

31TCA. CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE CIRUELAS D'ENTÉ (*Prunus Doméstica L.*)

RODRIGUEZ M. M.^{1,2,3}, MASCHERONI R. H.^{4,5}, PAGANO A. M.^{2,3}

¹CONICET, UNLP-UNICEN – ²TECSE, Fac. Ingeniería, UNICEN, Olavarría, Buenos Aires – Argentina – ³Programa Institucional ALIMENTOS – UNICEN
⁴CIDCA (CONICET La Plata - UNLP) – ⁵MODIAL, Fac. Ingeniería, UNLP, La Plata – Argentina

Resumen: El propósito del presente trabajo fue estudiar la cinética de deshidratación osmótica de ciruelas D'Enté (*Prunus doméstica L.*) evaluando el efecto de la concentración de la solución osmótica, el tipo de soluto, la temperatura, la relación fruta/solución y el tiempo de procesamiento sobre la humedad y el contenido de sólidos solubles. Fueron utilizadas para la deshidratación soluciones hipertónicas de jarabe de glucosa y sorbitol al 40 y 60% p/p durante 2 h a temperaturas de 25 y 40°C y con relaciones de fruta a agente osmótico de 1/4 y 1/10. El análisis de la varianza indicó que a diferencia de la temperatura del tratamiento osmótico, todas las variables ejercieron un efecto significativo sobre la humedad y el contenido de sólidos solubles de las ciruelas.

1. Introducción:

Las ciruelas tienen un alto valor nutritivo, siendo una excelente fuente de vitaminas (A y C), minerales (calcio, magnesio, hierro, potasio) y fibra. Del mismo modo que otras frutas, son ricas en carbohidratos y presentan bajo contenido graso y calórico (Doymaz, 2004). Poseen una alta actividad antioxidante dada por sus componentes polifenólicos (ácido hidroxycinámico, ácido clorogénico, ácido neoclorogénico, flavonoides y antocianinas (Chun and Kim, 2004).

Las ciruelas son muy perecederas y, dependiendo del cultivar, sólo pueden tener una vida comercial de 2 a 6 semanas, incluso cuando se almacenan a 0°C, debido a la aparición de desórdenes fisiológicos como pardeamiento interno y la formación de gel (Guerra and Casquero, 2008).

En los últimos años, el proceso de deshidratación osmótica (DO) ha sido considerado como una herramienta importante para la conservación de frutas y el desarrollo de nuevos productos (Falade and Igbeka, 2007; Lombard et al., 2008). Esta técnica permite eliminar en forma parcial el agua de los alimentos mediante el uso de un tratamiento térmico suave y con bajo consumo de energía. La DO combinada con otras técnicas de conservación puede proporcionar productos estables con características nutricionales y sensoriales similares a los frescos (Pereira et al., 2007; Torres et al., 2006; Pino et al., 2008).

La deshidratación osmótica es usualmente aplicada para reducir la actividad de agua por reducción del contenido de agua y por la incorporación de sal o azúcar proveniente de la solución osmótica para atrapar las moléculas de agua (Falade and Igbeka, 2007; Castelló et al., 2010; Correa et al., 2010). La velocidad de pérdida de agua del producto y los cambios en su composición química dependen de la naturaleza y del tamaño del producto a deshidratar, del tipo y la concentración del agente osmótico, de la relación fruta/jarabe, de la presión (atmosférica o vacío), de la temperatura y del tiempo de proceso. En general, durante las dos primeras horas de contacto entre el fruto y el jarabe se logra una alta velocidad de eliminación de agua, luego de este período la velocidad empieza a decrecer debido a una menor diferencia de presión osmótica y a una mayor resistencia a la transferencia de masa en esta etapa del proceso (Barbosa-Cánovas et al., 2000). El objetivo

es hallar las condiciones experimentales óptimas que permitan disminuir el contenido acuoso con la menor incorporación de sólidos posible para no modificar las características sensoriales con respecto al producto fresco (Ramallo and Mascheroni, 2005; Vieira et al., 2010).

La incorporación de ciruelas deshidratadas como materia prima a diversos alimentos (como yogures, helados, pastelería, barras de cereales y snacks, etc.) permite obtener un producto con valor agregado y con aportes benéficos para la salud, por tratarse de un alimento funcional, que en forma natural o procesada, aporta nutrientes y contiene componentes adicionales que favorecen a la salud de los consumidores del producto (Franklin et al., 2006; Piirainen et al., 2007; Gallaher and Gallaher, 2008).

2. Objetivo:

El objetivo del presente trabajo es analizar la cinética de deshidratación osmótica de las ciruelas D'Enté, evaluando el efecto de las condiciones experimentales (tipo de soluto, concentración de la solución osmótica, la temperatura, la relación fruta/solución y el tiempo de procesamiento) sobre las variables características del proceso: humedad y contenido de sólidos solubles.

3. Metodología:

Caracterización y preparación de las muestras

Para el desarrollo del diseño experimental se trabajó con ciruelas frescas de la variedad D'Enté (*Prunus doméstica* L.). Las ciruelas se seleccionaron por tamaño y calidad, se lavaron y secaron con papel absorbente, se descrozaron y finalmente se cortaron manualmente en porciones de $\frac{1}{8}$ (peso promedio 2.37 ± 0.38 g).

La humedad inicial de la fruta fue de 79.94 ± 5.42 % b.h., expresada en porcentaje base húmeda; y el contenido inicial de sólidos solubles fue de 18.75 ± 1.48 °Brix determinado con refractómetro Abbe (precisión ± 0.01) (AOAC, 1980).

Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica se llevó a cabo durante 2 h por inmersión de las muestras en soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol, preparadas al 40 y 60% p/p en agua destilada, utilizando relaciones jarabe a fruta de 4/1 y 10/1. Se ensayaron dos temperaturas de 25 y 40°C. A intervalos regulares (0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5 y 2 h) se evaluó la humedad (g de agua/100 g de muestra) y el contenido de sólidos solubles (g de sólidos solubles/100 g de muestra).

Análisis estadístico de los datos

Se realizó el estudio estadístico de los resultados empleando el análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 5%. Para la comparación de medias se utilizó el Test de Duncan ($p < 0.05$). Ambos análisis fueron realizados utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

4. Resultados y discusión:

Cinética de la humedad durante la deshidratación osmótica

En la Tabla 1 se muestran los resultados estadísticos del ANOVA realizado para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la humedad. En la misma se visualizan las variables independientes, los grados de libertad de las variables (gl), los valores de Fisher críticos (F) y los valores de p.

Tabla 1. Análisis de la varianza de las variables implicadas en la deshidratación osmótica de ciruelas sobre la humedad.

Variables independientes	Humedad		
	gl	F	p
Tiempo (h)	6	147.07	<0.0001
Tipo de agente osmótico	1	43.39	<0.0001
Concentración (% p/p)	1	130.67	<0.0001
Relación fruta a agente osmótico	1	13.50	0.0004
Temperatura (°C)	1	0.12	0.7252
Error	101		

En las **Figs. 1-2** se muestra el seguimiento del contenido de humedad de las muestras deshidratadas en soluciones de jarabe de glucosa y sorbitol durante 2 h, tiempo de proceso seleccionado porque se aprovecha el período inicial de mayor velocidad de deshidratación (Barbosa-Cánovas et al., 2000). En los gráficos se puede observar la cinética de humedad para los dieciséis distintos tratamientos, agrupados según el tipo de agente osmótico (glucosa=g; sorbitol=s), variando las condiciones experimentales de concentración de los agentes osmóticos (40%; 60%), de relación fruta a jarabe (r1/4; r1/10) y de temperatura del proceso (25°C y 40°C).

Los valores de humedad disminuyen con el transcurso del proceso osmótico, ejerciendo el tiempo un efecto significativo ($p < 0.0001$) tanto para las muestras deshidratadas en jarabe de glucosa como en sorbitol (**Figs. 1 y 2**).

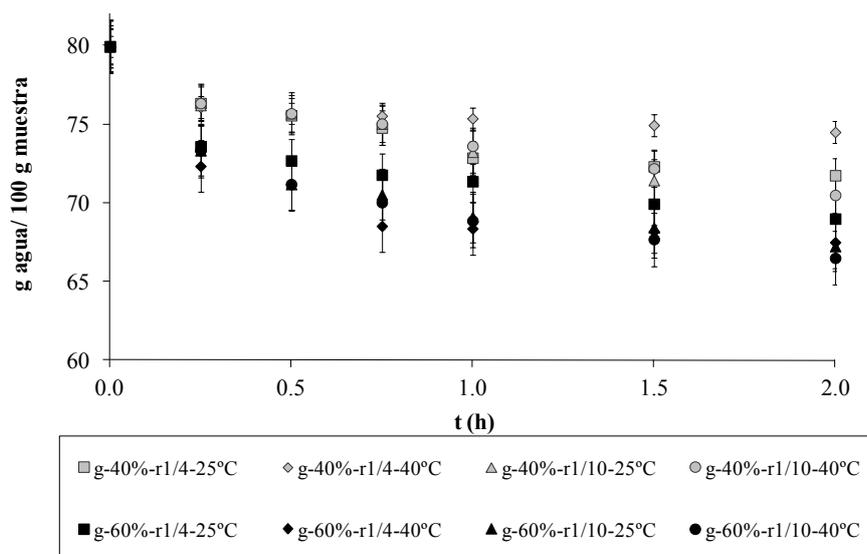


Figura 1. Humedad de las ciruelas osmodeshidratadas en solución de jarabe de glucosa.

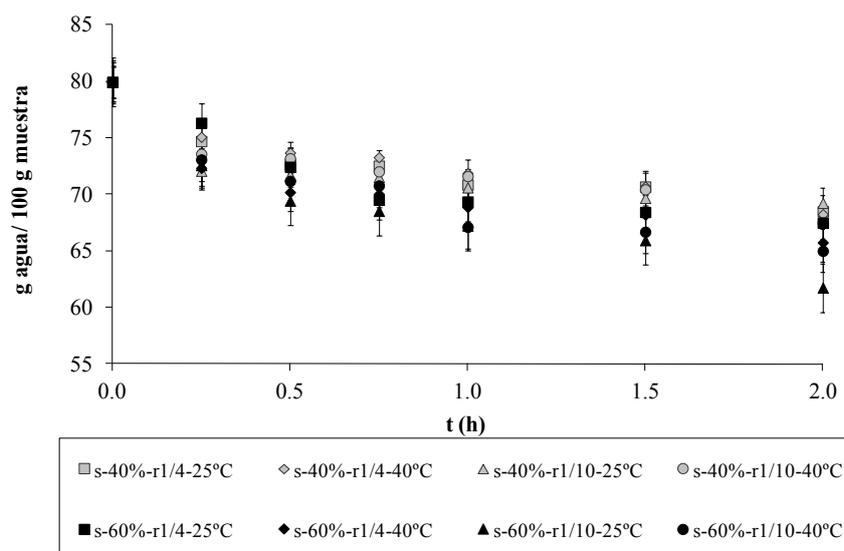


Figura 2. Humedad de las ciruelas osmodeshidratadas en solución de sorbitol.

Se observó que el empleo de diferentes agentes presenta diferencias significativas ($p < 0.0001$) sobre la humedad, presentando mayor grado de deshidratación aquellas muestras tratadas en solución de sorbitol (**Fig. 2**), siendo corroborado mediante el Test de Duncan ($p < 0.05$) con valores medios de humedad de 73.26 y 71.67% para las muestras tratadas en jarabe de glucosa y sorbitol, respectivamente, para todas las condiciones de concentración, temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados.

El aumento en la concentración de la solución hipertónica de 40 a 60% p/p provocó un descenso de la humedad, siendo este efecto significativo ($p < 0.0001$), y además fue más notable cuando se utilizó jarabe de glucosa como agente deshidratante (**Fig. 1**). Los valores medios del Test de Duncan fueron para la humedad de 73.84% para las muestras osmodeshidratadas en soluciones al 40% p/p y de 71.09% cuando la concentración fue del 60% p/p, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados.

Adicionalmente, el aumento en la proporción de solución respecto de la muestra de 10 a 1 permitió obtener productos finales con menor humedad para la mayoría de las condiciones ($p = 0.0004$), obteniéndose un valor medio de 72.91% para una relación fruta a jarabe 1 a 4 y de 72.02% para la relación 1 a 10, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de concentración, temperatura y tiempos ensayados.

Finalmente, el aumento de la temperatura de 25 a 40°C no tuvo un efecto significativo sobre la variable humedad ($p = 0.7252$). Estos resultados son equivalentes a los obtenidos por Fernandes et al. (2006) en la DO de bananas y Rodríguez et al. (2011) en la DO de pelones.

Cinética del contenido de sólidos solubles durante la deshidratación osmótica

En la Tabla 2 se presentan los resultados del ANOVA de los datos obtenidos durante la deshidratación osmótica de ciruelas para el contenido de sólidos solubles.

Tabla 2. Análisis de la varianza de las variables implicadas en la DO de ciruelas sobre el contenido de sólidos solubles

Variables independientes	Sólidos solubles		
	gl	F	P
Tiempo (h)	6	63.70	<0.0001
Tipo de agente osmótico	1	43.22	<0.0001

Concentración (% p/p)	1	129.92	<0.0001
Relación fruta a agente osmótico	1	13.11	0.0005
Temperatura (°C)	1	0.12	0.7338
Error	101		

En las siguientes **Figs. 3 y 4** se muestra la evolución del contenido de sólidos solubles de las ciruelas osmodeshidratadas durante 2 h en soluciones de jarabe glucosa y sorbitol.

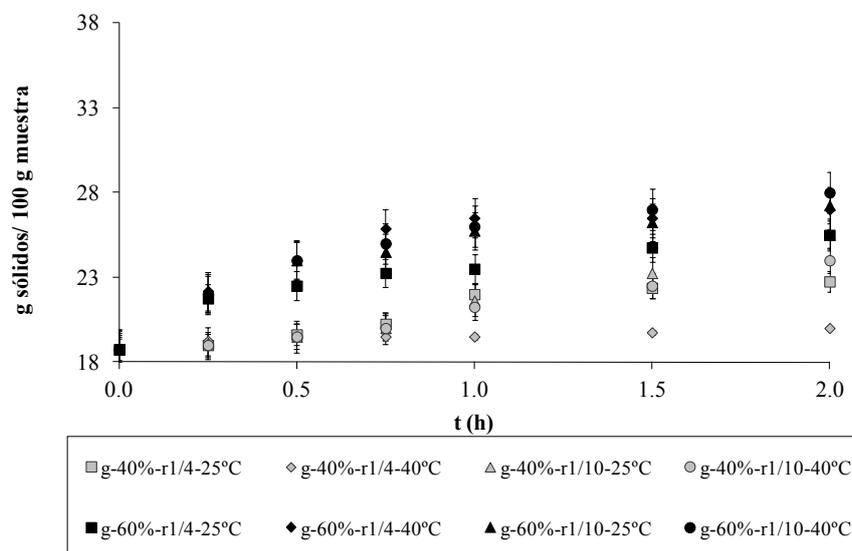


Figura 3. Contenido de sólidos solubles de las ciruelas osmodeshidratadas en soluciones de jarabe de glucosa.

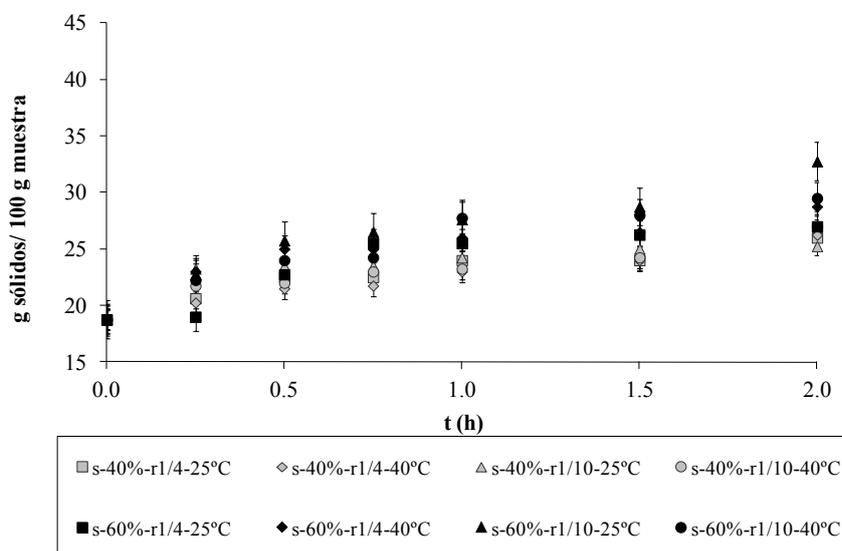


Figura 4. Contenido de sólidos solubles de las ciruelas osmodeshidratadas en soluciones de sorbitol. Para todas las condiciones experimentales, se observó un progresivo aumento en el contenido de sólidos solubles ($p < 0.0001$) en función del tiempo de proceso. Las muestras presentaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre los valores del contenido de sólidos solubles según el tipo de agente osmótico empleado, alcanzándose valores superiores cuando las ciruelas fueron sumergidos en solución de sorbitol (**Fig. 4**). Los valores medios para el contenido de sólidos solubles calculados a partir del Test de Duncan fueron de 22.22% y de 23.80% para las muestras osmodeshidratadas en soluciones

de jarabe de glucosa y sorbitol, respectivamente, para todas las condiciones de concentración, temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados.

El empleo de soluciones hipertónicas más concentradas permitió obtener productos finales con mayor contenido de sólidos solubles, siendo este efecto estadísticamente significativo ($p < 0.0001$). Siendo los valores medios para el contenido de sólidos solubles de 21.64% y 24.39% para las soluciones preparadas al 40 y al 60% p/p, respectivamente, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de temperatura, relación agente/fruta y tiempos ensayados. Este efecto fue más notable al utilizar jarabe de glucosa como agente deshidratante (**Fig. 3**).

Por otro lado, el aumento en la proporción de solución respecto de la muestra favoreció la incorporación de sólidos ($p = 0.0005$). El valor medio para los sólidos fue de 22.58% cuando se utilizó una relación fruta a solución 1/4 y 23.45% para la relación 1/10, para los agentes osmóticos y todas las condiciones de concentración, temperatura y tiempos ensayados. Finalmente, el contenido de sólidos solubles fue independiente de la temperatura del baño térmico ($p = 0.7338$). Estos datos son coincidentes a los obtenidos por Ozen et al. (2002).

Cabe resaltar, que luego de los dieciséis tratamientos osmóticos distintos se obtuvieron productos con una humedad comprendida entre 61.74 y 74.49% dependiendo de las condiciones experimentales, por lo tanto esta metodología debe ir acompañada de otra técnica de conservación que permita alcanzar la humedad de seguridad del producto.

5. Conclusiones:

En la deshidratación osmótica de ciruelas D'Enté se produce una disminución de la humedad y un incremento del contenido de sólidos solubles en función del tiempo del tratamiento osmótico. Las muestras deshidratadas en solución de sorbitol al 60% p/p y con una relación fruta a jarabe de 1 a 10 presentaron menor humedad y mayor contenido de sólidos solubles, mientras que el incremento de la temperatura no incidió sobre las variables dependientes.

6. Bibliografía:

- AOAC (1980). Official Methods of Analysis. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Barbosa-Cánovas, G.V. and Vega-Mercado, H. (2000). Deshidratación de Alimentos, Zaragoza, España, Ed. ACRIBIA S.A.
- Castelló, M.L.; Fito, P.J. and Chiralt, A. (2010). Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. *J. Food Engng.*, 97: 64-71.
- Chun, O.K. and Kim, D. (2004). Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Res. Int.*, 37: 337-342.
- Correa, J.L.G.; Pereira, L.M.; Vieira, G.S. and Hubinger, M.D. (2010). Mass transfer kinetics of pulsed caccum osmotic dehydration of guavas. *J. Food Engng.*, 96: 498-504.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. and Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Doymaz, I. (2004). Effect of dipping treatment on air drying of plums. *J. Food Engng.*, 64: 465-470.
- Falade, K.O. and Igbeka, J.C. (2007). Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food Reviews Int.*, 23: 373-405.

- Fernandes, F.A.N.; Rodrigues, S.; Gaspareto, O.C.P. and Oliveira, E.L. (2006). Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *J. Food Engng.*, 77: 188-193.
- Franklin, M.; Bu, S.Y.; Lerner, M.R.; Lancaster, E.A.; Bellmer, D.; Marlow, D.; Lightfoot, S.A.; Arjmandi, B.H.; Brackett, D.J.; Lucas, E.A. and Smith, B.J. (2006). *Bone* 39: 1331-1342.
- Gallaher, C.M. and Gallaher, D.D. (2008). Dried Plums (prunes) reduce atherosclerosis lesion area in apolipoprotein E-deficient mice, *British. J. Nutrition*, 101: 233-239.
- Guerra, M. and Casquero, P.A. (2008). Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. *Postharvest Biology and Tech.*, 47: 325-332.
- Lombard, G.E.; Oliveira, J.C.; Fito, P. and Andres, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *J. Food Engng.*, 85: 277-284.
- Ozen, B.F., Dock, L.L., Ozdemir, M. and Floros, J.D. (2002). Processing factors affecting the osmotic dehydration of diced green peppers. *International Journal of Food Science and Technology*, 37:497-502.
- Pereira, L.M.; Carmello-Guerreiro, S.M.; Bolini, H.M.A.; Cunha, R.L. and Hubinger, M.D. (2007). Effect of calcium salts on the texture, structure and sensory acceptance of osmotically dehydrated guavas. *J. Sc. Food and Agric.*, 87: 1149-1156.
- Piirainen, L.; Peuhkuri, K.; Bäckström, K.; Korpela, R. and Salminen, S. (2007). Prune Juice Has a Mild Laxative Effect in Adults with Certain Gastrointestinal Symptoms. *Nutrition Res.*, 27: 511-513.
- Pino, J.A.; Panadés, G.; Fito, P.; Chiralt, A. and Ortega, A. (2008). Influence of osmotic dehydration on the volatile profile of guavas fruits. *J. Food Quality*, 31: 281-294.
- Ramallo, L. and Mascheroni, R.H. (2005). Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Tech.*, 48(5): 761-770.
- Rodríguez, M.M.; Arballo, R.; Campañone, L.; Cocconi, M.; Mascheroni, R.H. and Pagano, A.M. (2011). Herramientas matemáticas aplicadas en el estudio de la deshidratación osmótica de pelones. XVI EMCI Nacional, VIII EMCI Internacional, Olavarría, Bs. As.
- Torres, J.D.; Talens, P.; Escriche, I. and Chiralt, A. (2006). Influence process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. *J. Food Engng.*, 74: 240-246.
- Vieira, G.S.; Pereira, L.M. and Hubinger, M.D. (2010). Optimization of osmotic dehydration process of guavas using experimental design and desirability function approach. 17th International Drying Symposium (IDS 2010), Magdeburg, Germany: