíces de yuca colocadas en cajas de 50 cm de largo x 29 cm de ancho x 30 cm de alto. Cubiertas con aserrín húmedo, hasta 1/3 de altura, tapadas, a la sombra y cubiertas con material impermeable. Trabajos experimentales permitieron conservarlas a temperaturas entre 26° y 34° durante 4 semanas. Solo el 75% de las raíces conservaban una calidad aceptable. (7)

- Envasado en bolsas de polietileno de 0,6 mm de espesor. La operación debe realizarse rápidamente, luego de la cosecha, en un tiempo no mayor a 3 horas, en ausencia del sol directo ya que influiría negativamente a la conservación. Luego un rociado con solución funguicida, a base de Mertect 450FW, retirado del líquido excedente y sellado de las bolsas. Estudios de aceptación han concluido que el 90 % de los consumidores prefieren adquirir este tipo yuca conservada. El producto así preparado se conserva entre 1 o 2 semanas.

- Irradiación Gamma. Consiste en la aplicación de un método físico de conservación aplicando irradiación mediante aceleración de electrones a mandiocas (variedad IAC0567070) mínimamente pro-

cesadas y acondicionadas. Las raíces fueron envasadas en bolsas de nylon + polietileno con aplicación de vacío y conservadas a 5°C. (8).

Para incrementar aún más el tiempo de aptitud de la mandioca, las investigaciones más recientes tratan de combinar algunos de los métodos arriba descritos como, por ejemplo, lavado, pelado, desinfección con ácido cítrico al 1%, o cloro usando una concentración de 200 ppm, envasado en bandejas cubiertas con film de polietileno de baja densidad (PEBD) combinada con irradiación gamma de dosis de 1 hasta 3 kGy y almacenadas bajo refrigeración (5 °C). También se analiza la combinación de un envasado en vacío con irradiación. En estas combinaciones se produce un incremento de la durabilidad de las raíces sin presentar alteraciones fisiológicas ni microbiológicas hasta varios días post tratamiento.

## CONCLUSIONES

La mandioca es un alimento altamentepreciado en nuestra región cuyo deterioro impide su llegada a regiones alejadas de la zona de producción. Su adopción y consumo es cada vez mayor, ya sea en forma fresca o procesada, lo cual requiere la implementación de técnicas de almacenamiento y conservación que garantice la disponibilidad del vegetal por un tiempo razonable.

El deterioro primario o fisiológico poscosecha, es el más difícil de impedir. La manera más apropiada de disminuir esta alteración intrínseca es la disminución de la actividad enzimática, ya sea evitando la presencia de oxígeno (parafinado de los extremos, envasado en vacío), alterando el metabolismo enzimático propio (agentes químicos y radiación) y ralentizando la velocidad de respiración (refrigeración); con ello, la durabilidad del producto fresco se incrementa conservando notablemente los parámetros de calidad del alimento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Food and Agriculture Organization (FAO), (2012), Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo - Alcance, causas y prevención. Roma.
2. Cobelo, Liliana, (10 de agosto de 2014), Alimentos: un tercio de la producción termina en la basura, Diario Clarín, Sección Economía y Negocios.
3. Food and Agriculture Organization (FAO), (2000), La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. Roma.
4. Sánchez, T., Alonso Alcalá, L, (2002), Conservación y acondicionamiento de las raíces frescas.
5. Ceballos, H., & de la Cruz, G. A. (2002), Taxonomía y morfología de la yuca. Ospina, Bernardo y Ceballos, Hernán. La yuca en el tercer milenio, 16-31.
6. Cuambe, C. E. (2007), Evaluación del deterioro fisiológico poscosecha y mapeo preliminar de QTLs en el primer retrocruzamiento derivado del híbrido inter-específico (CW429-1) entre *Manihot esculenta* CRANTZ y la especie silvestre *Manihot walkerae* Croizat, Tesis (Magíster en Ciencias Agrarias), Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrado.
7. Cosecha, L. D. T. P., MAG-UCR, C. P. C., (2001), Tecnología Post Cosecha de Yuca Fresca Parafinada (*Manihot esculenta* CRANTZ) para Exportación en Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería y Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Convenio Postcosecha MAG-UCR.
8. Vieites, R. L., Daiuto, É. R., de Carvalho, L. R., Garcia, M. R., Lozano, M. G., & Watanabe, L. M., (2012), Mandiocaminimamente processadas submetida a radiação gama, Semina: Ciências Agrárias, 33(1), 271-282.

