

TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVAS EN UN SECADOR SOLAR DE PLANTAS PARA LA SALUD

Diego Chaverri y Roberto J. Moya
Departamento de Física, Universidad Nacional

RESUMEN

Se describen las características de un secador solar pasivo, tipo invernadero, que se utiliza para el secado de plantas para la salud en la zona norte de Costa Rica. Se analiza el régimen de temperaturas en función de la radiación solar global recibida durante el proceso de secado. También se analiza el comportamiento de la humedad relativa interna comparada con la humedad relativa ambiente y su relación con las características físicas del secador. El secador presenta características que le permiten mantener un régimen de secado para las plantas.

Palabras claves: Secador solar, energía solar, radiación solar.

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo se secaron los productos agrícolas en la forma tradicional de extenderlos bajo el sol durante períodos que variaban de acuerdo con el producto. El secado es una excelente forma de conservar los productos agrícolas y la energía solar es una alternativa tecnológica limpia que permite hacerlo con grandes ventajas, por lo que los métodos tradicionales de secado directo al sol se han mejorado (Charters, 1993), sin embargo, las pérdidas debidas a malas prácticas de secado continúan siendo considerables. El desarrollo de secadores solares de relativo bajo costo y fácil construcción con mano de obra local ofrece una alternativa para bajar las pérdidas (Muhlbauer, 1993), ya que permite, además del secado, proteger los

productos contra el polvo, lluvia, viento, insectos, pájaros, roedores y animales domésticos.

Uno de los productos agrícolas en los que el secado solar está siendo utilizado es en las plantas para la salud o plantas medicinales, como generalmente se les conoce. Son muy utilizadas para la preparación de bebidas y la condimentación de alimentos, por lo que el secado favorece su utilización. La comunidad de Abanico de Peñas Blancas, provincia de Alajuela, en la zona norte de Costa Rica, dispone de ocho secadores solares para plantas para la salud y en este trabajo se realiza un estudio para determinar las características de los primeros secadores solares que están siendo empleados por esta comunidad en el secado de este producto tan particular.

METODOLOGÍA

El secador solar es de tipo directo, donde la cámara que contiene el producto recibe la radiación solar que cumple con las funciones de colector. Toda la superficie externa del secador está compuesta por dos capas de plástico (polietileno) muy unidas entre sí y de 150 μm de espesor cada una. Estas dos capas son suficientemente transparentes para permitir la entrada de los rayos solares directos y difusos y así lograr el efecto invernadero que permite la elevación de la temperatura interna del secador. El piso tiene una capa de plástico directamente sobre el suelo, que sirve como barrera a la humedad externa. Sobre el piso se colocó piedra menuda como elemento absorbedor durante el día

y como emisor de calor durante las primeras horas de la noche. La estructura interna es de madera, con cinco pisos de bandejas en los costados norte y sur y un pasillo central sobre el cual se puso una tarima de madera. Las dimensiones de la base del secador son de 3 m x 6 m y la altura máxima es de 2,40 m y la mínima de 1,80 m. Tiene una capacidad de 30 a 60 kg de producto húmedo inicial cada 4 a 6 días. El secador es de tipo pasivo debido a que la circulación del aire se logra por convección natural. Tiene ventanas en la parte alta que se pueden abrir y cerrar para eliminar el aire caliente cargado por la humedad de las plantas.

Para la recolección de la información se utilizó un sistema de adquisición de datos de la casa Campbell Scientific, modelo 21X. Las mediciones de temperatura se realizaron con termopares de cobre-constantán con una precisión de ± 0.5 °C. El sensor de radiación global es un piranómetro LI-200SZ de la casa LI-COR. La humedad relativa ambiente se midió con un sensor ELAN HM2000 con una precisión de $\pm 3\%$ y la humedad relativa dentro del secador se midió con un sensor HMP35C con una precisión de $\pm 2\%$ para humedades entre 0 y 90%.

Los termopares fueron colocados a lo largo de una línea vertical en el centro del secador y a la altura de cada una de las cinco bandejas. Con los cinco datos se obtuvo una temperatura interna promedio que se utilizó como la temperatura interna del secador. El sensor de humedad relativa se colocó en el centro del secador a una altura de 1 m sobre el suelo. A 1,5 m de distancia del secador y sobre una pequeña torre de unos 3 m de altura se colocaron los sensores de radiación, humedad relativa y temperatura ambiente.

La circulación del aire se logra por convección natural cuando el aire se calienta y asciende hacia la parte alta del secador. Contribuyen a la convección natural las piedras que están en el piso y que, luego de calentarse, reemiten calor al aire circundante que sube en forma lenta hacia la parte alta del secador, arrastrando el vapor de agua liberado por las plantas. El uso apropiado de las ventanas es muy importante, ya que abrirlas y cerrarlas periódicamente permite la extracción de la humedad. Para este estudio, las ventanas se abrieron cada dos horas durante media hora.

Para la experiencia se cargó el secador con 30 kg de tilo. Las mediciones se realizaron con todos los sensores registrando en forma continua cada minuto, durante los días de secado del producto. Se diseñó un programa para que cada 15 minutos el registrador de datos realice un promedio de las mediciones acumuladas por sensor y las guarde en su memoria. Los datos que se analizan aquí son promedios obtenidos cada 15 minutos.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para el estudio del secador solar durante los días de operación y entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m., se obtuvo un promedio de radiación de 14,0 MJ/m² por día. Días bajos en radiación presentaron valores cerca de los 6 MJ/m² y los más altos rondaron los 18 MJ/m². Esto nos indica que durante el período de estudio se presentaron condiciones de nubosidad variables.

Uno de los parámetros importantes que caracterizan el comportamiento del secador es la relación entre la humedad relativa interna y externa de éste. La humedad relativa interna tiene un comportamiento que depende de la etapa en la que se encuentra el proceso de secado. En las primeras etapas del proceso de secado la humedad relativa interna aumenta, debido a que el producto libera la mayor cantidad de vapor de agua.

En la figura 1 se aprecia este comportamiento que muestra la humedad relativa en función del tiempo durante el primer día del proceso de secado. En los siguientes días, la humedad relativa interna va disminuyendo en relación con la humedad relativa del ambiente, pues el producto va liberando cada vez menos vapor de agua.

Durante la primera noche del proceso de secado, la humedad relativa interna aumenta, ya que las ventanas del secador permanecen cerradas y la temperatura interna del secador permite que el proceso de extracción de humedad de las plantas continúe, como se aprecia en la figura 2.

En los siguientes días del proceso de secado aumenta la diferencia entre la humedad relativa ambiente y la interna del secador. Esta diferencia es más acentuada durante las horas de mayor radiación solar, de las 9:00 a.m. a las 3:00 p.m. La figura 3 muestra el comportamiento típico de

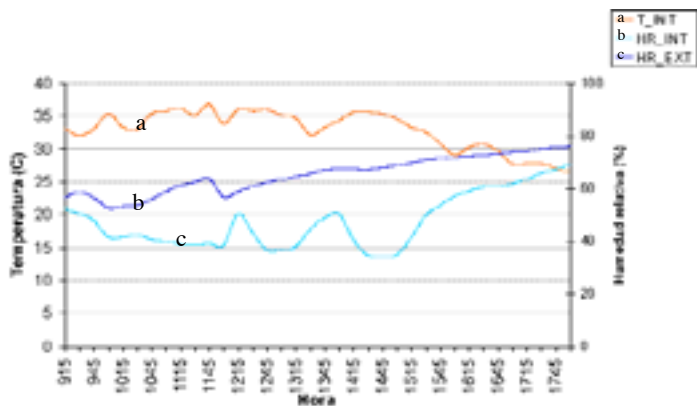


Figura 1. Temperatura y humedad relativas durante el primer día de secado

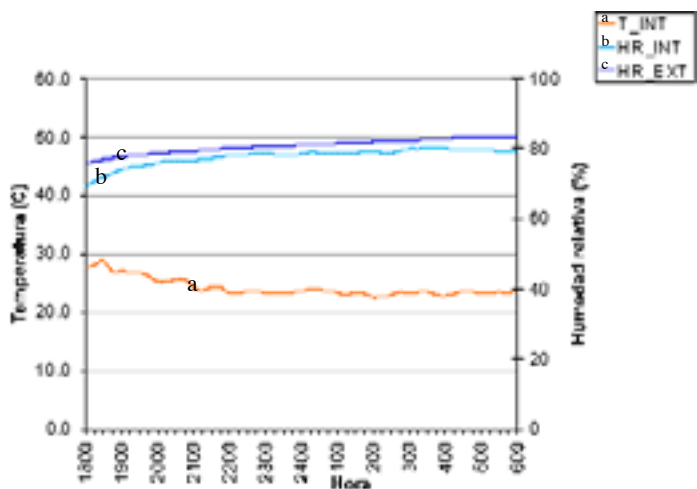


Figura 2. Humedad relativa durante la primera noche del proceso de secado

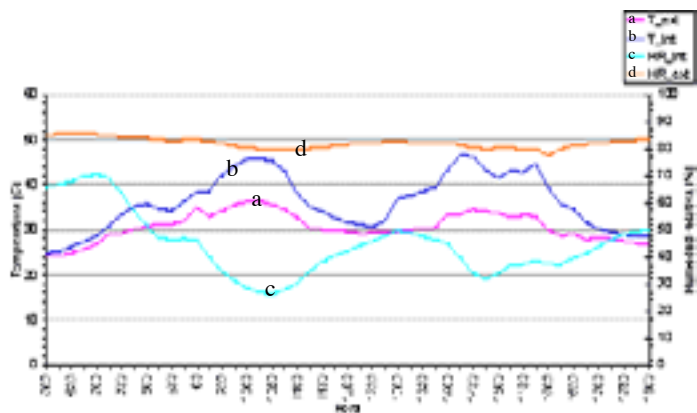


Figura 3. Variaciones de la humedad relativa en el secador

la humedad relativa interna durante el día. La humedad relativa interna es muy sensible a las variaciones de temperatura dentro del secador.

Disminuciones de la temperatura interna del secador generan aumentos temporales de la humedad interna, ya que en esos instantes se desfavorece el proceso de convección natural.

Una de las condiciones importantes que debe mantenerse en el proceso de secado es que durante la noche la humedad interna del secador permanezca baja, sobre todo, menor que la humedad exterior. Para lograr esto, las ventanas deben permanecer cerradas durante toda la noche. La figura 4 muestra la humedad relativa durante la segunda noche del proceso de secado. Se nota que la humedad interna permanece más baja que la humedad externa y muestra una gran diferencia con respecto al comportamiento durante la primera noche en la que la liberación de humedad de parte de las plantas es mucho mayor. Para la segunda noche, la liberación de humedad de parte de las plantas es considerablemente menor.

En la figura 5 se muestran la radiación y las temperaturas, internas y externas del secador, en función del tiempo para el segundo día de secado.

En esta figura se observa que a las 9:00 a.m. el secador ya tiene una temperatura interna mayor de 30 °C y la mantiene sobre este valor durante el resto del día, independientemente de las variaciones de la radiación. La diferencia entre la temperatura interna y la temperatura ambiente es de alrededor de 10 °C y en algunos momentos del día es mayor de 10 °C, lo cual es bueno si se toman en cuenta las considerables

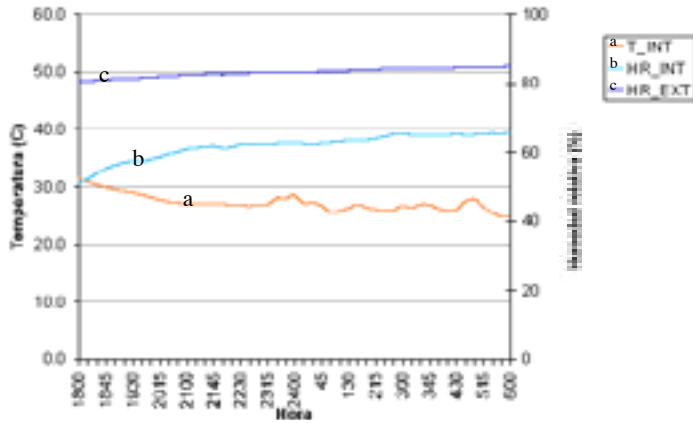


Figura 4. Humedad relativa durante la segunda noche del proceso de secado

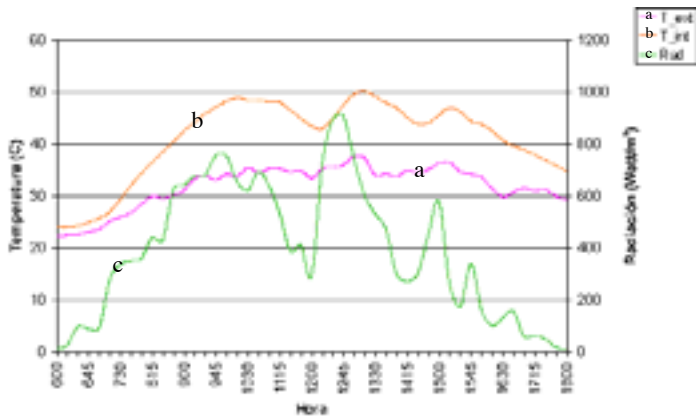


Figura 5. Temperatura y humedad relativas durante el segundo día de secado

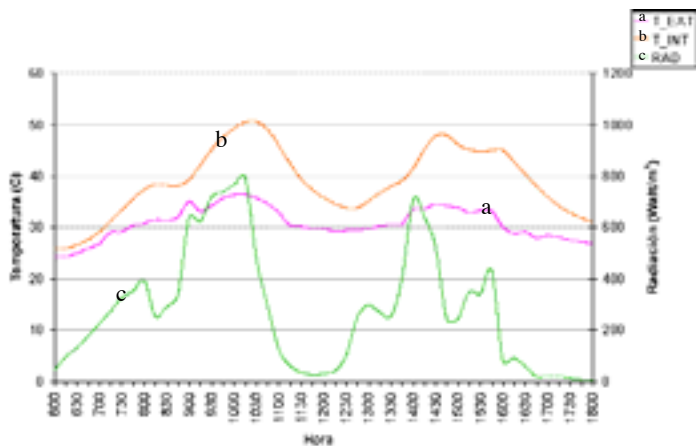


Figura 6. Temperatura y humedad relativas durante el tercer día de secado

disminuciones de la radiación solar ocasionadas por la nubosidad. Este aumento de la temperatura le permite al secador mantener el régimen de operación. El diseño del secador y sus características termodinámicas propician el efecto invernadero que le permite mantener el régimen de secado durante los períodos de baja radiación.

En el tercer día de operación se presenta una disminución significativa de la radiación solar durante cuatro horas y media, obteniéndose un valor de la radiación global de tan sólo 12,2 MJ/m². Esta disminución de la radiación genera una respuesta en la temperatura interna del secador, como puede apreciarse en la figura 6, no obstante, el secador mantiene su régimen de operación.

CONCLUSIONES

El secador responde apropiadamente en las diferentes etapas del proceso de secado, tanto en las iniciales, durante las cuales se produce una gran liberación de humedad de las plantas, como en las etapas siguientes en las que el proceso de secado es más lento y requiere mantener la humedad baja y la temperatura alta. El secador presenta una respuesta adecuada a las fluctuaciones de la radiación solar, típicas de los días nublados, que aunque podrían retrasar el proceso de secado, no lo detienen.

El estudio demuestra que las características termodinámicas del diseño del secador le permiten mantener un régimen para realizar el proceso de secado. Por un lado, es posible elevar la temperatura interna en el secador y mantenerla por sobre el valor de la ambiental, lo que es un requisito importante para efectuar la extracción de la humedad de las

plantas, y por otra parte, mantiene baja la humedad durante los períodos sin radiación de la noche, lo cual favorece la no absorción de humedad del ambiente por parte de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

Charters, W.W.S. and K.R. James. Solar Crop Dryers. Proceedings of Ises Solar World Congress, Budapest, 1993, Volume 8.

Corvalan, R., M. Horn, R. Roman y L. Saravia. Ingeniería de secado solar. Subprograma VI: Nuevas fuentes y conservación de la energía. CYTED-D Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, V Centenario.

El secador solar: una alternativa tecnológica para mujeres produc-

toras de plantas para la salud. Proyecto CR010401.

Muhlbauer, W., A. Esper and J. Muller. Solar Energy in Agriculture. Proceedings of Ises Solar World Congress, Budapest, 1993, Volume 8.

Secadores solares de productos agrícolas y alimenticios, VI Taller sobre Materiales, Teoría, Construcción y Experimentación de Dispositivos Térmicos Solares, Sección de Energía Solar, Departamento de Física, Universidad Nacional. Febrero 1992.