

Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en soluciones de sacarosa

Effect of calcium chloride on vacuum osmotic dehydration in peach (*Prunus persica*) halves in sucrose solution

Aurora Espinoza Estaba^{1*}, Gustavo Landaeta Coa², Jesús Rafael Méndez Natera³ y Atilano Núñez Calcaño¹

¹Centro de Postgrado. Núcleo de Monagas. Universidad de Oriente. Maturín.

²Programa de Tecnología de Alimentos. Escuela de Zootecnia. Núcleo de Monagas.

³Departamento de Agronomía. Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo de Monagas.

E-mail. ajespinozae@cantv.net y jmendezn@cantv.net * Autor para correspondencia

Recibido: 10/05/2006

Fin de arbitraje: 28/10/2006

Revisión recibida: 21/12/2006

Aceptado: 29/12/2006

RESUMEN

El objetivo fue determinar el tiempo de equilibrio de la deshidratación osmótica a vacío de mitades de durazno (*Prunus persica*). Las soluciones de inmersión se prepararon con 68 % de sacarosa, 0,2 % de ácido ascórbico y cloruro de calcio a las siguientes concentraciones 1, 3 y 5 %. La presión de vacío aplicada a las mitades de duraznos fue de 23 pulg de Hg por 5 min, cada 30 min, las primeras 8 h a temperatura ambiente, prosiguiendo el resto de la operación a presión atmosférica hasta 48 horas cuando las mitades alcanzaron el equilibrio osmótico. Se analizó el comportamiento de las mitades durante las 48 h, mediante un ANAVA y mediante ecuaciones de regresión se evaluaron los resultados de las variables % de pérdida de Humedad y actividad de agua (Aw) hasta alcanzar el equilibrio. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$), lo que reflejó que hubo efecto de los niveles de CaCl_2 sobre la actividad de agua (Aw) y el contenido de humedad de las mitades. La pérdida de humedad fue de aproximadamente 30 %, y se alcanzó una Aw de 0,85 para los tres tratamientos (1, 3 y 5 % CaCl_2).

Palabras clave: Deshidratación osmótica a vacío, cloruro de calcio, mitades de durazno.

ABSTRACT

Vacuum impregnation of foods implies the partial release of gases from inside the porous matrix of the product and its substitution by an external liquid or solution of preference. In this process the food is changed by physicochemical and structural means; therefore it is important to know which food product to use and how it is changed by the effect of the solutions, furthermore to know equilibrium time and the equipments needed to reach it. The objective was to determine the equilibrium time of vacuum osmotic dehydration of peach halves. The immersion solutions were prepared with 68 % of sucrose, 0.2 % of ascorbic acid and calcium chloride to the following concentrations 1, 3 and 5 %. The samples were then dehydrated applying a vacuum pressure of 23 in. Hg for the first eight (8) h every five minutes at atmospheric conditions, continuing the procedure during 48 h until the osmotic equilibrium were reached. The results of the dehydration effect during the operation were analyzed by means of ANOVA and of regression equations from the humidity loss (%) and water activity (Aw) until the equilibrium. Significant differences were observe among treatments ($P \leq 0.05$), the (1, 3 and 5 % CaCl_2) affected the humidity loss (%) and water activity (Aw) values. The halves lost 30 % of humidity and reached a water activity of 0.85 at the osmotic equilibrium which was reached after 48h.

Key words: Vacuum osmotic dehydration, CaCl_2 , Peach halves.

INTRODUCCIÓN

El aumento del consumo de frutas y hortalizas en el mundo y especialmente en los países desarrollados está forzando a la agroindustria a la aplicación de técnicas de conservación para obtener productos similares a los frescos que conserven sus propiedades nutricionales. La deshidratación osmótica es hoy una operación rutinaria de mucho uso en la

industria de alimentos. Es una técnica antigua que a través de la historia se ha venido conociendo sus principios, los cuales han sido mejorados y adecuados a las necesidades del hombre. Esta técnica ha sido aplicada en diversos productos vegetales como naranjas (Pérez y Chiralt, 2003), piña (Ramallo *et al.*, 2004), pimentón (Ade-Omowaye *et al.*, 2002), arándano (Sunjika y Raghavan, 2004) y otros. Además esta ganando considerable atención como un

método de procesamiento mínimo debido a ventajas tales como el ahorro de energía, uso de bajas temperaturas (20 - 50 ° C), evitar daños a productos termolábiles (Genina, 2001), como complemento al proceso de deshidratación, para mejor control de las pérdidas de sabor y daños en los tejidos, aunado a una mejor retención del color y de los nutrimentos (Khin *et al.* 2005).

La operación de deshidratación osmótica es una técnica aplicada a productos hortofrutícolas que permite reducir su contenido de humedad en incrementar su contenido de sólidos solubles (Spiazzi y Mascheroni, 2001) y consiste en la inmersión del alimento en una solución osmótica de actividad de agua (A_w) inferior a la suya (hipertónica) (Genina, 2001), lo que establece dos flujos en contra corriente (agua y soluto). Estos flujos se detendrán al alcanzarse el equilibrio en el sistema ($A_{w\text{alimento}} = A_{w\text{solución}}$) a un tiempo determinado (Atarés *et al.*, 2002). El proceso promueve la liberación de agua del material inmerso en la solución concentrada, mientras ocurre un ingreso simultáneo de soluto externo. Los mecanismos envueltos en el proceso de osmodeshidratación del tejido dependen de las estructuras tisulares. Las células externas pueden ser fácilmente impregnadas por la solución externa y la difusión del flujo en masa de agua y solutos ocurre también en los espacios intercelulares. El flujo en masa es promovido por la presión capilar en los procesos que ocurren a presión atmosférica (Chiralt y Fito, 2003).

La deshidratación osmótica utilizando vacío 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 las presión atmosférica es reestablecida los poros son extensamente inoculados con la solución externa y dependiendo del radio de compresión aplicado. Esto trae como consecuencia la disminución de la actividad de agua (A_w) del alimento, ya que si se utiliza una solución concentrada de soluto (solución osmótica), se obtiene un producto de humedad intermedia (AHI) (Ponting *et al.*, 1966; Chirife, 1982; Schwartz *et al.*, 1993; Raoult-Wack, 1994; Schwartz, 1999; Atarés *et al.*, 2002).

Dentro de las mejoras incorporadas al proceso de deshidratación osmótica está la disminución de la presión de trabajo por un determinado tiempo. Esto se

conoce como Mecanismo Hidrodinámico (MHD). El proceso consiste en promover el intercambio de gas o líquido presente en los poros de un producto por un líquido externo (Andrés y Fito, 1992; Campos *et al.*, 1993; Fito *et al.*, 1993; Shi, 1995; Pastor *et al.*, 1996; Navarro, 1998; Núñez, 1999; Vázquez y Roa, 1999).

La adición de sales de calcio a la solución osmótica aumenta ligeramente la pérdida de agua en el alimento y disminuye la ganancia de soluto. Este efecto se atribuye a una asociación de calcio (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura de la fruta y se crea un enlace tipo "unión cruzada" capaz de atenuar la difusión de azúcares hacia la fruta debido a un aumento de la tortuosidad y de la viscosidad local (Schwartz, 1999). Se ha comprobado que la adición de sustancias de bajo peso molecular tales como cloruro sódico, ácido málico, ácido clorhídrico, y cloruro de calcio en concentraciones de 1 a 5% a soluciones de azúcar mejora el proceso de deshidratación osmótica. Se adiciona cloruro de calcio a soluciones de sacarosa para mejorar la textura de las frutas tratadas por ósmosis (Casp y Abril, 1999), y además se incorporan los iones de calcio a la fruta, aumentando su concentración en la misma, que puede ser utilizado como una fuente de calcio.

Factores como naturaleza del alimento a deshidratar (tamaño del alimento), solución osmótica utilizada, condiciones de operación (presión sub-atmosférica), tratamiento previo al proceso de deshidratación (escaldado), pueden influir en el tiempo en el cual el alimento alcance el equilibrio osmótico con la solución osmoactiva. El objetivo fue determinar el tiempo de equilibrio de la deshidratación osmótica a vacío de mitades de durazno (*Prunas persica*) a diferentes concentraciones de cloruro de calcio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los duraznos utilizados en el ensayo cultivados en el Jarillo, estado Miranda se obtuvieron en un supermercado de la ciudad de Maturín, estado Monagas. Para la preparación de las soluciones osmóticas se utilizó azúcar refinada marca Montalban, producida por el Central EL Palmar, S.A., San Mateo, estado Aragua. Como fuente de Calcio se empleó Cloruro de Calcio (CaCl_2), producido por Riedel-de Haën, Alemania, y Ácido Ascórbico, elaborado por Fischer Chem Alert Guide, Estados Unidos, los cuales se utilizaron como inhibidores para

reducir las probables alteraciones enzimáticas de los duraznos.

Se seleccionaron muestras representativas de duraznos los cuales fueron pesados (Po), lavados, pelados (pelado químico sumergiendo los duraznos en solución de NaOH al 5% en ebullición por 1 minuto), cortados en mitades, pesados (Pf) nuevamente con el fin de calcular el rendimiento. Posteriormente se realizó un escaldado sumergiendo las mitades de duraznos en agua en ebullición (100 ° C) por un minuto, con el fin de inactivar las enzimas que puedan alterar el color y el aroma de los frutos durante la deshidratación, ablandar tejidos, eliminar oxígeno de los tejidos, resaltar el color y reducir la carga microbiana. Se utilizaron tres tipos de soluciones osmóticas, las cuales se prepararon con sacarosa al 68% (solutos osmóticos), ácido ascórbico al 0,2%, a tres diferentes niveles de cloruro de calcio (1, 3, y 5% CaCl₂).

Se sumergieron 40 lotes de tres mitades cada uno en cada una de las soluciones osmóticas preparadas, para un total de 120 mitades de duraznos, las cuales se colocaron en desecadores de vidrio de 10 litros de capacidad y conectados a una bomba de vacío Siemens tipo 1RF3052-4YF31 con una capacidad máxima de 30 pulg Hg. Se aplicó una presión de 23 pulg. Hg durante 5 minutos cada 30 min. por las primeras 8 horas del experimento a temperatura ambiente, prosiguiendo el resto de la operación a presión atmosférica hasta alcanzar el equilibrio osmótico entre las mitades y las soluciones. Los desecadores fueron colocados sobre planchas de calentamiento con agitadores magnéticos modelo SP4625, utilizando su máxima capacidad de operación (10 unidades de velocidad) con el fin de mantener las soluciones en agitación continua, y lograr que las mitades de duraznos estuvieran en contacto con toda la solución osmótica.

Transcurrida una hora del experimento, se tomaron muestras y se evaluó la Aw. Posteriormente se retiraron cada hora durante las primeras ocho (8) horas y en cada tiempo se les determinó la actividad de agua (Aw) utilizando un hidrómetro (AQUALAB Decagon Serie 3) hasta que las mitades alcanzaran el equilibrio osmótico.

Igualmente se retiraron 12 mitades previamente enumeradas (rotuladas) para ser pesadas y luego se devolvieron a sus respectivos desecadores, con el objetivo de determinar la pérdida de peso (%) y

observar la reducción del agua disponible. La toma de muestras se realizó de la siguiente manera: por cada hora se tomaban cuatro lotes (bloques) de tres mitades de duraznos, para un total de 12 unidades experimentales retiradas de los desecadores por cada solución.

La investigación se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Oriente Núcleo Monagas, *campus* los Guaritos.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar en arreglo factorial, tres tratamientos con tres niveles de CaCl₂ (1, 3 y 5 %) y diez períodos (tiempo de deshidratación) de estudio. Las variables dependientes (actividad de agua y porcentaje de pérdida de humedad) fueron analizadas mediante un análisis de varianza (ANAVA). Se realizó un análisis de regresión, utilizando modelos lineales, cuadráticos y cúbicos, y se reportan las ecuaciones de regresión para cada uno de los tratamientos en los diferentes períodos. El programa estadístico utilizado fue SPSS versión 13.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de duraznos pelados y cortados en mitades fue del 75 %.

Descenso de la Actividad de Agua (Aw)

Se observó un descenso de la Aw en las mitades de duraznos sometidas a los tres niveles de CaCl₂ (1, 3, y 5 %) (Figura 1). Se encontró que las mitades presentaron comportamiento similares durante las 48 horas de deshidratación. En las primeras 8 horas se observó el descenso lineal de la Aw con un valor aproximado de 0,92 para los tres tratamientos, disminuyendo la Aw de las mitades a un valor de aproximadamente 0,85 a las 48 horas hasta el equilibrio osmótico (Aw mitades = Aw solución). Una tendencia similar fue observada por Dávila y López (2005) trabajando con la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.), estos autores observaron la evolución de la Aw en función al tiempo a 40 y 50 ° C y determinaron que la Aw disminuye con el tiempo e indicaron que la evolución de la Aw en función al tiempo presenta un descenso gradual durante todo el experimento, probablemente porque el alimento inicialmente tiene alta Aw y las variaciones grandes de humedad la alteran ligeramente. Mientras que Giraldo *et al.* (2005) quienes estudiaron la cinética y

equilibrado del mango durante la deshidratación osmótica a presión atmosférica, con y sin pulso a vacío, usando soluciones de 35, 45, 55 y 65 ° Brix, encontraron que para los distintos casos, la igualdad en los valores de A_w de las muestras y las soluciones osmóticas ocurrió alrededor de las 72 horas de tratamiento y un poco más tarde para las muestras que fueron deshidratadas con soluciones a 65 ° Brix. Es destacable que la igualdad de A_w se estabilizó después de las 72 h entre muestras y soluciones. Los autores indicaron que una de las causas de este comportamiento pudo estar relacionada con la integridad y la actividad biológica de la estructura vegetal que se conservó todo el tratamiento. Atares *et al.* (2002), en la evaluación de la influencia del soluto en la deshidratación osmótica de manzana utilizando varias soluciones osmóticas de glucosa, sacarosa y trealosa señalan que durante 8 h. las muestras no alcanzaron el equilibrio termodinámico. A esta A_w (0,85), las mitades de duraznos se consideran un alimento de humedad intermedia, donde no hay crecimiento bacteriano y el pardeamiento enzimático es disminuido, debido a las sustancias osmoactivas que penetraron en las mitades, combinado con el escaldado que se practicó previamente, el cual

disminuyó la actividad de las enzimas que intervienen en el pardeamiento de la fruta.

El tamaño de las piezas sometidas al proceso de deshidratación osmótica, es importante para los efectos del proceso. Las piezas más pequeñas favorecen la pérdida de agua, disminuyendo el período de exposición, por la mayor superficie de contacto entre la fruta y la solución (Schwartz, 1999). En este caso, todas las mitades alcanzaron el equilibrio osmótico a las 48 horas, un tiempo mayor al establecido por otros autores revisados en la bibliografía. Esto se debió al tamaño de la pieza y a la matriz de la fruta, ya que es posible que la difusión del agua y del soluto haya sido difícil al interior de la fruta, por lo que se requirió más tiempo para que las piezas perdieran agua por efecto de las soluciones osmóticas.

Pérdida de humedad (%)

En la figura 2 se muestra la pérdida de humedad en las mitades sometidas a los tres niveles de CaCl_2 durante las 48 horas de deshidratación, observándose que la mayor pérdida se obtuvo en las

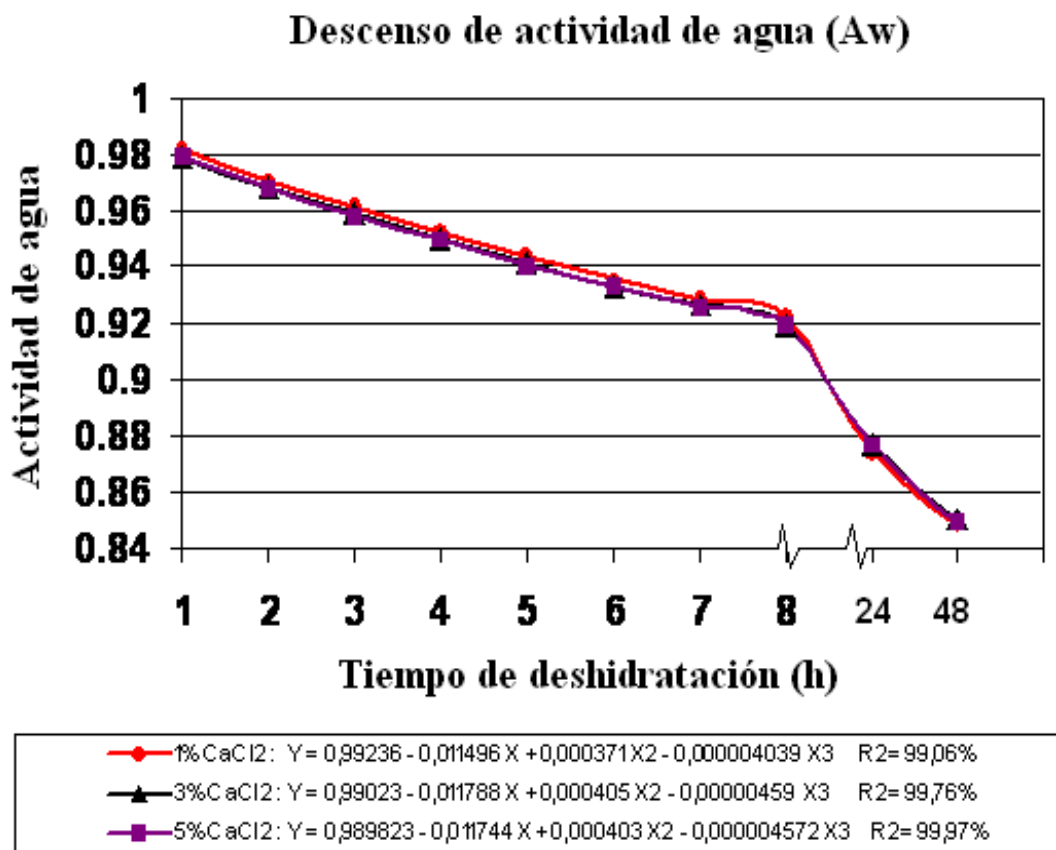


Figura 1. Descenso de la A_w en la deshidratación osmótica a vacío de mitades de duraznos (*Prunus persica*) sumergidas en tres tipos de soluciones osmóticas (1, 3 y 5 % CaCl_2) durante 48 horas de deshidratación.

mitades sumergidas en la solución osmótica con nivel de 5 % CaCl_2 , por las primeras 8 horas de deshidratación, con un porcentaje de pérdida de humedad de aproximadamente 29 %, en comparación con las mitades sumergidas en las soluciones con niveles de 1 y 3 % CaCl_2 , con una pérdida de humedad de aproximadamente 24 %. Resultados similares fueron observados por Zapata-Montoya *et al.* (2002) quienes realizaron un experimento para optimizar la relación jarabe/fruta y la concentración de una mezcla de sacarosa y cloruro de calcio (para la deshidratación osmótica de láminas de papaya hawaiana (*Carica papaya*) y encontraron que la pérdida de humedad dependió significativamente de la sacarosa, del CaCl_2 y de la relación jarabe/fruta, todos con efectos positivos sobre la pérdida de humedad, además se observó un efecto positivo del término cúbico del CaCl_2 . Bille *et al.* (2001) encontraron que el cloruro de calcio aceleró la pérdida de humedad del queso durante su procesamiento casi al nivel más bajo recomendado mientras en su ausencia resultó en un queso con una humedad cercana al nivel más alto recomendado. Mientras que Giraldo *et al.* (2005) estudiando la

cinética y equilibrado del mango durante la deshidratación osmótica a presión atmosférica, con y sin pulso a vacío, usando soluciones de 35, 45, 55 y 65 ° Brix, encontraron que en la mayoría de los casos, cuanto mayor es la concentración de la solución osmótica menor es la ganancia de sólidos y mayor es la pérdida de agua en la muestra, lo que contribuye a que tarde más en alcanzar la estabilidad.

Estas piezas siguieron perdiendo humedad por las 48 horas el resto del proceso, hasta llegar al equilibrio osmótico, con una pérdida de humedad de aproximadamente 30 % para los tres tratamientos. A pesar de que las mitades sumergidas en la solución osmótica 5 % CaCl_2 , tuvieron una pérdida de humedad mayor durante las primeras 8 horas, el equilibrio osmótico fue alcanzado en el mismo tiempo que las mitades sumergidas en las soluciones osmóticas 1 y 3 % CaCl_2 , posiblemente debido a la similitud de la actividad de agua que presentaron las soluciones preparadas, las cuales fueron 0,799; 0,791 y 0,787; con niveles de CaCl_2 de 1, 3 y 5 %, respectivamente.

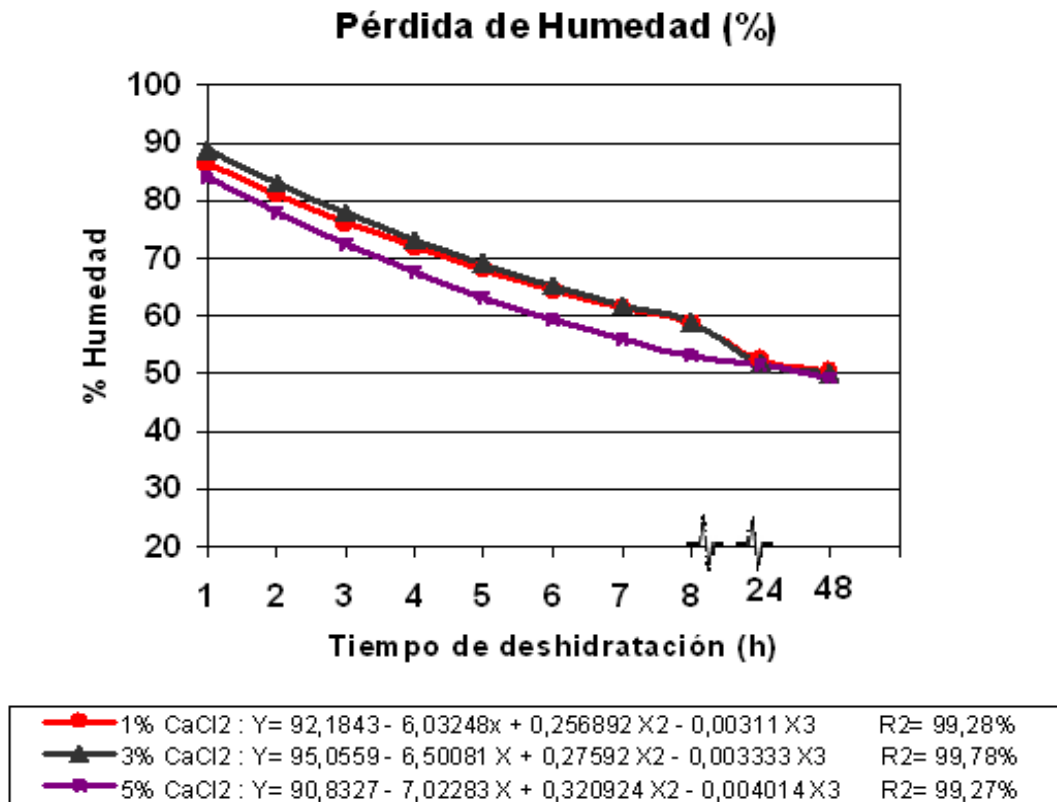


Figura 2. Pérdida de humedad (%) en la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) sumergidas en tres tipos de soluciones osmóticas (1, 3 y 5 % CaCl_2) durante 48 horas de deshidratación.

Por otra parte, la mayor pérdida de humedad ocurrió hasta las 8 horas. Resultados diferentes fueron indicados por Dávila-Solar y López-Ráez (2005) quienes analizaron los efectos de la temperatura y presión en la velocidad de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) y encontraron que el contenido de humedad de la piña fresca fue del 84,1 % llegando al 55 % a las cuatro horas de operación trabajando a vacío. Mientras que Giraldo *et al.* (2005) estudiando la cinética y equilibrio del mango encontraron que el equilibrio en las ganancias de sólidos solubles y pérdida de agua se alcanzó aproximadamente entre las 72 y 144 horas.

CONCLUSIONES

Las mitades de duraznos sumergidas en las diferentes soluciones alcanzaron el equilibrio osmótico a las 48 horas con un valor de $A_w = 0,85$. Se observó un efecto de los niveles de CaCl_2 sobre la actividad de agua (A_w) y el porcentaje de humedad de las mitades de duraznos. La pérdida de humedad fue de aproximadamente 30 % y se alcanzó una A_w de 0,85 para los tres tratamientos.

LITERATURA CITADA

- Ade Omowaye, B. I. O.; N. K. Rastogi; A. Angersbach and D. Knorr. 2002. Osmotic dehydration behavior of red paprika (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science* 67 (5): 1790-1796.
- Andres, A. and Fito, P. 1992. The hydronamic penetration mechanism (HDM) in some fruits in Isopow. Valencia. España.
- Atares, L.; González, M. y Chiralt, A. 2002. Influencia del soluto en la deshidratación osmótica de manzanas. II Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España. Documento en línea. <http://cesia.udl.es/tc/TE-22.pdf>. Fecha de Consulta: 02 de febrero de 2003
- Barbosa, G. 2000. Deshidratación de alimentos. Acribia. Zaragoza- España. 780 p.
- Bille, P.G.; P. Hiwelepo and E. L. Keya. 2001. Examining the need for the use of calcium chloride in the processing of Gouda cheese made from pasteurised milk. *The Journal of Food Technology in Africa* 6 (2): 44-47.
- Campos, E.; Serra, F. y Fito, P. 1993. Estudio de la deshidratación osmótica a vacío en truchas (*Salmo gairdneri*) cultivadas. *Anales Universidad Politécnica de Valencia*. España. 493-499.
- Casp, A. y Abril, J. 1999. Procesos y conservación de alimentos. Mundi Prensa. Zaragoza- España. 1200 p.
- Chafer, M., Perez, S., and Chiralt, A. 2003. Kinetics of solute gain and water loss during osmotic dehydration of orange slices. *Food Science and Technology International* 9 (6): 389-396.
- Chiralt, A., and Fito, P. 2003. Transport mechanism in osmotic dehydration: The role of structure. *Food Science and Technology International* 9 (3): 179-186.
- Chirife, J. 1982. Deshidratación osmótica de frutas. *Anales. Asociación Argentina de Tecnólogos de Alimentos*. p. 70-913.
- Dávila Solar, L. y L. López Ráez. 2005. Transferencia de masa en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de *Ananas comosus* L. Merr. "Piña". *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 8 (1): 07-12.
- Fito, P.; Andres, A. and Chiralt, A. 1993. Vacuum osmotic dehydration of fruits in minimal processing and process optimization. CRC. Press. 107- 121.
- Genina Soto, P. 2001. Deshidratación osmótica: alternativa para conservación de frutas tropicales. *Avance y Perspectiva*. 21: 321-324
- Giraldo G., G. A.; A.Chiralt B. y P. Fito M. 2005. Deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica*). Aplicación al escarchado. *Ingeniería y Competitividad* 7 (1): 44-55.
- Khin, M. M.; W. Zhou and C. Perera. 2005. Development in the combined treatment of coating and osmotic dehydration of food. *A Review. Int. J. Food Eng.* 1.1: Article 4. <http://bepress.com/ijfe/vol1/iss1/art4>. Fecha de consulta: 05 de mayo de 2006.

- Navarro, P. 1998. Optimización de la deshidratación osmótica al vacío en piñas mínimamente procesadas empleando la metodología de superficie de respuesta. Trabajo de Grado. Maestría- Postgrado de Tecnología de Alimentos. Núcleo de Anzoátegui. Universidad de Oriente. Mimeografía. 110 p.
- Núñez, M. 1999. Predicción de la cinética en la deshidratación osmótica a vacío de filetes de sardinas (*Sardinilla aurita*). Trabajo de ascenso. IUT "Jacinto Navarro Ballenilla". Carúpano. Venezuela. 156 p.
- Pastor, R.; Mata, M., y Fito, P. 1996. Deshidratación osmótica de manzanas. Anales Asoc. Dpto. de Tecnología de los Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España. 920 p.
- Pointing, V.; Watters, G.; Forrey, R.; Jackson, R. and Stanley, W. 1966. Osmotic dehydration of fruit. *Food Technology*. 20: 125-128.
- Raoult Wack, A. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science and Technology* 5: 255-260.
- Schwartz, M.; Valle, J.; Aguilera, J. y Sepúlveda, M. 1993. Conservación de frutas y hortalizas por métodos combinados. Departamento de Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencia Agronómicas. Universidad de Chile.
- Schwartz, M. 1999. Principios y aplicaciones de métodos de factores combinados en la transformación de frutas. II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 120 p.
- Shi, X. 1995. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Food Research International* 28 (5): 445-454.
- Spiazzi, E.A., y Mascheroni, R. 2001. Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. CIDCA. Serie A, 4.23-32.
- Sunjka, P.S. and Raghavan, G.S.V. 2004. Assessment of pretreatment methods and osmotic dehydration of cranberries. *Canadian Biosystem Engineering*. 46: 335-340
- Vázquez, O. y Roa, J. 1999. Estudio y caracterización de la deshidratación osmótica de duraznos a presión atmosférica y con Pulso de vacío. II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 179 p.
- Zapata Montoya, J. E.; L. M. Carvajal y N. Ospina. 2002. Efectos de la concentración de solutos y la relación jarabe/fruta sobre la cinética de deshidratación osmótica de papaya en láminas. *Interciencia* 27 (5): 236-242.