

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA MÉTODO ALTERNATIVO DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

OSMOTIC DEHYDRATION ALTERNATIVE FOOD PRESERVATION METHOD

**Clemente Granados-Conde¹, Miladys Torrenegra-Alarcon¹, Glicerio Leon-Mendez²,
Yurica Arrieta Pineda², Jaime Jimenez-Nieto¹, Luz Carriazo-Marmolejo¹**

¹. Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena. Grupo de investigación Ingeniería, Innovación, Calidad Alimentaria y Salud (INCAS). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

² Facultad de Ciencias de la Salud. Corporación Universitaria Rafael Núñez. Programa de Tecnología en Estética y Cosmetología. GITEC, Cartagena, Colombia. Correo electrónico: glicerio.leon@curnvirtual.edu.co

Recibido 30 de Marzo de 2019; aceptado 21 de Octubre 2019

RESUMEN

La deshidratación osmótica es una técnica de deshidratación parcial de alimentos que consiste en la inmersión de los mismos en soluciones acuosas de solutos (azúcares y/o sales) de alta presión osmótica. El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por presentar dos etapas: una dinámica y otra de equilibrio. En la etapa dinámica las velocidades de transferencia de materia disminuyen hasta que se alcanza el equilibrio. El proceso osmótico termina cuando se alcanza este equilibrio, es decir, cuando la velocidad neta de

transporte de materia se anula. El agua se elimina principalmente por difusión y flujo capilar, mientras que la impregnación del alimento con los solutos y la lixiviación de los componentes del alimento se producen solamente por difusión. Concluyendo que el uso de la deshidratación osmótica en la industria alimenticia como pretratamiento mejora la calidad del producto en términos de color, flavour y textura con un mínimo requerimiento energético ya que se realiza a bajas temperaturas.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia Glicerio Leon-Mendez:
Correo electrónico:
alicerio.leon@curvirtual.edu.co

Palabras claves: Alimento, deshidratación, conservación, osmosis.

ABSTRACT

Osmotic dehydration is a partial food dehydration technique that consists in the immersion of the same in aqueous solutions of solutes (sugars and/or salts) of high osmotic pressure. The osmotic dehydration process is characterized by two stages: dynamic and equilibrium. In the dynamic stage the transfer rates of matter decrease until the equilibrium is reached. The osmotic process ends when this equilibrium is reached, i.e. when the net speed of matter transport is cancelled. Water is mainly eliminated by diffusion and capillary flow, while the impregnation of food with solutes and leaching of food components is produced only by diffusion. Concluding that the use of osmotic dehydration in the food industry as pretreatment improves the quality of the product in terms of color, flavour and texture with a minimum energy requirement because it is done at low temperatures.

Key words: Food, dehydration, conservation, osmosis.

INTRODUCCION

Debido al cambio en los hábitos alimenticios y estilo de vida de las personas en la sociedad moderna, incluyendo un mayor consumo de frutas y alimentos nutritivos listos para el consumo, sin aditivos químicos, la industria de la fruta seca ha crecido en los últimos años, y tiene un gran potencial para ser explotados en todo el mundo. El proceso de secado convencional de frutas, utilizando aire caliente, es generalmente caro debido al cambio de fase de agua. Por lo tanto, con el fin de eliminar una parte del agua contenida en un producto y para mejorar sus características nutricionales y de sabor, comúnmente un pretratamiento se lleva a cabo antes del secado convencional de frutas y otros productos agrícolas. Varias técnicas de pretratamiento se describen en la literatura (Doymaz y Pala, 2003; Doymaz, 2004; Doymaz, 2006; Doymaz, 2007, Torrenegra-Alarcon, 2019; Recio Colmenares, *et al.*, 2019) y uno de ellos es la deshidratación osmótica (Corzo y Bracho, 2003; Corzo *et al.*, 2004; Reyes *et al.*, 2005; Corzo y Bracho, 2005). Esta técnica se reconoce como un método económico de deshidratación parcial, y consiste en la eliminación de agua por inmersión del producto en una solución con uno o más solutos.

La deshidratación osmótica, en el proceso mediante el cual el fruto se sumerge en soluciones de azúcares, es uno de los pretratamientos más comunes, aplicados en la industria y provoca la pérdida de agua y el intercambio de sólidos solubles (Nahimana *et al.*, 2011). Estos procesos de intercambio de masa podrían tener un efecto en las propiedades organolépticas y el valor nutricional del producto deshidratado, y pueden dar lugar a productos finales con los atributos de calidad muy diferentes (Ramírez, 2016; Reyes *et al.*, 2005; Lewicki, 2006).

La deshidratación conduce a prolongar la vida útil en los productos agrícolas y reducen los gastos de envío y embalaje como resultado de la disminución de peso y volumen. Entre los tratamientos de deshidratación, la osmótica ha atraído la atención de muchos desarrolladores de productos alimenticios, debido a sus resultados de conservación de buena calidad. La deshidratación osmótica (OD) se puede llevar a cabo para obtener varios tipos de productos, tales como productos de humedad intermedia, mínimamente procesados y como un pretratamiento antes del secado o congelación (Oliver *et al.*, 2012; Fernández y Bautista, 2015).

La característica principal de un proceso de OD es la pérdida de agua; sin

embargo, la ganancia de sólidos es un parámetro a considerar, porque la eficiencia del proceso depende de estos dos parámetros. La reducción de peso también se considera un parámetro importante para medir la eficiencia del proceso osmótico (García *et al.*, 2013).

Por lo tanto, este artículo de revisión se enfocó en resaltar la deshidratación osmótica como método alternativo de conservación de alimentos.

Deshidratación Osmótica

La deshidratación osmótica (OD) consiste básicamente en la remoción del contenido de agua del producto con un aumento simultáneo de sólidos por efecto de la presión osmótica, que ocurre por inmersión de un alimento sólido (entero o en trozos) en una solución hipertónica de uno o más solutos (agente deshidratante) por un cierto tiempo y temperatura específicos. Además de los flujos de salida de agua y entrada de solutos en el alimento, se observa flujo de salida de solutos de bajo peso molecular del propio producto (azúcares, ácidos orgánicos, sales y vitaminas), que ocurre en cantidades despreciables, pero ejerce una importante influencia con relación a la composición y calidad del producto final (Azuara *et al.*, 1998; Ayala *et al.*, 2010).

La deshidratación osmótica es una alternativa para prolongar la vida útil de

los productos cortados, disminuyendo la actividad acuosa y la posibilidad de deterioro fisicoquímico y microbiológico. En dicho proceso la transferencia de masa depende de factores como la presión, la temperatura y la concentración de la solución osmodeshidratante, la relación jarabe/fruta, el grado de agitación del medio, entre otros (Melo *et al.*, 2001; Reyes *et al.*, 2005; Moraga *et al.*, 2010).

Factores que influyen sobre la velocidad de deshidratación

Temperatura de la solución osmótica

La temperatura produce cambios en el proceso de OD debido a los efectos que tiene sobre la difusión de agua del producto hacia la solución y sobre la permeabilidad de las membranas celulares. En cuanto a la permeabilidad de las membranas, un aumento de temperatura puede afectarla perjudicando el proceso. Para la mayoría de las especies vegetales el rango de temperatura al cual las membranas de las células se modifican es entre los 50° C y 55° C aproximadamente (Ramallo y Mascheroni, 2010).

Concentración de la solución osmótica

Cuanto mayor sea la concentración de soluto de la solución osmótica mayor será la diferencia de presión osmótica entre ésta y el producto, lo cual aumentará la

velocidad de salida de agua del producto. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que concentraciones muy altas de soluto pueden causar que se forme una capa de este sobre la superficie de las frutas lo que dificultaría la pérdida de agua. Debido a lo anterior es muy importante realizar ensayos previos para determinar cuál es la concentración más adecuada para cada producto (Ramallo y Mascheroni, 2010).

Tipo de soluto

La elección del soluto depende del tipo de producto a tratar, del costo del soluto y la calidad final deseada. El soluto más difundido para la deshidratación osmótica de frutas es la sacarosa, aunque en muchos casos se utiliza mezclas de sacarosa con mínimas proporciones de cloruro de sodio (sal). La aplicación de esta mezcla presenta ventajas respecto a la utilización de cada uno por separado, ya que la deshidratación es mayor y la penetración de solutos es menor. Esto se debe a que la sacarosa forma una barrera sobre la superficie de la fruta que evita la penetración de la sal, pero a su vez la presencia de sal en la solución mantiene una baja actividad de agua lo cual produce una continua pérdida de agua y una baja ganancia de solutos (Ramallo & Mascheroni, 2010).

Propiedades del soluto

Las propiedades fisicoquímicas del soluto elegido son una variable determinante en la transferencia de masa durante la OD. Si se utilizan solutos de peso molecular alto se favorece la pérdida de agua, mientras que si se eligen solutos cuyo peso molecular es bajo la impregnación de soluto al alimento será mayor ya que las moléculas de éste pueden pasar más fácilmente hacia el interior del tejido celular (Ramallo y Mascheroni, 2010).

Geometría y tamaño del producto

Dependiendo del tipo de geometría y tamaño que presente el producto variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la acción de la solución osmótica. Diferentes estudios demostraron que si se tienen productos de menor tamaño (la superficie por unidad de volumen aumenta) se eleva la pérdida de agua, por el contrario, si se tienen trozos de fruta, u otro alimento, de tamaño superiores (la superficie por unidad de volumen disminuye) la pérdida de agua es menor (Ramallo y Mascheroni, 2010).

Relación masa de solución / masa de producto

Cuanto mayor sea la relación masa de solución sobre la masa de producto a tratar (es decir cuanto mayor sea la cantidad de jarabe respecto a la cantidad de fruta) mayor será la pérdida de agua y

la ganancia de solutos (Ramallo y Mascheroni, 2010).

Ventajas y desventajas del proceso de osmosis.

Se ha logrado comprobar ciertas ventajas del proceso de deshidratación osmótica aplicado principalmente a frutas. Algunas de las ventajas logradas están relacionadas con la conservación de la calidad sensorial y nutricional de las frutas. El agua que sale de la fruta al jarabe de temperatura ambiente y en estado líquido, evita las pérdidas de aromas propios de la fruta, los que si se volatilizarían o descompondrían a las altas temperaturas que se emplean durante la operación de evaporación que se practica durante la concentración o deshidratación de la misma fruta mediante otras técnicas (Heng *et al.*, 1990).

La ausencia de oxígeno en el interior de la masa de jarabe donde se halla la fruta, evita las correspondientes reacciones de oxidación (pardeamiento enzimático) que afectan directamente la apariencia del producto final. La deshidratación de la fruta sin romper células y sin poner en contacto los sustratos que favorecen el oscurecimiento químico, permite mantener una alta calidad al producto final. Es notoria la alta conservación de las características nutricionales propias de la fruta (Heng *et al.*, 1990).

La fruta obtenida conserva en alto grado sus características de color, sabor y aroma. Además, si se deja deshidratar suficiente tiempo es estable a temperatura ambiente (18 °C) lo que la hace atractiva a varias industrias. La relativa baja actividad de agua del jarabe concentrado, no permite el fácil desarrollo de microorganismos que rápidamente atacan y dañan las frutas en condiciones ambientales (Spiazzi y Mascheroni, 2001).

Esta técnica también presenta interesantes ventajas económicas, teniendo en cuenta la baja inversión inicial en equipos, cuando se trata de volúmenes pequeños a nivel de Planta piloto, donde solamente se requieren recipientes medianos, mano de obra no calificada, sin consumo de energía eléctrica y además los jarabes que se producen, pueden ser utilizados en la elaboración de yogurts, néctares, etc., a fin de aprovechar su poder edulcorante y contenido de aromas y sabores de la fruta osmodeshidratada. Por otra parte, el uso de azúcar (sacarosa) o jarabes y melazas tan disponibles en nuestro medio rural, con la posibilidad de su reutilización bien sea en nuevos procesos o para edulcorar otros productos la hace una técnica interesante (Spiazzi y Mascheroni, 2001).

Entre las limitaciones que presenta esta técnica de ósmosis está que no a todas las frutas puede aplicarse. Por ahora solo

se emplean las frutas que presentan estructura sólida y pueden cortarse en trozos. Tampoco se recomiendan las frutas que poseen alto número de semillas de tamaño mediano como la mora o guayaba. Algunas frutas pueden perder su poca acidez como el mango o la piña, aunque se puede corregir este inconveniente ajustando la acidez del jarabe a fin de que la relación de sabor ácido-dulce sea agradable al gusto (Spiazzi y Mascheroni, 2001).

Una característica en la operación de inmersión de la fruta en el jarabe es la flotación. Esto es debido a la menor densidad de la fruta que tendrá 5 a 6 veces menos °Brix que el jarabe y además a los gases que esta puede tener ocluidos. Cuando se intenta sumergir toda la masa de fruta dentro del jarabe se forma un bloque compacto de trozos que impiden la circulación del jarabe a través de cada trozo, con lo que se obtiene la ósmosis parcial de la fruta (Spiazzi y Mascheroni, 2001).

Las frutas obtenidas, dependiendo del grado de deshidratación, por lo general no son productos estables, sino semielaborados que pueden complementarse con otras técnicas que podrían encarecer el producto final. Las investigaciones desarrolladas en diferentes centros han estudiado complementar la ósmosis con la

refrigeración, pasterización, congelación, deshidratado mediante diferentes técnicas o en condiciones de secado solar. Los resultados han sido diversos tanto en calidad sensorial como de vida útil en anaquel.

También se presentan inconvenientes con el manejo de los jarabes. Algunos de estos inconvenientes están relacionados con el almacenamiento de los altos volúmenes que se necesitan, su reutilización una vez se hayan concentrado de nuevo; el enturbiamiento que se genera por el desprendimiento de solutos y partículas de las frutas allí sumergidas; el riesgo de contaminación microbiana cuando ha descendido a niveles inferiores a 60 °Bx; la resistencia de los microorganismos a los tratamientos térmicos higienizantes y la necesidad de conservar los jarabes almacenados bajo condiciones que eviten su fermentación. Finalmente está la presencia de insectos que se puede generar en los sitios donde se manejan estos jarabes debido a la atracción que estos tienen por los aromas frutales que con el tiempo se pueden tornar difíciles de erradicar.

Antecedentes científicos

Ramallo y Mascheroni (2010), estudiaron la variación de algunas características físicas de la piña, tales como propiedades mecánicas, compresión o módulo de

elasticidad, fallo o fractura por estrés y la tensión asociadas por lo general a la firmeza, fuerza y elasticidad. Las curvas características de compresión uniaxial de rodajas de piña sometidas a diferentes tiempos de deshidratación osmótica en solución de sacarosa a 60 °Brix y 40 °C indican que el esfuerzo de insuficiencia aumenta con el tiempo de deshidratación lo cual denota un aumento en la dureza de la fruta. Durante la descongelación, la alta concentración de azúcar en la superficie de la fruta puede dar lugar a la migración de agua desde el interior, donde la concentración de soluto se ha mantenido prácticamente constante, con un aumento del tiempo de inmersión en solución de sacarosa disminuye la pérdida por goteo, aunque se requieren tiempos de deshidratación osmótica de más de 240 minutos para obtener resultados positivos en relación con el efecto crioprotector del azúcar impregnada en el tejido de la planta. El contenido de L-ascórbico en fruta de piña mostro una variabilidad importante: en donde el contenido promedio de 20 frutos fue de $1,68 \pm 0,94$ mg/g solido seco. En frutas con un alto contenido de agua se evidencia una marcada caída del contenido de ácido ascórbico debido a la congelación y el efecto de la descongelación; la fruta fresca representó una disminución de 25 % en la concentración de vitamina C. La deshidratación osmótica se llevó a cabo

utilizando una solución hipertónica de sacarosa a 60 °Brix a 40°C. Se empleó una relación masa jarabe-masa fruta de 10:1.

Della Roca & Mascheroni (2011), quienes, durante la deshidratación osmótica de papas, observaron que a bajas concentraciones de sacarosa y sal disminuye la ganancia de sólidos, debido, probablemente, a la formación de una capa superficial sobre el producto que impide el ingreso de sólidos dentro del mismo.

Acevedo *et al.*, (2013), evaluaron la cinética de deshidratación osmótica en pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.), a partir del índice de efectividad, estudiándose la influencia de la temperatura y la concentración de la solución sobre el proceso. Para ello, se determinó experimentalmente la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de la pulpa, en soluciones hipertónicas de sacarosa, con 30, 40 y 60 °Brix y temperaturas de 29 y 50 °C. Como resultado, se obtuvo que, a mayor concentración y temperatura de la solución, se produzcan mayores pérdidas de agua (53,9 %), peso (53,9 %) y ganancia de sólidos (0,008 %).

Giraldo *et al.*, 2004, evaluaron la deshidratación osmótica de mora de

castilla con tres jarabes diferentes, sacarosa (js), sacarosa invertida (jsi) y miel de caña (jmc), en iguales condiciones iniciales de concentración, 70 grados Brix, temperatura promedio de 20 °C, y humedad relativa de 65 %, permitió conocer que el jarabe de miel de caña presenta mayor poder osmótico (69,2 %) que los jarabes de sacarosa invertida (54,5 %) y sacarosa (50 %), medido a partir del porcentaje de pérdida de peso de la mora. Con el proceso de estabilización del producto secado por convección forzada con aire caliente a 1,5 ms⁻¹ de velocidad y 55 °C de temperatura, durante 24 horas, logrando disminuir la humedad de los tres productos hasta 27,3 % HBH, 30,8 % HBH Y 25,9 % HBH para los jarabes de sacarosa, sacarosa invertida y miel de caña, respectivamente y mejorar las condiciones de empaque y almacenamiento, haciendo más estable el producto al ataque microbiano. Las pruebas preliminares de conservación se efectuaron en envases de vidrio de 250 g durante 15 días. Se realizó además una prueba sensorial de ordenación con 10 jueces entrenados para la evaluación de las moras deshidratadas osmóticamente antes y después de la prueba de empaque y almacenamiento y como resultado se obtuvo que antes de la prueba de empaque y almacenamiento, el producto de mayor aceptación fue el

correspondiente a las moras osmodeshidratadas en jarabe de sacarosa invertida y luego del empaque, la mayor aceptación fue para las moras osmodeshidratadas en jarabe de sacarosa.

Zapata et al., 2011, utilizaron la metodología de la superficie de respuesta para optimizar los efectos de la temperatura (25 - 45 °C) y la concentración de ácido cítrico (0,5 - 2,5 % P/P) en la deshidratación osmótica de la piña en una solución de sacarosa. Utilizándose un diseño factorial de 3² con pérdida de peso (% PP), pérdida de humedad (% PH) y ganancia sólida (% GS) como respuestas. Los modelos obtenidos para todas las respuestas fueron significativos ($p=0.05$) sin una falta significativa de ajuste. Los resultados sugieren que WL, ML y SG pueden alcanzar 42.62 %, 36.54 % y 292.16 % respectivamente, después de 4 a 6 h del proceso, con 100 % de aceptación sensorial y reducciones en los conteos microbianos, usando las condiciones definidas por la optimización (44.99 °C y 2.48 % de ácido cítrico). Cabe resaltar que añadir ácido cítrico a la solución de osmodeshidratación, además de provocar una respuesta positiva de las variables, tiene un efecto claramente positivo al reducir los conteos microbiológicos de la piña al disminuir el pH (ácido) que es

desfavorable para el crecimiento de mohos y levaduras, sin afectar negativamente la sensibilidad sensorial.

Zapata y Montoya, 2012, aplicaron el método de superficies de respuesta para estudiar el efecto de la temperatura y la concentración de ácido cítrico sobre la deshidratación osmótica de láminas de mango cv. Tommy Atkins. La deshidratación osmótica se evaluó en términos del porcentaje de pérdida de peso (% PP), ganancia de sólidos (% GS), pérdida de humedad (% PH), y pérdida de actividad acuosa (% PAw). Los resultados indicaron que tanto la temperatura como la concentración de ácido cítrico, tuvieron efectos significativos sobre el % PP, % PH, y % PAw, en el rango de condiciones evaluado (25 °C – 45 °C) y (1 % -3 %) respectivamente. La adición de ácido cítrico en la solución osmodeshidratante redujo de forma significativa los recuentos de microorganismos, sin afectar las características sensoriales del producto. Los niveles máximos de los parámetros cinéticos se consiguen después de 4 h de proceso, con temperaturas de 45 °C y concentraciones de ácido cítrico de 3 % p/p, siendo 47,62 %, 53,07 % y 6,04 %, los valores óptimos para % PP, % PH y % PAw respectivamente, con aceptación sensorial del 100 % y reducciones en los recuentos microbianos de más de dos ciclos logarítmicos.

García *et al.*, 2013, desarrollaron el análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa). Durante el análisis se determinaron las propiedades físico-mecánicas de las frutas frescas y de los cubos deshidratados (masa, firmeza, talla, pH, y contenido de sólidos solubles (SSC)), posteriormente las frutas fueron troceadas en cubos de $1 \times 5 \pm 0.02$ cm para ser sometidas a tratamientos de Deshidratación Osmótica (DO) (60 °C durante 10 h) y por Deshidratación por Flujo de Aire Caliente (DAC) (60 °C durante 5 h). Se monitoreó además la variación de la masa, la firmeza y el porcentaje de pérdida de peso durante ambos procesos. Como resultado se obtuvo que la variabilidad alcanzada a partir de la diferencia entre los valores iniciales y finales de la masa, firmeza y el aumento del porcentaje de pérdida de peso fue inferior para la fruta sometida al proceso tecnológico de DO con valores de 49,4; 86 y 64,17 %, que para la obtenida por DAC con valores 80; 88,3; y 80 %, respectivamente, resultando también el método que mayor variabilidad aportó entre las propiedades estudiadas.

Gómez-Daza, 2014, evaluó la cinética de deshidratación osmótica durante 300 minutos de cilindros de melón mediante tratamiento con soluciones de sacarosa a

59.3 °Brix y glucosa a 50 °Brix. Los resultados evidenciaron una reducción gradual del contenido de humedad y ganancia de sólidos solubles totales en los cilindros de melón, generados por transporte de masa simultáneo de los dos componentes (agua y solutos), adicionalmente se cumplieron los balances de materia. Además, que el tratamiento con glucosa presenta un $De = 8.7 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ mayor que tratamiento con sacarosa $De = 3.3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$. Por lo anterior se concluye que la deshidratación osmótica de melón se ve potenciada empleando glucosa en la solución hipertónica y que los modelos matemáticos establecidos son adecuados

para modelar la deshidratación osmótica en cilindros de melón.

Giraldo *et al.*, 2004; Mújica-Paz *et al.*, 2003, concluyeron que soluciones concentradas, por ser más viscosas, obstaculizan el paso de los solutos que se hallan en la solución, al desarrollarse una capa de soluto sobre los alimentos, este fenómeno, se conoce como impregnación.

Moreira y Xidieh, (2004), indican que la elección de un medio de alta concentración, trae algunos beneficios en términos de pérdida de agua más rápido; sin embargo, se logra una ganancia mucho mayor de sólidos.

CONCLUSIONES

El uso de la deshidratación osmótica en la industria alimenticia como pretratamiento mejora la calidad del producto en términos

de color, flavour y textura con un mínimo requerimiento energético ya que se realiza a bajas temperaturas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Universitaria Rafael Núñez y la Universidad de Cartagena por facilitar

espacio, recursos y tiempo de los investigadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo D., Tirado D., Guzmán L. (2014). Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): Influencia de la temperatura y la concentración. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient., 17(1): 123-130.
- Ayala A., Serna L, Giraldo C. (2010). Cinética de deshidratación osmótica de Pitahaya Amarilla. Interciencia. 35 (7): 539 – 544.
- Azuara E., Beristain CI., Gutiérrez GF. (1998). A method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. LWT, 31: 317-321.
- Corzo O., Bracho N. (2003). Effects of brine concentration and temperature on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of sardine sheets. Lebensm. Wiss. u Technol., 37(4): 475-479.
- Corzo O., Bracho N., Rodríguez J., González M. (2004). Dinámica de la transferencia de masa en la deshidratación osmótica con pulso de vacío de láminas de sardina. Saber, 16 (2): 124-129.
- Corzo O., Bracho N. (2005). Osmotic dehydration kinetics of sardine sheets using Zugarramurdi and Lupin model. J. Food Eng., 66:51-56.
- Della Rocca P., Mascheroni R. (2011). Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. Proyecciones. (Argentina), 9(2):11-26.
- Doymaz Í., y Pala M. (2003). Effect of ethyl oleate on drying characteristics of mulberries. Molecular Nutrition & Food Research, 47: 304-308.
- Doymaz Í. (2004). Drying kinetics of white mulberry. Journal of Food Engineering, 61: 341–346.
- Doymaz Í. (2006). Drying kinetics of black grapes treated with different solutions. Journal of Food Engineering, 76, 212–217
- Doymaz Í. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. Journal of Food Engineering, 78: 1291–1297.
- Fernández Valdés, D. y Bautista Baños, S. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. Revista Ciencias. ISSN 1692-7125. Volumen 12, N° 2, p. 5 -16.
- García A., Muñiz S., Hernández A., González L., Fernández D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por flujo de

- aire caliente de la Piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1): 62-69.
- Giraldo DP., Arango LM., Márquez CJ. (2004). Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) con tres agentes edulcorantes. *Rev. Fac. Nal. Agr. (Colombia)*, 57(1):2257-2274.
- Gómez-Daza JC. (2014). Análisis de la deshidratación osmótica de melón (*Cucumis melo*). *UGCiencia*, 20: 72-78.
- Heng K., Guilbert S., Cuq JL. (1990). Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. *Science des Aliments*, 10: 831-848.
- Lewicki P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 153–163.
- Melo LA., Lopez O. B, Ordoñez H. (2001). Deshidratación osmótica del mango Tommy Atkins en solución de maracuyá. Influencia de la presión y la temperatura. *Noos*, 14: 177-189
- Moraga MJ., Moraga G, Martínez-Navarrete N. (2010). Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit. *LTW - Food Sci. Technol.*, 44(1): 35-41.
- Moreira P., Xidieh F. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *J. Food Eng.*, 61(3):291-295.
- Mújica-Paz H., Valdez-Fragoso A., López-Malo A., Palou E., Welti-Chanes W. (2003). Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. *J. Food Eng.*, 57(4):305-314.
- Nahimana H., Zhang M., Mujumdar A., Ding Z. (2011). Mass transfer modeling and shrinkage consideration during osmotic dehydration of fruits and vegetables. *Food Reviews International*, 27: 331–356.
- Oliver L., Betoret N., Fito P., Meinders M. (2012). How to deal with visco-elastic properties of cellular tissues during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 110(2): 278-288.
- Ramallo L. A., Mascheroni R. H. (2010). Dehydrofreezing of pineapple. *J. Food Eng.*, 99(3): 269-275.
- Ramírez G. Luz E. (2016). Análisis de las propiedades físicas y químicas de zanahoria deshidratada por ósmosis y secado convectivo. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-7125. Volumen 14 N° 2. Pp: 42 - 53

- Recio Colmenares, Roxana B., Recio Colmenares, Carolina L. y Pilatowsky Figueroa Isaac. (2019). Estudio experimental de la deshidratación de tomate verde (*Pysalis ixocarpa brot*) utilizando un secador solar de tipo directo. Revista de La facultad de Ciencias Básicas, Bistua. ISSN: 0120-4211. Vol. 17 N°1. p76-86. DOI: <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2019.3136>.
- Reyes G., Corzo O., Bracho N. (2005). Optimización de la deshidratación osmótica de sardina mediante la metodología de superficies de respuesta. Revista Científica, 15(4): 377 – 384.
- Spiazzi E., Mascheroni R. (2001). Modelo de deshidratación osmótica de alimentos vegetales. MAT, 4: 23-32.
- Torrenegra-Alarcon, Miladys, Granados-Conde, Clemente, Leon-Mendez, Glicerio, Arrieta Pineda, Yurica, Villalobos-Lagares, Oscar y Castellar-Abello, Ernesto. (2019). Pasteurización mediante microondas una novedosa alternativa a los procesos tradicionales. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 17 N° 1. Pp: 76 - 87.
- Zapata J. E., Arias JM., Ciro GL. (2011). Optimization of osmotic dehydration of pineapple (*Ananas comosus L.*) using the response surface methodology. *Agron. colomb.*, 29(2): 441-448.
- Zapata J. E., Montoya A. (2012). Deshidratación Osmótica de Láminas de Mango cv. Tommy Atkins Aplicando Metodología de Superficies de Respuesta. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, 65(1): 6507-6518.