

Artículo científico

Conserva de mango (*Mangifera indica* L.) por deshidratación combinada**Mango preserved (*Mangifera indica* L.) by combined dehydration**

E.F. Sluka

Cátedra de Industrias Agrícolas. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán.
Av. Néstor Kirchner 1900, (4000), San Miguel de Tucumán, Tucumán.

Autor de correspondencia: esteban@faz.unt.edu.ar

Resumen

La conservación de alimentos por métodos combinados es una alternativa de procesamiento que permite mantener las cualidades organolépticas en el producto final. El objetivo de este trabajo fue conservar y estudiar la cinética de secado por aire caliente de cubos de mango (*Mangifera indica* L.) pretratados osmóticamente al vacío, a diferentes temperaturas del jarabe. Para conservar mango se aplicaron dos técnicas de deshidratación en forma combinada; la deshidratación osmótica al vacío seguida del secado por aire caliente. El proceso osmótico se realizó con un evaporador rotatorio al vacío utilizando como soluto una mezcla de sacarosa (55%) y glucosa (15%) a 30, 40 y 50 °C de temperatura de baño. Para verificar el efecto de los solutos sobre la osmodeshidratación se tomó como variable de respuesta la pérdida de agua y la ganancia de azúcar calculadas para cada ensayo. Terminado el pretratamiento osmótico, las muestras se secaron por convección forzada a 65-70 °C de temperatura hasta una humedad final de 20%. Para determinar la influencia de la osmodeshidratación sobre la cinética de secado por aire caliente, se realizó un análisis de varianza, tomando como variable independiente y de respuesta, el tiempo y la humedad media en base seca del producto respectivamente. Se concluye que la osmodeshidratación a 40 °C, facilita una pérdida de agua de 45% y ganancia de solutos de 15% facilitando la velocidad del secado convectivo hasta la humedad final en un tiempo de 2 horas 45 minutos.

Palabras clave: mango, método combinado, conservación, economía.

Abstract

Food preservation by combined methods is an alternative less intense processing, that allows to maintain the organoleptic qualities of the final product. The objective of this work was to preserve and study the kinetics of hot air drying of mango cubes (*Mangifera indica* L.) osmotically pretreated vacuum at different temperatures syrup. To preserve dehydration handle two techniques were applied in combination; vacuum osmotic dehydration followed by hot air drying. The osmotic process was performed using a vacuum rotary evaporator solute using a mixture of sucrose (55%) and glucose (15%) at 30, 40 and 50 °C bath temperature. To verify the effect of the solutes on osmotic dehydration water loss and sugar gain were taken as the response variables calculated for each trial. Osmotic pretreatment completed, the samples were dried by forced convection temperature at 65-70 °C to a final moisture of 20%. To determine the influence of osmotic dehydration on the kinetics of hot air drying, an analysis of variance was performed using time as the response independent variable and average dry basis moisture of the product respectively. We conclude that osmodeshidratación at 40 °C, provides a loss of 45% water and solutes gain 15% speed facilitating convective drying to final moisture in a time of 2 hours 45 minutes.

Keywords: mango, combined method, conservation, economy.

Introducción

El mango es una fruta tropical muy apetecible por su sabor, aroma, color y valor nutritivo. Contiene una cantidad importante de hidratos de carbono por lo tanto un alto valor energético, es rico en magnesio y vitamina C.

En nuestro país la región del NOA presenta ca-

racterísticas agroecológicas aptas para su cultivo, con excelente perspectivas de crecimiento, especialmente en el pedemonte de Salta y Jujuy. En la actualidad, existen unas 500 ha, con una producción promedio de 15 t/ha y un promedio anual de 7.500 t, con un ingreso bruto de U\$S 37.500.000 (INTA, 2012).

Debido a su elevado contenido de agua es un

producto perecedero, cuyo almacenamiento por largos periodos de tiempo puede lograrse a través de procedimientos que disminuyan la actividad del agua a un nivel inferior a aquél en el que se puedan desarrollar de manera importante reacciones de deterioro. Actualmente la producción se destina en su totalidad al consumo fresco.

El empleo de métodos combinados en la conservación de frutas y hortalizas constituye una tendencia para lograr productos relativamente estables y lo más similares en sus características sensoriales y nutritivas al producto fresco.

La aplicación de la deshidratación osmótica, seguida del secado por aire caliente en el procesado de frutas y hortalizas, presenta numerosas ventajas con respecto a los tratamientos tradicionales y su estudio es primordial para la obtención de un producto deshidratado de buena calidad (Spiazzi y Mascheroni, 2001).

Las investigaciones adelantadas han determinado que existen varios factores que influyen en la velocidad de deshidratación osmótica. Estos factores están estrechamente relacionados con las características propias de la fruta, del jarabe, y de las condiciones en que se pongan en contacto estos componentes de la mezcla (Le Maguer *et al.*, 2003).

La realización del secado osmótico bajo condiciones de presión reducida (vacío), presenta algunas ventajas sobre el proceso en condiciones de presión atmosférica normal. En primer lugar, el desaireado del tejido vegetal permite la penetración más rápida del almíbar hacia los espacios intercelulares, acelerando el proceso de extracción de agua. Evidencia experimental de este hecho, se encuentra en las investigaciones de científicos españoles (Fito *et al.*, 1992; Riva *et al.*, 2005). De acuerdo a los citados autores, es posible acelerar entre 20 y 30% el proceso de deshidratación osmótica, operando bajo vacío, siendo la mejora, dependiente de la porosidad de la fruta, la cual es una característica intrínseca de cada especie. El proceso de infusión de azúcar por otra parte, no resulta afectado por el uso de baja presión. Una segunda ventaja de la operación al vacío, es la evaporación de agua que ocurre desde el almíbar como consecuencia de la baja presión. Esta evaporación permite mantener la concentración de azúcar del almíbar, evitando de esta forma su dilución y manteniendo la tasa de extracción de agua desde la fruta. Es necesario por lo tanto, contar con un sistema de vacío en que sea posible condensar el vapor de agua generado. Los secadores osmóticos al vacío como los que serán utilizados para

este proyecto, cuentan con este sistema e incluyen además un calentador de almíbar, con el cual puede operar a 30-50 °C, temperatura a la que los procesos de deshidratación osmótica e infusión de azúcar se aceleran. El aumento de la temperatura del sistema produce cambios en la permeabilidad de la pared celular y en la fluidez del jarabe (Le Maguer *et al.*, 2003).

El proceso de deshidratación osmótica al vacío realiza la función de concentración del azúcar en el mismo equipo, por lo tanto la línea no requiere de un concentrador adicional para procesar el almíbar diluido.

Utilizando este método es posible reducir hasta un 50% el peso inicial de las frutas, y por ende el tiempo necesario de secado con aire caliente, lo que representa un ahorro energético (Matusek y Meresz, 2002). En circunstancias, el aumento de temperatura por calentamiento del sistema y la baja agitación produce un incremento de sólidos superior a 30% (Zapata Montoya y Castro Quintero, 1999).

El objetivo de este trabajo fue conservar y estudiar la cinética de secado por aire caliente de cubos de mango pretratados osmóticamente al vacío, a diferentes temperaturas del jarabe.

Materiales y métodos

Se trabajó con frutos de mango var. 'Tommy Atkins', los cuales se encontraban fisiológicamente maduros y con buen estado fitosanitario (Tabla 1).

Los frutos fueron seleccionados, lavados, pelados, desmolidos y cubeteados, para finalmente ser sometidos al deshidratado osmótico y posterior secado con circulación forzada de aire. Al inicio y durante el proceso de deshidratación osmótica y secado convectivo, los cubos de mango fueron caracterizados química y físicamente determinando el contenido de sólidos solubles totales expresados como grados Brix y su contenido de humedad.

En la Figura 1 se observa el diagrama de flujo de la metodología propuesta.

Deshidratación osmótica

Para deshidratar los cubos de mango se aplicaron dos técnicas de preservación de forma combinada; la deshidratación osmótica a vacío constante seguida del secado convectivo con circulación forzada de aire.

El proceso osmótico se realizó en un evaporador rotatorio al vacío marca Decalab Fbr de 1000 cm³ de capacidad, empleando una relación de 100 g de

Tabla 1. Índices de madurez del mango var. ‘Tommy Atkins’

Estado de madurez	Color de piel	Color de la pulpa	Aroma	Sabor	Textura	Apariencia	Peso pulpa (g)	Peso total (g)	% pulpa
Muy verde	verde	verde claro	casi nada	desabrido	muy dura	liso	474	600	79,00
Verde	verde amarillento	verde amarillento	poco	ácido	dura	liso	114	183	62,30
Pintón	con manchas verdes	amarillo	medio	agridulce	dura	liso rugoso	133	222	59,91
Maduro	amarillo	amarillo	intenso	dulce	suave	liso rugoso	161	239	67,36
Sobremaduro	naranja amarillento	naranja amarillento	muy intenso	dulce	muy suave	muy rugoso	161	207	77,78

muestra por cada 400 g de una solución de sacarosa (55%) y glucosa (15%).

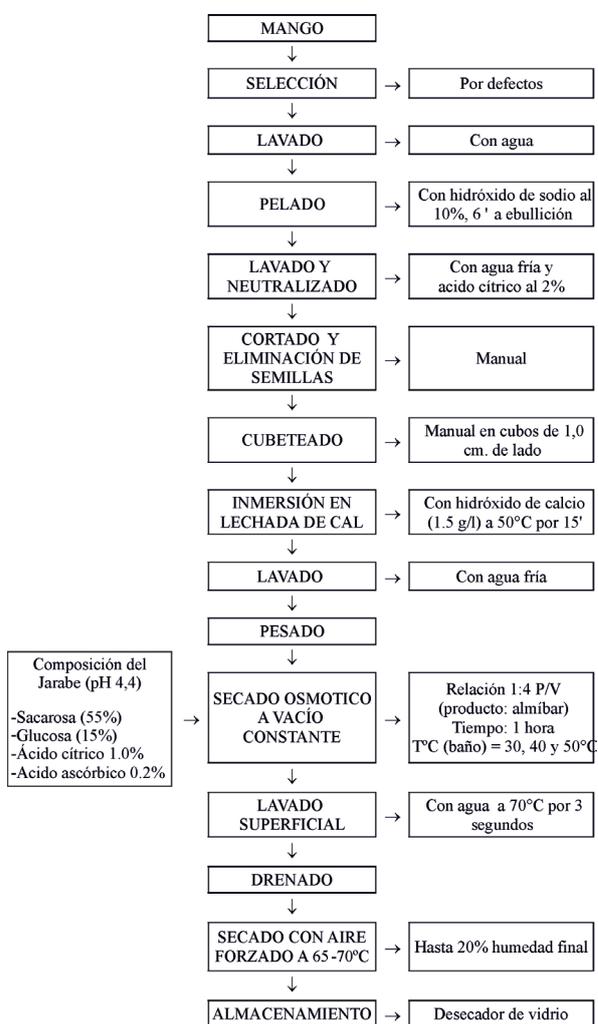


Figura 1. Diagrama de flujo de deshidratación osmótica y secado convectivo de cubos de mango.

Se trabajó con distintas temperaturas del jarabe (30, 40 y 50 °C), empleando un régimen de vacío continuo de 60 cm Hg, una velocidad de rotación de 30 rpm y un tiempo de procesamiento de 1 hora. La determinación de sólidos solubles se realizó con refractómetro manual en función de los tiempos de secado.

Para verificar el efecto de la temperatura sobre la osmodeshidratación al vacío se tomó como variable de respuesta la pérdida de agua (WL) y la ganancia de azúcar (SG) calculadas para cada ensayo según (Cabrera Rodríguez *et al.*, 2008):

$$SG = \frac{(Mf \cdot Xsf) - (Mo \cdot Xso)}{Mo}$$

$$WL = \frac{(Mo \cdot Xwo) - (Mf \cdot Xwf)}{Mo}$$

$$WR = \frac{Mo - Mf}{Mo}$$

Dónde:

SG: ganancia de azúcar (g)

WL: pérdida de agua (g)

Mf: masa final de la muestra (g)

Mo: masa inicial de la muestra (g)

Xso: fracción másica inicial de sólidos solubles

Xsf: fracción másica final de sólidos solubles

Xwo: fracción másica inicial de agua

Xwf: fracción másica final de agua

WR: pérdida de agua

WC: humedad inicial (%)

SS: sólidos solubles (°Bx)

Secado convectivo

Terminado el pretratamiento osmótico, las muestras se secaron en el interior de una cámara de un secador directo por convección forzada, atravesando los cubos de mango con un brochette de madera y separados los mismos 1 cm de distancia, de forma tal que el producto quedara libre para el intercambio con un flujo de aire a 65-70 °C de temperatura con una velocidad de 2 m/s. La velocidad del aire se midió con un anemómetro digital Skywatch Atmos. El peso de las muestras fue registrado durante la operación de secado empleando una balanza de precisión y el proceso

se detuvo cuando su humedad alcanzó un valor próximo a 20% en base húmeda.

Se realizaron 3 repeticiones para cada tratamiento de deshidratación osmótica y secado convectivo. La información obtenida de las variables WL, SG y WR del producto final, se evaluaron mediante análisis de varianza. Se trabajó con un nivel de significancia del 5%.

Resultados y discusión

Deshidratación osmótica al vacío

De acuerdo a los valores de la Tabla 2, podemos inferir que la pérdida de agua durante dicho proceso es del orden del 45% aproximadamente del producto original (WC inicial = 80,7%).

Tabla 2. Pérdidas de agua (WL) extraídas de las muestras expresadas en gramos por hora.

T°C	Mo	Mf	Xwo	Xwf	WL
30°C	100,20	74,00	0,8070	0,5078	0,43
40°C	99,80	71,00	0,8070	0,5018	0,45
50°C	100,50	70,00	0,8070	0,4838	0,47

De acuerdo a los valores de la Tabla 3, podemos deducir que la ganancia de solutos durante dicho proceso es del orden de un 18%, a 50°C del producto fresco (SS inicial = 16%).

Tabla 3. Ganancia de solutos de las muestras (SG) expresada como gramos por hora.

T°C	Mo	Mf	Xso	Xsf	SG
30°C	100,20	74,00	0,16	0,35	0,10
40°C	99,80	71,00	0,16	0,44	0,15
50°C	100,50	70,00	0,16	0,49	0,18

Los análisis de la varianza revelaron que la variación de temperatura a régimen de vacío constante influye significativamente en la ganancia de soluto y en la pérdida de agua, con un 95% de confiabilidad.

Los factores que inciden en la pérdida de agua y la ganancia de solutos durante el proceso de osmódeshidratación están relacionados con el tiempo, aumento de la temperatura, la agitación del sistema y la aplicación del grado de vacío continuo.

El aumento de la temperatura del sistema va a producir cambios en la permeabilidad de la pared celular y en la fluidez del jarabe. Este comportamiento coincide con la literatura consultada al respecto, que plantea que la elevación de la temperatura incrementa la permeabilidad celular lo cual facilita la salida de agua de las membranas celulares, y reduce el transporte de masa en la superficie

del producto al disminuir la viscosidad del medio osmótico (Le Maguer *et al.*, 2003).

Si el sistema es agitado, el agua que ha salido es retirada del contacto y vecindario de la pared y será reemplazada por jarabe concentrado que permitirá el nuevo establecimiento de una alta diferencia de concentración y por ende un aumento en la velocidad de deshidratación (Lazarides, 2004).

La disminución de la presión atmosférica mediante aplicación de vacío al sistema permite la salida de gases ocluidos en el interior de las paredes de la fruta los cuales son una barrera para la osmódeshidratación. Además la disminución de la presión permite una salida más rápida del agua por la ausencia parcial de la barrera que ejerce la fuerza de la gravedad sobre la pared celular (Fito y Pastor, 1994).

Secado convectivo

Para la obtención del modelo cinético del proceso de secado, se realizaron pruebas de secado de cubos de mango pretratado osmóticamente en estufa con circulación forzada de aire a temperaturas de 65°C-70°C, conservando constantes su humedad relativa a 50% y velocidad a 2 m/s. El mango tenía como promedio una humedad inicial de 45% (WR = 0,45), y se realizaron mediciones de pérdida de agua a intervalos de 15 minutos hasta completar un periodo de 3 horas.

En la Figura 2, se establecen las distintas curvas normales de secado, para las diferentes temperaturas del baño.

De acuerdo a la gráfica, durante el proceso de secado convectivo se observan curvas semejantes, lo que evidencia que no existe influencia significativa de las variaciones de temperatura del baño sobre la cinética de secado con aire caliente y por tanto en la velocidad de secado. Todo parece indicar que las diferentes condiciones a la que se sometió la fruta durante el proceso osmótico provocaron transformaciones en la estructura y que el proceso de difusión que tuvo lugar durante el secado con aire caliente se produjo a través de mecanismos similares.

Las curvas de secado indican un marcado periodo de velocidad constante, observándose prácticamente la no existencia de un periodo de velocidad decreciente. Esto se relaciona con el trozado del producto que aumenta la relación superficie/volumen, la temperatura del baño (preescaldado) que favorece la permeabilidad celular y al vacío aplicado en el pretratamiento osmótico que permite la salida de gases ocluidos del interior de los

poros de la fruta y la entrada de jarabe aumentando la superficie de contacto sólido-líquido, lo que favorece el transporte de agua por el mecanismo osmótico (Casp y Abril, 1999).

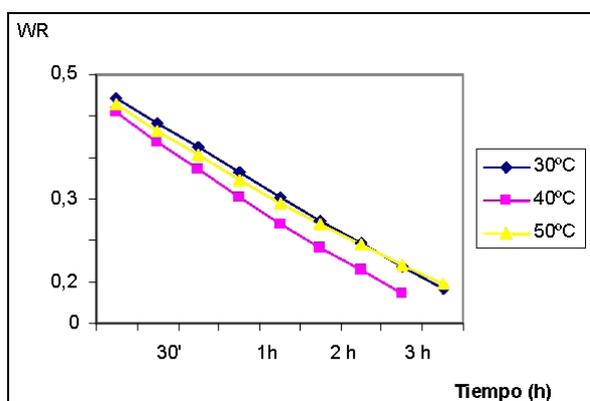


Figura 2. Curvas normales de secado, para las diferentes temperaturas del baño. WR: Pérdida de agua.

Es necesario destacar que durante el secado se observó en los distintos tratamientos la contracción del volumen de los cubos de mango concomitante con el cambio de la estructura del tejido de sostén debido a la pérdida de agua. La variación del volumen del tejido durante la deshidratación (contracción) se considera como un frente móvil que retrocede desde la superficie de contacto con la solución osmótica siendo más pronunciada a mayor temperatura (Kaymak-Ertekin y Sultanoglu, 2001).

Observando cada una de las curvas se puede inferir que las pérdidas de humedad serían mayores y como consecuencia un menor tiempo de secado a una temperatura del baño de 40°C. Esto está directamente relacionado con la menor pérdida de estructura del producto por acción de la temperatura y al efecto de la misma sobre la viscosidad del jarabe que conducen a variaciones en los mecanismos difusionales (Panadés *et al.*, 2006; Panagiotou *et al.*, 1998).

Conclusión

Los resultados indican que el régimen de vacío continuo y la temperatura del jarabe influyen en la deshidratación osmótica y posterior secado convectivo de cubos de mangos.

Se concluye que la temperatura óptima del jarabe en el pretratamiento osmótico es de 40°C, ya que facilita la salida de agua de las membranas celulares, y al no producir cambios significativos en la estructura de los tejidos aumenta la velocidad del secado convectivo.

Referencias bibliográficas

- Cabrera Rodríguez E., Panadés A.G., Viera Cruz L. (2008). Secado convectivo de guayaba deshidratada. *La Alimentación Latinoamericana* 276: 80-84.
- Casp A., Abril J. (1999). Procesos de conservación de alimentos. Mundi-Prensa, Madrid, p. 494.
- Fito P., Shi X.Q., Chiralt A., Acosta E., Andrés A. (1992). The influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration on some fruits. En: *Proceedings of ISOPOW-V: water in foods*. Fito P., Mulet A. (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, pp. 66-73.
- Fito P., Pastor R. (1994). On some non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering* 21:513-519.
- INTA (2012) http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2012/07/153_FRUTAS.pdf. consulta: febrero 2015.
- Kaymak-Ertekin F., Sultanoglu M. (2001). Modelling of mass transfer during dehydration of apples. *Journal of Food Engineering* 46: 243-250.
- Lazarides H.N. (2004). Osmotic preconcentration: Developments and prospects. En: *Minimal Processing of foods and process optimization*. Singh R.P., Oliveira F.A. (Eds.). CRC Press, London, pp. 73-85.
- Le Maguer M., Shi J., Fernández C. (2003). Mass transfer behavior of plant tissues during osmotic dehydration. *Food Science and Technology International* 9: 187-192.
- Matusek A., Meresz P. (2002). Modeling of sugar transfer during osmotic dehydration of carrots. *Periodica Polytechnica. Serie Chemical Engineering* 46: 83-92.
- Panadés G., Fito P., Aguiar Y., Núñez M., Acosta V. (2006). Osmotic dehydration of guaba: influence of operating parameters on process kinetics. *Journal of Food Engineering* 72: 383-389.
- Panagiotou N., Karathanos V., Maroulis Z. (1998). Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *Food Science and Technology International* 33: 267-284.
- Riva M., Campolongo S., Avitabile A., Maestrelli A., Torreggiani D. (2005). Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Research International* 38: 533-542.
- Spiazzi E. A., Mascheroni R. (2001). Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. *MAT-Serie A* 4: 23-32.
- Vega A., Fito P. (2005). Modelado de La cinética de secado del pimiento rojo (*Capsicum annum l. cv lamuyo*). *Información Tecnológica* 16: 3-11.
- Zapata Montoya E. H., Castro Quintero G. (1999). Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 52: 451-466.
- INTA 2012. Frutos en expansión. En: *INTA informa*, http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2012/07/153_FRUTAS.pdf, consulta: febrero 2015.