

Efecto del cloruro de calcio sobre láminas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Keitt deshidratadas osmóticamente por pulso de vacío

Effect of calcium chloride on slices of osmotically dehydrated mango (*Mangifera indica* L.) variety Keitt with vacuum pulse

Richard Alejandro GÓMEZ ¹✉, Blanca SOMAROO DE FENDEL ¹, Carmen María FARÍAS VERA ¹ y Jesús Rafael MÉNDEZ NATERA ²

¹ Programa de Tecnología de Alimentos, Escuela de Zootecnia, Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente (UDO). Avenida Universidad, Campus Los Guaritos, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela y

² Departamento de Agronomía. Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo de Monagas, UDO, Maturín.
E-mail: richardg97@hotmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 18/02/2013 Fin de arbitraje: 30/09/2013 Revisión recibida: 11/10/2013 Aceptado: 25/10/2013

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la inclusión de cloruro de calcio en láminas de mango variedad Keitt deshidratadas osmóticamente aplicando ciclos de pulso de vacío de 584,2 mmHg con una duración de 5 minutos durante 8 horas a temperatura ambiente, en soluciones preparadas con 65% de sacarosa, 0,2% de ácido ascórbico y concentraciones porcentuales de la sal mencionada de 0,5; 1,5 y 2,5), denominándose el blanco To. Las muestras permanecieron sumergidas en las soluciones hasta alcanzar el equilibrio osmótico a las 24 horas y se determinaron los valores de actividad de agua (*A_w*) de 0,9191; 0,9179 0,9053 y 0,9029, respectivamente. Se obtuvo que a mayor concentración de cloruro de calcio, mayor es la reducción de *A_w* y mayor la pérdida de humedad y la reducción del peso ocurre con mayor rapidez.

Palabras clave: Mango, deshidratación osmótica por pulso de vacío, cloruro de calcio.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the inclusion of calcium chloride on slices of osmotically dehydrated mango variety Keitt applying cycles of vacuum pulse of 23 inHg for a duration of five minutes for eight hours at room temperature in solutions prepared with 65% sucrose, 0.2% of ascorbic acid and percentage concentrations of the mentioned salt of 0.5; 1.5 y 2.5 being the control 0%. The samples were kept immersed in the solutions to reach osmotic equilibrium at 24 hours and the values of water activity (*A_w*) were determined with values of 0.9191, 0.9053, 0.9179 and 0.9029, respectively. It was found that the higher the concentration of calcium chloride, the *A_w* was more reduced, moisture loss was larger and the weight reduction occurred more rapidly.

Key words: Mango, osmotic dehydration at vacuum pulse, calcium chloride.

INTRODUCCIÓN

La conservación de frutas puede definirse como todo método de tratamiento de los mismos que prolongue su duración, de forma que mantengan en grado aceptable su calidad, incluyendo color, textura y aroma (Holdsworth, 1988). El consumo de frutas mínimamente procesadas se ha incrementado, motivado a la fuerte demanda de los consumidores de alimentos frescos (Navarro y Corzo, 1999). Una de las técnicas empleadas para mantener esta frescura es la deshidratación osmótica (DO), la cual es una tecnología de preservación que reduce las pérdidas postcosecha y proporciona una opción para transformarla, utilizando materiales comerciales y de fácil acceso, para así, aumentar los ingresos en la

cadena productiva (Ríos *et al.*, 2005), siendo frecuentemente aplicada para conservar la calidad y estabilidad de frutas y hortalizas, sin tener pérdidas considerables en compuestos aromáticos; además puede ser utilizada como una operación previa en el secado y la liofilización, reduciéndose así los costos energéticos (Barbosa y Vega, 2000).

La DO es un tratamiento de eliminación parcial de agua, donde se sumerge la materia prima en una solución hipertónica que tiene una alta presión osmótica y baja actividad de agua (Kaymak y Sultanoglu, 2000), suscitándose tres fenómenos de transferencia de masa: La migración de agua desde la fruta hacia la solución de impregnación, la transferencia de solutos de la solución a la fruta y la

lixiviación de solutos propios del alimento a la solución. El tercer fenómeno de transferencia resulta cuantitativamente despreciable en comparación con los dos primeros (Panagiotou *et al.*, 1998).

La deshidratación osmótica por pulso de vacío (DOPV) es una técnica que consiste en el intercambio interno de gases ocluidos en la matriz de un producto por un líquido o solución escogida, en este proceso se aplica un sistema de vacío que promueve la impregnación de los capilares de los tejidos y cuando la presión atmosférica es restablecida los poros son extensamente inoculados con la solución externa y dependiendo del radio de compresión aplicado (Espinoza *et al.*, 2006). Esta técnica es una herramienta para lograr una leve modificación del alimento en cuanto a su actividad de agua, acidez, potencial redox e incorporación de ciertos inhibidores microbianos, así como también fortificar el alimento con algún compuesto nutricional (Tapia y Roa, 1999).

El uso de sales de calcio conserva la textura de las frutas, proporcionando mayor estabilidad de las pectinas, proteínas, ligninas y componentes estructurales de carbohidratos (Luna y Barret, 2000; Suutarinen, 2000), y además se incrementa la concentración de los iones de calcio generando así un alimento fortificado. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue establecer el tiempo de equilibrio de la solución osmótica por pulso de vacío de láminas de mango (*Mangifera indica* L.) sometidas a distintas concentraciones de cloruro de calcio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de usos múltiples del Programa Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Campus Los Guaritos, Municipio Maturín, Estado Monagas.

Para el estudio se utilizaron mangos de la variedad Keitt, adquiridos en Agropecuaria La Gloria, del sector Tarragona carretera nacional Maturín-Barcelona, los cuales se cosecharon utilizando el criterio señalado por Somaroo (2007) quien indica que éstos deben estar en estado de madurez fisiológica con un 75% de la superficie externa con una coloración verde con 10 °Brix aproximadamente, el peso aproximado por unidad varió de 400 a 600 g cuidando que no presentaran daños causados por golpes, microorganismos e insectos, con la finalidad de emplear una materia prima de excelente calidad.

Posteriormente, se lavaron, pelaron y cortaron en rebanadas de 5 mm empleando una rebanadora industrial de acero inoxidable, para luego cortarlos manualmente empleando un instrumento de hojas cortantes de acero inoxidable diseñado por Somaroo (2007), con el cual se obtuvieron láminas de 4 x 4 x 0,5 cm, las cuales se sometieron a escaldado colocándolas en contacto con vapor de agua saturado a 100 °C durante un minuto, suspendidas sobre una rejilla en un recipiente cerrado con agua en ebullición y luego sumergirlas en agua con hielo para su enfriamiento, para reducir la actividad enzimática, eliminar los gases ocluidos en el tejido, incrementar el color y reducir la carga microbiana superficial. Se prepararon cuatro soluciones osmóticas, de formulación constante en sacarosa (65%) y ácido ascórbico (0,2%) con cuatro niveles de adición para el cloruro de calcio (CaCl_2): 2,5; 1,5; 0,5 y 0%.

Se sumergieron 40 lotes de cuatro láminas de mango cada uno, para un total de 160 láminas de fruta por cada una de las soluciones osmóticas preparadas contenidas en un desecador de vidrio de 10 litros de capacidad, el cual estuvo conectado a una bomba de vacío SIEMENS tipo 1RF3052-4YF31 con una capacidad máxima de 762 mmHg a una presión de 584,2 mmHg. Se aplicó pulso de vacío por cinco minutos cada 30 minutos durante las primeras ocho horas continuando el resto del experimento a presión atmosférica hasta alcanzar el equilibrio osmótico entre las láminas de fruta y las soluciones osmóticas a temperatura ambiente. Los desecadores se colocaron sobre un agitador magnético modelo SP4625, utilizando la máxima capacidad de operación que era de 10 unidades de velocidad para que las láminas de mango estuvieran en contacto con toda la solución osmótica.

Para establecer el tiempo de equilibrio osmótico ($A_w \text{ láminas} = A_w \text{ solución}$) se determinó la actividad de agua (A_w). Para la toma de muestras se extrajeron cuatro lotes, por cada hora de inmersión durante las primeras ocho horas y luego se extrajeron a las 12 y 24 horas. La actividad de agua (A_w) de las muestras de láminas de mango y a la solución osmótica se determinó mediante un hidrómetro eléctrico (AQUALAB Decagón de la serie 3 con una precisión de aproximadamente + 0,003). En el porta-muestras se colocaron 10 g aproximadamente de muestra de fruta previamente picada y se llevaron al interior del equipo hasta que éste mostró la lectura de A_w correspondiente. De los 40 lotes de cuatro láminas de mango por cada tratamiento, se rotularon y pesaron cuatro para calcular la pérdida de peso de las

muestras que se extrajeron, secaron, pesaron y regresaron al desecador cada hora durante las primeras ocho horas, luego a las 12 y 24 horas hasta que llegaron a su equilibrio osmótico.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo factorial con cuatro tratamientos dados por las concentraciones de CaCl_2 y los bloques dados por las lecturas determinadas en las primeras 8 horas, a las 12 y 24 horas. Las variables dependientes (actividad de agua y porcentaje de pérdida de humedad) se analizaron a través de un análisis de varianza. Los datos obtenidos se analizaron a través de regresiones polinomiales para los periodos de evaluación y por medio de la prueba de la Mínima Diferencia Significativa para las concentraciones de CaCl_2 . Todas las inferencias estadísticas se realizaron al 5% de probabilidad. Los análisis se realizaron mediante el programa estadístico Statistix for Windows, versión 8.0 (Analytical Software, Tallahassee, Florida, Estados Unidos de América).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad del agua

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para la actividad del agua en todas las fuentes de variación (repetición, concentración de CaCl_2 , periodo de evaluación y su interacción) con un coeficiente de variación muy bajo de 0,35% (datos no mostrados), así como regresiones significativas para la actividad del agua en todas las concentraciones de CaCl_2 en función del tiempo de evaluación (Figura 1).

La A_w desciende gradualmente hasta alcanzar el equilibrio osmótico cuando la $A_{w\text{Láminas de mango}}$ se iguala al $A_{w\text{Solución osmótica}}$ a las 24 horas llegando a 0,9029 en las láminas de mango procesadas en la solución osmótica con 2,5% CaCl_2 , seguido de los niveles 1,5; 0,5 y 0% CaCl_2 , con valores de 0,9053; 0,9179 y 0,9191, respectivamente (Figura 1). López y Dávila (2005), reportan que el comportamiento se debe a que la disponibilidad de agua decae por el ingreso de solutos con efecto deshidratante a través de la membrana celular.

Según Fuentes y Arana (2005) los alimentos de humedad intermedia presentan un A_w de 0,65 a 0,85 por lo cual las muestras en este estudio no están dentro de esta clasificación y requieren un tratamiento adicional para su conservación; concordando con lo reportado por Camacho (2002) de la inestabilidad de

las frutas semielaboradas, requiriéndose la aplicación de la tecnología de obstáculos o barreras para minimizar el crecimiento de microorganismos. Dentro de estos obstáculos se encuentran: proceso suave de calentamiento, temperatura de almacenamiento, pH, potencial redox, conservantes, radiación, flora competitiva, entre otros. Estos resultados probablemente son consecuencia de factores como el tamaño de la muestra utilizada y la concentración de la solución osmótica. Según Raoult Wack *et al.* (1991) al reducir el tamaño del alimento e incrementar la concentración de la solución se produce un incremento de la pérdida de agua del alimento.

La mayor pérdida de agua en las láminas de mango durante el proceso osmótico ocurrió durante las primeras 6 horas, coincidentemente con lo reportado por Nowakunda *et al.* (2004); Barbosa y Vega (2000), siendo las 2 horas iniciales las de mayor velocidad de eliminación de agua.

Pérdida de humedad (%)

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para la pérdida de humedad en todas las fuentes de variación (repetición, concentración de CaCl_2 y periodo de evaluación, excepto para su interacción) con un coeficiente de variación de 6,90% (datos no mostrados), así como una regresión

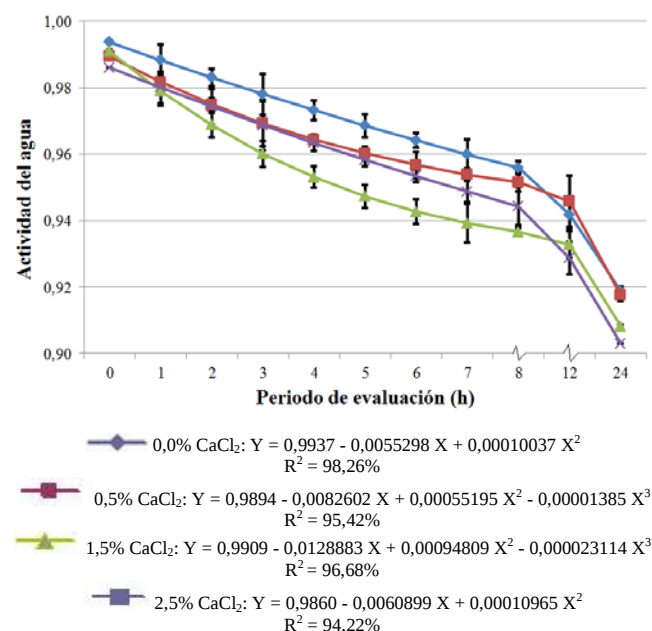
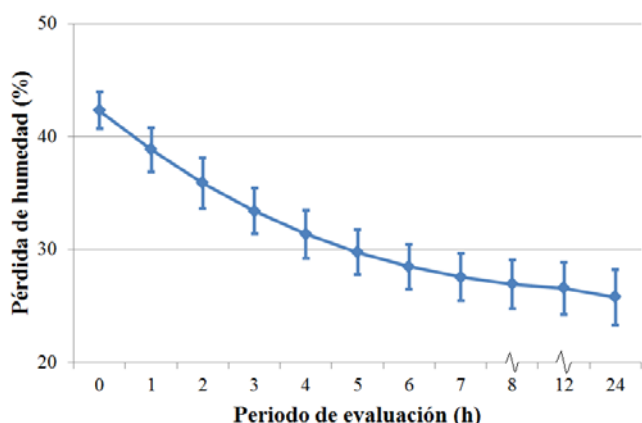


Figura 1. Evolución de la A_w en láminas de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Keitt en la deshidratación osmótica por pulso de vacío.

significativa para la pérdida de humedad en función del periodo de evaluación como promedio de las concentraciones de CaCl_2 (Figura 2).

En el Cuadro 1 se observa que la mayor pérdida de peso ocurrió en las láminas de mango sometidas al tratamiento con 2,5% CaCl_2 con un porcentaje de pérdida de humedad del 33,69%; seguido de las muestras sometidas a los tratamientos 1,5; 0,5 y 0% CaCl_2 con porcentajes de pérdida de 32,17; 31,33 y 28,98% respectivamente. López y Dávila (2005), señalan que esta diferencia fue ocasionada porque el gas que ocupaba parcialmente la estructura porosa fue sustituido por la intervención de las fuerzas capilares de la solución osmótica. Resultados similares encontraron Gaspareto et al. (2004) en trozos de banana, Huayamave y Cornejo, (2005) en rectángulos de mango, Valera et al. (2005) en cilindros de mango, Dávila y López, (2005) en rodajas de piña, Arreola y Rosas, (2007) en trozos de higo, López y Galeano (1998) en trozos de fresas, Ordóñez y López, (2002) en rodajas de manzana y Landaeta, (2004) en cascos de durazno.



$$Y = 42,3232 - 3,748114 X + 0,278404 X^2 - 0,0062895 X^3 \quad R^2 = 99,33\%$$

Figura 1. Pérdida de humedad (%) en láminas de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Keitt en la deshidratación osmótica por pulso de vacío.

Cuadro 1. Efecto de los niveles de CaCl_2 sobre la pérdida de peso en las láminas de mango con DOP

Concentración de CaCl_2 (%)	Pérdida de peso (%) †
0	28,975 ^c
0,5	31,334 ^b
1,5	32,174 ^b
2,5	33,689 ^a

† Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa ($p \leq 0,05$)

Sin embargo, aunque la mayor pérdida de peso se produjo en las láminas de mango sometidas al tratamiento de 2,5% CaCl_2 , el equilibrio osmótico fue alcanzado al mismo tiempo en todos los tratamientos, posiblemente debido a que las soluciones preparadas poseían unos valores de A_w muy similares, las cuales fueron 0,841; 0,846; 0,863 y 0,873 para los tratamientos 2,5; 1,5; 0,5 y 0% de CaCl_2 , respectivamente.

Por otra parte, la pérdida de peso disminuyó a medida que se incrementó el periodo de evaluación, es decir, las mayores pérdidas de humedad ocurrieron en las primeras horas de la deshidratación. Resultados similares fueron señalados por Espiniza et al., (2006).

CONCLUSIONES

Las láminas de mango sometidas a los tratamientos con 2,5; 1,5; 0,5 y 0% CaCl_2 alcanzaron el equilibrio osmótico a las 24 horas con A_w de 0,9029; 0,9053; 0,9179 y 0,9191 y una pérdida de peso de 33,689%; 32,174%; 31,334% y 28,975% respectivamente. Se evidenció que a medida que se incrementa la concentración de CaCl_2 , la A_w disminuye y la pérdida de peso aumenta. El proceso cinético de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica presentó varios periodos, caracterizados inicialmente por una alta transferencia de masa, seguido por una etapa de disminución progresiva y por último el equilibrio cinético.

LITERATURA CITADA

- Arreola, S. y M. Rosas. 2007. Aplicación de vacío en la deshidratación osmótica de higos (*Ficus carica*). Información Tecnológica 18 (2): 43-48.
- Barbosa, G. y H. Vega. 2000. Deshidratación de alimentos. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 297 p.
- Camacho Olarte, G. 2002. Procesamiento y conservación de frutas. Tema 7: Obtención de fruta deshidratada. Documento en línea. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obfrudes/prese.htm>. Fecha de Consulta: 23 de noviembre del 2012.
- Dávila, L. y L. López. 2005. Transferencia de masa en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de *Ananas comosus* L. Merr "Piña". Industrial Data 8 (1): 7-12.
- Espinosa, A.; G. Landaeta, J. Méndez y A. Núñez. 2006. Efecto del cloruro de calcio sobre la

- deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus pérsica*) en soluciones de sacarosa. Revista Científica UDO Agrícola 6 (1): 121- 127.
- Fuentes, R. y R. Arana. 2005. Elaboración de un alimento de humedad intermedia de nanche (*Byrsonima crassifolia*) utilizando el diseño de mezclas. Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. Edición Especial No. 13. p. 324-330.
- Gaspareto, O.; E. Oliveira, P. Da Silva y M. Magalhães. 2004. Influencia del tratamiento osmótico en el secado de la banana Nanica (*Musa cavendishii*, L.) en secador de lecho fijo. Información Tecnológica 15 (6): 9-16.
- Holdsworth, S. 1988. Conservación de frutas y hortalizas. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 573 p.
- Huayamave, E. y F. Cornejo. 2005. Influencia de presiones de vacío en la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del mango. Revista Tecnológica ESPOL 18 (1): 141-145.
- Kaymak, F. and M. Sultanoglu. 2000. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple. Journal of Food Engineering 46: 243-247.
- Landaeta, G. 2004. Fortificación de cascos de durazno con calcio por medio de la deshidratación osmótica a vacío. Trabajo de Grado para Licenciado en Tecnología de Alimentos. Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela. 113 p.
- López, L. y L. Dávila. 2005. Salado de merluza por pila seca, húmeda y por deshidratación osmótica a vacío (*Merluccius gayi peruanus*). Industrial Data 8 (2): 7-14.
- López, O. y A. Galeano. 1998. Deshidratación osmótica de la fresa (*Fragaria chiloensis*). NOOS 4: 131-135.
- Luna, I. and D. Barret. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biology and Technology. 19 (1): 61-72.
- Navarro, P. y O. Corzo. 1999. Optimización de la deshidratación osmótica al vacío de piña mínimamente procesada. Acta Científica Venezolana 50 (2): 359.
- Nowakunda, K.; A. Andrés and P. Fito. 2004. Osmotic dehydration of banana slices as a pretreatment for drying processes. In: Drying 2004. Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004). Sao Paulo, Brazil, 22-25 August 2004, Vol. C, p. 2077-2083.
- Ordóñez, H. y O. López. 2002. Efecto de la presión y de la temperatura en la elaboración de hojuelas de manzana variedad Anna. NOOS 15: 85-99.
- Panagiotou, N.; V. Karathanos and Z. Maroullis. 1998. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. International Journal of Food Science and Technology 33: 267-284.
- Raoult Wack, A.; S. Guillbert, M. Le Maguer and G. Ríos. 1991. Simultaneous water and solute transport in shrinking media. Application to dewatering and impregnation soaking process analysis (Osmotic dehydration). Drying Technology 9: 580-612.
- Ríos, M.; C. Márquez y H. Ciro. 2005. Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) en cuatro agentes edulcorantes. Revista Facultad Nacional de Agronomía 58 (2): 2989-3002.
- Tapia, M. y V. Roa. 1999. Impregnación de manzana con cultivos microbianos mediante el mecanismo hidrodinámico. II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela. p. 143.
- Somaroo, B. 2007. Evaluación del efecto de la deshidratación por aire forzado en láminas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Tommy Atkins. Trabajo de Grado *Magister Scientiarum* en Ciencia de los Alimentos. Universidad de Oriente. Puerto la Cruz, Venezuela. 114 p.
- Suutarinen, J. 2000. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 33 (2): 89-102.
- Valera, A.; J. Zambrano, W. Materano e I. Quintero. 2005. Efectos de la concentración de solud y la relación fruta/jarabe sobre la deshidratación osmótica de mango en cilindros. Agronomía Tropical 55 (1): 117-132.