

INFLUENCIA DE LA OSMOCONGELACIÓN SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)

INFLUENCE OF OSMODEHYDROFREEZING ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF PAPAYA (*Carica papaya* L.)

Alfredo Ayala Aponte¹, Martha Sánchez², Hanny Rodríguez³

¹ Doctor en Ciencia y Tecnología en Alimentos. Profesor Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Cali-Colombia, e-mail: alfredo.ayala@correounivalle.edu.co; ² Ingeniera de Alimentos. Estudiante de Maestría en Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle-Cali, e-mail: misanchezt@gmail.com; ³ Ingeniera de Alimentos. Universidad del Valle-Cali, e-mail: hannyvre@gmail.com

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(2): 487-494, Julio-Diciembre, 2014

RESUMEN

La osmo-congelación (OC) es el proceso combinado de aplicar la deshidratación osmótica (DO) seguido de la congelación en un alimento, para mejorar la calidad del producto congelado-descongelado. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la aplicación de pretratamientos osmóticos sobre la pérdida de fase líquida (PFL), volumen (V) y color, en términos de claridad (L^*), tono (h°) y cambio total de color (ΔE), en muestras de papaya, almacenadas en congelación. Las muestras fueron deshidratadas osmóticamente hasta 30 y 90 min, alcanzando, respectivamente, contenidos de humedad, de $81,40 \pm 0,69\%$ y $76,24 \pm 0,41\%$ (b.h); para ello, se empleó una solución osmótica (SO) de sacarosa, con 65°Brix, a $26,0 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Las muestras deshidratadas osmóticamente fueron congeladas a -40°C y, posteriormente, se almacenaron a -18°C , durante 10, 20, 30 y 40 días. Como tratamiento control, se utilizaron muestras no tratadas osmóticamente (MNT), durante el almacenamiento en congelación. Los resultados mostraron que, en todos los tratamientos, el tiempo de almacenamiento en congelación influyó significativamente ($p < 0.05$) sobre la pérdida de calidad de la fruta; sin embargo, las muestras DO a 90 min (DO6590) exhibieron las menores pérdidas de calidad, en términos de menor PFL, V y color, mientras que las muestra a 30 min (DO6530) mostraron las mayores pérdidas de PFL y V, pero con menores pérdidas de color respecto a las MNT. De acuerdo a estos resultados, se evidenció un efecto crioprotector de la técnica de OC sobre las muestras de papaya, principalmente, con DO hasta $76,24 \pm 0,41\%$ (b.h).

Palabras clave: Congelación, deshidratación osmótica, fase líquida, color.

SUMMARY

The osmo-dehydro-freezing (OC) is the combined process of applying osmotic dehydration (OD) followed by freezing of a food product to improve the quality of frozen-thawed products. The aim of this study was to evaluate the influence of the application of osmotic pretreatments on the loss of liquid phase (PFL), volume (V) and color in terms of lightness (L^*), hue (h°), and color change (ΔE) of papaya frozen stores samples. The osmotically dehydrated samples were treated during 30 and 90 min, reaching moisture content of $81,40 \pm 0,69$ and $76,24 \pm 0,41\%$ (wb) respectively. For this, an osmotic solution of sucrose with 65°Brix at $26.0^\circ\text{C} \pm 0.2$ was used. The treated samples were frozen at -40°C and subsequently stored at -18°C for 10, 20, 30 and 40 days. As control osmotically untreated samples (MNT) during frozen storage were used. The results showed that in all treatments the frozen storage time significantly influenced ($p < 0.05$) the loss of fruit quality. However, the samples treated during 90 min (DO6590) showed the least loss of quality in terms of lower PFL, V and color; while the treated samples at 30 min (DO6530) showed the greatest loss of PFL and V; however presented lower losses in color compared with MNT. According to these results a cryoprotective effect of osmo-freezing technique on samples of papaya was observed, mainly for samples with DO $76.24 \pm 0.41\%$ (wb).

Key words: Freezing, osmotic dehydration, liquid phase, color.

INTRODUCCIÓN

La papaya es una fruta de agradable sabor y aroma, que se cultiva ampliamente en los países tropicales y subtropicales. Se emplea en la elaboración de jugos, de pulpas, de mermeladas, de almíbar, de confitados y de otros productos (Kurozawa *et al.* 2014). Es fuente de un alto contenido de nutrientes (vitamina C, provitamina A (carotenoides), entre otros) y minerales, como hierro, calcio potasio y sodio (Wall, 2006). La papaya es un fruto altamente perecedero por su alto contenido de humedad (CH), entre 80 y 85% (bh) (Ocoró & Ayala, 2013), por lo que es importante encontrar alternativas para su conservación. La congelación es un método de conservación que permite prolongar la vida útil de los alimentos, manteniendo significativamente las características de calidad del producto (James *et al.* 2014); sin embargo, la congelación no es adecuada para todos los alimentos, en algunos casos, presenta cambios fisicoquímicos indeseables relacionados con la pérdida de calidad, una vez descongelado el producto (James *et al.* 2014). De acuerdo con Marani *et al.* (2007), la congelación puede provocar pérdidas significativas en la fase líquida y el color de los alimentos. Talens *et al.* (2001) manifiestan que los alimentos al descongelarse pueden perder la turgencia celular provocando flacidez, encojimiento y pérdida de textura. Tregunno & Goff, (1996) explicaron que la disminución de la calidad en los alimentos congelados son debidos, principalmente, a que los cristales de hielo formados ocasionan daños irreversibles a los compartimentos celulares, asociados a la pérdida del estado osmótico y de la semi-permeabilidad.

Muchos procesos de congelación innovadores están siendo investigados y desarrollados en la actualidad, entre ellos, la osmocongelación (OC) (James *et al.* 2014; Bermúdez *et al.* 2013). La OC es un complemento de la congelación, donde el producto, primero, se deshidrata osmóticamente, a un nivel de humedad deseado y, después, se congela (Tregunno & Goff, 1996). Su fundamento, se basa en la reducción del contenido de agua congelable, que significa disminución de cantidad de cristales de hielo formados durante la congelación (Talens *et al.* 2003).

Con la aplicación de la deshidratación osmótica (DO), se puede lograr reducir, parcialmente, una cantidad de agua congelable del producto. Este método consiste en la extracción de agua de un alimento que está sumergido en una solución osmótica (SO) hipertónica, por un tiempo y temperatura específicos (Ayala *et al.* 2009). La SO debe ser altamente concentrada de solutos, que pueden ser sal o azúcar y a temperatura ambiente (Marani *et al.* 2007).

La OC ha sido aplicada en diversas frutas y hortalizas con resultados positivos, después del proceso de descongelación, como en manzanas (Marani *et al.* 2007), kiwis (Talens *et al.*

2001), peras (Marani *et al.* 2007) y melón (Bermúdez *et al.* 2013). En papaya, se evidencia una investigación disponible en la literatura científica (Moyano *et al.* 2002); sin embargo, tanto la especie evaluada, *Carica candamarcensis* Hook f., como las condiciones de proceso son distintas a las de este trabajo, donde no se valoran diversos tiempos de almacenamiento en congelación.

Por consiguiente, el propósito de este trabajo fue evaluar la influencia de la aplicación de pretratamientos osmóticos sobre la pérdida de fase líquida (PFL), volumen (V) y color en términos de claridad (L^*), tono (h°) y cambio total de color (ΔE) en muestras de papaya almacenadas en congelación durante 10, 20, 40 y 60 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras: Se utilizaron papayas (*Carica papaya* L.) de la variedad Maradol, con un estado de madurez homogéneo, con $13,5 \pm 0,8^\circ \text{Brix}$ y humedad de $87,2 \pm 0,4\%$ (b.h.). Las frutas fueron lavadas, peladas (usando un cuchillo de acero inoxidable) y cortadas en dos partes, para remover las semillas. Del centro de cada parte de la fruta, se cortaron muestras de 20mm de altura y 15mm de diámetro, empleando un sacabocado cilíndrico en acero inoxidable.

Deshidratación osmótica: Se prepararon, aproximadamente, 5.000mL de solución osmótica (SO) de sacarosa grado alimentario en agua destilada, con una concentración de 65°Brix . Las muestras de papaya cortadas, se sumergieron en la SO de sacarosa, contenida en un recipiente de plástico. La relación fruta-SO fue de 1:20, para evitar cambios en la concentración de la SO (Falade & Igbeka, 2007; Mayor *et al.* 2007; Rózek *et al.* 2009) y evitar una reducción de la fuerza impulsora durante el proceso (Ayşe & İnci, 2009). Se empleó sacarosa, como soluto, debido a su amplio uso en el proceso de deshidratación de frutas (Osorio *et al.* 2007). La SO se mantuvo a $26,0 \pm 0,2^\circ \text{C}$ y se agitó, permanentemente, a 800rpm, mediante un agitador mecánico (Kika Labor Technik Pol Col, US), para evitar el fenómeno de encostramiento por efecto del azúcar en la superficie de las muestras. En dos tiempos de DO (30 y 90min), las muestras se retiraron de la SO, alcanzando dos niveles de CH, de $81,40 \pm 0,69$ y $76,24 \pm 0,41\%$ (b.h), respectivamente; con estos niveles de CH, se reduce, parcialmente, el agua congelable de la papaya. Las muestras DO al retirarse de la SO, se colocaron en papel (toallas) húmedo, para eliminar la solución remanente en la superficie.

A las muestras no tratadas (MNT) y tratadas osmóticamente (DO6530 y DO6590), se les determinaron el CH, mediante el método 934.06 de la AOAC (1990) y los sólidos solubles ($^\circ \text{Brix}$), mediante un refractómetro (Abbe Atago, Zeiss, USA), termostato a 20°C .

Congelación, almacenamiento y descongelación: Las MNT y tratadas osmóticamente, se almacenaron en una nevera comercial a 8°C, en bolsas plásticas resellables, durante 12h, para promover el equilibrio interno de la concentración (Talens *et al.* 2001; Chiralt *et al.* 2001). Posteriormente, las muestras se congelaron a -40°C, en un congelador (Revco, USA), a una velocidad de 1,1°C/min y se almacenaron en un congelador comercial a -18°C, durante 10, 20, 40 y 60 días. Para cada tiempo de almacenamiento, las muestras se descongelaron a 8°C, en una nevera comercial durante 18h, para evitar la presencia de hielo (Talens *et al.* 2003; Moraga *et al.* 2006; Sriwimon & Boonsupthip, 2011). Una vez descongeladas las muestras, se evaluaron las propiedades físicas PFL, V y color, en términos de L*, h* y ΔE.

Determinación de propiedades físicas: La PFL, se determinó mediante la ecuación 1, la cual, evalúa las diferencias de peso de las muestras antes y después del proceso de congelación-descongelación (Talens *et al.* 2001; Sriwimon & Boonsupthip, 2011) y, para ello, se utilizó una balanza analítica (Mettler Toledo AE200), con precisión 0,001g.

$$PFL = \frac{m_f - m_o}{m_o} \quad (1)$$

Donde: m_o = peso de la muestra antes de congelar y m_f = peso de la muestra después de congelar-descongelar.

Para el volumen de las muestras de papaya, antes y después de la congelación-descongelación, se midió el diámetro y la altura en tres puntos separados, 120°, en una de las caras circulares del cilindro; para ello, se empleó un calibrador digital (Bull Tols, USA). Con base en estas mediciones, se determinó el cambio o pérdida de volumen (ΔV), mediante la ecuación 2.

$$\Delta V = \frac{V_f - V_i}{V_i} \quad (2)$$

Donde V_f y V_i son respectivamente el volumen de muestra antes y después de la congelación-descongelación.

El color de las muestras de papaya, se midió a través del espectro reflexión, entre 400-700nm, mediante un espectrocolorímetro (Hunterlab Reston, USA). Se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L*a*b* a partir de los espectros de reflexión de las muestras, utilizando, como referencia, el iluminante D65 y el observador 10°. Donde L* es Luminosidad o claridad, a* es coloración entre rojo-verde y b* coloración entre amarillo-azul. A partir de estas coordenadas, se estimaron h^*_{ab} y ΔE, mediante las ecuaciones 3 y 4, respectivamente.

$$h^*_{ab} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (3)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (4)$$

Diseño experimental: Se aplicó un diseño factorial 3x4 completamente al azar, con dos factores: el factor CH de la fruta, con tres niveles: 87,2±0,4% (MNT, fresco); 81,40±0,69% (DO6530) y 76,24±0,41% (DO65 90) y el factor tiempo de almacenamiento en congelación, con 4 niveles: 10, 20, 40 y 60 días; los experimentos se realizaron por triplicado. Los resultados, se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), con nivel de confiabilidad de 95%; para ello, se empleó el programa Minitab 16 (Minitab, Inc., State College, Pennsylvania, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra la PFL de las MNT y muestras tratadas (DO6530 y DO6090), a distintos tiempos de almacenamiento en congelación. El tiempo de almacenamiento influyó significativamente ($p < 0.05$) sobre la PFL, en todos los tratamientos, incrementándose la pérdida durante el almacenamiento. Estos resultados están de acuerdo con los reportados en melón (Ayala *et al.* 2014), en fresa (Moraga *et al.* 2006) y en kiwi (Talens *et al.* 2001). Este incremento de PFL puede ser atribuido al proceso de recrystalización del hielo durante el almacenamiento en congelación, ocasionando pérdida del contenido celular y pérdida de la capacidad de retención de agua de la célula (Goncalves *et al.* 2011). De acuerdo con Simandjuntak *et al.* (1996), el incremento de la PFL indica gran disminución de componentes líquidos celulares y puede ser causado por rompimiento mecánico de las membranas durante el almacenamiento en congelación.

Se puede notar que las muestras tratadas con menor nivel de humedad (DO6590) presentaron las menores PFL, por efecto de la congelación-descongelación, en los diferentes tiempos de almacenamiento. Este comportamiento puede ser debido a una menor recrystalización del hielo por contener menor agua congelable y, en consecuencia, menor daño estructural. Otros investigadores han reportado similar comportamiento en diferentes frutas y vegetales (Marani *et al.* 2007) y en melón (Ayala *et al.* 2014; Bermúdez *et al.* 2013). Este resultado indica el efecto crioprotector de la técnica de OC, al deshidratar osmóticamente la fruta, hasta un CH de 76,2% (b.h).

Comportamiento contrario presentaron las muestras tratadas osmóticamente a 30 min (DO6530), mostrando las mayores pérdidas de PFL, en todos los tiempos de almacenamiento. Este resultado contradice el presunto efecto crio-

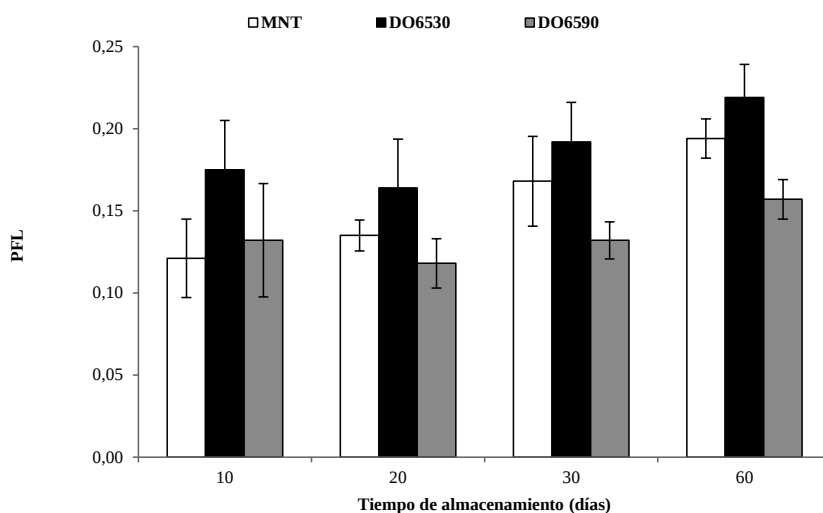


Figura 1. Pérdida de fase líquida en muestras de papaya tratadas y no tratadas, durante el proceso de congelación-descongelación.

protector de la DO previa a la congelación; resultado similar se presentó en melón (Bianchi *et al.* 2011) y en fresa (Marani *et al.* 2007.) Una posible explicación de este resultado puede estar atribuido a que el nivel de humedad ($81,40 \pm 0,69$) alcanzado en el corto tiempo de DO (30 min) es suficiente para formar grandes cristales de hielo durante la congelación y, por tanto, dañar la estructura celular, ocasionando mayor PFL; de acuerdo a Marani *et al.* (2007), al incrementarse el tiempo de DO permite una disminución de la PFL. El ANOVA evidenció también un efecto significativo ($p < 0,05$) del factor nivel de humedad sobre la PFL de muestras de papaya.

En la figura 2, se muestran las pérdidas de volumen (ΔV en fracción volumétrica) de las MNT y muestras tratadas osmóticamente (DO6530 Y DO6090), durante el almacenamiento. Se evidenció que el tiempo de almacenamiento en congelación influyó significativamente ($p < 0,05$) sobre la ΔV de la fruta, mostrando, en todos los tratamientos, mayores ΔV , durante el almacenamiento. Este resultado, se podría explicar por las PFL que revelaron las muestras en todos los tratamientos, durante el proceso de congelación-descongelación, explicado anteriormente. De acuerdo con Koç *et al.* (2008), las pérdidas de agua en un alimento provocan daños en la estructura, generando encogimiento y cambios en su microestructura. Por otro lado, el nivel de humedad influyó significativamente ($p < 0,05$) sobre ΔV , mostrando que el tratamiento DO6590 mostró el menor cambio de volumen; resultado similar, se evidenció en la osmocongelación de melón (Bermúdez *et al.* 2013). Este comportamiento puede estar asociado con las menores PFL en el proceso de congelación-descongelación, debido a la menor cantidad de agua congelable, mientras que el tratamiento DO6530 presentó la mayor pérdida de vo-

lumen en todos los tiempos de almacenamiento, alcanzando la mayor pérdida a los 60 días, con 35,9%, posiblemente, a las mayores pérdidas de fase líquida, que pueden ocasionar mayor daño estructural y, en efecto, mayor encogimiento (Koç *et al.* 2008).

La figura 3 muestra la evolución de la claridad (L^*) durante la osmocongelación de muestras de papaya. Se puede advertir, en todos los tratamientos, la disminución de L^* , por efecto del almacenamiento ($p < 0,05$), siendo las MNT las que evidenciaron la mayor variación desde el tiempo cero (no congeladas), con $42,51 \pm 0,71$ hasta el día 60, con $27,85 \pm 1,21$, mientras que los tratamientos DO6530 y DO6590 variaron, respectivamente, desde $36,59 \pm 4,81$ hasta $26,82 \pm 2,82$ y desde $36,97 \pm 3,33$ hasta $27,85 \pm 3,57$. Estos resultados significan que las muestras disminuyeron la claridad durante el tiempo de almacenamiento en congelación, probablemente, a que el líquido celular liberado durante la PFL recubre la superficie del tejido de la muestra, ocasionado aumento de la transparencia y, en consecuencia, disminución de L^* . De acuerdo con Talens *et al.* (2001), la transparencia se debe a un aumento de la homogeneidad del índice de refracción en el tejido celular; cuanto mayor es la transparencia más oscura es la muestra.

Al comparar L^* entre los tres tratamientos durante el almacenamiento en congelación no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,05$), lo cual, indica que, independientemente del nivel de humedad o de tratamiento osmótico, la pérdida de L^* es significativamente similar en la muestras de papaya, durante el almacenamiento congelado.

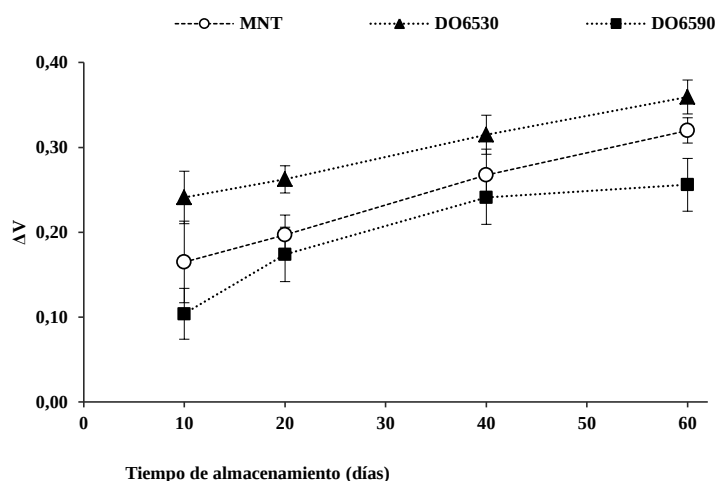


Figura 2. Pérdidas de volumen en muestras de papaya tratadas y no tratadas osmóticamente, durante el almacenamiento en congelación.

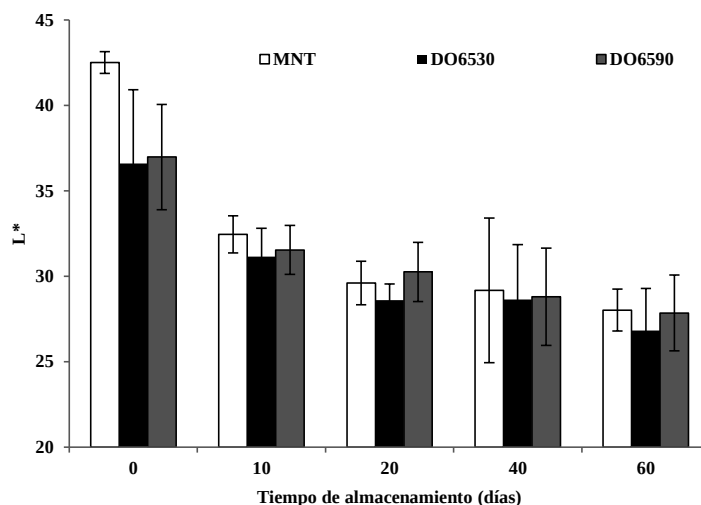


Figura 3. Cambio de claridad en muestras de papaya tratadas y no tratadas osmóticamente, durante el almacenamiento en congelación.

La figura 4 presenta la evolución del tono (h°) de las muestras de papaya, durante el almacenamiento congelado. En el tiempo cero (muestras no congeladas), los tratamientos DO6530 y DO6590 no reflejaron cambios significativos ($p > 0,05$) de h° respecto a las MNT. Esto indica, que no se presentó un pardeamiento o degradación significativa de los pigmentos naturales de la papaya (Carotenoides), durante la DO, probablemente, a la moderada temperatura ($26 \pm 0,2^\circ\text{C}$) del proceso osmótico (Talens *et al.* 2001), mientras que durante el tiempo de almacenamiento, las MNT presentaron

significativamente ($p < 0,05$) valores más altos de h° (mayores cambios), respecto a los tratamientos osmóticos DO6530 y DO6590. Este resultado indica que las MNT mostraron mayores cambios en su tono por efecto de la congelación, mostrando un desplazamiento desde un tono naranja (natural de la papaya) hacia un tono amarillo. De otra manera, se puede decir que las muestras de papaya tratadas osmóticamente conservan su tono naranja, al ser sometida al almacenamiento en congelación.

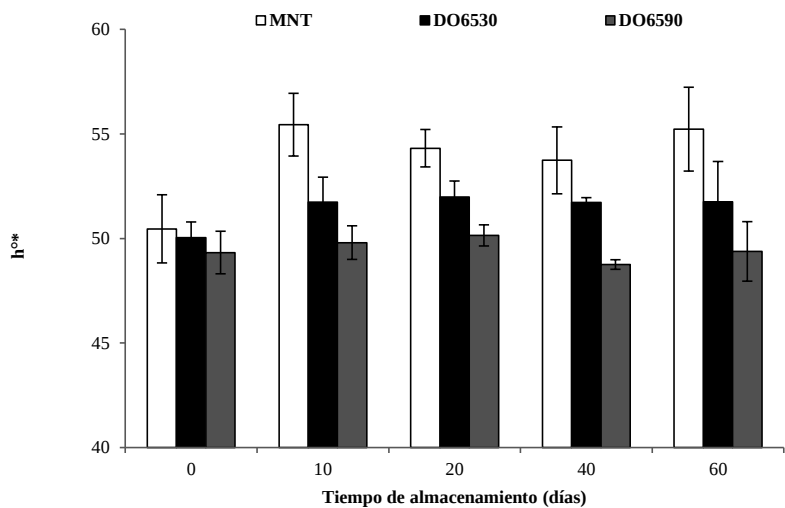


Figura 4. Cambio de tonalidad en muestras de papaya tratadas y no tratadas osmóticamente, durante el almacenamiento en congelación

Con respecto a los dos tratamientos osmóticos, se evidenció que el tratamiento DO6590 mostró valores de h° ligeramente menores respecto a DO6530, durante el almacenamiento en congelación; sin embargo, el ANOVA no mostró diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$).

El cambio total de color (ΔE), presentado en la figura 5, muestra en todos los tratamientos un incremento de ΔE durante el tiempo de almacenamiento. Este comportamiento, se debe, principalmente, por los cambios de L^* , explicados con anterioridad, ya que todos los tratamientos mostraron mayor variación de L^* , durante el almace-

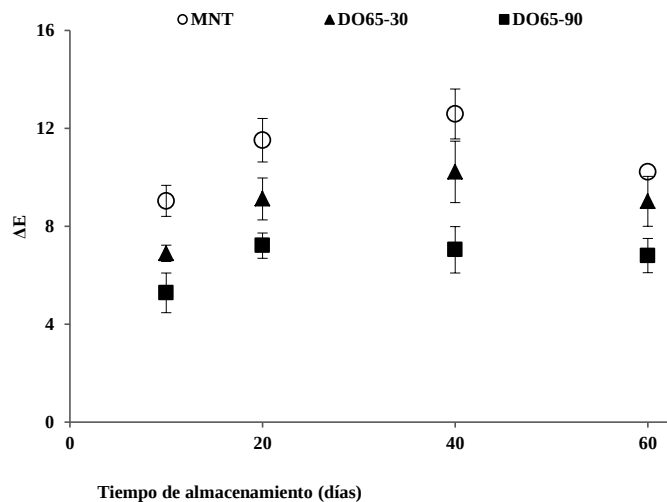


Figura 5. Cambio total de color en muestras de papaya tratadas y no tratadas osmóticamente, durante el almacenamiento en congelación

namiento, respecto a los cambios del parámetro h. Este resultado corrobora que las muestras no presentaron cambios distintos de la tonalidad naranja de la papaya, resultado importante para la calidad física de la papaya.

Al comparar los dos tratamientos osmóticos y la MNT, se observa que los tratamientos DO6530 y DO6590 presentaron significativamente ($p < 0,05$) valores inferiores de ΔE respecto a las MNT, siendo las muestras del tratamiento DO6590 las que mostraron significativamente ($p < 0,05$) los menores valores (menores cambios de color). Este comportamiento corrobora que el tratamiento MNT presentan los mayores cambios de color frente a los tratamientos osmóticos.

Este efecto positivo de las muestras tratadas osmóticamente puede ser explicado, por un lado, por contener menor agua congelable respecto a la MNT, que contribuye a disminuir las reacciones de pardeamiento en el tejido de la fruta (Wu *et al.* 2009) y, por otro, a la presencia de azúcar en la superficie de las muestras tratadas, que inhiben la transferencia de oxígeno a la fruta y, por lo tanto, reducen el pardeamiento enzimático (Lenart, 1996; Krokida & Maroulis, 2001). Comportamiento similar, se encontraron en la osmocongelación de la berenjena (Wu *et al.* 2009), kiwi y manzana (Marani *et al.* 2007).

De acuerdo con los resultados de este trabajo, se demuestra que la aplicación de la técnica de osmocongelación es efectiva para disminuir pérdidas de calidad a muestras de papaya en términos de reducción de la PFL, V y color. La mayor efectividad de esta técnica, se presenta al congelar la fruta tratada osmóticamente, con un nivel de contenido de agua de $76,24 \pm 0,41\%$ (b.h), debido a su menor contenido de agua congelable. El incremento del tiempo de almacenamiento en congelación influyó en la pérdida de calidad de la fruta, mostrando mayor PFL, reducción de volumen y disminución de la claridad.

Conflicto de intereses: El trabajo fue preparado y revisado por el primer autor, con el aval de los otros autores; no existe ningún conflicto de intereses que pongan en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** Esta Investigación fue financiada por la Escuela de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad del Valle.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC. 1990. Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Washington, U.S.A. Cap. 32, p.1-14.
2. AYALA, A.; CADENA, M.I. 2014. The influence of osmotic pretreatments on melon (*Cucumis melo* L.) quality during frozen storage. DYNA (Colombia). 81(186): 81-86.
3. AYALA, A.; SERNA, L.; GIRALDO, C. 2009. Efecto de la agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* S.) empleando soluciones de sacarosa. Interciencia. (Venezuela). 34(7):492-496.
4. AYSE, İ.; İNCİ, T. 2009. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. Chem. Eng. Res. Design (Estados Unidos). 87(2):166-180.
5. BERMÚDEZ, A.; NARVAEZ, M.; CADENA, M.; AYALA, A. 2013. Reducción de pérdida de calidad de melón (*Cucumis melo*) durante la congelación mediante aplicación previa de deshidratación osmótica. Rev. Alimentos Hoy. (Colombia). 22(30):23-29.
6. BIANCHI, M.; GUAMASCHELLI, A.; MILISENDA, P. 2011. Dehidrocongelación de frutas: Estudio de los parámetros de calidad. Invenio (Argentina). 14(26):117-132.
7. CHIRALT, A.; MARTINEZ, N.; MARTINEZ, J.; TALENS, P.; MORAGA, G.; AYALA, A.; FITO, P. 2001. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: Cryoprotectant effect. J. Food Eng. (Estados Unidos). 49(2-3):129-135.
8. FALADE, K.; IGBEKA, J. 2007. Osmotic Deshydration of Tropical Fruits and Vegetables. Foods Reviews Int. (Estados Unidos). 23:23-373.
9. GONCALVES, E.; ABREU, M.; BRANDAO, T.; SILVA, C. 2011. Degradation kinetics of colour, vitamin C and drip loss in frozen broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp.) during storage at isothermal and non-isothermal conditions. Int. J. Refrigeration (Estados Unidos). 34(8):2136-2144.
10. JAMES, C.; PURNELL, G.; JAMES, J. 2014. Critical Review of Dehydrofreezing of Fruits and Vegetables. Food Bioprocess Technol. (Estados Unidos). 7:1219-1234.
11. KOÇ, B.; EREN, I.; KAYMAK, E. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. J. Food Eng. 85(3):340-349.

12. KROKIDA, M.; MAROULIS, Z. 2001. Quality changes during drying of foods materials. Drying Technol in Agricultural and Food Sciences. Ed. Mujumdar (India). 61p.
13. KUROZAWA, I.; TERNG, I.; DUPAS, M.; JIN, K. 2014. Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon. J. Food Eng. 123:157-164.
14. LENART, A. 1996. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. Drying Technol. (Estados Unidos). 14(2):391-413.
15. MARANI, C.; AGNELLI, M., MASCHERONI, R. 2007. Osmo-frozenfruits: mass transfer and quality evaluation. J. Food Eng. 79(4):1122-1130.
16. MAYOR, L.; CUNHA, R.; SERENO, A. 2007. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. Food Res. Int. (Canadá). 40 (4): 448-460.
17. MORAGA, G.; MARTINEZ, N.; CHIRALT, A. 2006. Compositional changes of strawberry due to dehydration, cold storage and freezing-thawing processes. J. Food Proc. Preserv. (Estados Unidos). 30(4):458-474.
18. MOYANO, P.C.; VEGA, R.E.; BUNGER, A.; GARRETÓN, J.; OSORIO, F.A. 2002. Effect of combined processes of osmotic dehydration and freezing on papaya preservation. Food Sci. Technol. Int. (España). 8(5):295-301.
19. OCORÓ, M.; AYALA, A. 2013. Influence of thickness on the drying of papaya puree (*Carica papaya* L.) through refractance window Technology. DYNA. 182:147-154.
20. OSORIO, C.; FRANCO, M.; CASTAÑO, M.; GONZALEZ, L.; HEREDIA, J.; MORALES, A. 2007. Color and flavor changes during osmotic dehydration of fruits. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. (Estados Unidos). 8:353-359.
21. RÓZEK, A.; ACHAERANDIO, I.; GUELL, C.; LOPEZ, F.; FERRANDO, M. 2009. Grape phenolic impregnation by osmotic treatment: Influence of osmotic agent on mass transfer and product characteristics. J. Food Eng. 94(1):59-68.
22. SIMANDJUNTAK, V.; BARRETT, D.; WROLSTAD, R. 1996. Cultivar and frozen storage effects on muskmelon (*Cucumis melo*), colour, texture and cell wall polysaccharide composition. J. Sci. Food Agric. (Estados Unidos). 71: 291-296.
23. SRIWIMON, W.; BOONSUPTHIP, W. 2011. Utilization of partially ripe mangoes for freezing preservation by impregnation of mango juice and sugars. Food Sci. and Technol. (LWT) (Alemania). 44(2):375-383.
24. TALENS, P.; ESCRICHE, I.; MARTINEZ, N.; CHIRALT, A. 2003. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. Food Res. Int. 36(6):635-642.
25. TALENS, P.; MARTINEZ, N.; FITO, P.; CHIRALT, A. 2001. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. Food Sci. Emerg. Technol. 3(2):191-199.
26. TREGUNNO, N.; GOFF, H. 1996. Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects. Food Res. Int. 29(5-6):471-479.
27. WALL, M. 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. J. Food Compos. Analysis (Estados Unidos) 19(5):434-445.
28. WU, L.; ORIKASA, T.; TOKUYASU, K.; SHIINA, T.; TAGAWA, A. 2009. Applicability of vacuum-dehydrofreezing technique for the long-term preservation of fresh-cut eggplant: Effects of process conditions on the quality attribute of the samples. J. Food Eng. 91(4):560-565.

Recibido: Junio 4 de 2014

Aceptado: Septiembre 5 de 2014

Como citar:

Ayala Aponte, A.; Sánchez, M.; Rodríguez, H. 2014. Influencia de la osmocongelación sobre algunas propiedades físicas de papaya (*Carica papaya* L.). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 17(2): 487-494.