

Efecto del uso de alginato y cloruro de calcio (CaCl_2) en la cinética de deshidratación osmótica de la manzana (*Malus domestica Borkh*) variedad Anna

Óscar Lemus* / Fredy Suárez** / Jesús Antonio Galvis V.***

Fecha de envío: 8 de octubre de 2010

Fecha de aceptación: 21 de noviembre de 2010

RESUMEN

La tecnología de los métodos combinados, o de obstáculos en la deshidratación osmótica de frutas, permite obtener productos de alta calidad, con aumento de la estabilidad final, ya que disminuye la actividad del agua. En el presente trabajo se utilizaron soluciones de alginato y cloruro de calcio (CaCl_2) y se aplicaron en cubos de manzana (*Malus domestica Borkh*) variedad Anna como tratamiento previo a la osmódeshidratación en jarabe de sacarosa a 60 °Bx, con el fin de establecer el comportamiento cinético de los

parámetros de pérdida de agua, ganancia de sólidos y pérdida de masa. Se encontró que al aumentar la concentración de la solución de alginato y cloruro de calcio, la velocidad de pérdida de agua y pérdida de masa aumentó y que la velocidad de ganancia de sólidos por el producto disminuyó respecto a un testigo sin revestimientos.

Palabras clave: revestimientos comestibles, alginato, cloruro de calcio, cinética de osmódeshidratación.

* Ingeniero de Alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: olemus@uniagraria.edu.co.

** Ingeniero de Alimentos, Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: fsuarez@uniagraria.edu.co.

*** Ingeniero Agrícola. PhD en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Docente investigador, Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: jagalvisv@uniagraria.edu.co.

EFFECT OF THE ALGINATE AND CALCIUM CHLORIDE USE IN THE KINETICS OF THE OSMOTIC DEHYDRATION IN ANNA VARIETY APPLE (*MALUS DOMESTICA BORKH*)

ABSTRACT

Hurdle technology in the osmotic dehydration of fruits, allows obtaining products of high quality, with an increase of the final stability, since it reduces the water activity. In the present work, alginate and calcium chloride (CaCl₂) solutions were used and applied in apple chunks (*Malus domestica Borkh*) Anna variety, as a previous treatment to the osmotic dehydration in saccharose syrup at 60 °Bx with the purpose of establishing the kinetic behavior of water

loss, solid gain and mass loss parameters. It was found that increasing the concentration of the alginate and calcium chloride solutions, increases the water and mass loss rates and reduces the product's solid gain rate respecting to a witness without coatings.

Keywords: edible coats, alginate, calcium chloride, osmotic dehydration kinetics.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del manzano en Colombia ha aumentado su área en los últimos años, especialmente en los departamentos de Boyacá, Caldas, Quindío y Risaralda, y su tendencia es a aumentar, lo cual ha generado una mayor producción, que actualmente está siendo absorbida para el consumo en fresco. Sin embargo, se tiene la incertidumbre frente al hecho que la incorporación de nuevas áreas para el cultivo de esta planta pueda sobrepasar la demanda de la fruta en fresco. Ante esta expectativa, resulta necesario desarrollar estudios con el fin de ofrecer alternativas que permitan la industrialización del producto y abrir nuevos mercados tanto nacionales como externos. Una alternativa es la deshidratación.

El fruto de manzana variedad Anna es de tamaño mediano con peso aproximado de 200 g, de forma alargada, relación longitud-diámetro de alrededor 1,2; su piel es verde rojiza cuando está madura en un porcentaje que varía entre el 70% y el 95%. La pulpa es fibrosa suave y harinosa, con sabor dulce-ácido, de color blanco cremoso. La maduración del fruto es precoz (Molina, 1998). El fruto de esta variedad presenta alto contenido de azúcares (13-15 °Bx) y mediano nivel de ácidos, lo cual le confiere sabor dulce.

Mediante la aplicación de la deshidratación se alcanzan humedades finales en el producto, que varían entre 12% y el 25%; sin embargo, durante el proceso se pueden presentar cambios en muchos frutos en su sabor, color y textura. Además los costos energéticos son elevados.

La deshidratación osmótica constituye una etapa esencial en la elaboración de productos de frutas de la tecnología de obstáculos, ya que reduce la actividad de agua (A_w) del alimento, hasta valores que en combinación con una o varias barreras de obstáculos aumentan la estabilidad del producto.

Durante el proceso de osmodeshidratación se presenta flujo de agua desde el interior de la fruta hacia la solución y flujo de solutos en sentido contrario. Este último puede ocasionar la alteración del sabor de la fruta, siendo considerado en algunos casos una desventaja en el proceso, ya que afecta la similitud entre los productos obtenidos y la fruta en estado natural (Chiralt et ál., 2003; Lima et ál., 2004).

El empleo de revestimientos comestibles antes de someter la fruta a la osmodeshidratación puede disminuir la incorporación de solutos durante el proceso, favoreciendo la similitud del sabor entre la fruta procesada y la fruta fresca.

Diferentes revestimientos comestibles de alta afinidad con el agua y baja afinidad por el soluto han sido utilizados, permitiendo el flujo de agua desde la fruta hacia el jarabe, y reduciendo la incorporación del soluto en la fruta. Se han empleado soluciones de alginato de calcio o sodio o pectinas de baja metoxilación asociadas a iones de calcio (Herrera et ál., 2005; Azeredo et ál., 2000; Barat et ál., 2001; Chafer et ál., 2003).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la cinética de osmodeshidratación de cubos de manzana (*Malus domestica Borkh*) variedad Anna, revestidas con una solución de alginato y cloruro de calcio (CaCl_2) en dos concentraciones, y osmodeshidratada en una solución de sacarosa de 60 °Bx, con el fin de verificar la influencia de los revestimientos en los frutos osmóticamente deshidratados.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL

Se emplearon 100 frutos de manzana variedad Anna provenientes de un huerto tecnificado del municipio de Villa María (departamento de Caldas). El grado de

madurez de las manzanas fue: totalmente maduras, así como libres de defectos físicos, biológicos, mecánicos y fisiológicos.

MÉTODOS PROCESO

Las manzanas fueron lavadas y posteriormente desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio en concentración de 200 ppm. El pelado se realizó manualmente. Posteriormente fue realizado el corte en forma de cubos de 2 cm de arista. Luego del troceado, los frutos se sometieron a escaldado en agua a 70 °C por 10 min. Terminado el escaldado se formaron tres lotes:

1. Frutos sumergidos en solución de alginato al 1% y CaCl₂ al 2,4%.
2. Frutos sumergidos en solución de alginato al 2% y CaCl₂ al 3,5%.
3. Frutos a los cuales no se les aplicó solución de alginato y CaCl₂ (control).

Una vez obtenidas las soluciones de alginato y CaCl₂, los frutos de los lotes 1 y 2 fueron sumergidos por 3 min.

Posteriormente los frutos provenientes de los tratamientos con alginato y CaCl₂ y los frutos testigos fueron pesados, colocados en bolsas de polietileno calibre 4 por separado, y recibieron jarabe de sacarosa en concentración de 60 °Bx.

CÁLCULO DE LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

A los cubos de manzana se les hizo seguimiento cada 3 horas durante 15 horas, retirando muestras,

las cuales fueron pesadas y sometidas a la determinación de humedad en el determinador de humedad en base húmeda marca Ohaus. Cada muestra estuvo constituida por cinco cubos y se realizaron dos repeticiones.

Los valores de pérdida de agua (P_a), ganancia de sólidos (G. S.) y pérdida de masa (PM) fueron calculados respectivamente utilizando las siguientes ecuaciones:

$$P_a = \left[\frac{(X_0 * m_0) - (X_t * m_t)}{m_0} \right] \quad 1$$

$$G. S. = \left[\frac{(1 - (X_t * m_t)) + (1 - (X_0 * m_0))}{m} \right] \quad 2$$

$$PM = \left[\frac{(m_0 - m_t)}{m_0} \right] \quad 3$$

Donde

X₀: humedad inicial (BH)

X_t: humedad en el tiempo t (BH)

m₀: masa inicial

m_t: masa en el tiempo t

El comportamiento cinético de pérdida de humedad, pérdida de masa y ganancia de sólidos fue calculado ajustando el modelo (Azuares et ál., 1992) a los datos obtenidos experimentalmente, mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{t}{X} = \frac{1}{s (X_{eq})} + \frac{t}{X_{eq}} \quad 4$$

Donde

t: tiempo en horas

s: constante de velocidad de flujo

X_{eq} : valor de los flujos de agua, masa y sólidos en el equilibrio

X: valor de los flujos de agua, masa y sólidos para un tiempo t

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD (BH) Y LA MASA

La cinética de pérdida de agua, ganancia de sólidos y pérdida masa, de los frutos testigo y las tratadas con alginato y CaCl_2 se presentan en las figuras 1, 2 y 3. Los datos experimentales fueron ajustados mediante regresión lineal al modelo de Azuara (1994).

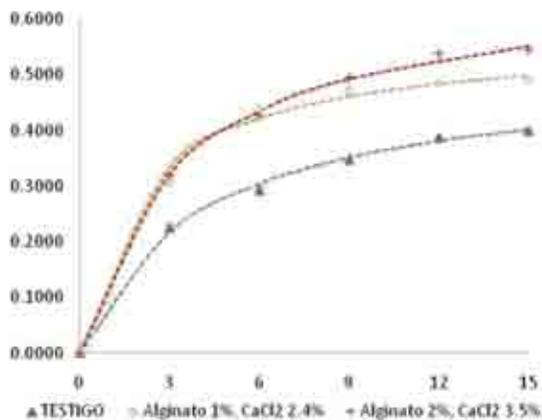


Figura 1. Pérdida de agua durante la osmodeshidratación de los frutos en un periodo de 15 horas

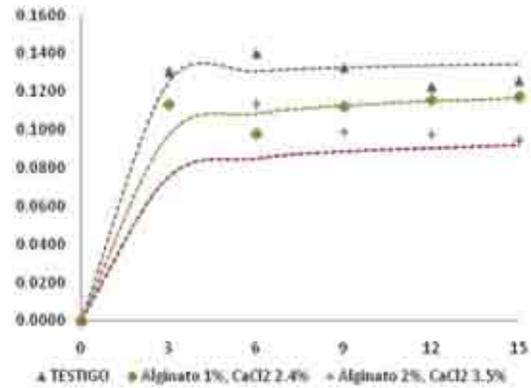


Figura 2. Ganancia de sólidos durante la osmodeshidratación de los frutos en un periodo de 15 horas

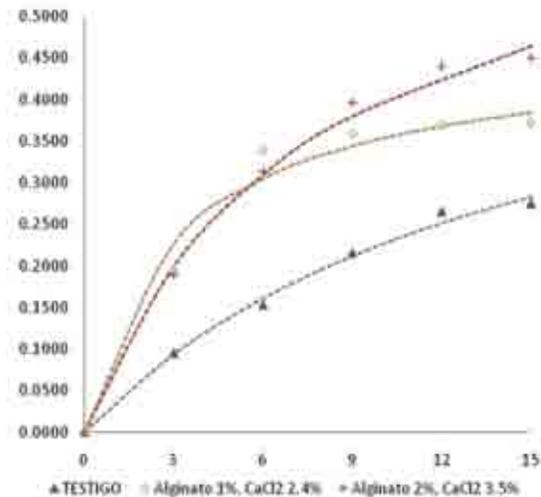


Figura 3. Pérdida de masa durante la osmodeshidratación de los frutos en un periodo de 15 horas

En la tabla 1 se presentan los valores calculados de los parámetros y de los coeficientes de determinación (R). Los valores de $R \geq 0,90$ indican que el modelo aplicado representa de manera eficiente los datos obtenidos experimentalmente de pérdida de humedad, pérdida de masa y ganancia de sólidos.

Tabla 1. Parámetros obtenidos del modelo de Azuara para cubos de manzana osmodeshidratados en jarabe de sacarosa de 60 °Bx

Pérdida de agua				
	S_1 (h ⁻¹)	$P_a \infty$	R ²	CD
Testigo	0,065	51,02	0,996	12,5
Trat. 1	0,301	56,87	0,995	10,2
Trat. 2	0,469	67,29	0,998	15,0
Ganancia de sólidos				
	S_2 (h ⁻¹)	GS	R ²	CD
Testigo	0,246	13,67	0,925	12,3
Trat. 1	1,282	12,22	0,999	11,9
Trat. 2	1,134	9,75	0,934	15,6
Pérdida de masa				
	S_3 (h ⁻¹)	PM ∞	R ²	CD
Testigo	0,1332	57,45	0,952	27,6
Trat. 1	0,315	46,54	0,973	15,3
Trat. 2	3,514	69,73	0,982	10,8

El comportamiento de los frutos de los tres tratamientos respecto a la pérdida de agua fue similar (figura 1). Las manzanas sin recubrimiento presentaron menor pérdida de agua. Se observa que los frutos con revestimiento de alginato al 2% y cloruro de calcio al 3,5% fueron los que presentaron las mayores pérdidas. Este comportamiento se explica si se considera la alta afinidad del alginato por el agua (Panagiotu et ál., 1999).

Las manzanas revestidas con alginato y CaCl₂ presentaron menor ganancia de sólidos en relación inversa a la concentración de alginato y cloruro de calcio. Este comportamiento es explicable ya que el

alginato presenta baja afinidad por el soluto (Tapia et ál., 1996). Las mayores pérdidas de masa se presentaron en las manzanas revestidas con alginato y cloruro de calcio, lo cual corresponde al resultado de la menor ganancia de sólidos.

La tabla 1 muestra que la constante de velocidad (s_1) de pérdida de agua de los frutos testigo presentó el menor valor respecto a los tratamientos con alginato y que a mayor concentración del revestimiento mayor es la constante. De igual manera, la constante de equilibrio (P_a) de los frutos testigo fue menor que la de los frutos con revestimiento, con lo cual se concluye que los revestimientos pueden producir mayor deshidratación en el producto para tiempos mayores de osmodeshidratación.

El mayor valor de la constante de velocidad de ganancia de sólidos (s_2) lo presentaron los frutos testigo y se observa que a mayor revestimiento, menor es el valor de s_2 . Este comportamiento permite señalar al revestimiento de alginato y CaCl₂ como una barrera a la sacarosa. La constante en el equilibrio de ganancia de sólidos (GS) fue del 40% mayor en los frutos testigo, respecto a los frutos con mayor recubrimiento de alginato y CaCl₂, lo cual indica que en un proceso de osmodeshidratación las frutas revestidas con estos compuestos alcanzarán el equilibrio con un contenido de sacarosa menor.

La constante de velocidad para la pérdida de masa (s_3) fue mayor en los frutos con revestimiento. En el equilibrio las pérdidas de masa (PM) alcanzaron valores mayores en las frutas con mayor revestimiento. Este comportamiento puede ser asociado a la relación que debe existir entre la pérdida de agua y la ganancia de sólidos.

El coeficiente de desempeño (CD), obtenido por la relación entre las pérdidas de agua y la ganancia de sólidos, presentó un valor mayor en las frutas con revestimiento. En las manzanas sin revestimiento este fue de 3,73, las manzanas con 1% de alginato y 2,4% de CaCl_2 alcanzaron un valor de 4,65 y los frutos con 2% de alginato y 3,5% de CaCl_2 el valor fue de 6,89. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Herrera et ál. (2005), quienes encontraron mayores valores de los CD en piñas revestidas con alginato.

CONCLUSIONES

El incremento en la concentración de soluciones de alginato y cloruro de calcio aumentó el comportamiento cinético de la manzana variedad Anna respecto a la pérdida de humedad y pérdida de masa. Las frutas tratadas con solución de 2% de alginato y 3,5% de CaCl_2 presentaron menor incorporación de sólidos sin alterar el flujo de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azeredo, H.M.C. & Jardine, J.G. (2000). Dehidratacao osmótica de abacaxi aplicada a tecnología de métodos combinados. En: *Ciencia e Tecnologia Alimentaria*. 20 (1), 74-82.
- Azuara, E.; Beristain, C.S., & García, H.S. (1992). Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration. In: *Journal Food science Technology*. 29 (4), 239-242.
- Barat, J.M.; Chiralt, A. & Fito, P. (2001). Effect of osmotic solution concentration, temperature and vacuum impregnation pretreatment on osmotic kinetics of apple slices. In: *Food Science Technology International*. 7 (5), 451-456.
- Chafer, M.; Perez, S. & Chiralt, A. (2003). Kinetics of solute gain and water loss during osmotic dehydration of orange slices. In: *Food Science and Technology International*. 9 (6), pp. 389-396.
- Chiralt, A. & Fito, P. (2003). Transport mechanism in osmotic dehydration. The role of structure. In: *Food Science and Technology International*. 9 (3), 179-186.
- Giraldo, G.A.; Chiralt, B., & Fito, P. (2005). Deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica*). Aplicación al escarchado. En: *Ingeniería y Competitividad*. 7 (81), 44-55.
- Herrera, R.P. et ál. (2005). Aplicacao de revestimento comestible em abacaxis procesados por métodos combinados: Isoterma de sorcao e cinética de desidratacao osmótica. En: *Ciencia e Tecnologia Alimentaria*. 25 (2), 285-290.
- Lima, A.S. et ál. (2004). Estudo das variaveis de processo sobre a cinética de desidratacao osmótica de melao. En: *Ciencia e Tecnologia Alimentaria*. 24 (2), 282-286.
- Panagiotou, N.M.; Karathanos, V.T. & Maroulis, Z.B. (1999). Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits. In: *Drying Technology*. 17, 175-189.
- Tapia de Daza, M.S.; Alzamora, S.M., & Chanes, J.W. (1996). Combination of preservation factors applied to minimal processing of food. In: *Critical Review Science Nutrition*. 36 (6), 629-659.
- Zapata-Montoya, J.E.; Carvajal, L.M. & Ospina, N. (2002). Efecto de la concentración de solutos y la relación fruta/jarabe sobre la cinética de deshidratación osmótica de papaya en lámina. En: *Interciencia*. 2.