



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas: Una revisión de desarrollos recientes

Osmoconvective dehydration in fruits and vegetables: A review of recent developments

Juan Meneses*

Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial. Carretera Panamericana Sur Km. 293.2, Ica - Perú.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es la revisión de los últimos estudios realizados por otros investigadores respecto a la evaluación del proceso combinado de la deshidratación osmótica y secado convectivo en algunas frutas y hortalizas. La literatura señala que los factores condicionantes en el proceso de osmodeshidratado son: el tipo de materia prima, tiempo, temperatura, velocidad de agitación, peso molecular, tipo y concentración de la solución osmótica. Se puede reforzar el deshidratado osmótico con el secado convectivo para mejorar las características físico-químicas de los frutos y/o hortalizas a procesar. Estas operaciones combinadas reducen sustancialmente el tiempo de secado, minimizando costos de consumo energético y mejorando la calidad de las frutas y hortalizas durante el almacenamiento.

Palabras clave: Deshidratación osmótica; secado; tiempo; temperatura; solución osmótica.

ABSTRACT

The objective of this work is to review the latest studies conducted by other researchers regarding the evaluation of the combined process of osmotic dehydration and convective drying in some fruits and vegetables. The literature indicates that the conditioning factors in the osmodehydration process are: type of raw material, time, temperature, speed of agitation, molecular weight, type and concentration of the osmotic solution. The osmotic dehydration can be reinforced with convective drying to improve the physical-chemical characteristics of fruits and/or vegetables to be processed. These combined operations reduce drying time, minimize energy consumption costs and improve fruit and vegetable quality during storage

Keywords: Osmotic dehydration; drying; time; temperature; osmotic solution.

1. Introducción

Investigaciones recientes sostienen que el contenido de humedad de frutas y hortalizas rondan del 75 al 90% (Brasil y Siddiqui 2017; Ortiz *et al.* 2008) convirtiéndolos en productos perecederos con sus nutrientes diluidos, de modo que, deshidratar para minimizar el proceso de podredumbre en poscosecha (González y Prado, 2003) y transformarlo en producto no efímero explotable en la agroindustria de alimentos, (Martínez y Acevedo, 2004), es una de las mejores opciones.

La Deshidratación Osmótica (DO) ha tomado popularidad debido a que permite obtener

productos con humedad intermedia, los cuales pueden ser tratados posteriormente por otros métodos tales como secado por convección, liofilización, secado al vacío, entre otros (Torregiani y Bertolo, 2004; Zapata y Castro, 2009), extendiendo la vida útil de frutas y hortalizas perecederas (Yu *et al.* 2018), además no requiere de equipamiento de alto costo y los solutos utilizados durante su proceso, son de origen natural y de fácil obtención en el mercado permitiendo a pequeños procesadores puedan acceder a ella por los bajos costos de inversión (Zapata y Castro, 2009). En cuanto al secado convectivo (SC), esta técnica da lugar a productos deshidratados con larga vida anaquel, pero impactando negativamente

en su calidad debido a prolongados tiempos y altas temperaturas empleadas (Rocca, 2010). La combinación del osmodeshidratado y el secado convectivo, otorga ventajas de ambos procesos (Sagar y Kumar, 2010), traduciéndose en el alcance de altas velocidades de secado, preservando las propiedades organolépticas (Rocca, 2010).

Debido al potencial agroexportador que tienen las frutas y hortalizas en el Perú, resulta importante repasar ciertos aspectos que afectan al proceso de deshidratación osmoconvectivo y encontrar las condiciones óptimas para una operación económicamente rentable.

2. Fundamentos de Deshidratación osmótica

La DO de frutas y verduras se da en función a la inmersión en una solución acuosa concentrada que contiene uno o más solutos (Castilho *et al.*, 2007). Este proceso implica el flujo simultáneo de agua y solutos, el cual se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica de la disolución o por el gradiente de concentración entre la disolución y el sólido (Torres *et al.*, 2013).

Durante la DO, la fase líquida del alimento está separada de la disolución osmótica por las membranas celulares, donde, el equilibrio entre fases se logra cuando se igualan los potenciales químicos a ambos lados de la membrana lo que depende principalmente de la reducción de la actividad de agua (a_w) dentro de las membranas celulares del alimento (Waliszewski *et al.*, 2002; Ochoa-Martínez y Ayala-Aponte, 2005).

Abraao *et al.* (2013) mencionan que la diferencia del potencial químico entre el material y la solución, estimula los procesos de transferencia de masa entre el tejido de la planta y la solución circundante, lo cual trae como resultado que el producto osmodeshidratado, tenga baja actividad de agua, asegurando así una mayor estabilidad en el almacenamiento.

La cinética del proceso de DO está determinada por la aproximación al equilibrio, con una velocidad decreciente de eliminación de agua (Barbosa y Vega, 2000), debido a la presión osmótica diferencial inicial entre el alimento y el agente osmótico y por las velocidades de difusión del agua y del soluto (Torres *et al.*, 2013) y éstas velocidades de difusión están controladas por el transporte de humedad en el producto y por la estructura de la fruta (porosidad) (Abraao *et al.*, 2013; Torreggiani y Bertolo, 2004). Asimismo, la temperatura y concentración de la solución osmótica afectan la velocidad de pérdida de agua del producto (Ibarz y Barbosa-Cánovas, 2005).

2.1 Variables de operación en la osmodeshidratación

Algunas de las variables que afectan el proceso de la DO son esencialmente el tiempo de inmersión, temperatura, concentración y tipo de soluto, la proporción de fruta y solución osmótica, recubrimientos que contribuyen al incremento del peso molecular del producto a osmodeshidratar, la agitación, forma geométrica del producto a deshidratar y muchos otros más ampliamente utilizados (Suca y Suca, 2010; Ahmed *et al.* 2016)

La deshidratación osmótica es influenciada por diversos factores como el agente osmótico, el tiempo y la temperatura, la solución de concentración de soluto a la relación simple, la agitación y la geometría de los materiales. Torres *et al.* (2013) optimizó las condiciones de deshidratación osmótica del espárrago (*Asparragus officinalis*) utilizando la metodología de superficie respuesta. Los valores óptimos del proceso fueron obtenidos al superponer las figuras de contorno, obteniéndose valores de temperatura (36 °C a 42 °C), concentración (30% a 32%) y tiempo de inmersión (350 min a 370 min).

2.1.1 Tiempo

El incremento en el tiempo de contacto de la solución con el alimento da como resultado una deshidratación osmótica más efectiva, conduciendo a una mayor pérdida de humedad (Mundada *et al.*, 2011; Ahmed *et al.*, 2016). Se han observado que en las primeras 2 horas del proceso, las velocidades de pérdida de agua y ganancia de sólidos son altas; a partir de las siguientes horas las velocidades sufren una dramática disminución (Ramaswamy, 2005; Cortez, 2001).

Al respecto, (Luna *et al.*, 2015) evaluaron los °Brix en función al tiempo en pulpa osmodeshidratada de maracuyá empacadas en celulosa y en geles de pulpa cada 20 minutos durante 24 horas, llegando a la conclusión que a medida que el tiempo transcurre, los °Brix del soluto disminuyen y los °Brix del producto aumentan.

2.1.2 Temperatura

La temperatura es el factor más importante que afecta la tasa de transferencia de masa (Tortoe, 2010 citado por Ahmed *et al.*, 2016). Ronceros *et al.* (2008) realizaron un estudio sobre el efecto de la temperatura (25 °C; 35 °C y 45 °C) en la cinética de pérdida de agua durante la deshidratación osmótica de manzana en jarabe de sacarosa a 70 °Brix.

Aplicaron el método de Fick para el ajuste de sus resultados y encontró que los coeficientes de difusión del agua en manzanas variaron según la

temperatura entre $3,07 \cdot 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}$ y $5,41 \cdot 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}$ y fueron relacionados con la temperatura mediante la ecuación de Arrhenius.

2.1.3 Solución osmótica

El agente osmodeshidratante debe ser compatible con los alimentos como el azúcar de mesa (sacarosa), jarabes concentrados, miel de abeja, etc. (Zapata y Castro, 2009). El tipo de agente osmótico afecta los parámetros de pérdida de agua y ganancia de sólidos (Argaiz, et al., 2001). Según Molano et al. (2006) señala que también se han utilizado jarabes de sacarosa-almidón, jarabes de azúcar invertido con glicerol o cloruro de calcio, jarabe de lactosa, jarabe de glucosa con glicerol o cloruro de calcio, jarabe de panela, entre muchos otros. Mundada (2011) evaluó la influencia de la concentración de sacarosa a 40; 50 y 60 °Brix, sobre la tasa de transferencia de masa en arilos de granada, concluyendo que a 60 °Brix se produce una mayor ganancia sólida y pérdida de agua en comparación con las muestras inmersas a 50 y a 40 °Brix. Por otro lado, Ortiz (2012), investigadora de la Universidad Nacional de Colombia, estudió la deshidratación osmótica de pulpa de zapallo en melaza (0,06% P/P), el cual le permitió remover hasta 12,61% de agua, facilitando la operación de deshidratado con aire caliente a no más de 55°C, baja velocidad del viento (10 m/s), sin presencia luz, hasta obtener materia seca estable (8 a 12% de humedad) entre 8 y 14 horas.

2.1.4 Concentración osmótica

Molano et al. (2006) trabajaron con frutos zapallo anquito buscando obtener trozos con humedad menor del 5%. Emplearon el método de osmosis directa y las mejores condiciones de proceso se obtuvieron con jarabes de sacarosa a 50 °C y 50°Brix. Similar resultado obtuvo Cortez (2001) al reducir el tamaño de la partícula del alimento hasta un cierto nivel, por lo que los intercambios de masa son favorecidos al utilizar soluciones de alta concentración.

En el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia (ICTA) Arango y Camacho (2006), realizó ensayos de osmodeshidratación en zapallo macre. Los tratamientos se efectuaron por inmersión en jarabe de sacarosa de 70 °Brix durante 96 horas a temperatura ambiente. Los ensayos fueron realizados con piña en trozos, empleando jarabe invertido de 70 °Brix y melaza de 70 °Brix, como medios osmodeshidrantes a temperatura ambiente y a 37 °C con y sin agitación para observar las curvas de deshidratación y las características del producto final. Se observó que la mayor pérdida de

peso ocurre durante las doce primeras horas, no hay diferencias significativas entre el zapallo maduro y el zapallo pintona osmodeshidratado en jarabe invertido de 70 °Brix; la pérdida de peso en la deshidratación con agitación a 37 °C, es mayor en la melaza que en el jarabe invertido.

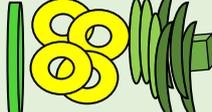
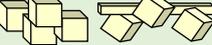
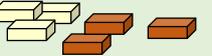
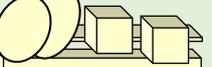
2.1.5 Velocidad de agitación

La agitación periódica al sistema también produce un importante aumento en la velocidad de deshidratación (Lazarides, 2004) y difusión (Moreira y Sereno, 2003). Utilizando este método es posible reducir hasta un 50% del peso inicial de las frutas, y producir ingreso de sólidos hasta un 10% (Zapata y Castro, 2009), maximizando la tasa de transferencia de masa, reduciendo el tiempo de contacto entre el alimento y la solución osmótica (Ahmed et al., 2016). Asimismo, Shi y Xue (2009) observaron que existe una mayor deshidratación con flujo turbulento en comparación al flujo laminar; sin embargo, Torreggiani y Bertolo (2004) señalan que el movimiento debe ser suave a fin de evitar daños mecánicos al producto.

2.1.6 Forma geométrica

En la Tabla 1 se indican los diferentes cortes geométricos que se pueden emplear en frutas y vegetales para realizar procesos de deshidratación osmótica.

Tabla 1
Cortes geométricos recomendados para facilitar

Alimento	Geometría	Ejemplificación
Piña, melón, papaya	Cubos	
Bayas, frambuesas, fresas, moras, grosellas, ciruelas, duraznos.	Enteras o mitades	
Pera, manzana, kiwi, pomelo, mango, piña, papaya, plátano,	Rodajas, cubos	
Manzana piña.	Cubos, tiras	
Cebollas, pimientos	Cubitos	
Patatas, camote.	Rodajas, tiras, cubos.	

Se deben tener en cuenta que las muestras deben

ser trozadas de un tamaño y geometría homogéneos, ya que de la uniformidad dependerá, la calidad final del producto (Suca, y Suca, 2010).

2.1.7 Peso molecular

Según la FAO (1998) en su Manual Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas, señala que una solución con mayor peso molecular tendrá mejor efecto osmótico que una solución con bajo peso molecular.

Al respecto, Sluka *et al.* (2014), observaron una mayor pérdida de agua en la mezcla de sacarosa (55%)-glucosa (10%), en relación a la mezcla de sacarosa (50%)-glucosa (15%). La sacarosa de mayor peso molecular, permanece en el espacio extracelular, mientras que la glucosa puede penetrar en la célula, lo que provoca una reducción del gradiente de presión osmótica y por ende una menor pérdida de agua (Sacchetti *et al.*, 2001).

2.2 Métodos combinados de secado

En la literatura científica se evidencian algunos trabajos de la aplicación combinada de la DO y secado convectivo con resultados positivos en la calidad del producto seco:

Mandala *et al.* (2005) estudiaron la influencia de las condiciones de deshidratación osmótica en la cinética de secado convectivo y sus características de calidad en muestras de manzana previamente osmodeshidratadas con concentraciones de sacarosa 30 y 45 % w/w, las cuales posteriormente se secaron con aire caliente a 55°C. Los resultados mostraron que las muestras pre-tratadas osmóticamente a 45 % w/w presentaron mayor porosidad, un incremento de la firmeza durante el secado, mayor retención del color durante el secado.

Grabowski *et al.* (2007) estudiaron el secado osmoconvectivo en bayas de arándano a baja temperatura, cuyos resultados presentaron alta calidad de la baya seca. Sin embargo, observaron un deterioro gradual de la mayor parte de los parámetros de calidad, con excepción del sabor. En efecto el sabor de las bayas se ha mejorado después de cada paso de la tecnología híbrida.

Giraldo *et al.* (2004) investigaron la técnica de secado osmoconvectivo sobre las características sensoriales en mora de castilla utilizando previamente tres jarabes con igual concentración (70 °Brix): sacarosa, sacarosa invertida y miel de caña. El secado convectivo lo realizaron a 55 °C con un caudal de 1,5ms⁻¹. Los investigadores concluyeron que la deshidratación osmótica aplicada a la mora de castilla para los tres jarabes utilizados, mostró buena retención de las

características sensoriales de la fruta (color, olor y sabor).

El-Aouar *et al.* (2003) observaron un incremento en la resistencia interna al movimiento del agua, causado principalmente por el encogimiento y la absorción de sólidos durante el pre-tratamiento osmótico en muestras de papaya previamente deshidratadas con tratamiento osmótico con concentraciones de sacarosa 70 % w/w y secadas con aire caliente a temperaturas de 40 y 60 °C.

Góngora-Chávez (2012) estudió la técnica combinada del secado osmoconvectivo con aire caliente en rodajas de carambolo (*Averrhoa carambola* L.) sobre sus propiedades físico-químicas, empleando sacarosa como medio osmodeshidratante con un nivel de 55 °Brix, 28 °C, con agitación a 1000 r.p.m. a diferentes tiempos, asimismo, para el secado convectivo utilizó temperaturas entre 50 a 70 °C y un flujo de aire de 0,90 m/s en secador de túnel caliente. Los resultados sugirieron que la técnica combinada es apropiada para el carambolo debido a la pérdida de humedad durante los procesos, garantizando condiciones para el almacenamiento del producto.

3. Factores medibles durante la deshidratación osmótica

Corzo y Centeno (2003) midieron la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de melón (*Cucumis melo*, variedad Edisto) aplicando las siguientes ecuaciones de Pérdida de peso (PP), pérdida de agua (X) y ganancia de soluto (S) aplicando las siguientes ecuaciones:

$$DP = \frac{m_t - m_o}{m_o} \quad (1)$$

$$X = \frac{(m_t * x_w) - (m_o * x_{wO})}{m_o} \quad (2)$$

$$S = \frac{(m_t * x_{sst}) - (m_o * x_{ssO})}{m_o} \quad (3)$$

Siendo m_t la masa total en el tiempo, m_o la masa total inicial; x_w la fracción másica del soluto en el tiempo t e inicial, respectivamente.

Similares ecuaciones, pero con ligera variación, emplearon Maldonado *et al.* (2008) durante el análisis de la cinética de deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) (Figura 1), aplicando las ecuaciones de reducción de peso WR: (g.100 g⁻¹ MF), pérdida de agua WL: g agua.100 g⁻¹ MF) y ganancia de sólidos (g sólidos.100 g⁻¹ MF):

$$WR\% = \frac{W_i - W_t}{w_i} \times 100 \quad (4)$$

$$SG\% = \frac{SS_i - SS_t}{W_i} \times 100 \quad (5)$$

$$WL\% = SG\% - WR\% \quad (6)$$

$$WL\% = \frac{M_i - M_t}{W_i} \times 100 \quad (7)$$

Se pueden utilizar tablas para explicar algunas partes de la metodología. Siendo W_i el peso de la muestra inicial en g, W_t el peso de la muestra al tiempo t en g, SS_i sólidos solubles iniciales ($^{\circ}$ Brix) expresados en sólidos $g \cdot 100 g^{-1}$ MF, SS_t sólidos solubles al tiempo t ($^{\circ}$ Brix), expresados en sólidos $g \cdot 100 g^{-1}$ MF, M_i humedad inicial expresada en $g H_2O \cdot 100 g^{-1}$ MF, M_t humedad al tiempo t expresada en $g H_2O \cdot 100 g^{-1}$ MF.

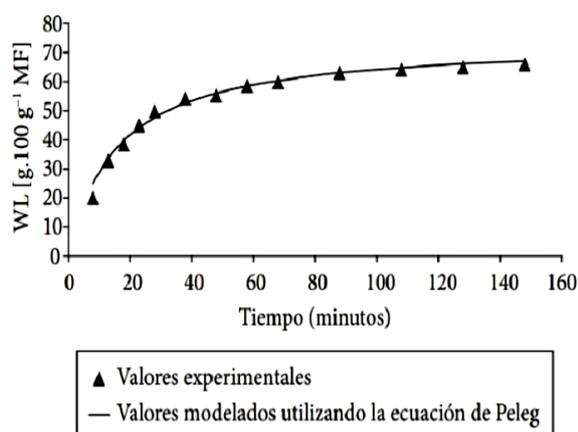


Figura 1. Pérdida de agua de Yacón deshidratado osmóticamente en solución de sacarosa 40% p/p.

4. Conclusiones

Conforme a las investigaciones presentadas, se tiene que el proceso de la deshidratación osmótica, es un proceso de transferencia de masa, disminución de humedad y el aumento de sólidos que dependen de la fuerza del flujo y la resistencia del producto, las cuales son afectadas por: el tipo de materia prima, tiempo, temperatura, velocidad de agitación, peso molecular, tipo y concentración de la solución osmótica. Se puede reforzar el deshidratado osmótico con el secado convectivo para mejorar las características físico-químicas de los frutos y/o hortalizas a procesar.

Referencias bibliográficas

- Abraão, A.; Lemos, A.; Vilela, A.; Sousa, J.; Nunes, F. 2013. Influence of osmotic dehydration process parameters on the quality of candied pumpkins. *Food and Bioproducts Processing* 91: 481-494.
- Ahmed, I.; Qazi, I.; Jamal S. 2016. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34: 29-43.
- Arango, R.; Camacho, G. 2006. Estudio preliminar para la Osmodeshidratación directa de Curuba, Piña, Guayaba y Brevia. En: *Memorias del Curso Taller "Deshidratación osmótica directa de vegetales"*. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 12 pp.
- Argaiz, A.; López-Malo, A.; Palou, E.; Welti Chanes, J. 1994. Osmotic dehydration of papaya with corn syrup solids. *Drying technol.* 12(7): 1709-1725.
- Brasil, I.; Siddiqui M. 2017. Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality, Chapter 1: Postharvest quality of fruits and vegetables: An overview. Academic Press.
- Barbosa, G.; Vega, H. 2000. *Deshidratación de alimentos*. Ed. Acribia. España.
- Castilho, C.; Aparecida, M.; Kimura, M. 2007. Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*). *Journal of Food Engineering* 36(2): 87-93.
- Cortez, O. 2001. Efecto de las películas de quitosano sobre la transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya. Tesis de maestría. UDLA-P.
- Corzo, O.; Centeno, A. 2003. Superficies de respuesta de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica del melón (*Cucumis melo*, variedad Edisto). *Rev. Facultad de Farmacia* 45(1): 54-60.
- El-Aouar, A.; Azouel, P.; Murr, F. 2003. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering* 59: 85-91
- FAO. 1998. *Procesamiento a pequeña escala de frutas amazónicas nativas e introducidas*. Editorial. American Printers, Monterrey, México.
- Giraldo, D.; Arango, L.; Márquez, C., 2004. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus Glaucus* Benth.) con tres agentes edulcorantes. *Revista Facultad Nacional* 57(1): 2253-2268.
- Góngora-Chávez, M. 2012. *Secado Osmo-convectivo con aire caliente de rodajas de carambolo (Averrhoa carambola L.)*. Tesis de maestría. Universidad del Valle, Colombia.
- González M.; Prado SB. 2003. Evaluación de cuatro métodos para el secado de la pulpa de zapallo (*Cucurbita máxima Duch*) Trabajo de Grado Ing. Agroind. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 87 pp.
- Grabowski, S.; Mujundar, A.; Ramaswamy, H.; Strumillo, C., 1994. Osmoconvective drying of grapes. *Drying Technology* 12(5): 1211-1299
- Ibarz A. y Barboza-Cánovas G. 2005. *Operaciones Unitarias en la ingeniería de los alimentos*. Ed.: Mundi-Prensa. Madrid-España.
- Lazarides, H. 2004. Osmotic preconcentration: Developments and prospects. En: *Minimal Processing of foods and process optimization*. Ed (es): R.P. Singh y f.A. Oliveira. CRS Press
- Maldonado, S.; Santapaola J.; Singh, J.; Torres, M; Garay, A. 2008. Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal Ciencia e Tecnología de Alimentos* 28(1): 251-256.
- Mandala, I.; Anagmostaras, E.; Oionomou, C. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on Apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering* 69: 307-316.
- Martínez, C.; Acevedo, G.X. 2004. *La cadena de alimentos balanceados para animales (ABA) en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 33 pp.
- Molano, L.; Serna, C.; Castaño, C. 2006. *Deshidratación de Piña Variedad Cayena Lisa por Métodos Combinados*. *Revista Cenicafé* 47(3):140-158.
- Moreira, R.; Sereno, A. 2003. Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions. *Journal of Food Engineering* 57: 25-31.

- Mundada, M.; Hathan, B.; Maske, S. 2011. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils. *Journal of Food Science* 75: 31-39
- Ochoa-Martínez, C.; Ayala-Aponte, A. 2005. Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 4(5): 330-342.
- Ortiz, G.; Sánchez L.; Valdés R.; Baena G.; Vallejo, F. 2008. Efecto de la osmodeshidratación y secado en la retención de carotenos en fruto de zapallo. *Acta Agronómica* 57(4): 269-274.
- Ramaswamy, H. 2005. Osmotic drying. Workshop on drying of food and pharmaceuticals. Four Asia Pacific Drying Conference, 12 December, 2005, Kolkata, India.
- Roncero, B.; Moyano, P.; Kasahara, I. 2008. Cinética de pérdida de agua durante la deshidratación osmótica de manzana. *Contribuciones científicas y tecnológicas* 108: 43-47.
- Rocca, P. 2010. Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente. Tesis de Maestría. Univ. Tec. Nacional – Bs. As.
- Sacchetti, G.; Gianotti, A.; Dalla, M., 2001. Sucrose-salt combined effects on mass transfer Kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering* 49: 163-173.
- Sagar, V.; Kumar, P. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food Science and Technology* 47(1): 15-26.
- Shi, J.; Xue, J. 2009. Mass transfer in vacuum osmotic dehydration of fruits: A mathematical model approach. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 27: 67-72
- Sluka, E.F., Monserrat, S.V, Orlando, C.A., y Fernández, M. 2014. Optimización de la técnica de osmodeshidratación al vacío en cubos de batata (*Ipomoea batatas* L.). *Revista Agron. Noroeste Argent.* 34(2): 17–20.
- Suca, C.; Suca, G. 2010. Deshidratación osmótica de alimentos. En: *Boletín de divulgación tecnológica agroindustrial* 1(1): 24.
- Torres, D.; Salvador, D.; Baltazar, R; Siche, R. 2013. Optimización de las condiciones de deshidratación osmótica de espárrago (*Asparagus officinalis*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Scientia Agropecuaria* 3(1): 7-18.
- Torreggiani, D.; Bertolo G. 2004. Present and Future in Process Control and Optimization of Osmotic Dehydration: From Unit Operation to Innovative Combined Process: An Overview. *Advances in food and nutrition research* 48: 173-238.
- Waliszewski, K.; Pardo, V.; Ramírez, M. 2002. Effect of Chitin on color during osmotic dehydration of Banana Slices. *Drying Technology* 20(3): 719-726
- Yu, Y.; Jin, T.; Fan, X.; Wu J. 2017. Biochemical degradation and physical migration of polyphenolic compounds in osmotic dehydrated blueberries with pulsed electric field and thermal pretreatments. *Food Chemistry* 239: 1219-1225.
- Zapata, J.; Castro, G. 2009. Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 52: 451-466.

