

Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmósferas Modificadas

Ricardo D. Andrade^{(1)*}, Juan C. Palacio⁽²⁾, Waldir A. Pacheco⁽³⁾ y Robert A. Betin⁽⁴⁾

(1) Grupo Investigaciones GIPPAL, Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Km 12 Vía Cereté, Colombia (e-mail: ricardo.andrade@usach.cl, ricardoandradep@yahoo.com)

(2) Ing. Agroindustrial, Univ. Pontificia Bolivariana, Calle 78B N° 72A-109, Medellín-Colombia.

(3) Tecnas, Cra 50G N° 12sur-29, Medellín-Colombia.

(4) Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Sucre, Cra 28 N° 5-267, Sincelejo-Colombia.

* autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Nov. 18, 2011; Aceptado Ene. 05, 2012; Versión final recibida Ene. 12, 2012

Resumen

En este trabajo se analizan las condiciones de conservación de trozos de ñame en empaques de películas poliméricas, bajo condiciones de atmósfera modificada. Se determina la tasa de respiración de trozos de ñame a temperatura de refrigeración ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) y temperatura ambiente ($27 \pm 1^\circ\text{C}$) y se evalúan diferentes películas plásticas con atmósfera modificada. La tasa de respiración a temperatura de refrigeración fue de 2.9 ± 0.9 mlCO₂/Kg-h (gráficamente) y 3.2 ± 1.0 mlCO₂/Kg-h (analíticamente), y a temperatura ambiente de 20.1 ± 0.8 mlCO₂/Kg-h (gráficamente) y 22.4 ± 0.9 mlCO₂/Kg-h (analíticamente). El empaque en atmósfera modificada de los trozos de ñame mínimamente procesado, no resulta una buena alternativa, debido a que las condiciones de calidad del producto se ven afectadas, presentando un tiempo de vida útil corto entre 6-10 días.

Palabras clave: ñame, tasa de respiración, atmósfera modificada, productos mínimamente procesados, vida útil

Modified Atmosphere Packaging of Chunks Yam (*Dioscorea rotundata* Poir)

Abstract

In this work storage conditions of chunks yam packed in polymer films with modified atmosphere are analyzed. Respiration rate of chunks yam at refrigeration temperature ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) and room temperature ($27 \pm 1^\circ\text{C}$) and different films with modified atmosphere were evaluated. Respiration rate at refrigeration temperature was 2.9 ± 0.9 mlCO₂/Kg-h (graphically) and 3.2 ± 1.0 mlCO₂/Kg-h (analytically), and room temperature of 20.1 ± 0.8 mlCO₂/Kg-h (graphically) and 22.4 ± 0.9 mlCO₂/Kg-h (analytically). Modified atmosphere packaging of minimally processed chunks yam is not a good alternative. This because the product quality is affected, with shelf life between 6 and 10 days.

Keywords: yam, respiration rate, modified atmosphere, minimally processed food, shelf life

INTRODUCCIÓN

El ñame (*Dioscorea spp.*) es un tubérculo, perteneciente a la familia *Dioscoreaceae*, con más de 600 especies, el cual junto con la papa, yuca, arracacha y batata contribuyen a los requerimientos energéticos y de nutrición de más de dos mil millones de personas en África, Asia y América Latina. Es muy perecedero en fresco, debido principalmente a su alto contenido de humedad (50-80% base húmeda) (Oyelade et al., 2008). En Colombia, es considerado como un producto básico dentro de las costumbres alimenticias de los habitantes de la Costa Atlántica, sin embargo, en los últimos años este tubérculo ha logrado posicionarse en el mercado nacional e internacional principalmente por su consumo en los Estados Unidos y el Caribe (Perea y Buitrago, 2000).

El ñame enfrenta un gran número de problemas que se ven reflejados principalmente en las pérdidas que sufre durante la postcosecha y comercialización, debido a que se carecen de sistemas adecuados de conservación, empaque y logística que le puedan brindar al producto condiciones favorables antes de llegar a su destino final (Sánchez y Hernández, 1997). Para disminuir estas pérdidas, el ñame puede ser sometido a un tratamiento con agua electrolizada y almacenamiento en frío (Lee et al., 2007). Las experiencias de procesamiento del ñame son reducidas; en Colombia donde el 78% de la producción se dirige al mercado en fresco no se conocen transformaciones tecnológicas; mientras en África solo es tradicional la preparación de harina. Sin embargo, se ha tratado de obtener algunos productos a base de este tubérculo y no se descarta la existencia de pequeñas industrias de conservas caseras y ocasionales, pero de trascendencia regional (Sánchez y Hernández, 1997; Akissoe et al., 2011).

Envasado en atmósfera modificada (AM) es una técnica utilizada para prolongar el período de vida útil de alimentos frescos o mínimamente procesados. En esta técnica de conservación, el aire que rodea el alimento se cambia a otra composición. Atmósferas modificadas ricas en CO₂ y pobre en O₂, puede potencialmente reducir la tasa de respiración, la descomposición y los cambios fisiológicos. El aumento en la vida de anaquel de un producto en atmósfera modificada, se puede atribuir principalmente a la baja concentración de O₂ y alta concentración de CO₂, lo que provoca una disminución en la tasa de respiración e inhibe el crecimiento microbiano. El envasado en AM se utiliza con diversos tipos de productos, donde la mezcla de gases en el envase depende del tipo de material de envase, del producto, y temperatura de almacenamiento. Si la permeabilidad (de CO₂ y O₂) de la película se adapta a la respiración del producto, un ambiente de equilibrio se establecerá en el envase y la vida útil del producto se incrementará (Antmann *et al.*, 2008; Aspé et al., 2008; Sandhya, 2010). Por otro lado, el consumo de productos mínimamente procesados ha aumentado considerablemente, especialmente en la comercialización de frutas y hortalizas troceadas y empacadas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de las condiciones de atmósfera modificada en la vida útil de trozos de ñame.

MATERIALES Y MÉTODO

Materias primas. Los ñames de la variedad espino (*Dioscorea rotundata* Poir), provenían de la finca "El Paraíso" ubicada en el corregimiento de las Llanadas (Corozal, Sucre, Colombia).

Tasa de respiración. Para determinar el comportamiento respiratorio, se colocaron 1000 g de ñame espino debidamente troceados en un recipiente de vidrio herméticamente cerrado y de volumen definido, a temperatura ambiente (27 ± 1°C) y de refrigeración (5 ± 1°C), midiendo el porcentaje de O₂ y CO₂ al interior del recipiente cada hora por tres días, para el caso de la temperatura de refrigeración y dos días cada hora para la temperatura ambiente. Las mediciones de concentraciones de gases se realizaron por medio de un analizador digital de gases O₂/CO₂ PBI DANSENSOR.

La intensidad respiratoria se determinó por la pendiente de la curva de concentración de CO₂ vs tiempo, comparándola por la encontrada con la ecuación 1.

$$IR = \frac{[CO_2]_2 - [CO_2]_1 \times V}{t \times W} \quad (1)$$

En esta ecuación, IR es la Intensidad Respiratoria ($\text{mlCO}_2/\text{Kg-h}$); $[\text{CO}_2]$ concentración del gas en el interior del frasco (subíndice 1 para el inicial y 2 para el final); V volumen del gas dentro del frasco (ml); t tiempo de medición (h); y W peso de la muestra (Kg).

Caracterización del trozos de ñame. Se realizó un seguimiento a los ñames en cada etapa antes de ser procesados. Durante éste, se determinaron las propiedades fisicoquímicas: pH, sólidos solubles totales y acidez titulable.

Empaque y conservación. Se empaquetaron trozos de ñame espinoso en tres películas plásticas (Polietileno de baja densidad con polietileno lineal de baja densidad, LDPE/LLDPE; Polipropileno biorientado laminado con polietileno de baja densidad, BOPP/LDPE, y Poliestireno, PS) de diferente permeabilidad (Tabla 1), inyectando 2 mezclas gaseosas previamente seleccionadas (M1: 5% O_2 , 5% CO_2 , 90% N_2 ; M2: 8% O_2 , 8% CO_2 , 84% N_2) y 1 atmósfera pasiva como testigo (AP). La inyección y sellado se llevaron a cabo en una máquina empaquetadora para atmósfera modificada marca KOMET modelo Plus Vac 20, que realiza la extracción de aire dentro del empaque, inyecta la mezcla de gases y sella.

Tabla 1: Características de los empaques utilizados en conservación de trozos de ñame en atmósfera modificada

Material de empaque	Permeabilidad al O_2 (cm^3 25 μm^2 día atm)
LDPE/LLDPE	7100-7800
BOPP/LDPE	2000
PS	3900-5500

Las bolsas selladas se almacenaron a temperatura de refrigeración ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) en un cuarto frío durante 14 días; realizándole los días 0, 2, 6, 10 y 14, análisis de CO_2 (%), O_2 (%), pH y acidez.

Se empleó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 3^2 correspondiente a 3 empaques y 3 mezclas (Ver Tabla 2). El efecto de los factores sobre las variables fisicoquímicas (pH y acidez) se evaluó mediante una ANOVA, utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1.

Tabla 2: Tratamientos del diseño experimental

Tratamiento	Empaque	Mezcla de gases
T1	LDPE/LLDPE	M1
T2	LDPE/LLDPE	M2
T3	LDPE/LLDPE	M3
T4	BOPP/LDPE	M1
T5	BOPP/LDPE	M2
T6	BOPP/LDPE	M3
T7	PS	M1
T8	PS	M2
T9	PS	M3

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Tasa de respiración. La tasa de respiración a temperatura de refrigeración fue de $2,9 \pm 0,9$ mlCO₂/Kg-h (gráficamente) y $3,2 \pm 1,0$ mlCO₂/Kg-h (matemáticamente), y a temperatura ambiente de $20,1 \pm 0,8$ mlCO₂/Kg-h (gráficamente) y $22,4 \pm 0,9$ mlCO₂/Kg-h (matemáticamente). La tasa de respiración es mayor en los ñames troceados a temperatura ambiente que los reportados por Rodríguez (2000) para ñames enteros, este aumento está asociado al estrés celular ocasionado por las operaciones de proceso, que provocan cambios en su fisiología, potenciándose tanto la cadena de transporte de electrones como el ciclo de los ácidos tricarbónicos (Baldwin y Bai, 2011). También puede haber una contribución de la superficie de contacto celular de los ñames troceados con la atmósfera que les rodea, acelerándose el intercambio gaseoso, como producto del aumento de difusión de O₂ al interior de los tejidos.

Los ñames troceados muestran una tasa de respiración relativamente baja a temperatura de refrigeración, en comparación con la temperatura ambiente. La temperatura es el factor que más afecta la intensidad respiratoria, puesto que influye en la velocidad de las reacciones enzimáticas del proceso respiratorio. La intensidad respiratoria aumenta en función directa con la temperatura, siendo los incrementos más pronunciados cuanto mayor es la temperatura de conservación del producto (Mahajan, et al., 2007). En la Figura 1, se observa la variación de la concentración de O₂ (% v/v) durante la medición de la tasa de respiración para los ñames a temperatura de refrigeración. Se puede apreciar como la concentración disminuye constantemente a través del tiempo, lo que induce a la disminución de la velocidad de respiración de los ñames. En cuanto al CO₂ (% v/v), se observó que éste se incrementó con el tiempo, estabilizándose aproximadamente a las 60 horas de almacenamiento en 6,4 % v/v.

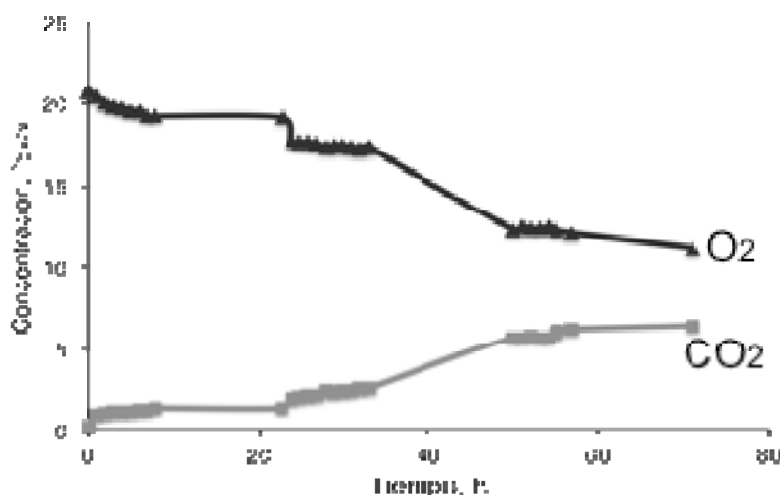


Fig. 1: Variación de la concentración de O₂ y CO₂ a temperatura de refrigeración

En la Figura 2 se aprecia la variación de O₂ y CO₂ bajo condiciones de temperatura ambiente; inicialmente se observa un descenso en los niveles de O₂ proporcional al incremento de CO₂ en forma constante a través del tiempo, el cual tiende a decrecer y aumentar respectivamente a las 21 horas de almacenamiento, tiempo en el que se ha alcanzado un periodo de equilibrio de los gases. La reducción en oxígeno (O₂) y el enriquecimiento en CO₂ son consecuencias naturales del desarrollo de la respiración cuando las frutas y hortalizas frescas se almacenan en un envase o contenedor herméticamente cerrado (Soliva y Martín-Belloso, 2003).

Empaque y conservación. Se observó que el tratamiento que prolongó por mayor tiempo la atmósfera de equilibrio al interior del empaque (6 días) y que logró conservar en condiciones moderadas (color y olor) al producto, fue el tratamiento T1. Sin embargo los resultados obtenidos no fueron los más favorables, ya que se observó que en todas las muestras empacadas bajo los distintos tratamientos, la oxidación enzimática constituyó un factor de calidad crítico, puesto que afectó la apariencia general de todos los productos empacados, principalmente los de los tratamientos T7, T8 y T9 (Figura 3). De igual manera, se notó que en los tratamientos donde el

oxígeno se agotó rápidamente (T4 y T5), las muestras tomaron un olor ligeramente ácido, esto como consecuencia a la respiración anaeróbica que ya se estaba dando.

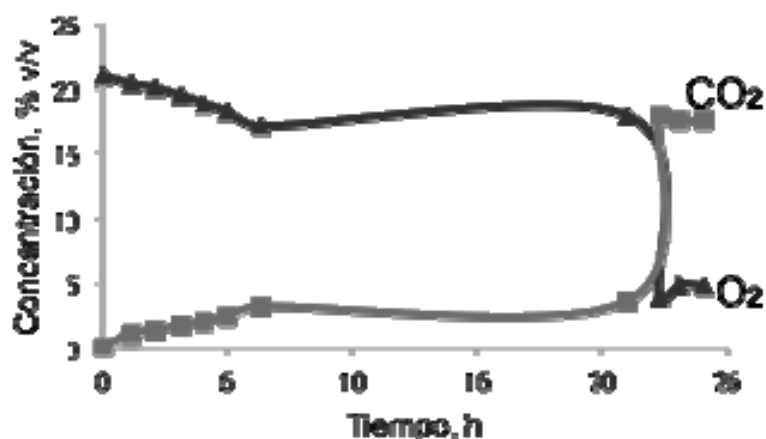


Fig. 2: Variación de la concentración de O_2 y CO_2 a temperatura ambiente



Fig. 3: Trozos de ñame con oxidación enzimática (6 días de almacenamiento)

Generalmente, los tubérculos especialmente el ñame, contiene la enzima *polifenoloxidasas*, que causa oscurecimiento de las superficies recién cortadas (Axtell y Adams, 1998). Al cortar, magullar, estropear, golpear o pelar las frutas, hortalizas o tubérculos, un sustrato constituido por compuestos polifenólicos, la enzima y el oxígeno entran en contacto y se mezclan, dando inicio de inmediato a la reacción de pardeamiento, de allí la oxidación del producto empacado y por ende las coloraciones oscuras que se presentaron en la mayoría de las muestras empacadas bajo los diferentes tratamientos.

Concentración de O_2 y de CO_2 . En todos los tratamientos se observó un rápido consumo de O_2 , principalmente en los tratamientos T4 y T5 donde después de 2 días de almacenamiento los porcentajes de O_2 dentro del empaque eran mínimos (Figura 4). El oxígeno solo estuvo disponible en los demás tratamientos hasta el día 10. En los tratamientos T7 y T8 las concentraciones registradas de este gas fueron irregulares.

Para el caso del CO_2 , se observó un incremento rápido en la producción de éste, aunque hubo algunos tratamientos en los que se notó un leve descenso a través del tiempo, pero que al final mantuvieron la tendencia inicial (Figura 5). Las mayores concentraciones de este gas se observaron en los tratamientos T4, T5 y T6; mientras que en los demás los porcentajes de CO_2 registrados se mantuvieron por debajo de los niveles registrados para los tratamientos

previamente mencionados. En los tratamientos con atmósfera semiactiva, se notó que durante los primeros dos días de almacenamiento, la concentración de CO_2 al interior del empaque descendió, caso contrario a lo observado en los tratamientos con atmósfera pasiva en donde la concentración de este gas mantuvo un aumento constante.

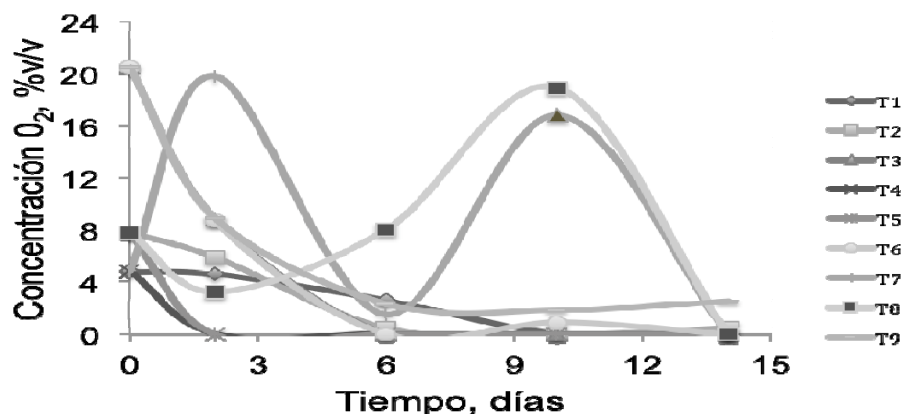


Fig. 4: Evolución en el tiempo de la concentración de O_2 para trozos de ñame

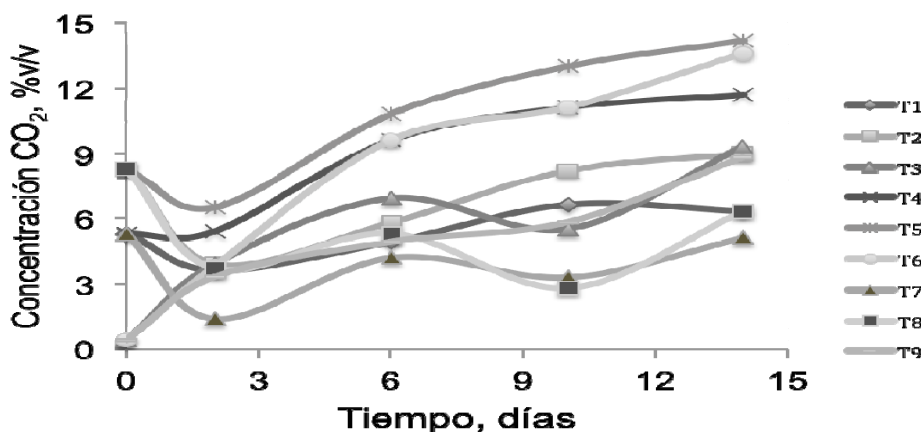


Fig. 5: Evolución en el tiempo de la concentración de CO_2 para trozos de ñame

El desarrollo de malos olores en las muestras empacadas bajo los tratamientos 4 y 5 es una característica organoléptica indeseable que esta asociada a la respiración anaeróbica que ya se estaba dando en el empaque debido a la ausencia de O_2 para el segundo día de almacenamiento. Esta respiración generalmente origina en el producto una rápida alteración de la calidad vía la degradación de los tejidos, acumulación de etanol, acetaldehído y malos olores (Ohlsson, 2002).

El proceso de disminución de O_2 e incremento de CO_2 se presentó debido a que los ñames tomaron todo el oxígeno presente al interior de los empaques para su proceso respiratorio. Así mismo, la permeabilidad de las películas plásticas utilizadas constituye un factor importante al momento de evaluar la concentración de estos gases al interior de los empaques, puesto que para el caso del BOPP, su permeabilidad ante los gases muestra que éste es una película con una permeabilidad relativamente baja, causa por la que para el segundo día de almacenamiento los niveles de O_2 ya eran mínimos en vista a la baja difusión de O_2 desde el exterior hacia el interior de empaque. Cuando se envasan frutas y hortalizas frescas o procesadas mínimamente en películas plásticas de permeabilidad relativamente baja a los gases se produce, en el interior de la bolsa, un descenso de la concentración de O_2 y un incremento de la concentración de CO_2 como consecuencia de la propia respiración tisular. Eventualmente la concentración de O_2 se reduce hasta un nivel que induce a la anoxia de los tejidos mientras que se produce un simultáneo incremento de CO_2 que intensifica la anaerobiosis en la atmósfera del envase.

Análisis fisicoquímicos. Las evaluaciones de pH y acidez titulable en los diferentes tratamientos durante el tiempo de almacenamiento, mostraron que para cada caso, estos valores no variaron significativamente. En las Figuras 6 y 7 se muestra la evolución del pH y la acidez en los diferentes tratamientos a través del tiempo de almacenamiento. El pH registro un aumento muy leve, mientras que la acidez presentó un comportamiento un tanto irregular. La acidez y el pH no variaron significativamente en las muestras empacadas, debido a que el ñame es un producto que si bien es rico en carbohidratos especialmente almidón, la degradación de éstos durante los procesos fisiológicos como la respiración, fue lenta no permitiendo así una conversión significativa de éstos a ácidos orgánicos.

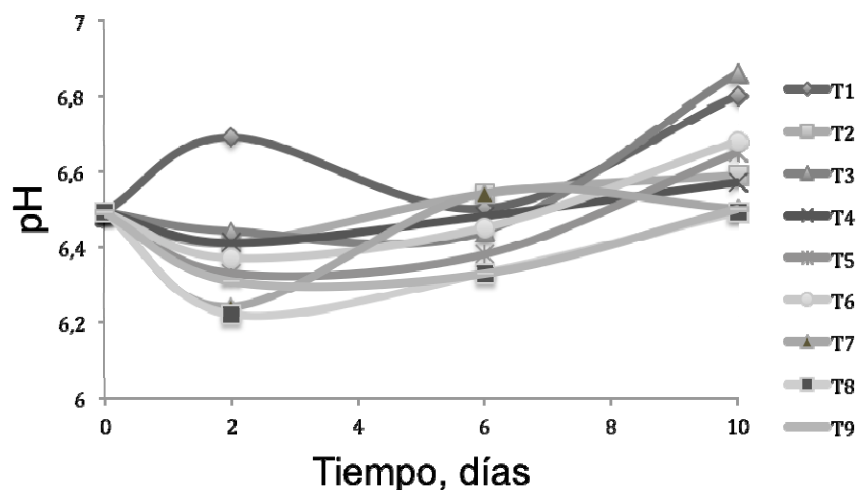


Fig. 6: Evolución del pH de ñames almacenados en AM a través del tiempo

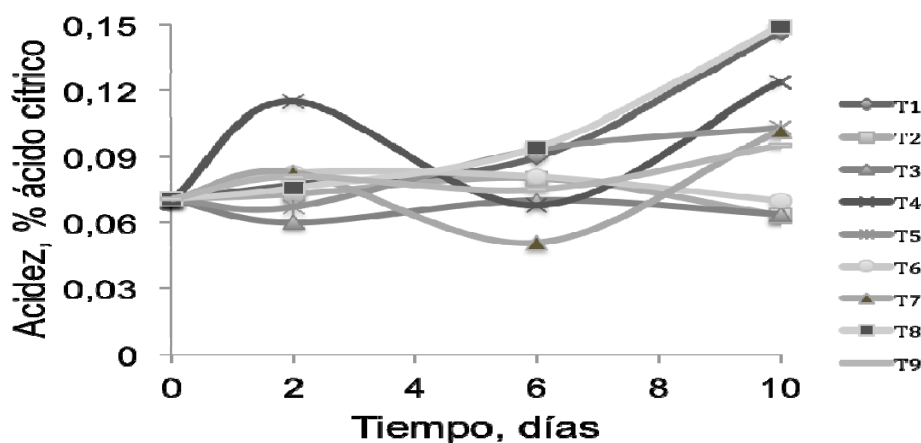


Fig. 7: Evolución de la acidez de ñames almacenados en AM a través del tiempo

CONCLUSIONES

La tasa de respiración de trozos de ñame almacenados a temperatura ambiente (27°C) y refrigerados (5°C) es de alrededor de 20 y 3 mlCO₂/Kg-h respectivamente. La acidez y el pH de trozos de ñame almacenados en atmosfera controlada durante 14 días no varían significativamente, sin embargo el empacado del producto con una mezcla de gases (O₂, CO₂ y N₂) no resulta ser una alternativa de conservación favorable, ya que el tiempo de vida útil del producto bajo este método de atmósfera modificada es relativamente corto (6 - 10 días) y las condiciones de calidad del mismo se ven afectadas. Por lo cual se recomienda evaluar otras condiciones de almacenamiento, como lo es empacado a vacío.

REFERENCIAS

- Akissoe, N., C. Mestres, S. Handschin, O. Gibert, J. Hounhouigan y M. Nago. Microstructure and physico-chemical bases of textural quality of yam products. *LWT - Food Science and Technology*: 44(1), 321-329 (2011).
- Antmann, G., G. Ares, P. Lema y C. Lareo. Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*: 49 (1), 164-170 (2008).
- Aspé, E.R., M.D. Roeckel, C. Martí y R. Jiménez. Envasado de Carne de Vacuno con Hueso y Grasa en Atmósfera Modificada con CO₂ y CO. *Información Tecnológica*: 19 (6), 57-69 (2008).
- Axtell, B. y L. Adams. Procesamiento de tubérculos. Intermediase Technology Development Group (ITDG-Perú), Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Mujer (UNIFEM). Lima, Perú (1998).
- Baldwin, E.A. y J. Bai. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables, In *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*, CRC Pres Taylor and Francis Group, pp 87-113, Boca Raton, USA (2011).
- Lee, H.J., H.J. Park, J.W. Jeong, D. Kim y M.S. Chinnan. Effect of electrolyzed water treatments on the quality of hand and machine peeled yams (*Dioscorea spp.*) during cold storage. *LWT Food Science and Technology*: 40 (4), 646-654 (2007).
- Mahajan, P.V., F.A.R. Oliveira, J.C. Montanez y J. Frias. Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*: 8 (1), 84-92 (2007).
- Ohlsson, T. Minimal processing of foods with non-thermal methods. In *Minimal processing technologies in the food industry*, CRC Press, pp 34-60, Boca Raton, USA (2002).
- Oyelade, O.J., T.Y. Tunde-Akintunde y J.C. Igbeka. Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions. *Journal of Food Engineering*: 87 (2), 229-235 (2008).
- Perea, M y G. Buitrago. Aplicación de la Biotecnología Agrícola al cultivo del Ñame. En: Guzmán, M. y Buitrago, G. Ñame: producción de semillas por Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia (2000).
- Rodriguez, W. Botánica, Domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*: 11 (2), 133-152 (2000).
- Sánchez, C y L. Hernández. Descripción de aspectos productivos, de postcosecha y de comercialización del ñame en Córdoba, Sucre y Bolívar. *Temas Agrarios*: 2 (4), 105-120 (1997).
- Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT Food Science and Technology*: 43 (3), 381-392 (2010).
- Soliva, R.C. y O. Martín-Belloso. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*: 14 (9), 341-353 (2003).