

Optimización del pretratamiento osmótico en berenjena para su posterior secado solar

Optimization of Osmotic Dehydration as a Pretreatment for Solar Drying of Eggplant

Doctorando/a:

Vanesa Estefania Zerpa

<https://orcid.org/0000-0002-3230-8603>

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires, Centro de Tecnologías Químicas, Argentina
vanesaestefaniazerpa@gmail.com

Director/a:

Patricia Della Rocca

Codirector/a:

Carla Quevedo

Resumen

La deshidratación osmótica (DO) constituye una alternativa tecnológica para mejorar la eficiencia de los procesos de secado, reduciendo el contenido de agua previo al tratamiento térmico y optimizando la transferencia de masa. En este trabajo se evaluó la cinética de deshidratación osmótica de berenjena (*Solanum melongena*) en soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones, con el objetivo de identificar condiciones de operación que maximicen la pérdida de agua. A partir del análisis cinético, se seleccionó la condición de tratamiento más representativa para su posterior aplicación en secado solar. Los resultados indicaron que la mayor pérdida de agua se produjo durante la primera hora de tratamiento, especialmente en soluciones de mayor concentración, en concordancia con lo reportado en estudios de transferencia de masa en matrices vegetales. Se seleccionó una solución de sacarosa al 40% durante 1 h como condición óptima. La aplicación de este pretratamiento en secado solar evidenció una mejora en la cinética del proceso respecto a muestras sin tratamiento osmótico. Estos resultados permiten establecer una estrategia integrada para optimizar procesos combinados de deshidratación en alimentos de origen vegetal.

Palabras clave: deshidratación osmótica; secado solar; transferencia de masa; berenjena; cinética.

Abstract

Osmotic dehydration (OD) is a technological alternative to improve the efficiency of drying processes, reducing the water content prior to heat treatment and optimizing mass transfer. In this work, the osmotic dehydration kinetics of eggplant (*Solanum melongena*) were evaluated in sucrose solutions at different concentrations, with the aim of identifying operating conditions that maximize water loss. Based on the kinetic analysis, the most representative treatment condition was selected for subsequent application in solar drying. The results indicated that the greatest water loss occurred during the first hour of treatment, especially in higher

concentration solutions, consistent with findings reported in mass transfer studies in plant matrices. A 40% sucrose solution was selected for 1 hour as the optimal condition. Applying this pretreatment to solar drying showed an improvement in the process kinetics compared to samples without osmotic treatment. These results allow for the development of an integrated strategy to optimize combined dehydration processes in plant-based foods.

Keywords: osmotic dehydration; solar drying; mass transfer; eggplant; kinetics

Introducción

El secado de alimentos es una de las operaciones unitarias más utilizadas para la conservación de productos vegetales, ya que permite prolongar su vida útil mediante la reducción de la actividad de agua y la inhibición del crecimiento microbiano. Sin embargo, los métodos convencionales de secado pueden implicar elevados consumos energéticos y generar cambios indeseables en la calidad del producto, tales como modificaciones en la textura, el color y el valor nutricional (Mujumdar, 2014).

En particular, el secado solar ha sido ampliamente estudiado como una alternativa de conservación en diversas regiones del mundo. No obstante, el método tradicional expuesto al sol presenta limitaciones críticas asociadas a la contaminación por polvo y tierra, así como a la infestación por plagas, lo que compromete la calidad final del producto y hace recomendable la transición hacia sistemas de secado controlados en entornos cerrados (Ertekin & Yaldiz, 2004).

La deshidratación osmótica (DO) se propone como un pretratamiento que remueve parcialmente el agua del alimento al sumergirlo en soluciones de alta presión osmótica, favoreciendo la transferencia de masa por mecanismos de osmo-difusión sin calor directo. El proceso conlleva la pérdida simultánea de agua y la ganancia de solutos, lo que genera modificaciones en la microestructura del tejido —como la separación de la membrana de la pared celular— que influyen positivamente en la eficiencia del secado posterior. Además, este pretratamiento permite la impregnación de la matriz vegetal con solutos de interés nutricional o funcional, facilitando el desarrollo de alimentos con mayor valor agregado y una excelente capacidad de rehidratación (Alzamora et al., 1997; Torreggiani, 1995; Fito, 1994).

Para optimizar estos beneficios, diversos estudios han demostrado que la eficiencia de la DO depende críticamente de variables operativas como la concentración de la solución, el tiempo de tratamiento y la temperatura (Chiralt & Talens, 2005; Mujumdar, 2014).

En particular, el gradiente de potencial químico generado entre la solución y el tejido constituye el motor principal de la transferencia de masa, cuya magnitud se incrementa de forma directa con la concentración del agente osmótico utilizado (Chiralt & Talens, 2005). Bajo esta lógica de optimización, la integración de operaciones unitarias en procesos combinados permite incrementar la eficiencia global del sistema, reduciendo significativamente los tiempos de proceso y el consumo energético total (Fernandes et al., 2006; Mujumdar, 2014). En este sentido, la implementación de la DO como pretratamiento al secado solar se presenta como una estrategia tecnológica de gran interés, orientada al desarrollo de sistemas de bajo costo operativo y con un menor impacto ambiental, gracias al aprovechamiento de fuentes de energía renovable y la reducción de la carga térmica en el secador final (Zerpa et al., 2020; Mujumdar, 2014).

El objetivo de este trabajo fue analizar la cinética de deshidratación osmótica de berenjena a distintas concentraciones de sacarosa, seleccionar la condición que maximiza la pérdida de agua y evaluar su efecto sobre la cinética de secado solar.

Desarrollo

Se utilizaron muestras de berenjena fresca (*Solanum melongena*), seleccionadas por uniformidad de tamaño, color y estado de madurez, a fin de minimizar la variabilidad experimental. Las mismas fueron lavadas y cortadas en rodajas, manteniendo un espesor de 5 mm, manteniendo su cáscara

Las muestras fueron sometidas a un proceso de deshidratación osmótica mediante inmersión en una solución hipertónica compuesta por sacarosa y otros solutos. La concentración de sacarosa se varió entre 10%, 20%, 30% y 40% (p/p), mientras que la solución se mantuvo constante en cuanto al contenido de cloruro de calcio (CaCl_2) al 5%, ácido ascórbico al 5%, ácido cítrico al 1% y acetato de zinc al 0,5%.

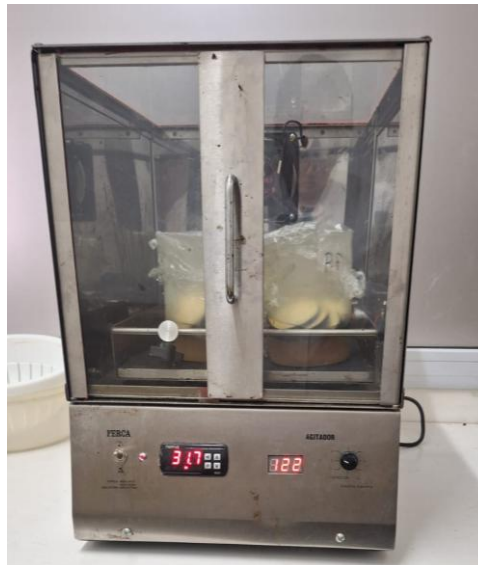


Figura 1: Proceso de deshidratación osmótica

Se tomaron muestras a distintos tiempos registrando su peso y posteriormente se los llevó a una estufa a 100 °C para determinar su humedad.



Figura 2: Secado en estufa

Se seleccionaron las berenjenas deshidratadas con una solución de sacarosa al 40% y un tiempo de tratamiento de 1 h como condición representativa. Las muestras pretratadas fueron sometidas a secado solar. En paralelo, se evaluaron muestras sin tratamiento osmótico como control. Se registró la evolución del contenido de humedad en función del tiempo, permitiendo analizar la eficacia del proceso.

Resultados

Con los valores obtenidos se obtuvo las curvas de humedad. Durante la primera hora de tratamiento se registró la mayor pérdida de agua en todas las condiciones evaluadas, siendo más significativa en la solución al 40%. Este comportamiento ha sido ampliamente descrito como una fase de rápida difusión inicial, seguida por una etapa de menor velocidad controlada por resistencias internas.

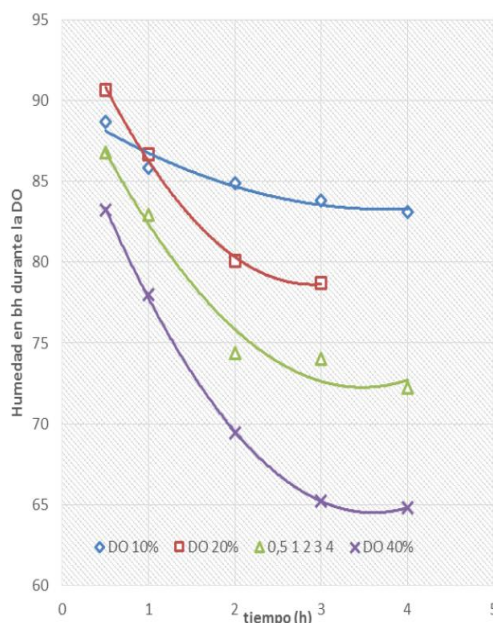


Gráfico 1: Curvas de deshidratación osmótica

El secado solar de las muestras pretratadas mediante deshidratación osmótica permitió alcanzar valores de humedad de 22-34 % b.h. luego de 7 h de proceso. Sin embargo, las muestras sin pretratamiento osmótico alcanzaron aproximadamente un 60 % de humedad luego de 6 h de secado. Estos resultados confirman que el pretratamiento osmótico favoreció la reducción del contenido de humedad durante el posterior secado solar.

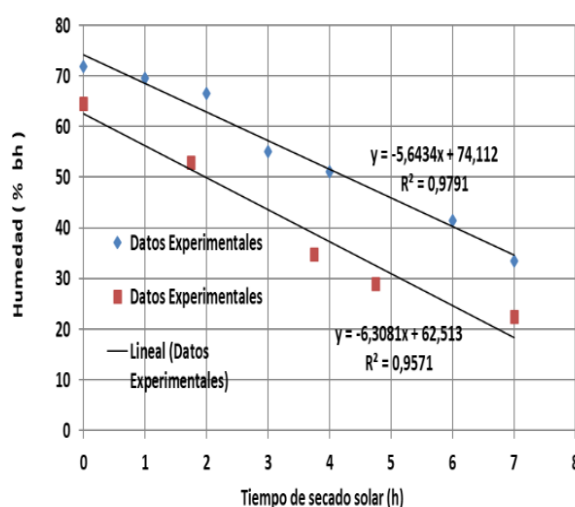


Gráfico 2: Contenido de humedad en función del tiempo de secado solar en berenjenas sometidas a deshidratación osmótica (DO)

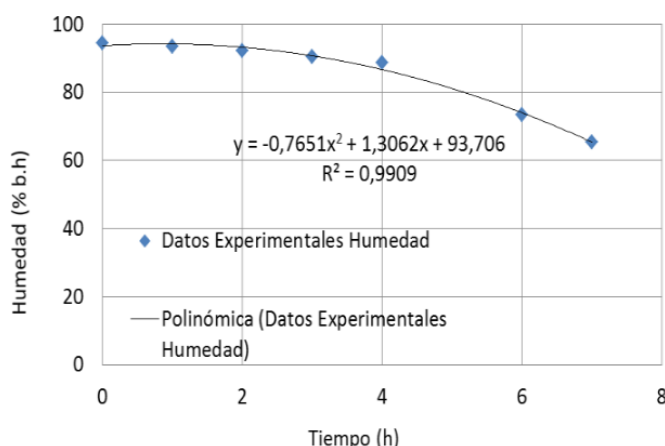


Gráfico 3: Contenido de humedad en función del tiempo de secado solar en berenjenas sin deshidratación osmótica (DO)

Conclusiones

La deshidratación osmótica de berenjena resultó ser un pretratamiento efectivo para reducir el contenido de agua previo al secado. La mayor pérdida de agua se observó durante la primera hora de tratamiento, particularmente en soluciones de sacarosa al 40%. La aplicación de esta condición permitió mejorar la cinética de secado solar, reduciendo el tiempo requerido para alcanzar niveles de humedad adecuados. Los resultados destacan la importancia de integrar el análisis de la DO con el diseño de procesos de secado, contribuyendo al desarrollo de tecnologías más eficientes para la conservación de alimentos.

Utilización de IA generativa / herramientas IA

Declaro la utilización de la herramienta IA ChatGPT (OpenAI) para su uso en la revisión, organización y mejora de la redacción del presente trabajo, así como para la corrección de aspectos gramaticales y de estilo. Confirmando que luego de la utilización, los contenidos obtenidos fueron revisados, constatados y editados, asumiendo plena responsabilidad por el contenido presentado en el presente trabajo.

Referencias

- Alzamora, S. M., Gerschenson, L. N., Vidales, S., & Nieto, A. (1997). Structural changes in the minimal processing of fruits: Some effects of blanching and sugar impregnation. En P. Fito, E. Ortega-Rodríguez, & G. V. Barbosa-Cánovas (Eds.), *Food engineering 2000* (pp. 117-140). Chapman & Hall.
- Chiralt, A., & Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), 167-177.
- Ertekin, C., & Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 349-359.
- Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., & Gaspareto, O. C. P. (2006). Optimization of osmotic dehydration of banana followed by air-drying. *Journal of Food Engineering*, 77(2), 226-233.
- Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 22(1-4), 313-318.
- Mujumdar, A. S. (2014). *Handbook of Industrial Drying* (4th ed.). CRC Press.

Torreggiani, D. (1995). Technological aspects of osmotic dehydration in foods. En G. V. Barbosa-Cánovas & J. Welte-Chanes (Eds.), Food preservation by moisture control: Fundamentals and applications (pp. 281–304). Technomic Publishing Co