

## UTILIZACIÓN DE UN SECADERO SOLAR EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE PAPAYA (Carica papaya)

Jiménez Ariza, Heidi Tatiana <sup>1</sup>  
Tutores: Diezma, Belén <sup>2</sup>; Valero, Constantino <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumna Máster Universitario en Agroingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.  
Universidad Politécnica de Madrid  
Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.  
Universidad Politécnica de Madrid  
Correo electrónico: [tatianajim@gmail.com](mailto:tatianajim@gmail.com)

### RESUMEN

La propuesta tiene por objetivo realizar una revisión bibliográfica que permita establecer la viabilidad del proceso de deshidratación de papaya (Carica papaya) en un secadero solar y su proyección a otros productos agroalimentarios. Se pretende supervisar el comportamiento del aire caliente, dentro de la cámara de secado con respecto a temperatura y humedad relativa, mediante ubicación de sensores de forma distribuida en la cámara de secado y en su exterior. En paralelo se realizará un análisis de variables del producto: rendimiento, contenido de humedad inicial y final, influencia de la forma del producto, su distribución en el secadero y análisis sensorial. Los datos obtenidos de los procesos permitirán establecer un modelo de secado óptimo para la papaya. La deshidratación mediante secaderos solares es una oportunidad en zonas de producción de esta fruta, con elevada radiación solar, permitiendo la obtención de un producto más rentable (por el ahorro en insumos), de larga vida útil y buenas características organolépticas.

**Palabras clave:** *fruta procesada, control automático, supervisión de procesos.*

### INTRODUCCIÓN

El secado es un proceso en el que el contenido en agua se disminuye para detener o ralentizar el crecimiento de microorganismos perjudiciales así como otras reacciones químicas que provocan alteraciones indeseables en el alimento. El USDA (departamento de agricultura de Estados Unidos) define como producto deshidratado el que no contiene más del 2.5% de agua (sobre materia seca (m.s.)) y alimento seco el que habiendo sido sometido a un proceso de secado presenta contenidos de agua por encima del 2.5% (sobre m.s.). Ayensu, Akwasi (1997) recomienda porcentajes inferiores al 14% de agua en base húmeda lo que permite que el producto deshidratado se conserve durante un año sin deterioro.

Sharma, Atul (2009) describe la operación de secado en cámara con energía solar como una alternativa de procesamiento de frutas y verduras en condiciones limpias, higiénicas y sanitarias ajustadas a las normas nacionales e internacionales, que permite el ahorro de energía, tiempo, y espacio.

Para el montaje de un proyecto de secado con energía solar, Chen, Ho-Hsien (2005) lista los factores externos a tener en cuenta: radiación solar, temperatura ambiente, velocidad del viento y humedad relativa; y los factores internos relativos al producto: contenido de humedad inicial y final, tipo de producto y masa de producto por unidad de superficie expuesta. Es importante tener en cuenta estos factores para poder realizar un seguimiento continuo del proceso con el fin de evaluar su viabilidad y eficiencia.

### ANTECEDENTES

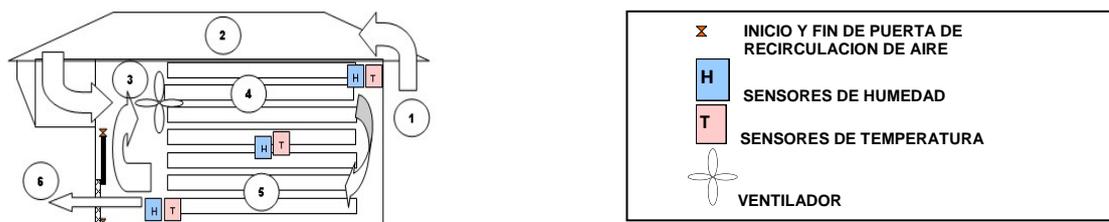
En la Universidad Politécnica de Madrid, se encuentra en desarrollo un proyecto de investigación, para la puesta a punto y supervisión de un secadero de alimentos, utilizando para su proceso energía solar. Se cuenta con la experiencia obtenida durante la ejecución del proyecto ya concluido: "Estimación del secado de madera empleando

sensores de bajo coste”, financiado por AECID y realizado en colaboración con la Universidad de Oriente en Cuba (Barreiro et al., 2009).

La Universidad cuenta con un secadero experimental ubicado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, construido en acero inoxidable apto para la utilización de alimentos, fabricado por la empresa CONA, con capacidad 0,3 m<sup>3</sup>, su esquema se indica en la Figura 1. Se representa la ubicación y el número de sensores instalados durante el proceso de secado de madera, en la realización del presente proyecto esto puede variar para adaptar distribución y tipo de sensores a las características propias de secado de la papaya.

El sistema de secado de este equipo, se basa en la generación de aire caliente por medio de un colector solar, este aire caliente es impulsado por la acción de un ventilador, el cual da el caudal de aire necesario para que se mueva a través de las bandejas con producto ubicadas en el secadero con el fin de transportar calor hacia el producto. El aire húmedo de la cámara se arrastra hacia la compuerta de salida, esta compuerta permite según graduación la recirculación total, parcial o nula del aire utilizado en el proceso, ya que en función de la evolución del ciclo de secado la proporción de aire recirculado se puede regular, con el fin de aprovechar la temperatura del aire saliente del proceso.

**Figura 1. Equipo de Secado**



Los componentes del secadero son: 1. Entrada de aire desde el exterior del secador al colector solar, 2. Zona de calentamiento del aire, 3. Entrada del aire caliente a la cámara, adicionalmente en esta zona sucede la mezcla de aire del colector solar y aire recirculado, 4. Bandejas con producto, 5. Movimiento del aire hacia la compuerta de salida y 6. Compuerta exterior de salida del aire de secado.

Para la evaluación del secadero y su eficiencia, Augustus Leon, M. (2002) enumera una serie de variables que son convenientes supervisar, las más importantes en relación con el tipo de pruebas a realizar para este trabajo son: temperatura y humedad del aire de secado, y caudal de aire.

La evolución temporal de estas variables monitorizadas a través del sistema de supervisión y control permiten optimizar la utilización eficiente del aire y establecer rangos máximos y mínimos de caudal de aire en los diferentes tiempos de proceso, para así facilitar la penetración del calor al interior del producto y realizar la extracción del agua de composición del alimento; ya que esta se realiza desde el interior a la superficie.

Dissa, A.O. (2009), indica que en los primeros días del ciclo de secado se puede generar costra superficial que aumenta la resistencia externa del alimento a la transferencia de agua, este efecto indeseable debe evitarse regulando el caudal y temperatura del aire, y las variables que caracterizan cada proceso de secado en relación al producto; Hawlader, M. N. A (2006) denomina esta dureza como cementación, explica que este fenómeno puede bloquear la transferencia de calor, resultando en una disminución de la tasa de transferencia de humedad; esta resistencia está relacionada con la evaporación del agua en la superficie del producto al inicio del secado.

Fudholi, A (2010) dice que la energía necesaria para el secado de los productos agrícolas se puede determinar a partir del contenido de humedad inicial y final de cada producto. Los productos tienen diferentes velocidades de secado y temperaturas máximas admisibles. Todas las variables descritas anteriormente, tanto las relativas al aire, como las relativas al producto serán tenidas en cuenta en la realización del proyecto como factores primarios de evaluación, constituyendo las variables de entrada para los distintos modelos que permitirán la estimación de parámetros complejos del proceso como velocidad de secado o evolución del contenido de humedad del alimento a lo largo del ciclo de secado

### **PAPAYA DESHIDRATADA**

La papaya (*Carica papaya*) es una fruta ampliamente cultivada en las regiones de tierras bajas tropicales y subtropicales (Fernandes, Fabiano A.N. 2006). La fruta es rica en vitaminas A y C, y es muy apreciada por sus buenas características organolépticas y sus cualidades nutricionales y digestivas. En la Imagen 1, se puede apreciar su fisionomía, posee una parte comestible color salmón y en el centro de la fruta se encuentran las semillas de color negro de 2 mm de diámetro (no comestibles), su cáscara cambia de tonos verdes hacia naranjas tomando este último color cuando está más madura, siendo ésta no comestible, pero utilizada en la obtención de la enzima papaína, que posee propiedades de degradación y ablandamiento de proteínas.

#### **Imagen 1. Papaya**



Este fruto es muy susceptible al maltrato durante su manipulación, siendo una característica que limita la exportación a gran escala. Brasil es uno de los principales productores de la fruta y la pérdida total de post-cosecha se estima del 10% al 40% de la producción total (Thomás, Galindo-Estrella 2009).

La presente investigación busca presentar una alternativa de conservación de la papaya utilizando el proceso de secado con aire caliente.

Para el secado Rodrigues, Alline C.C. (2003) recomienda utilizar papayas maduras, con un contenido en sólidos solubles que se encuentren entre 12-15 °Brix, las cuales hayan desarrollado en su mayor parte su proceso de degradación de azúcares, ablandamiento de tejidos y desarrollo de color, lo que permitirá obtener un producto final en trozos de papaya deshidratada dulce, de buen aspecto y color.

Previamente a la operación de secado se realiza el lavado, desinfección, pelado y corte de la papaya. La operación de disminución de tamaño permite diversificar el producto obtenido en función del tipo de corte practicado ya sea en láminas, cubos, cilindros o esferas.

En el estudio realizado por Fernandes, Fabiano A.N. (2006) se prueban altas temperaturas (50-70°C), demostrándose que la papaya puede ser expuesta a estas altas temperaturas sin comprometer la calidad del producto. Este es un rango de temperaturas frecuente en el proceso de secado con energía solar. Es importante destacar que en los secaderos de energía solar la temperatura no es una variable controlada ya que está directamente relacionada con la radiación solar obtenida en cada momento de exposición en el proceso.

Karim, Md Azharul (2005) en su investigación de secado con frutas tropicales evidenció que las variables de temperatura y velocidad del aire, afectan directamente a la velocidad de secado. Así, observó que la velocidad de secado se incrementó de 0,0132 g de agua por g de m.s. y min a 0,0321 g de agua por g de m.s. y min, al aumentar la temperatura del aire de 40 ° C a 60 ° C. Por otra parte, la velocidad de secado se incrementó de

0,0286 g de agua por g de m.s. y min a 0,0321 g de agua por g de m.s. y min al aumentar la velocidad del aire de 0,3 m / s a 0,7 m / s a 60 ° C.

El-Aouar, Ânoar Abbas (2003) en su investigación establece que en el proceso de secado de papaya, la velocidad del aire y la temperatura influyen fuertemente en la velocidad del secado durante la primera fase del proceso. Sin embargo, durante la fase final del proceso, la temperatura es la variable que ejerce más influencia en la de la velocidad de secado.

### **CONCLUSIONES**

El proceso de secado de papaya con energía solar, es una opción viable en zonas con características ambientales de elevada radiación solar. Siendo un proceso de bajo costo operacional.

La papaya deshidratada, es un producto de buen potencial comercial por sus buenas características organolépticas, propiedades nutricionales y larga vida útil, tanto en países donde su consumo en fresco no es posible como en el resto de países resultando en una diversificación de la oferta para la comercialización de este producto.

La deshidratación de la papaya, optimiza la utilización postcosecha de frutos maduros y destríos, combatiendo el desperdicio y aprovechamiento en la industria.

### **AGRADECIMIENTOS**

La autora desea mostrar su agradecimiento a la profesora Eva Cristina Correa Hernando de la E.U.I.T. Agrícolas por su valioso asesoramiento durante la elaboración del presente trabajo.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Augustus Leon, M., Kumar, S., & Bhattacharya, S. C. (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(4), 367-393.
- Ayensu, A. (1997). Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, 59(4-6), 121-126.
- Barreiro, P., Diezma, B., Correa, E.C.; Arranz, F.J.; Juliá, E., Bonzon, J., Robla, J.I, Ruiz-García, J.L., Escalona, O., García-Herrero, J. (2009) Estimación del secado de madera empleando sensores de bajo coste. V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico Agroingeniería. Lugo. 28-30 septiembre.
- Chen, H., Hernandez, C. E., & Huang, T. (2005). A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer. *Solar Energy*, 78(1), 97-103.
- Dissa, A. O., Bathiebo, J., Kam, S., Savadogo, P. W., Desmorieux, H., & Kouliadiati, J. (2009). Modelling and experimental validation of thin layer indirect solar drying of mango slices. *Renewable Energy*, 34(4), 1000-1008.
- El-Aouar, Â. A., Azoubel, P. M., & Murr, F. E. X. (2003). Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (carica papaya L.). *Journal of Food Engineering*, 59(1), 85-91.
- Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., Gaspareto, O. C. P., & Oliveira, E. L. (2006). Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. *Food Research International*, 39(4), 492-498.
- Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Alghoul, M. A., & Sulaiman, M. Y. (2010). Review of solar dryers for agricultural and marine products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 1-30.
- Hawllader, M. N. A.; Perera, Conrad O.; Tian, Min; Yeo, K. L. (2006). Drying of Guava and Papaya: Impact of Different Drying Methods. Taylor & Francis, 24, 77.
- Karim, M. A., & Hawllader, M. N. A. (2005). Mathematical modelling and experimental investigation of tropical fruits drying. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48(23-24), 4914-4925.
- Rodrigues, A. C. C., Cunha, R. L., & Hubinger, M. D. (2003). Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*, 59(2-3), 129-135.
- Sharma, A., Chen, C. R., & Vu Lan, N. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1185-1210.
- Thomás, G., Rodolfo, H., Juan, M., Georgina, S., Luis, C., Ingrid, R., et al. (2009). Proteolytic activity in enzymatic extracts from carica papaya L. cv. maradol harvest by-products. *Process Biochemistry*, 44(1), 77-82.