www.elementos.buap.mx

Deshidratado solar de piña

Aldo Giovani **Vázquez Guzmán**
Adrián **Vidal Santo**

Juan siembra piñas en Alvarado, Veracruz. Como muchos niños de su comunidad, él ayudó a su familia en el campo, y cuando se volvió adulto tomó la batuta. Convertido en campesino, sus jornadas comienzan antes de que salga el sol. Las canastas repletas de piña le hunden los hombros en la aún húmeda madrugada. Cada agachada para arrancar la maleza obstinada es un latigazo a su espalda, y la tierra húmeda, además de ensuciarlo, se le incrusta bajo las uñas. Las pequeñas heridas en sus manos, resecas y agrietadas, no son marcas aisladas, sino un mapa en constante expansión trazado por cada jornada bajo el sol implacable. El trabajo del campo, en un terreno que se le resiste a cada paso, exige una fortaleza distinta, quizás más desgastante que la del albañil con sus cubetas de mezcla. Mientras el albañil moldea lo estático, Juan batalla contra lo vivo y perecedero. La maleza vuelve, y la piña exige prisa antes de convertirse en pérdida bajo el calor húmedo.

A nivel mundial, aproximadamente un tercio de la producción alimentaria se desperdicia cada año (FAO, 2019). Un ejemplo destacado de este problema se observa en la cadena de suministro de la piña, donde factores como los bajos precios y la corta vida útil del fruto contribuyen al desperdicio en la producción de pequeños agricultores. La Figura 1 muestra el desperdicio de piña en campos mexicanos. El tiempo de descomposición por bacterias aerobias de la piña es de aproximadamente dos semanas, a partir de su recolección en el campo. No obstante, la

Figura 1. Desperdicio de piña en campos mexicanos.

deshidratación puede prolongar el tiempo de vida de este fruto, retrasando la descomposición bioquímica hasta 6 meses, en función de las condiciones atmosféricas (Mongi, 2023).

La deshidratación de la piña evita pérdidas durante la cosecha, el almacenamiento y la distribución. La piña deshidratada, con una vida útil prolongada de más de seis meses, no solo permite a los productores almacenar cosechas no vendidas en su forma fresca, sino que también amplía el período de comercialización. Además, agrega valor al producto, lo que aumenta los márgenes de ganancia y convierte la actividad en un negocio más rentable (Gilago *et al*., 2022).

El proceso de deshidratación de la piña implica la eliminación del agua a través de dos fenómenos clave: convección y difusión. La convección implica que el aire caliente en movimiento retira la humedad de la superficie del alimento, mientras que la difusión facilita el desplazamiento de la humedad, desde el interior hacia la superficie, durante el proceso de deshidratación (Rani *et al*., 2023). Para ello se requiere que el aire mantenga una humedad relativa cercana al 50 % y una temperatura de 55 °C.

Durante el proceso de deshidratación de la piña, el calor y la humedad se mueven desde la superficie del alimento hacia el aire caliente circundante. La humedad que se evapora en la superficie del alimento es retirada, lo que provoca que la humedad del interior se desplace hacia la superficie, repitiendo este proceso de forma continua. Los flujos de calor y masa ocurren simultáneamente, como se ilustra en la Figura 2, con el objetivo de estabilizar la temperatura y la humedad, tanto en el aire como en el alimento. Este proceso es conocido como secado convectivo. Sin embargo, existen otros métodos que pueden implementarse para deshidratar piña.

Los cuatro métodos convencionales de secado de alimentos son: secado convectivo, secado por congelación, secado osmótico y secado intermitente (Wang *et al*., 2021). Estos métodos difieren significativamente en los agentes y mecanismos empleados, así como en sus efectos sobre la calidad del producto final. El secado convectivo, que utiliza aire seco caliente, destaca por su simplicidad operativa, aunque presenta el riesgo de oxidación debido a las altas temperaturas. En contraste, el secado por congelación, basado en la congelación seguida de sublimación, preserva los compuestos volátiles, pero es más costoso y lento. El secado osmótico sumerge el alimento en soluciones osmóticas para reducir la humedad, manteniendo la calidad sensorial, pero el contenido de humedad final es más alto. Por último, el secado intermitente aprovecha diferentes fuentes de calor para proteger los compuestos y prolongar la vida útil, aunque conlleva el riesgo de daño a componentes importantes.

Aunque cada método tiene sus ventajas y desventajas, la elección depende de las necesidades específicas de procesamiento y calidad del producto alimenticio. El secado convectivo surge como la opción más favorable en términos generales debido a su simplicidad de diseño, facilidad de operación, capacidad para preservar la calidad sensorial y su amplia disponibilidad y bajos costos operativos.Sin embargo, la aplicación de este proceso se enfrenta a obstáculos debido a la necesidad de utilizar dispositivos deshidratadores que funcionan con fuentes de energía convencionales, como electricidad o gas, lo que incrementa los costos y afecta la viabilidad económica. Además, estas prácticas convencionales contribuyen al efecto invernadero, lo que puede impactar ambientales adversos. Para superar estos desafíos, se sugiere la incorporación de energía solar en el proceso de deshidratación.

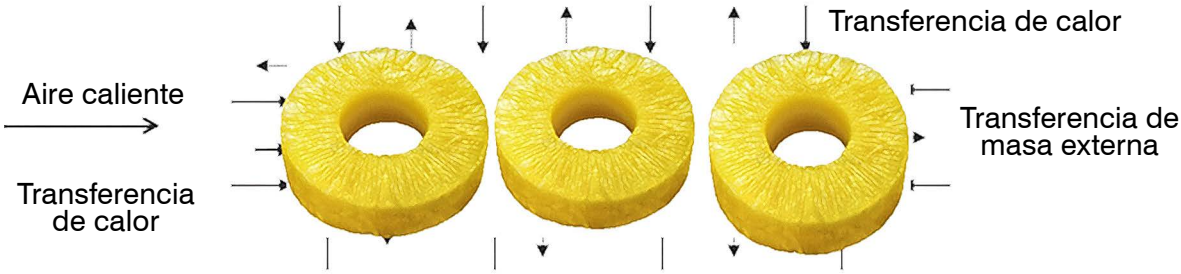


Figura 2. Proceso de transferencia de masa y calor en el secado de la piña.

México cuenta con una notable cantidad de irradiación solar durante todo el año, gracias a su ubicación geográfica y condiciones climáticas. Aunque la irradiación solar varía según las regiones del país, en líneas generales, las áreas con mayor radiación solar se ubican en el norte y noroeste, regiones reconocidas por ser altamente propicias para la implementación de sistemas de energía solar debido a sus condiciones climáticas favorables.

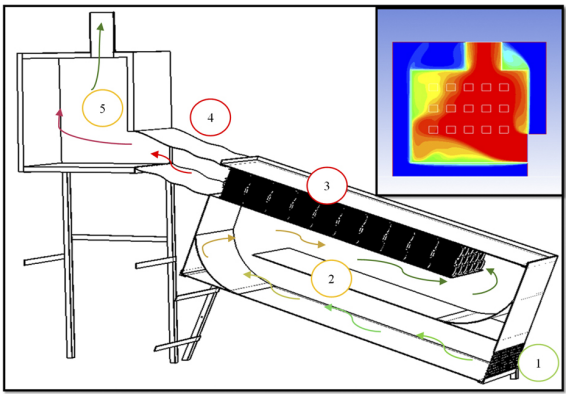
El uso de los rayos solares como fuente de calor en la deshidratación de alimentos reduce los costos de inversión al eliminar los gastos asociados a la fuente de energía. Además, permite que una planta deshidratadora opere de manera autónoma, independiente de la red eléctrica nacional. Esto último brinda escalabilidad a su aplicación, ya que las zonas de cultivo usualmente se encuentran en comunidades remotas.

PROCESO DE DESHIDRATADO SOLAR CON EQUIPO EXPERIMENTAL

A continuación, se explica el proceso de deshidratado solar basándose en un deshidratador solar indirecto escalable (Vázquez *et al*., 2025), patentado por la Universidad Veracruzana (Vidal *et al*., 2023).

Para deshidratar productos orgánicos por convección, es necesario un flujo de aire con una humedad relativa baja, aproximadamente del 50 %. Además, para reducir la humedad relativa del aire en el ambiente, se requiere aumentar la temperatura mediante una fuente de calor, en este caso, un colector solar. El fluido de trabajo, que transporta la humedad, es el aire del ambiente; esta elección se debe a su fácil acceso, costo nulo y manejo simple. Los parámetros atmosféricos que influyen en el proceso son la presión, temperatura, humedad relativa y humedad absoluta. En la zona costera de Alvarado, Veracruz, se registra una humedad relativa cercana al 62 %, acompañada de una temperatura promedio de 30 °C. La Figura 3 ilustra el secador con un corte transversal que exhibe el flujo de aire. El proceso de deshidratación de la materia orgánica por parte del aire se desarrolla en cinco etapas secuenciales. La etapa 1 consiste en filtrar el aire para evitar la entrada de elementos circundantes, como partículas de polvo o insectos. El proceso de la etapa 2 inicia con la captación de aire ambiente filtrado y su posterior calentamiento, originado por el calor desprendido de la parte inferior del colector solar. Luego, en la etapa 3, el aire se calienta en el colector solar de temperatura

Figura 3. Vista de corte transversal de un secador solar y distribución de calor dentro de la cámara de secado. Las secciones marcadas por números son: filtro del aire (1), precalentamiento (2), colector solar (3), interfaz del colector con la cámara de secado (4) y cámara de secado (5). Dentro de la figura se encuentra un esquema que representa la distribución de las temperaturas dentro de la cámara de secado.



© **Raúl Chiquito**. *Puente temazcal*. Presa denominada Temazcalac cerca del río Atoyac.

ambiente hasta los 60 °C y reduciendo la humedad relativa al 40 %. En la etapa 4, el aire circula por la interfaz del colector solar y la cámara de secado. Aquí, mediante ventiladores, se fuerza el incremento de la velocidad del aire para mejorar el proceso. Finalmente, en la etapa 5, el aire seco circula sobre la superficie de la piña, extrayendo la humedad. El aire, ahora humedecido, se retira por una chimenea en la parte superior de la cámara de secado hacia el ambiente, con una temperatura y humedad superiores a las que ingresó. El tiempo requerido es de 15 horas bajo condiciones promedio (Gilago *et al*., 2022).

MERCADO DE LA PIÑA DESHIDRATADA

La industria de la piña es un sector dinámico y en constante evolución. La creciente demanda de productos saludables y sostenibles causa que las empresas innoven en productos de alta calidad a los consumidores. Además de la producción de piñas frescas, muchas empresas también se han aventurado en el mercado de los snacks saludables. Un ejemplo de esto son los snacks de piña deshidratada usando como fuente de energía el sol. Esta alternativa es la opción más saludable para los consumidores frente a la piña deshidratada por ósmosis convencional, que implica sumergir la fruta en soluciones azucaradas concentradas (fruta cristalizada). Además, los análisis comparativos de los valores nutricionales revelan que la piña deshidratada mediante energía solar conserva mejor nutrientes claves como la vitamina C, la vitamina B6, el magnesio, la fibra y las proteínas, en comparación con su versión fresca (Chauhan *et al*., 2020).

CONCLUSIÓN

La deshidratación solar de piña surge como una solución prometedora contra el desperdicio alimentario. No solo prolonga la vida útil del fruto, sino que también añade valor al producto, convirtiéndolo en una opción rentable para los productores. La combinación de la radiación solar abundante en regiones como México, con tecnologías de deshidratación solar, ofrece una alternativa sostenible y económicamente viable. Implementar sistemas de deshidratación solar

© **Raúl Chiquito**. *Espejo de agua*. Arroyo que cruzaba el pueblo en los sesenta.

reduce los costos operativos y promueve la autonomía energética, especialmente en áreas rurales.

El proceso eficiente, descrito en el equipo desarrollado por la Universidad Veracruzana, ilustra cómo la tecnología y los recursos naturales pueden conducir a soluciones innovadoras. Además, el mercado de la piña deshidratada brinda oportunidades para empresas que buscan ofrecer opciones saludables y sostenibles a los consumidores, como los snacks de piña deshidratada. La adopción de tecnologías avanzadas garantiza la calidad y eficiencia en la producción de estos productos, contribuyendo aún más a su atractivo en el mercado.

REFERENCIAS

Chauhan A, Singh S, Dhar A and Powar S (2021). Optimization of pineapple drying based on energy consumption, nutrient retention, and drying time through multi-criteria decision-making. *Journal of Cleaner Production* 292:125913.

FAO (2019). *Pérdida y desperdicio de alimentos.* Portal de apoyo a las políticas y la gobernanza. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: https://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/es/.

Gilago MC, Mugi VR and Chandramohan VP (2022). Investigation of exergy-energy and environ-economic performance parameters of active indirect solar dryer for pineapple drying without and with energy storage unit. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 53:102701.

Mongi RJ (2023). Physicochemical properties, microbial loads and shelf life prediction of solar dried mango (*Mangifera indica*) and pineapple (*Ananas comosus*) in Tanzania. *Journal of Agriculture and Food Research* 11:100522.

Rani P and Tripathy PP (2023). CFD coupled heat and mass transfer simulation of pineapple drying process using mixed-mode solar dryers integrated with flat plate and finned collector. *Renewable Energy* 217.

Vázquez A, Nolasco JC, Guido-Arroyo OI *et al*. (2025). Comparative analysis of three economic scenarios for a solar pineapple dehydration plant. *RIIIT* 12(72).

Vidal Santo A, Velázquez Camilo O y Romero Fernández A. (2023). *Dispositivo secador solar indirecto de convección forzada* (Patente No. 403732).

Wang W, Yan Z, Yao H *et al.* (2021). Extraction and purification of pedunculoside from the dried barks of Ilex rotunda using crystallization combined with polyamide column chromatography. *Separation Science and Technology* 56(10):1710-1720.

Aldo Giovani Vázquez Guzmán
Centro de Investigaciones en Óptica
León, Guanajuato

Adrián Vidal Santo
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales
Universidad Veracruzana, Boca del Río
avidal@uv.mx

© **Raúl Chiquito**. *Arroyo zapatero*. Refrescándose en el río Zapatero.