



Optimization of osmotic dehydration combined with hot air drying of European plum

Optimización de la deshidratación osmótica combinada con secado por aire caliente de ciruela europea

Veloso M. E.^{1,2,3}, Pérez de Villarreal A. A.^{2,3}, Núñez M. M.^{2,3}, Pagano A. M.³

¹Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina.

²Área Fruticultura, Facultad de Agronomía (FAA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Argentina.

³Núcleo TECSE, Facultad de Ingeniería (FIO), Olavarría (7400), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Argentina. Ana Pagano: apagano@fio.unicen.edu.ar

Recibido: 10/08/2017

Aceptado: 09/03/2018

ABSTRACT

Veloso, M.E., Pérez de Villarreal, A.A., Núñez, M.M., Pagano, A.M. 2018. Optimization of osmotic dehydration combined with hot air drying of European plum. Horticulture Argentina 37 (92): 10-20.

The osmotic dehydration (DO) of European plum (*Prunus domestica* L.) cv. *President* combined with a final stage of hot-air drying (SAC) at 70°C to a final humidity of 20% wet basis was studied. The fresh fruits were pitted and cut into 8 wedges, and then immersed in sucrose solutions of different concentrations (C: 40, 50 and 60 ° Brix) during different times (t: 0, 30, 60, 90 and 120 min). The kinetics of the process was evaluated through monitoring the content of soluble solids (SS) and moisture (M), weight variation (WR), soluble solids gain (SG) and water loss (WL). The analysis of the variance (α

= 0.05) showed the effect of t on WL and SG, as well as the influence of the interaction t×C on WR. Using the response surface methodology (RSM), the predictive polynomials of the main variables WL and SG were obtained. The optimization performed by means of desirability analysis applied to maximize WL determined the stationary points t=113 min, C=59.9 °Brix, exactly matching the optimum for SG maximization, thus defining the optimum conditions for maximum dehydration and incorporation of sugars that contribute to product conservation.

Additional Keywords: *Prunus domestica*, osmosis, prunes, osmo-dehydrated products, combined methods, surface response.

RESUMEN

Veloso, M.E., Pérez de Villarreal, A.A., Núñez, M.M., Pagano, A.M. 2018. Optimización de la deshidratación osmótica combinada con secado por aire caliente de ciruela europea. *Horticultura Argentina* 37 (92): 10-20.

Se estudió la deshidratación osmótica (DO) de ciruela europea (*Prunus domestica* L.) cv. *President* combinada con una etapa final de secado con aire caliente (SAC) a 70°C hasta una humedad final del 20% base húmeda. Las frutas frescas descaroizadas y cortadas en octavos se sumergieron en soluciones de sacarosa de distintas concentraciones (C: 40, 50 y 60 °Brix) durante diferentes tiempos (t: 0, 30, 60, 90 y 120 min). La cinética del proceso se evaluó a través del seguimiento del contenido de sólidos solubles (SS) y humedad (M), la variación de peso (WR), la ganancia de sólidos solubles (SG) y la pérdida de agua (WL). El análisis de la

varianza ($\alpha=0,95$) evidenció efecto de t sobre WL y SG, así como influencia de la interacción txC sobre WR. Mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM) se obtuvieron los polinomios predictivos de las variables principales WL y SG. La optimización realizada mediante análisis de conveniencia aplicado con el objetivo de maximizar WL determinó los puntos estacionarios t=113 min, C=59,9 °Brix que coinciden exactamente con el óptimo para la maximización de SG, definiéndose así las condiciones óptimas para lograr máxima deshidratación e incorporación de azúcares que contribuyan a la conservación del producto.

Palabras claves adicionales: *Prunus domestica*, ósmosis, pasas, productos osmo-deshidratados, métodos combinados, superficie de respuesta.

1. Introducción

En el centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), la producción de ciruela europea (*Prunus domestica* L.) variedad *President* es una alternativa promisoriosa. Sus frutos pueden ser destinados tanto al consumo en fresco como deshidratado, siendo muy apreciados por sus características de color, sabor y textura. Esta variedad ha sido seleccionada en el Monte Frutal Experimental de la Facultad de Agronomía (FAA-UNICEN) de la ciudad de Azul, por su adaptación al medio y buen comportamiento sanitario y productivo (Vilatte *et al.*, 2003; Pérez de Villarreal & Núñez, 2013). Ante esta alternativa, y considerando las nuevas tendencias de consumo de alimentos, surge la necesidad de desarrollar diversificados productos con valor agregado. En este sentido, una de las posibilidades es la conservación de esta fruta estacional a través de tecnologías como la deshidratación para obtener un producto estable y disponible en toda época del año.

Entre las tecnologías de deshidratación, la ósmosis es una de las técnicas de preservación que permite producir productos de mejor calidad (Tonon *et al.*, 2007; Mišljenovi *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2013), por la mínima degradación de los nutrientes al emplear bajas temperaturas en el proceso de remoción de agua (Phisut, 2012; Kadam *et al.*, 2015). No obstante, para lograr alimentos estables luego del empleo de la deshidratación osmótica que lleva a productos de humedad intermedia, se hace necesario recurrir a otras tecnologías de barrera que aseguren la conservación a largo plazo sin pérdidas de calidad (Simpson *et al.*, 2007). La aplicación de técnicas de deshidratación por métodos combinados como la ósmosis seguida de secado por aire caliente (Kadam *et al.*, 2015; Jalali *et al.*, 2007), es una tecnología de preservación que aparece como una opción para la transformación de los productos

percederos mediante el empleo de materiales comerciales de fácil acceso y bajo costo como la sacarosa, que favorece la cinética de deshidratación aportando los sólidos solubles necesarios para su conservación. Así, se desarrolla un producto con propiedades organolépticas atractivas al consumidor y de alta calidad, aumentando los ingresos en la cadena productiva y bajando los costos de operación.

Por tal razón, el presente trabajo aborda el desarrollo de una tecnología innovadora basada en el proceso de deshidratación combinada por ósmosis y secado por aire caliente de ciruelas europeas, empleando diferentes condiciones, a fin de evaluar variables que permitan la optimización del proceso.

2. Materiales y métodos

2.1. Materias primas

Se emplearon ciruelas europeas (*Prunus doméstica* L.) variedad *President* de la cosecha 2014/15 producidas en la Chacra Experimental FAA-UNICEN y sacarosa comercial (marca Chango, Tabacal Agroindustria). Las frutas fueron cosechadas teniendo en cuenta como índices de cosecha (Lázaro, 2011): color de cobertura (90-100%), color de pulpa (amarillo ámbar) y firmeza de pulpa (1-2 lb/cm), seleccionadas por calidad, sin daños físicos y libres de plagas.

2.2. Diseño experimental

Se trabajó en base a un diseño factorial considerando los parámetros concentración de la solución osmótica (C: 40, 50 y 60 °Brix) y tiempo de ósmosis (t: 0, 30, 60, 90 y 120 min), con dos repeticiones (Rodríguez, 2013; Rodríguez *et al.*, 2013).

2.3. Procedimiento experimental

Los ensayos se llevaron a cabo en los Laboratorios y Planta Piloto del Depto. Ingeniería Química FIO-UNICEN durante 2015. Las frutas frescas fueron caracterizadas físico-químicamente por peso promedio de fruto (balanza electrónica digital, precisión $\pm 0,01$ g), longitud/es característica/s (calibre, precisión $\pm 0,1$ mm), contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix (AOAC, 1998) (refractómetro ABBE, rango 0-100 °Brix, precisión $\pm 0,05$), pH (AOAC, 1998) (pHmetro, rango 0-14, precisión $\pm 0,05$), acidez (AOAC, 1998) (titulación con NaOH 0,1 N con indicador fenolftaleína), contenido de humedad (AOAC, 1998), detección de plagas (inspección visual).

Las frutas frescas lavadas, descarozadas y cortadas meridionalmente en porciones de $\frac{1}{8}$, se sumergieron en las soluciones hipertónicas de sacarosa usando una relación fruta:jarabe 1:2 a temperatura ambiente (25°C) sin agitación. Para evaluar la evolución del proceso, a cada tiempo preestablecido en el rango de 2 h –período de alta velocidad de transferencia de masa (Barbosa-Cánovas & Vega-Mercado, 2000) se extrajeron muestras de la solución, se drenaron y se evaluaron variables como peso, humedad y contenido de sólidos solubles totales (Erle & Schubert, 2001; Mandala *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2013; Acevedo *et al.*, 2014) por duplicado. A partir de estos resultados, se determinaron las variables de control principales para llevar a cabo la optimización del proceso.

Finalmente, las frutas osmo-deshidratadas bajo las condiciones óptimas de proceso se secaron con aire caliente (SAC) en estufa de tiro forzado a 70°C hasta una humedad del 20% base húmeda (CAA, 1971), sin incorporar aditivos ni conservantes. La estabilidad microbiológica de estos productos deshidratados se analizó mediante la evaluación de vida útil a diferentes estadíos del almacenamiento en anaquel (0, 30, 94, 110 días), realizándose recuentos de

mohos, levaduras, coliformes totales, clostridios sulfito reductores e investigación de *Salmonella*.

2.4. Variables de control del proceso

Durante la DO se evaluó el contenido de humedad y de sólidos solubles, reducción de peso (Ec. 1), pérdida de agua (Ec. 2), ganancia de sólidos solubles (Ec. 3) de las muestras extraídas del jarabe a cada tiempo de proceso (Maldonado *et al.*, 2008; Rodríguez, 2013; Rodríguez *et al.*, 2013; Arballo, 2013; Sluka, 2015; Lech *et al.*, 2017).

$$WR = (m_o - m_f) / m_o \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$WL = [(1 - TS_o/100) - (1 - TS/100) (1 - WR/100)] \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$SG = [(1 - WR/100) TS/100 - TS_o/100] \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

donde m_o : peso inicial de las muestras; m_f : peso de las muestras a cada tiempo; TS_o : % de sólidos totales en las muestras iniciales; TS : % de sólidos totales en las muestras a cada tiempo de DO.

2.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo con el software SYSTAT V12. Mediante análisis de la varianza (ANOVA) se analizaron efectos de interacción y principales de los tratamientos (concentración del agente osmótico y tiempo) sobre las variables del proceso, con un nivel de significancia $\alpha=0,05$. A través de la aplicación de la metodología de superficie de respuesta (RSM) y análisis de rigidez y conveniencia se determinaron los polinomios predictivos y las condiciones óptimas para maximizar las variables fundamentales pérdida de agua y ganancia de sólidos solubles.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización de las frutas frescas

En la caracterización de ciruelas se obtuvo: peso promedio de fruto 72,83 ($\pm 0,05$) g con carozo y 70,58 ($\pm 0,05$) g sin carozo; contenido de sólidos solubles 17,53 ($\pm 1,21$) °Brix; humedad 75,79 ($\pm 0,27$) % b.h. (base húmeda); libres de insectos, enfermedades y daños mecánicos.

3.2. Análisis del proceso

La Fig. 1 muestra el comportamiento del cambio relativo de peso de las muestras durante 120 minutos de deshidratación osmótica en soluciones de sacarosa de distintas concentraciones. Todos los casos presentaron reducciones de peso (WR) como consecuencia de diferencias entre el flujo másico desde la fruta hacia la solución hipertónica y desde el jarabe hacia la matriz vegetal.

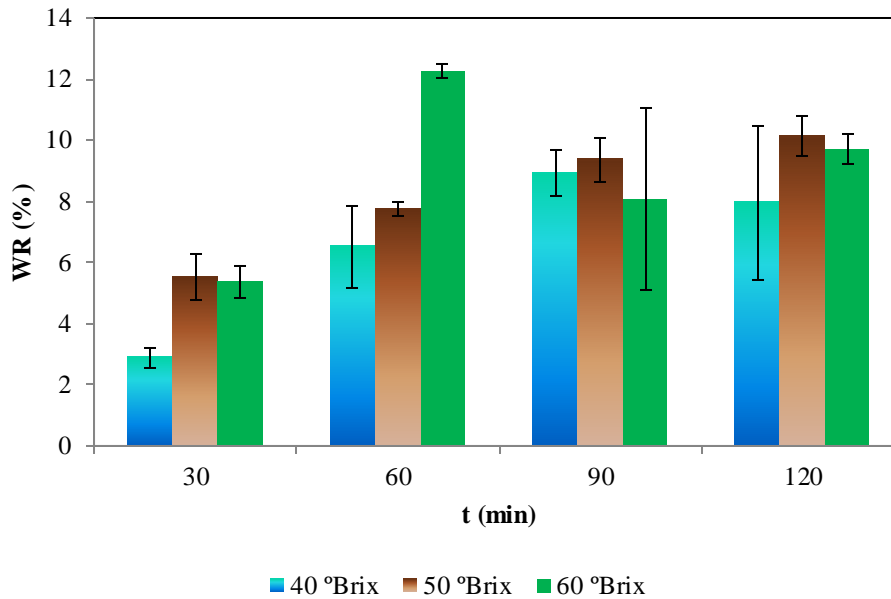


Figura 1. Evolución temporal de la reducción de peso (WR) de las porciones de ciruela europea (*Prunus domestica* L.) cv. *President* sometidas a deshidratación osmótica (DO) en soluciones hipertónicas de sacarosa con distintas concentraciones (40, 50 y 60 °Brix) (FIO-UNICEN, 2015).

Se observó interacción de $t \times C$ sobre WR, la mayor ganancia de peso (WR= 12,4%) correspondió a una concentración de 60 °Brix y un tiempo de proceso, mientras que la menor (WR= 2,7%) fue para la concentración de solución osmótica más baja (40°Brix) y menor tiempo de tratamiento (30 min).

También se observó efecto principal de t sobre WL y SG. Congruentes resultados fueron observados por Koocheki & Azarpazhooh (2010) en la deshidratación osmótica de ciruelas enteras en soluciones de sacarosa en similares rangos de concentración y tiempos que los empleados en este trabajo. También, otros autores reportaron este efecto para ananá (Abano, 2010), manzana (Mandala *et al.*, 2005) y calabacita (Bambicha *et al.*, 2012). En cambio, no se observaron diferencias significativas entre los valores de experimentales M para las distintas condiciones ensayadas.

Se encontró una fuerte correlación lineal ($R^2 > 0,89$) entre las variables fundamentales de la deshidratación osmótica de las ciruelas en solución de sacarosa: pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos solubles (SG), expresada a través de la Ec. (4) donde m es la pendiente de la recta de regresión:

$$WL = m \times SG \quad (\text{Ec. 4})$$

La relación WL/SG se mantuvo prácticamente constante en un valor medio de $3,28 \pm 0,43$. Esta relación, conocida como factor de eficiencia del proceso, fue planteada por Hawkes & Flink (1978) y Lazarides (2001) como un parámetro para analizar el rendimiento de la DO propio de cada matriz vegetal. Rodríguez (2013) informó valores WL/SG superiores a 2,5 para la deshidratación de nectarinas y ciruelas en soluciones de distintos agentes osmóticos y temperaturas. Khanom *et al.* (2014) reportaron una relación de 3,79 entre la pérdida de agua y la ganancia de sólidos solubles de rodajas de ananá en la DO usando sacarosa. Fernandes y Rodrigues (2008) determinaron factores de eficiencia menores que la unidad para papaya (0,11) y porciones de 1/8 de rodaja de ananá (0,61) y una eficiencia mayor para sapota (1,32),

lo cual evidencia la fuerte dependencia de la relación WL/SG con tipo de fruta y de las condiciones experimentales.

3.3. Modelado de la DO

Mediante la metodología de superficie de respuesta (RSM) se obtuvieron los polinomios predictivos de las variables principales WL ($R^2 = 0,909$) y SG ($R^2 = 0,80$) de la deshidratación de las ciruelas en sacarosa cuyas ecuaciones resultaron:

$$WL = 10,933 + 1,355 \times C + 6,134 \times t - 0,0325 \times C^2 + 4,397 \times t^2 - 0,595 \times C \times t \quad (\text{Ec. 5})$$

$$SG = 2,586 + 0,488 \times C + 1,593 \times t + 0,348 \times C^2 - 0,806 \times t^2 + 0,584 \times C \times t \quad (\text{Ec. 6})$$

3.4. Optimización del proceso

A través de RSM se llevó a cabo la optimización de la DO de ciruela europea, sobre la base de un análisis rigidez que fue aplicado con el objetivo de maximizar WL en valor absoluto, lo cual permitió determinar el siguiente punto estacionario de la superficie de respuesta: $t = 103,1$ min y $C = 57$ °Brix, resultando $WL = 14,44\%$.

Coincidentemente, la maximización de SG presentó similar punto estacionario: $t = 96,9$ min y $C = 57,9$ °Brix resultando $SG = 4,11\%$. Estos resultados, que se observan en las superficies predichas para WL y SG (Figs. 2 y 3), son congruentes con la correlación lineal planteada en la Ec. (4).

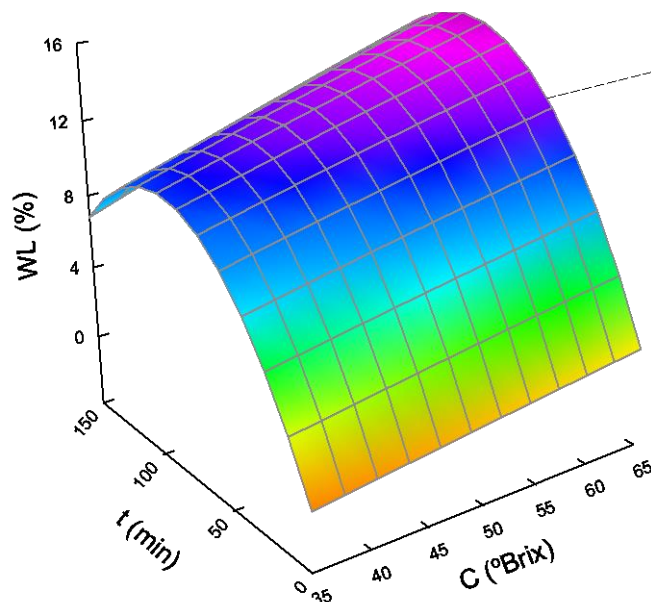


Figura 2. Superficie de respuesta representativa de la evolución temporal de la pérdida de agua (WL) de las porciones de ciruela europea (*Prunus domestica* L.) cv. *President* durante la deshidratación osmótica (DO) en soluciones hipertónicas de sacarosa (FIO-UNICEN, 2015).

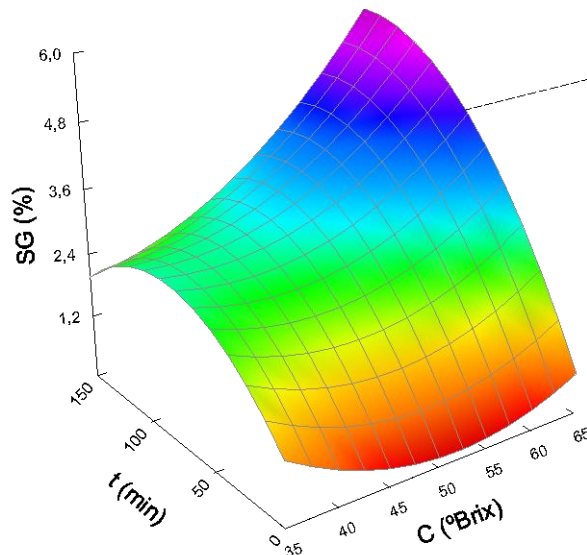


Figura 3. Superficie de respuesta representativa de la evolución temporal de la ganancia de sólidos solubles (SG) de las porciones de ciruela europea (*Prunus domestica* L.) cv. *President* durante la deshidratación osmótica (DO) en soluciones hipertónicas de sacarosa (FIO-UNICEN, 2015).

Con la finalidad de encontrar las condiciones que logran maximizar ambas variables simultáneamente, mediante un análisis de conveniencia realizado considerando igual peso e importancia para las dos variables, se determinó una concentración óptima de $C=59,9$ °Brix y un tiempo de inmersión de $t=113$ min para obtener una pérdida de agua de $WL=14,77\%$ y una ganancia de sólidos solubles de $SG=4,67\%$, con una deseabilidad de 1,00. Este punto estacionario, que representa el óptimo global del proceso, se muestra en la Fig. 4 en la superposición de las curvas de nivel que representan las Ecs. (5) y (6).

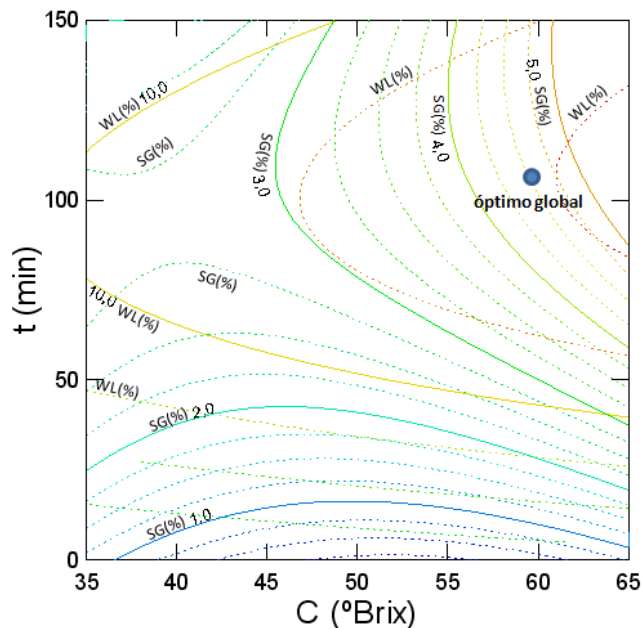


Figura 4. Óptimo global del proceso (punto azul) sobre las curvas de nivel de pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos solubles (SG) de las porciones de ciruela europea (*Prunus domestica* L.) cv. *President* durante la deshidratación osmótica (DO) en soluciones hipertónicas de sacarosa (FIO-UNICEN, 2015).

Koocheki & Azarpazhooh (2010), estudiando la deshidratación osmótica de ciruelas enteras de una variedad iraní (*Prunus spinosa* L. var. *Bukharensis*) en soluciones de sacarosa con agitación, determinaron una concentración óptima de 60 °Brix para un tiempo de inmersión de 240 min a 40 °C para lograr máxima pérdida de agua (63%) y ganancia de sólidos solubles (3,62%). Comparativamente con los resultados del presente trabajo, puede notarse que los óptimos mayores valores de WL y SG se logran para concentraciones similares que las usadas por aquellos autores, aunque a un tiempo mucho menor. Las diferencias podrían ser atribuidas a condiciones experimentales diferentes (variedad de ciruela utilizada, tamaño/geometría de la porción de estudio, pretratamiento, temperatura del baño osmótico).

Entre otros antecedentes, Sandoval Ángeles (2016) determinó que las condiciones óptimas para lograr la máxima pérdida de agua y ganancia de sólidos solubles correspondieron a un tiempo de tratamiento de 217 min a una concentración de jarabe de 59 °Brix en la deshidratación osmótica de cilindros de manzana en soluciones de glucosa. Fermín y Corzo (2005) definieron concentraciones del orden de 51 °Brix y tiempos alrededor de 80 min como condiciones óptimas para la DO de melón. Torres *et al.* (2013) definieron concentraciones de 32 °Brix y tiempos medios de inmersión de 360 min para lograr la máxima pérdida de agua y ganancia de sólidos solubles de espárragos durante la DO. Estas investigaciones evidencian gran influencia de las condiciones experimentales y de la matriz de vegetal sobre los resultados del proceso.

3.5. Evaluación de los productos obtenidos por el tratamiento óptimo

Tomando en cuenta los resultados de la optimización del proceso, se prepararon muestras deshidratadas por el tratamiento combinado (DO+SAC) óptimo (t=113 min, C=59,9 °Brix), a las cuales se les evaluó su vida útil a los diferentes tiempos de almacenamiento en anaquel prefijados (0, 30, 94, 110 días). Como resultado de este análisis en todos los estadios se observó que el recuento de mohos, levaduras, coliformes totales y clostridios sulfito reductores y la investigación de *Salmonella* arrojaron resultados negativos, evidenciándose la estabilidad microbiológica de los productos desarrollados.

4. Conclusiones

Se logró desarrollar un producto innovador que consiste en un deshidratado estable microbiológicamente sin el uso de aditivos a partir de ciruelas europeas cv. *President* y sacarosa. El nuevo producto se obtiene mediante la optimización de una tecnología combinada de deshidratación basada en ósmosis seguida de secado por aire caliente. Las mejores condiciones para lograr simultáneamente la mayor pérdida de agua (14,77%) y ganancia de sólidos solubles (4,67%) por incorporación del agente osmótico sacarosa correspondieron a una concentración de 59,9 °Brix y un tiempo de ósmosis de 113 min. Estudios futuros serían necesarios para evaluar otras propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales del deshidratado.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (CIC), a la Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología UNICEN y al Programa Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo (SPU, Ministerio de Educación de la Nación,

Argentina) por proveer recursos humanos y apoyo financiero para este estudio enmarcado en los Proyectos Acreditados 03/E157 y 03/E171.

6. Bibliografía

- Abano, E.E. 2010. Assessments of drying characteristics and physio-organoleptic properties of dried pineapple slices under different pre-treatments. *Asian Journal of Agricultural Research* 4:155-161.
- Acevedo, D., Tirado, D. & Guzmán L. 2014. Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 17(1):123-130.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Arballo, J.R. 2013. Modelado y simulación de la deshidratación combinada osmótica-microondas de frutihortícolas. Tesis Doctoral UNLP, Depto. Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, 172 págs.
- Bambicha, R.R., Agnelli, M.E. & Mascheroni, R.H. 2012. Optimización del proceso de deshidratación osmótica de calabacita en soluciones ternarias. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 3(2):121-136.
- Barbosa-Cánovas, G.V. & Vega-Mercado, H. 2000. *Deshidratación de Alimentos*, Ed. ACRIBIA S.A., Zaragoza, España.
- CAA. 1971. *Código Alimentario Argentino*. Ley 18284, Decreto No. 2126/71. Ministerio de Salud, Presidencia de la Nación Argentina.
- Erle, U. & Schubert, H. 2001. Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *Journal of Food Engineering* 49:193-199.
- Fermin, W. & Corzo, O. 2005. Optimization of vacuum pulse osmotic dehydration of cantaloupe using Response Surface Methodology. *Journal of Food Processing and Preservation* 1(29):20-32.
- Fernandes, F.A.N. & Rodriguez, S. 2008. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technology* 26:1509-1516, doi:10.1080/07373930802412256.
- Hawkes, J. & Flink, J.M. 1978. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation* 4(2):265-284.
- Jalali, V.R.R., Narain, N. & Da Silva, G.F. 2008. Effect of osmotic predehydration on drying characteristics of banana fruits. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28(2):269-273.
- Kadam, S.U., Tiwari, B.K. & O'Donnell, C.P. 2015. Effect of ultrasound pre-treatment on the drying kinetics of brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Ultrasonics Sonochemistry* 23:302-307.
- Khanom, S.A.A., Rahman, M.M. & Uddin, M.B. 2014. Influence of concentration of sugar on mass transfer of pineapple slice during osmotic dehydration. *J. Bangladesh Agril. Univ.* 12(1):221-226.
- Koocheki, A. & Azarpazhooh, E. 2010. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of plum using Response Surface Methodology. *International Journal of Food Properties* 13(1):155-166, doi:10.1080/10942910802256172.
- Lazarides, H.N. 2001. Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruit and vegetables. En: *Osmotic dehydration and vacuum impregnation*. Fito,

- Chiralt, Barat, Spiess and Beshnilian (Eds.), Food Preservation Technology Series. Chapter 4, pp.33-42.
- Lázaro, H.J. 2011. Momento oportuno de cosecha de la ciruela D'Ágen. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Unidad EEA Rama Caída, <http://inta.gob.ar>.
- Lech, K., Michalska, A., Wojdylo, A., Nowicka, P. & Figiel, A. 2017. The influence of the osmotic dehydration process on physicochemical properties of osmotic solution. *Molecules* 22:2246, doi:10.3390/molecules22122246.
- Maldonado, S., Santapaola, J.E., Singh J., Torrez, M. & Garay, A. 2008. Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Ciencia e Tecnología de Alimentos, Campinas* 28(1):251-256.
- Mandala, I.G., Anagnostaras, E.F. & Oikonomou, C.K. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering* 69(3):307-316.
- Mišljenovi, N.M., Koprivica, G.B., Pezo, L.L., Levic, L.B., Curcic, B.L., Filipovi, V.S. & Nicetin, M.R. 2012. Optimization of the osmotic dehydration of carrot cubes in sugar beet molasses. *Thermal Science* 16(1):43-52.
- Pérez de Villarreal, A. & Núñez, M. 2013. Frutales de carozo. *Revista Conciencia Rural, la vida del campo. Rural Conciencia* (Ed.), Argentina, Enero 2013: 24-25.
- Phisut, N. 2012. MiniReview: Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal* 19(1):7-18.
- Rodríguez, M.M. 2013. Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas. Tesis Doctoral UNLP, Facultad de Ingeniería, 248 págs.
- Rodríguez, M.M., Arballo, J.R., Campañone, L.A., Cocconi, M.B., Pagano, A.M. & Mascheroni, R.H. 2013. Osmotic dehydration of nectarines: influence of the operating conditions and determination of the effective diffusion coefficients. *Food and Bioprocess Technology* 6:2708–2720.
- Sandoval Angeles, G.K. 2016. Optimización de la deshidratación osmótica de cilindros de manzana (*Malus domestica* B.) por la Metodología de Superficie de Respuesta. Tesis de Profesional de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Callao, Perú.
- Simpson, R.R., Jiménez M.P, Carevic E.G. & Grancelli R.M. 2007. Aceleración de la deshidratación osmótica de frambuesas (*Rubus idaeus*) por medio de calentamiento óhmico. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 57(2):192-195.
- Sluka, E.F. 2015. Conserva de mando (*Mangífera indica* L.) por deshidratación combinada. *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 35(1):45-49.
- Tonon, V.R., Baroni, A.F. & Hubinger, M.D. 2007. Osmotic dehydration of tomato in ternary solutions: Influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. *Journal of Food Engineering* 82:509–517.
- Torres, D., Salvador, D., Baltazar, F. & Siche, R. 2013. Optimización de las condiciones de deshidratación osmótica de espárrago (*Asparagus officinalis*) utilizando la Metodología de Superficie de Respuesta. *Agroindustrial Science* 3:1-12.
- Vilatte, C., Pérez de Villarreal, A. & Núñez, M. 2003. Influencia de las bajas temperaturas sobre la floración y cuajado de frutos de frutales de carozo en Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Argentina de Agrometeorología* 3-4:29-35.

Veloso, M.E., Pérez de Villarreal, A.A., Núñez, M.M., Pagano, A.M. - Optimización de la..

Villamizar, R.H. 2014. Efecto del medio osmótico sobre la deshidratación de cubos de papaya (*Carica papaya*)

variedad maradol. UGCiencia 20:39-47.