

Deshidratar con el sol: un prototipo construido con materiales recuperados

María de la Luz Delgadillo Torres^{1*} y Francisco Jacob Ávila Camacho²

¹ División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec

² División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México / TES Ecatepec

* Dirección para correspondencia: agonzalezarias@gmail.com

La conservación de alimentos constituye una de las estrategias más antiguas desarrolladas por el ser humano para prolongar la vida útil de los productos agrícolas y reducir las pérdidas ocasionadas por su deterioro. Entre los diferentes métodos de conservación, la deshidratación destaca por disminuir el contenido de humedad de los alimentos, limitar el crecimiento de microorganismos y retrasar las reacciones químicas y enzimáticas responsables de su degradación (Onwude *et al.*, 2016; Doymaz, 2017). Además de extender el tiempo de almacenamiento, este proceso reduce el peso del producto y facilita su transporte.

Dentro de las distintas formas de deshidratación, el aprovechamiento de la energía solar representa una alternativa sustentable al utilizar una fuente de energía renovable, limpia y ampliamente disponible. La radiación solar incrementa la temperatura del aire dentro del sistema de secado, favoreciendo la evaporación del agua contenida en los alimentos. Conforme el aire húmedo es reemplazado por aire más seco, el agua se desplaza desde el interior del producto hacia el ambiente,

favoreciendo la reducción progresiva de su contenido de humedad durante el proceso de secado (Çengel y Ghajar, 2020; Janjai y Bala, 2012).

Durante las últimas décadas, el interés por los deshidratadores solares ha crecido debido a la necesidad de desarrollar tecnologías con menor consumo energético y menor impacto ambiental. Los avances se han orientado a mejorar la captación de la radiación solar, optimizar la circulación del aire y generar condiciones de secado más uniformes (Kumar *et al.*, 2016; Ndukwu *et al.*, 2018; Radhakrishnan *et al.*, 2024; Unar *et al.*, 2026). Sin embargo, al revisar estas propuestas surge una contradicción: mientras el funcionamiento del equipo se basa en el aprovechamiento de una fuente de energía renovable, su fabricación suele depender del uso de materiales nuevos.

Esta situación dio origen a la pregunta que motivó esta investigación: ¿es posible aprovechar materiales recuperados para construir un deshidratador solar capaz de favorecer el secado de frutas sin utilizar energía eléctrica durante su operación? Responderla implica ampliar el concepto de sustentabilidad. No basta con aprovechar una fuente de energía limpia; también es necesario considerar el origen de los materiales empleados para fabricar la tecnología.

La economía circular promueve estrategias orientadas a mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible mediante su reutilización, recuperación y reciclaje (Mesa, 2023). Estos principios también pueden considerarse en el diseño de equipos para el procesamiento de alimentos. En el desarrollo de deshidratadores solares, gran parte de la atención se ha concentrado

en mejorar el comportamiento térmico del sistema, mientras que el origen de los materiales también puede incorporarse como un criterio de diseño.

A partir de esta idea se planteó construir un deshidratador solar utilizando materiales recuperados. Con ello se buscó explorar la reutilización de materiales como una estrategia de diseño relacionada con los principios de economía circular, junto con el aprovechamiento de la energía solar durante la operación del prototipo.

Para la construcción del prototipo se utilizaron perfiles de aluminio, láminas de acero inoxidable y paneles de policarbonato, materiales recuperados de remanentes industriales. Únicamente se adquirieron algunos componentes necesarios para completar el equipo, como las patas niveladoras y la jaladera. Los materiales recuperados provenían de una empresa dedicada a la fabricación de refrigeradores para carnicerías y asadores de carne. Antes de utilizarlos, los materiales fueron revisados para comprobar que se encontraran en buen estado y sin presencia visible de óxido. Posteriormente, se lavaron con agua y detergente líquido para lavado de utensilios y se desinfectaron con una solución de cloro antes de incorporarlos al prototipo. A partir de ellos se desarrolló una cámara de aproximadamente $56 \times 50 \times 60$ cm, equipada con dos bandejas y una cubierta transparente que favorece el ingreso de la radiación solar y el aprovechamiento del efecto invernadero (ver Figura 1).



Figura 1. Prototipo de deshidratador solar.

El sistema fue diseñado para favorecer la circulación natural del aire dentro de la cámara de secado, aprovechando la radiación solar como fuente de energía para el proceso de deshidratación, lo que dio lugar a un prototipo de operación pasiva construido con materiales recuperados para el secado de alimentos.

Concluida la etapa de diseño y construcción, fue necesario evaluar el funcionamiento del sistema durante el secado de alimentos. Para ello se realizaron pruebas experimentales bajo condiciones reales de operación utilizando manzana, naranja, mandarina y sandía, frutas seleccionadas por presentar diferentes contenidos de humedad y estructuras celulares. Durante cada ensayo se registraron la temperatura ambiente, la temperatura del aire en el interior de la cámara y la pérdida de masa de las muestras. Estas mediciones permitieron seguir la evolución

del proceso de secado y evaluar la capacidad del sistema para favorecer la pérdida gradual de masa de las muestras (Onwude *et al.*, 2016; Janjai y Bala, 2012).

Las pruebas se realizaron durante cinco días consecutivos, con un periodo aproximado de exposición solar de ocho horas al día. Al inicio de los ensayos se registró una temperatura ambiente de 26.0 °C y al final de 28.5 °C, mientras que en el interior del deshidratador se obtuvo una temperatura promedio de 34.6 °C.

La pérdida de masa permitió observar el comportamiento de las frutas durante los cinco días de prueba. En la manzana, la masa total disminuyó de 6.36 a 2.26 g; en la naranja, de 19.60 a 11.42 g; en la mandarina, de 10.50 a 5.84 g; y en la sandía, de 12.40 a 3.92 g. Estos datos se utilizaron como indicadores del avance del proceso de secado y no como una determinación directa del contenido de humedad o de las condiciones de conservación de las frutas.

Las diferencias observadas muestran el efecto del calentamiento solar dentro de la cámara. Al mismo tiempo, la circulación natural del aire favoreció la salida del vapor de agua producido durante el secado, sin emplear energía eléctrica durante la operación del prototipo (ver Figura 2).

Aunque cada fruta presentó velocidades de secado diferentes, en todos los casos se observó una pérdida progresiva de masa durante el proceso. Este comportamiento mostró que el prototipo permitió realizar el secado de las frutas evaluadas mediante el aprovechamiento de la energía solar (Doymaz, 2017; Radhakrishnan *et al.*, 2024).



Figura 2. Relación entre la energía solar, la reutilización de materiales y el proceso de secado en el prototipo desarrollado.

Los resultados también mostraron que fue posible construir y operar el prototipo utilizando principalmente materiales recuperados. Durante las pruebas experimentales, el sistema funcionó bajo las condiciones evaluadas y permitió el secado de las muestras mediante circulación natural del aire.

Una propuesta con posibilidades de crecimiento

Los resultados obtenidos muestran que en el diseño de este tipo de sistemas pueden considerarse de manera conjunta el aprovechamiento de una fuente de

energía renovable durante la operación y la reutilización de materiales durante la construcción. Además, el prototipo puede utilizarse con fines didácticos para estudiar fenómenos de transferencia de calor y masa, y como base para desarrollar nuevas propuestas relacionadas con secado solar y diseño sustentable (Kumar *et al.*, 2016; Onwude *et al.*, 2016).

Más que demostrar el funcionamiento de un deshidratador solar, este trabajo invita a reflexionar sobre la manera en que se conciben las tecnologías sustentables. En muchas ocasiones la innovación no depende de incorporar materiales nuevos o equipos complejos, sino de reconocer el potencial que aún conservan recursos considerados como residuos y encontrar nuevas formas de integrarlos en soluciones de ingeniería.

Conclusiones

El prototipo construido principalmente con materiales recuperados permitió realizar el secado de las frutas mediante energía solar y circulación natural del aire. Durante las pruebas se registró un incremento de temperatura en el interior del deshidratador y una pérdida progresiva de masa en todas las frutas estudiadas.

Los materiales recuperados se encontraban en condiciones adecuadas para la construcción del prototipo y permitieron obtener un equipo funcional. Su uso muestra una posibilidad de reutilización de materiales en la construcción de deshidratadores solares.

Nota

Durante la preparación del manuscrito se utilizó ChatGPT (OpenAI) como herramienta de apoyo para mejorar la redacción, claridad y organización del texto, así como para apoyar la representación gráfica del procedimiento mostrado en la Figura 2. Los autores realizaron el diseño, la construcción y las pruebas de validación del prototipo de deshidratador solar, así como la obtención, el análisis y la interpretación de los datos experimentales. El contenido generado con apoyo de inteligencia artificial fue revisado y validado por los autores, quienes asumen la responsabilidad del contenido final del manuscrito.

Referencias

Çengel YA and Ghajar AJ (2020). Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones, cuarta edición. McGraw-Hill Interamericana.

Doymaz İ (2017). Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices. *Heat and Mass Transfer* 53(1):25–35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00231-016-1791-8>.

Janjai S and Bala BK (2012). Solar drying technology. *Food Engineering Reviews* 4(1):16–54. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12393-011-9044-6>.

Kumar M, Sansaniwal SK and Khatak P (2016). Progress in solar dryers for drying various commodities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55:346–360. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.158>.

Mesa J (2023). Design for circularity and durability: an integrated approach from DFX guidelines. *Research in Engineering Design* 34, 443–460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00163-023-00419-1>.

Ndukwu MC, Bennamoun L and Abam FI (2018). Experience of solar drying in Africa: Presentation of designs, operations and models. *Food Engineering Reviews* 10(4):211–244.

Onwude DI, Hashim N, Janius RB *et al.* (2016). Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15(3):599–618. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12196>.

Radhakrishnan G, Breaz TO and Ahmed AW (2024). A Comparative Management Analysis on the Performance of Different Solar Drying Methods for Drying Vegetables and Fruits. *Sustainability* 16(2):775. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020775>.

Unar SG, Khatri SA, Mirjat NH *et al.* (2026). Solar drying technologies: A review of design, efficiency and environmental impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 226:116339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116339>.

Manuscrito aceptado