

Evaluación de la deshidratación osmótica como pretratamiento al proceso de secado convectivo y molienda de ají (*Capsicum annuum*)¹

Evaluation of osmotic dehydration as pretreatment process of convective drying and grinding of pepper (*Capsicum annuum*)

Tascón Lince, Samuel*, Laura Sofia Torres-Valenzuela**

* (e) Ingeniería Agroindustrial, Universidad de San Buenaventura, Cali, Valle, Colombia

** Ingeniera de Alimentos, MSc. Ingeniería de alimentos, docente Universidad La Gran Colombia.

Resumen

La deshidratación osmótica es una técnica ampliamente usada en la industria alimentaria como pretratamiento para diferentes tratamientos de conservación en frutas y hortalizas, en este trabajo se evaluó el proceso de deshidratación osmótica (DO) en ají (*Capsicum annuum*) a dos concentraciones de solución hipertónica (30% sacarosa/2% NaCl y 30% sacarosa/4% NaCl). Se generaron las cinéticas de deshidratación durante 5 horas y se analizó la pérdida de humedad y la ganancia de sólidos. La DO se realizó a temperatura ambiente, agitación constante (150rpm), geometría cilíndrica uniforme de 9,525x10-3m de diámetro y relación 1:10 (mv:s). No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y se evidenció una tendencia de reducción de humedad pronunciada ($\Delta H = 36\%$) hasta los 30 min. Se calcularon los coeficientes efectivos de difusión, y se obtuvo para el tratamiento 30%S/2%NaCl $3,508 \times 10^{-12}$ y $2,75 \times 10^{-11}$ m²/s para agua y sólidos respectivamente; y para el tratamiento 30%S/4%NaCl valores de $5,629 \times 10^{-12}$ y $2,75 \times 10^{-11}$ m²/s. Se definieron las condiciones óptimas de procesamiento y se realizó un pseudo-escalamiento industrial, utilizando la DO como pretratamiento al secado convectivo y molienda del ají. Se logró una reducción másica total del 76,4% y un rendimiento de proceso del 21,7%. Los resultados sugieren que el pretratamiento de deshidratación osmótica puede ser una alternativa de reducción de costos en el proceso de secado de ají.

Palabras clave: Difusión másica, humedad, sólidos, solución hipertónica.

Abstract

The process of osmotic dehydration (OD) in pepper (*Capsicum annuum*) was evaluated at two concentrations of hypertonic solution (30% sucrose/2% NaCl and 30% sucrose/4% NaCl). Kinetics (5h) were generated and corresponding moisture loss and solids gain were analyzed. OD was performed at room temperature, constant stirring (150rpm), 9,525x10-3m diameter of cylindrical geometry, 1:10 (mv: s). No statistic significant difference was found between treatments and a sharply reducing trend of humidity ($\Delta H = 36\%$) was observed up to 30 min. Effective diffusion coefficients were calculated, and were obtained for 30%S/2%NaCl treatment $2,75 \times 10^{-11}$ and $3,508 \times 10^{-12}$ m²/s for water and solids values respectively; and for the 30%S/4%NaCl treatment were $5,629 \times 10^{-12}$ and $2,75 \times 10^{-11}$ m²/s. Optimal processing conditions were defined and an industrial pseudo-scaling was made using the OD as pretreatment to convective drying and grinding of pepper. A total mass reduction of 76.4% and process performance of 21.7% were achieved.

Keywords: Hypertonic solution, mass transfer, moisture, solids.

1. Artículo derivado del proyecto de investigación Desarrollo de procesos alimentarios con sistemas de conservación, semilleros de ingeniería ugca.

Recibido: 22/10/2014
Revisado: 10/11/2014
Aceptado: 10/12/2014

Correspondencia de autor:

samitascon@gmail.com

© 2014 Universidad La Gran Colombia. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia *Creative Commons Attribution License*, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acrediten.

Cómo citar:

Tascón, S., & Torres-Valenzuela L.(2014). Evaluación de la deshidratación osmótica como pretratamiento al proceso de secado convectivo y molienda de ají (*Capsicum annuum*) *UG-Ciencia* 20. 79-86

Introducción

El ají o chile (*Capsicum spp.*) es una planta tropical de origen americano, que tiene una alta capacidad de adaptación agroclimática, sin embargo, tiene sus mejores rendimientos en suelos profundos, sueltos y de buen drenaje con pH 5,5 – 6,8. Actualmente se producen en el mundo alrededor de 31 millones de toneladas de ají fresco, de las cuales 16 millones se producen en China, 2,38 millones en México, 2 millones en Turquía, 1 millón en España y EE.UU; y en Colombia se producen en la actualidad cerca de 16.300 ton/año (FAO, 2012). Si bien en Colombia el uso de este vegetal no es masivo, se tienen las condiciones ambientales potenciales para su cultivo. Desde hace más de una década se han analizado las oportunidades y potencialidades de su producción, ya que ha existido un déficit de producción respecto a la demanda nacional e internacional. En el mundo durante el 2011 se transaron 2789.000 ton de ají fresco y 536 mil ton de ají seco, de las cuales México exportó 700 mil y España 511 mil. Igualmente, de esa cantidad transada, Reino Unido importó 157 mil ton en fresco y EE.UU 780 mil en fresco y 110 mil ton de ají seco. Aunque actualmente se transa una gran cantidad de ají, esta no logra satisfacer las demandas del mercado; debido a esto se podrían encontrar oportunidades de comercialización con EE.UU y Europa. Desde hace más de una década, se evaluaron a través de proyectos de alianzas productivas en el país, acuerdos para garantizar producciones para la demanda tanto interna como externa, no obstante, al día de hoy gran porcentaje de esas oportunidades siguen presentes porque no se lograron satisfacer en su momento (Martínez, s.f.).

A pesar de las oportunidades de producción y comercialización de ají, existen limitantes que condicionan su distribución. La principal problemática es la corta vida útil del producto, ya que el ají se puede almacenar entre 4 y 14 días después de la cosecha, y si este se dispone para exportación debe ser empacado y enviado en un tiempo máximo de 48 horas en cadena de frío, de lo contrario, será necesario embarcar en un máximo de 24 horas. Estas exigencias suelen dificultar los procesos y por tanto se vuelve compleja la comercialización en fresco del producto (Gonzalez, Ortega, & Carrera, 2004).

Esta problemática es generalizada en la mayoría de los productos hortofrutícolas, y en respuesta a las dificultades se han trabajado diversos procesos postcosecha en función de prolongar la vida útil de los mismos. Uno de estos procesos, es la *deshidratación osmótica (DO)*, siendo un tratamiento no térmico utilizado para reducir el contenido de agua de los alimentos, con el objeto de extender su vida útil y mantener las características sensoriales, funcionales y nutricionales.

Con esta técnica es posible lograr una deshidratación parcial del alimento, entero o fraccionado, mediante su inmersión en soluciones acuosas concentradas en solutos (soluciones hipertónicas) que tienen elevada presión osmótica y baja actividad de agua. Durante el proceso se presentan dos flujos en contracorriente: desplazamiento de agua desde el alimento hacia la solución concentrada, y movimiento de solutos desde la solución al alimento.

La DO afecta en mínimas proporciones el color, sabor, aroma y textura del alimento, y evita la pérdida de la mayor parte de los nutrientes, ya que se realiza a bajas temperaturas y por lo tanto, se considera un proceso de bajo requerimiento energético (Colato, Antonio, A, Moreira, K, & Jin P, 2008; G. C., A. A., P. M., M. R., & F. E., n.d.; Parzanese, s.f.).

Por la amplitud de beneficios que presenta esta técnica en comparación con otros tipos de secado, la DO es usada generalmente como pre tratamiento a procesos de liofilización, congelación, secado por microondas o convectivo; generando una deshidratación parcial del producto, manteniendo la mayoría de sus propiedades a un bajo costo.

Diferentes autores reportan la aplicabilidad de la DO a una amplia variedad de productos hortofrutícolas, dentro de los cuales cabe resaltar: arándanos (Zecchi *et al.*, s.f.), arveja y habichuela (H. Mazzeo, León Agaton, Hernández, & Guapacha, 2006), kiwi (Gómez, Martínez, & García, s.f.), higos (I. Arreola & Rosas, 2007), papaya (Muño & Rodríguez, 2004; Ríos, Márquez, & Ciro, 2012), piña (García, Muñiz, Hernández, González, & Fernández, 2013; Rodríguez & Parra, 2000), pitahaya amarilla (Ayala, Giraldo, & Serna Cock, 2010), uchuva (Castro, Ospina, & Pineda, s.f.), papa (Colato *et al.*, 2008; Della & Mascheroni, 2011), entre otros; igualmente existe amplio reporte bibliográfico de este tratamiento en ajíes de diferentes variedades y cultivares (Ade-Omowaye, Rastogi, Angersbach, & Knorr, 2003; Arslan & Özcan, 2011; da Silva *et al.*, 2012; Falade & Oyedele, 2010; Ozdemir, Ozen, Dock, & Floros, 2008; Raji Abdul Ganiy, Falade Kolawole, & Abimbolu Fadeke, 2010).

Por las razones anteriores, se pretende analizar la cinética de deshidratación osmótica del ají (*Capsicum annuum*) a diferentes concentraciones de solución, en busca de encontrar las condiciones óptimas de proceso. Una vez encontradas, se realizará un pseudo-escalamiento industrial para la producción de ají seco y molido, en donde se evaluará a través de balances de materia y energía la osmodeshidratación como pretratamiento al procesamiento tradicional (secado convectivo y molienda).

Materiales y métodos

Definición de las variables óptimas de procesamiento

Material vegetal y acondicionamiento

Se utilizaron ajíes (*Capiscum annum*, cultivar no definido) comprados en un mercado local (Armenia, Colombia). Se seleccionaron por estado de madurez y se emplearon para el proceso los ajíes en estado avanzado de maduración (color rojo oscuro). Se sometieron a un proceso de desinfección por inmersión durante 5 minutos en solución al 3% V/V de citosán (Diken International, México). Posteriormente se escurrieron naturalmente y se secaron con papel toalla.

Se retiraron pedúnculos, septos, corazón y semillas, dejando solo la pared externa del fruto (endocarpio, pericarpio, mesocarpio y epicarpio). Seguido se extrajeron rodajas uniformes con un sacabocado de $9,525 \times 10^{-3}$ m de diámetro y se guardaron en caja hermética hasta someterlas al tratamiento de DO.

Preparación de soluciones hipertónicas

Se prepararon dos soluciones hipertónicas, a partir de la mezcla de agua destilada, sacarosa (Manuelita S.A., Colombia) y cloruro de sodio (Brinsa S.A., Colombia) comercial; solutos comprados en un mercado local (Armenia, Colombia). Las soluciones fueron preparadas a partir de relaciones P/V y verificadas por refractometría (Atago, Japón). Se prepararon dos soluciones: 30% Sacarosa/2% NaCl y 30% Sacarosa/4% de NaCl.

Deshidratación osmótica

Una vez acondicionado el material vegetal y alcanzado el equilibrio de la solución hipertónica a temperatura ambiente (25 °C), se inició el proceso de DO. Se deshidrató en condiciones de temperatura de entorno estables, a una relación 1:10 (material vegetal:solución; P/V), y agitación permanente en un agitador recíproco a 150 rpm. Las proporciones entre concentraciones de solutos, relación mv:s, condiciones de agitación, temperatura y tiempos, fueron definidos a partir de metodologías reportadas por otros autores que han trabajado en función de estos procesos en ají de diferentes variedades (Ade-Omowaye, Rastogi, Angersbach, & Knorr, 2002; Ade-Omowaye *et al.*, 2003; Arslan & Özcan, 2011; Falade & Oyedele, 2010; Ozdemir *et al.*, 2008; Raji Abdul Ganiy *et al.*, 2010).

Balances y determinaciones

Se determinó el balance de materia total (Δm_t), por medio del pesaje con precisión de 0,001g en balanza analítica (Ohaus Corp., USA); el contenido de humedad (CH) se determinó siguiendo la norma AOAC 934.01 empleando el método gravimétrico (105 °C por 24h) y se expresó en base húmeda según la ecuación:

$$\% \left(\frac{W}{W}\right) LOD = \% \left(\frac{W}{W}\right) Humedad = 100 \times \frac{\text{Peso perdido en secado (g)}}{\text{Peso inicial (g)}}$$

Se determinó el contenido de sólidos solubles totales (SST) por medio de refractometría (refractómetro Tipo ABBE DR-A1, Atago, Japón). Todas las determinaciones se realizaron a tiempos de 0, 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300 min de DO, y en base a estas se generaron los balances de materia y las cinéticas correspondientes.

Los cálculos de Δm fueron realizados a partir de las ecuaciones reportadas por (Torres-Valenzuela & Tabarquino-Ribera, 2007):

$$\Delta M_W = \frac{(M_t)(X_t^W) - (M_0)(X_0^W)}{M_0}$$

$$\Delta M_{SS} = \frac{(M_t)(X_t^{SS}) - (M_0)(X_0^{SS})}{M_0}$$

$$\Delta M_T = \frac{(M_t) - (M_0)}{M_0}$$

Donde:

M_0 = Peso inicial de la muestra (g)

M_t = Peso de la muestra a un tiempo t de tratamiento (g)

X_0^W = Fracción de agua inicial de la muestra (g de agua / g de muestra)

X_t^W = Fracción de agua a un tiempo t de tratamiento (g de agua / g de muestra)

X_0^{SS} = Fracción de sólidos solubles iniciales de la muestra (g de sólidos solubles / g de muestra).

X_t^{SS} = Fracción de sólidos solubles a un tiempo t de tratamiento (g de sólidos solubles / gr de muestra)

Se determinó el coeficiente efectivo de difusión a partir de la ecuación simplificada de la ecuación de Fick para un cilindro finito, coeficiente que expresa la dinámica de difusividad, es decir, la rapidez con la que fluye el agua o solutos a través de una membrana/tejido/solución dada, y por ende indica una proporción de la capacidad/sinergia que tienen todos los factores mencionados para generar un proceso de difusión. En el caso particular se analiza a partir de ello, la rapidez de difusión del agua y los sólidos disueltos tanto al interior como en el exterior del producto en el proceso de osmodeshidratación realizado. Se calculó a partir de las siguientes ecuaciones reportadas por (Torres-Valenzuela & Tabarquino-Ribera, 2007):

$$1 - Y = 1.128 \left(\frac{2}{r} + \frac{1}{l} \right) \sqrt{D_{eff} t}$$

$$Y = \frac{(CH_t) - (CH_e)}{(CH_0) - (CH_e)}$$

$$Y = \frac{(SST_t) - (SST_e)}{(SST_0) - (SST_e)}$$

Donde:

D_{eff} = Coeficiente efectivo de difusión

l = semialtura del cilindro (m)

r = radio del cilindro (m)

t = tiempo de proceso (s)

CH_t = Contenido de humedad en el tiempo t (%)

CH_0 = Contenido de humedad inicial (%)

CH_e = Contenido de humedad en estado de equilibrio (%)

De la pendiente de la recta ajustada se calculó el coeficiente de difusión efectivo (D_{eff}), conociendo los valores de contenido de humedad y sólidos solubles en cada tiempo, en la condición de equilibrio y en el factor composicional inicial.

Pseudo-escalamiento industrial

Una vez encontradas las condiciones óptimas de concentración y tiempo (análisis en resultados y discusión), se realizó el escalamiento, repitiendo el proceso con algunas modificaciones. El proceso de desinfección fue el mismo, sin embargo, se retiró solo el pedúnculo, se trozó transversalmente en rodajas de 2×10^{-3} m (± 1) de espesor, y se procesó el

fruto completo incluyendo semillas y septos.

Se realizó la DO durante 30 min, a temperatura ambiente, en una solución hipertónica al 30% de Sacarosa y 2% de NaCl en relación 1:10 (material vegetal: solución; P/V), en condiciones de agitación permanente en un agitador recíproco a 150rpm.

Se filtró el material vegetal, removiendo la solución hipertónica en exceso sobre la superficie. Se llevó a secado en estufa de circulación forzada (Binder, Alemania) a 35 °C durante 24h. Finalmente se molió el material en un molino de cuchillas (procesador de alimentos, Samurai, Francia) hasta obtener un producto seco en hojuelas de características comerciales.

A través de todo el proceso, se pesó en cada una de las etapas en función de realizar el balance de materia y encontrar rendimientos y pérdidas de cada una de ellas. Igualmente se hicieron los cálculos de consumo energético de cada fase, y el requerimiento energético total del procesamiento.

Análisis estadístico

Se analizaron los resultados a partir de un análisis de varianza a un nivel de significancia del 95% y comparación de medias empleando Tukey, utilizando el programa estadístico (Statgraphics plus 5.1)

Resultados y discusión

A partir de los datos recogidos en la primera fase, se generaron las cinéticas de deshidratación para ambas concentraciones. Se evaluó simultáneamente la salida de agua y la ganancia de sólidos (fig. 1; fig. 2; fig. 3). Se encontró una tendencia de reducción de humedad pronunciada durante los primeros 30 min, en la que se redujo aproximadamente un 35-37%, es decir, muestras con contenidos de humedad iniciales del 91-92,5%, se redujeron al 55-57,5% aprox. Este descenso se explica en función de la liberación rápida de toda el agua libre contenida en el producto y parte del agua ligada, sin embargo, a medida que se extrae, queda en el producto solo el agua ligada y fuertemente ligada, que debido a las fuerzas moleculares que se ejercen sobre ella, requieren de mayor esfuerzo para su extracción y es por esto que la pérdida de agua tiende al equilibrio. Finalmente se alcanzó una humedad de equilibrio a través de la osmodeshidratación del 42-45%.

El proceso de deshidratación osmótico fue mayor al emplear una solución osmótica con adición del 4% de cloruro de sodio, estos resultados son generados por un mayor gra-

diente osmótico (Derossi, Severini, Del Mastro, & De Pilli, 2015). Resultados similares se reportan en piña, donde la adición de cloruro de calcio como agente osmótico generó una mayor pérdida de humedad (Silva, Fernandes, & Mauro, 2014).

En consecuencia con la pérdida de agua generada, se produjo en contracorriente una entrada de sólidos. Esta tuvo un comportamiento de crecimiento gradual y distribuido homogéneamente, con un aumento desde 9-11°Brix hasta 33 °Brix.

Figura. 1 Cinética de pérdida de humedad de ají (*Capsicum annuum*) deshidratado osmóticamente durante 5h bajo dos tratamientos diferentes.

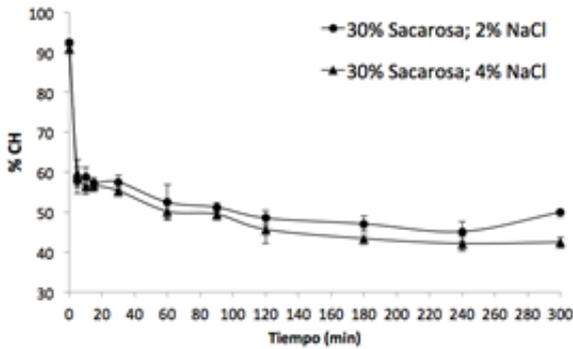


Figura. 2 Cinética del cambio de sólidos solubles totales de ají (*Capsicum annuum*) deshidratado osmóticamente durante 5h bajo dos tratamientos diferentes.

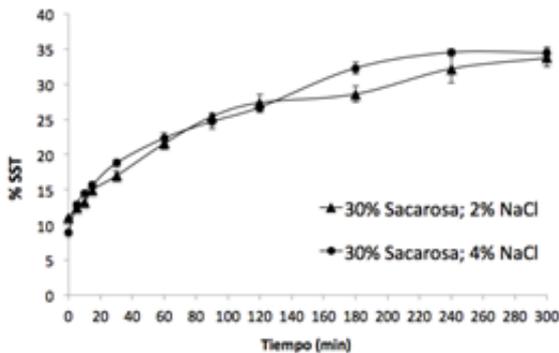
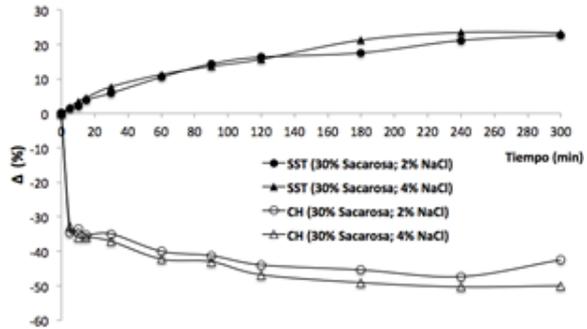


Figura. 3 Comparativo de las cinéticas de cambio (Δ) de humedad y sólidos solubles totales ají (*Capsicum annuum*) deshidratado osmóticamente durante 5h bajo dos tratamientos diferentes.



Debido a la similitud en los procesos de deshidratación a ambas concentraciones, se definió a partir de estos resultados que las condiciones óptimas de procesamiento para el escalamiento serían a 30% sacarosa y 2% NaCl y 30 min. No sería coherente en términos económicos y nutricionales procesar la materia prima a mayores concentraciones cuando no existe diferencia significativa ($P\text{-value} > 0,05$) entre los tratamientos. Igualmente en términos de tiempo, no es eficiente seguir osmodeshidratando cuando la reducción del contenido de humedad no es representativa respecto al tiempo invertido para generar esa pérdida.

Posteriormente, se realizó un balance de materia comparando el ΔM_t respecto a los ΔM calculados (ΔM_w y ΔM_{SST}), el cual fue superior a los calculados. Esta diferencia es debida a dos factores: un aumento en la masa total de las muestras analizadas por la permanencia de solución hipertónica en los rótulos de estas, generando un sobrepeso no propio de la muestra; y la no inclusión de los análisis de contenidos de NaCl presente en el producto, a razón de altos costos e incapacidad de realización de las pruebas requeridas para su medición. Los balances realizados para ambas concentraciones de solución se presentan en las fig. 4 y fig. 5.

Figura. 4 Balance entre el ΔM_t y $\Delta M_w + \Delta M_{SST}$ del tratamiento a 30% Sacarosa; 2% NaCl

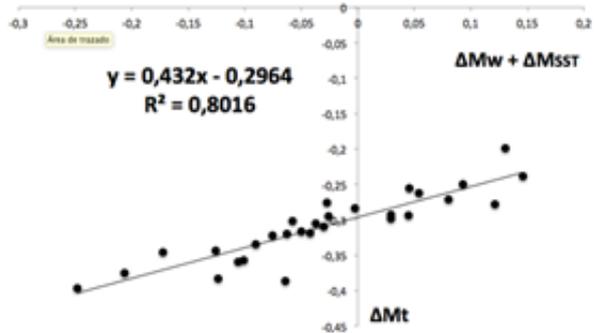
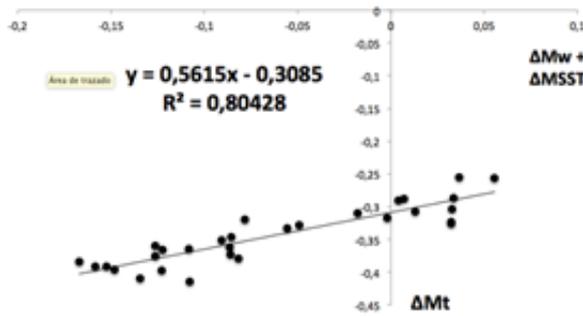


Figura. 5 Balance entre el ΔM_t y $\Delta M_w + \Delta_{SST}$ del tratamiento a 30% sacarosa; 4% NaCl



Se calcularon los coeficientes de difusión efectiva para ambas concentraciones. Se obtuvieron valores de $3,508 \times 10^{-12}$, $2,75 \times 10^{-11}$ m²/s para agua y sólidos respectivamente a concentración de 30% sacarosa/2% NaCl; y de $5,629 \times 10^{-12}$, $2,75 \times 10^{-11}$ m²/s a concentración de 30% sacarosa/4% NaCl. Varios autores (Ade-Omowaye *et al.*, 2003; Arslan & Özcan, 2011; Falade & Oyedele, 2010) reportan valores del orden 10^{-9} y 10^{-10} , superiores a los encontrados, esto debido a las múltiples diferencias entre las condiciones de tratamiento y las variedades utilizadas. Estos emplearon concentraciones y temperaturas superiores, además se realizaron pretratamientos para la permeabilización de membranas: ultrasonido, pulsos eléctricos, etc. Estas variaciones en las condiciones de procesamiento generan mayores coeficientes efectivos de difusión ya que se modifica la membrana celular, aumentando su permeabilidad. Las diferencias se explican igualmente en función de las variaciones provocadas por las características propias de cada variedad.

Balance de Materia y Energía (Pseudo-escalamiento industrial)

En términos másicos, se encontró un rendimiento de proceso del 21,7%, es decir, se obtuvieron 260,5g de ají seco y molido a partir de 1200g de materia prima inicial. El proceso de osmodeshidratación logró una reducción del 21,36% del peso bruto a deshidratar (1105g), inferior a la encontrada en la cinética previa, sin embargo, es significativa y en términos energéticos/temporales eficiente.

La reducción del 21,36% del peso en bruto del producto es equivalente a una reducción del 8% en el contenido de humedad, es decir, analizando linealmente el comportamiento, se logró una tasa de deshidratación en la DO de 8% en media hora, comparado con el 1,9%/h logrado en el secado convectivo. En coherencia con el análisis lineal, se podría afirmar que hubo un ahorro de 4,2 h de proceso. La optimi-

zación de ese tiempo invertido, trae como consecuencia en adición: un menor tiempo de exposición del producto a altas temperaturas y un ahorro energético en la fase posterior, ambas aportando una mayor conservación de las características nutricionales y sensoriales del producto final.

No obstante, el análisis propuesto anteriormente requiere de profundización. Ya que se conoce, los procesos de deshidratación no tienen un comportamiento lineal. Por tanto, se propone hacer una cinética de la deshidratación por secado convectivo, para poder evaluar con certeza la optimización del proceso.

Después de todo el proceso de deshidratación se logró reducir en un 76,4% el peso del producto. Si se tiene en cuenta que se inició con una materia prima con un contenido de humedad del 89% aproximadamente, en función de la pérdida de masa provocada, se obtuvo un producto cercano al 36% de humedad. Esta reducción beneficia las características propias del producto: aumentando su tiempo de vida en anaquel, reduciendo el costo de empaque, almacenaje y transporte; y dando un mayor valor agregado al producto final.

Energéticamente se consumieron 161.426,42 KJ en todo el proceso, los cuales se distribuyen de la siguiente forma:

- Licuadora industrial: 748W x 17 min x 60s = 762,96 KJ
- Agitador recíproco: 5HP x 746W x 60 min x 60s = 13.428 KJ
- Estufa de convección forzada:
 - Potencia nominal: 1600W x 24h x 3600s = 138.240 KJ
 - E consumida a 35 °C: 102,76W x 24h x 3600s = 8.878,46 KJ
- Molino: 650W x 180s = 117 KJ

Conceslusion

Se realizaron las cinéticas de deshidratación osmótica a ambas concentraciones, y se encontró que no existe diferencia significativa entre tratamientos. Se definieron las variables óptimas de proceso como 30% sacarosa/2% NaCl; y 30 min. Se logró en la primera fase de evaluación una reducción promedio de los contenidos de humedad del 36%.

En la fase de escalamiento, se logró una reducción parcial de humedad del 8% a través de la osmodeshidratación. Considerándose este pretratamiento como una opción significativa en la optimización de los recursos tiempo, costo, y energía, y en la conservación de características nutricionales y sensoriales del producto final.

Referencias bibliográficas

- Ade-Omowaye, B. I. O., Rastogi, N. K., Angersbach, A., & Knorr, D. (2002). Osmotic dehydration of bell peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment. *Journal of Food Engineering*, 54, 35-43.
- Ade-Omowaye, B. I. O., Rastogi, N. K., Angersbach, A., & Knorr, D. (2003). Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper. *Journal of Food Engineering*, 60(1), 89-98. doi: 10.1016/s0260-8774(03)00021-9
- Arslan, D., & Özcan, M. M. (2011). Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4), 504-513. doi: 10.1016/j.fbp.2010.09.009
- Ayala, A., Giraldo, C., & Serna, L. (2010). Cinéticas de Deshidratación Osmótica de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus* S.) *Interciencia*, 35(7).
- Castro, A., Manjarres, K., Ospina, A., & Pineda, Y. (s.f.). *Estudio de la cinética de deshidratación osmótica de la uchuva (Physalis peruviana)*. Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Antonio, G. C., Azoubel, P. M., Murr, F. E. X., & Park, K. J. (2008). Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. *Food Science and Technology* (Campinas), 28(3), 696-701.
- Silva, T. M. D., Argandoña, E. J. S., Madrona, G. S., Moraes, I. C. F., Haminiuk, C. W. I., & Branco, I. G. (2012). Influence of osmotic dehydration on ascorbic acid loss in pickled dry peppers (*Capsicum chinense*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(5), 763-769.
- 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.
- Derossi, A., Severini, C., Del Mastro, A., & De Pilli, T. (2015). Study and optimization of osmotic dehydration of cherry tomatoes in complex solution by response surface methodology and desirability approach. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 641-648. doi: 10.1016/j.lwt.2014.10.056
- Falade, K. O., & Oyedele, O. O. (2010). Effect of osmotic pretreatment on air drying characteristics and colour of pepper (*Capsicum* spp) cultivars. *J Food Sci Technol*, 47(5), 488-495. doi: 10.1007/s13197-010-0083-4
- FAO. (2012). FAOSTAT. Retrieved Septiembre, 2014, from FAO
- G. C., Antonio, A. A., El-Aouar, P. M., Azoubel, M. R., Simões, & F. E., X. Murr. (n.d.). *Modelling of osmotic dehydration of sweet potato (ipomoea batatas): Determination of mass effective diffusivity coefficients*. Paper presented at the 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering; 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering, Campinas, Brazil.
- García Pereira, A., Muñoz Becerá, S., Hernández Gómez, A., González, L. M., & Fernández Valdés, 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.
- Gómez P, S., Martínez M, J., & García, P. (s.f.). *Efecto de las condiciones de fritura a vacío en el procesado de chips de kiwi (Actidinia chinensis)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gonzales, C., Ortega, A., & Carrera, J. (2004). Mercados y factibilidad del ají "*Capsicum annum*". *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 2(1).
- Masseo, M., Leon, L., Hernandez, H., & Guapacha, H. (2006). Deshidratación osmótica de arveja (*Pisum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando soluciones de glicerol y cloruro de sodio. *Revista Vector*, 1(1), 9-28
- Arreola, S. I., & Rosas, M. E. (2007). Aplicación de vacío en la deshidratación osmótica de higos (*figus carica*). *Información tecnológica*, 18(2), 43-48.
- Jaller, Rodríguez, S & Parra, M. (2000). *Comparación de la transferencia de materia en los procesos de deshidratación*

osmótica a presión atmosférica y con impregnación de vacío en la piña cayena lisa (*Ananás comosus* L. Meer) a través de un modelo matemático. Colombia: Universidad de la Sabana.

- Martínez G. (n.d.). *Análisis de agro negocios alianza productiva y comercial ají*.
- Muñoz, P & Rodríguez P. (2004). *Análisis de propiedades fisico-químicas de papaya deshidratada mediante deshidratación osmótica, aire caliente, liofilización y microondas*. (Ingeniero de producción agroindustrial), Universidad de la Sabana.
- Ozdemir, M., Ozen, Banu F., Dock, Lisa L., & Floros, John D. (2008). Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 41(10), 2044-2050. doi: 10.1016/j.lwt.2008.01.010
- Parzanese, M. (n.d.). *Deshidratación Osmótica, tecnologías para la industria alimentaria, Ficha N° 6*.
- Raji, G., Falade, O., & Abimbolu, W. (2010). Effect of sucrose and binary solution on osmotic dehydration of bell pepper (chilli) (*Capsicum spp.*) varieties. *J Food Sci Technol*, 47(3), 305-309. doi: 10.1007/s13197-010-0048-7
- Ríos, M, Márquez, Cardozo, C & Ciro, H.(2012). *Deshidratación Osmótica de Frutos de Papaya Hawaiana (Carica Papaya L.) en Cuatro Agentes Edulcorantes. Mundo Alimentario*.
- Silva, K. S., Fernandes, M. A., & Mauro, M. A. (2014). Effect of calcium on the osmotic dehydration kinetics and quality of pineapple. *Journal of Food Engineering*, 134, 37-44.
- Torres, L., & Tabarquino, P. (2007). *Deshidratación Osmótica de plátano (Musa paradisiaca L. Var. Dominico Hartón) como pretratamiento a la fritura [Tesis Ingeniería Agrícola]*. Cali (Colombia): Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.
- Zecchi, B., de Mattos, R., Cabrera, L., Martín, A., Gerla, P., & Martínez Garreiro, J. (s.f.). *Modelado de la deshidratación osmótica de arándanos*.