

OBSERVACIÓN DE PROCESOS DE SECADO MEDIANTE LA CAPTURA DIGITAL DE IMÁGENES

V. Passamai

INENCO-CIUNSA¹-UNSA. Buenos Aires 177. (4400) Salta

Fax: (087)-255489, e-mail: passamai@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

Se tomaron fotografías digitales como medio de seguimiento temporal y observación del proceso de secado de algunos productos vegetales cortados en rodajas. Este procedimiento permite también realizar evaluaciones cuantitativas, además de las cualitativas, por cuanto es posible medir efectos de encogimiento o cambios de color en función del tiempo, necesarios para el seguimiento de variables que sean relevantes para el análisis de aspectos básicos del secado de distintos productos.

En el trabajo se describe el equipo y sus características de funcionamiento y adaptación a una PC, mostrándose resultados obtenidos para tres productos diferentes, de interés en el secado solar.

INTRODUCCIÓN

La fotografía o la filmación se pueden usar en los laboratorios de secado como método de registro de los cambios de forma, color y dimensiones que experimentan los productos vegetales alimenticios durante el proceso. Su uso no está muy difundido por las dificultades y la demora, en el caso de la fotografías, para poder obtener las imágenes, así como los costos involucrados.

Con el advenimiento de nuevas tecnologías accesorias de las computadoras, tales como el soporte de procesamiento multimedia, se están proveyendo alternativas a las costosas fotografías o películas, con posibilidad de registrar audiovisuales digitales que las reemplazan de modo satisfactorio. También es posible repetir cuadro por cuadro las imágenes capturadas y someterlas a análisis, o bien realizar la captura de las fotografías a intervalos bien determinados de tiempo y luego observar una animación que resuma los cambios experimentados durante varias horas de proceso. Todo esto, que antes estaba reservado para equipos especializados y sofisticados, hoy se puede realizar en el lugar de trabajo.

EQUIPAMIENTO NECESARIO

El equipo o "hardware" necesario consta de una computadora personal equipada con un procesador 486 de 66 MHz o superior y una cámara del tipo "Connectix QuickCam" (1), cuyo precio es de U\$S 200 en Estados Unidos y alrededor de \$ 400 o más en Argentina.

El dispositivo para captar fotografías es una cámara CCD ("Charge Coupled Device") que puede tomar imágenes a color de 24 bits, con un tamaño de hasta 640 x 480 píxels. Consta de un cable que se conecta por un lado a la fuente de potencia del teclado, sin inhabilitar el mismo, como así también a alguna puerta paralela de la computadora, por ejemplo la de impresoras. La primera conexión permite que la cámara reciba la energía necesaria para su funcionamiento, mientras que el enchufe paralelo la habilita para el envío de las imágenes a la computadora. No lleva plaqueta accesorio y sólo necesita tres disquetes de 3,5" para la instalación del programa de manejo.

La cámara tiene un campo de visión de aproximadamente 48° (equivalente a una lente de 50 mm de una cámara fotográfica de 35 mm). La distancia focal es ajustable desde 2,54 cm a infinito y, contrariamente a los aparatos de video del tipo NTSC que producen una señal de salida analógica, la cámara QuickCam transfiere su imagen en forma digital, generando archivos del tipo mapa de bits (*.bmp).

PROGRAMAS DE COMPUTADORA

El programa que maneja la captación automática de imágenes, permite determinar por computadora el intervalo de tiempo entre una toma y la siguiente, así como el momento de inicio y finalización. Dichos intervalos de tiempo pueden ser desde un segundo a varios días, bastando realizar las tomas cada media hora para un proceso de secado de diez horas de duración total.

Para crear y guardar una secuencia de figuras es necesario dar un nombre raíz que sirva para identificar de manera genérica a la serie. Así, por ejemplo, asignando el nombre "aji" en la caja del nombre, servirá para que la primera imagen capturada se llame "aji1.bmp", la segunda "aji2.bmp", etc.

La animación del proceso, con el objeto de mostrar en pocos segundos la transformación sufrida por el producto durante el secado, se puede lograr mediante programas de tipo "shareware" de fácil operación. El que se ha usado para ilustrar este trabajo durante su exposición en la Reunión de Trabajo de ASADES fue obtenido por uno de los miembros del INENCO y los derechos de autor son de la firma "Trilobite" (2).

¹ Intituto de Investigaciones en Energía No Convencional, Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta.

EQUIPO DE SECADO

El equipo de secado, necesario para llevar a cabo el seguimiento del proceso, se ha simplificado a partir de la experiencia ganada desde hace varios años con un modelo de laboratorio de tipo túnel a escala pequeña (3). Al igual que antes, consta de una balanza, un calefactor eléctrico del aire con su sistema de ventilación (puede usarse un secador de cabellos comercial de 1500 W de potencia), una lámpara dicroica para simular la radiación solar y una bandeja de reducidas dimensiones (15 cm × 20 cm) para la colocación del producto.

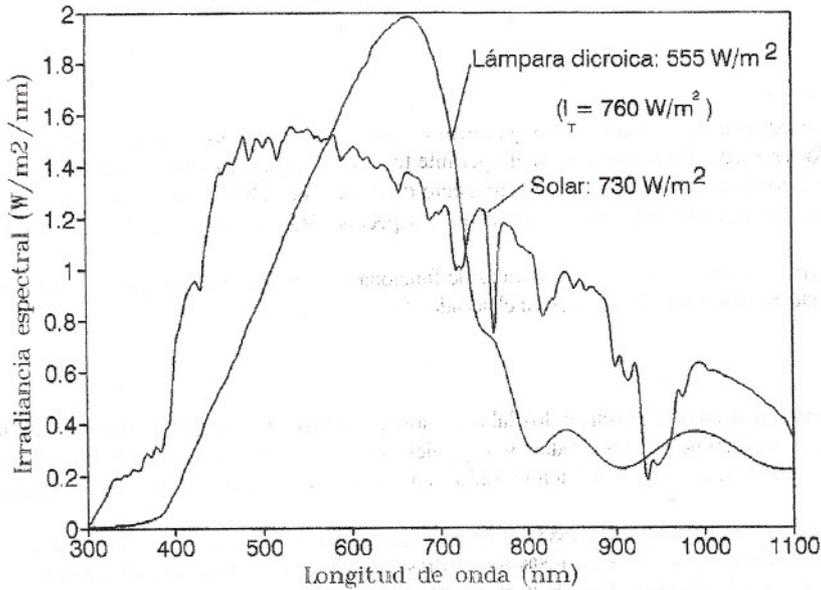


Figura 1: Espectros de radiación solar y de una lámpara dicroica.

Las lámparas dicroicas, que desde hace relativamente poco tiempo se encuentran en el mercado, son fuentes luminosas con un bulbo que contiene una resistencia de tungsteno que se pone incandescente cuando se enciende, no obstante lo cual, en conjunto con un reflector especial, tienen un espectro similar al solar. Su uso se está extendiendo debido justamente a esta propiedad, pudiéndose las ver en escaparates de vidrieras, desfiles de modelos, etc. Estas lámparas cuentan con un reflector de haz frío, es decir están incorporadas a un reflector diatérmico que les hace perder la casi totalidad de su componente infrarrojo, quedando sólo la radiación visible que se dirige hacia el objeto a iluminar.

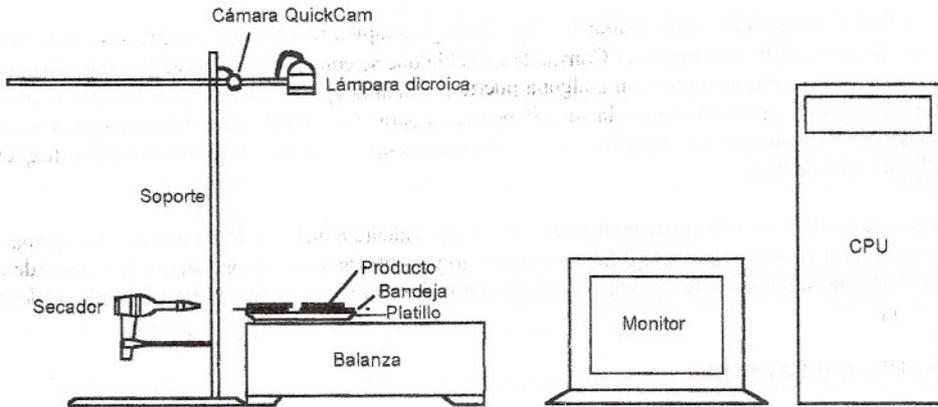


Figura 2: Esquema del equipo de secado, sistema de pesada y conexión de cámara fotográfica a PC.

Son denominadas lámparas dicroicas por la capa que cubre el reflector y que actúa de filtro óptico. Este está formado por varias capas delgadas superpuestas, de diferentes índices de refracción, de modo tal que la capa reflectora refleja el 90 % de la luz visible, mientras que el 80 % de la radiación infrarroja es absorbida rápidamente por las capas del reflector, enfriando así el haz reflejado (4).

Existe una amplia gama de potencias que brindan estas lámparas, aunque las tensiones de alimentación suelen ser bajas (entre 12 y 82 V para las más comunes y muy pocas de 120 V). Así por ejemplo, para algunas pruebas se contó con lámparas de 24 V de tensión de alimentación y hasta 250 W de potencia.

Se realizó el montaje de un dispositivo sencillo con dos de estas lámparas, de modo que permitieran obtener una distribución

pareja sobre una superficie igual a la bandeja del secador. La Figura 1 muestra el espectro obtenido, junto al solar, cuando la radiación total de las lámparas, medida a nivel de la bandeja, fue de 760 W/m^2 (2).

La potencia total recibida a nivel de la bandeja se calculó como la integral bajo la curva espectral para las longitudes de onda comprendidas entre 300 y 1100 nm. I_T corresponde a la radiación total medida por medio de un solarímetro. Como se puede apreciar, el espectro de las lámparas dicroicas es similar y por lo tanto adecuado para simular la radiación solar.

ESQUEMA DEL EQUIPO COMPLETO

Un esquema del equipo completo, compuesto de cámara, cables de conexión, computadora, soporte para la cámara, balanza, bandeja para el producto, lámpara dicroica, transformador y secador, se muestra en la Figura 2. En la Figura 3 se muestra una fotografía del mismo equipo.

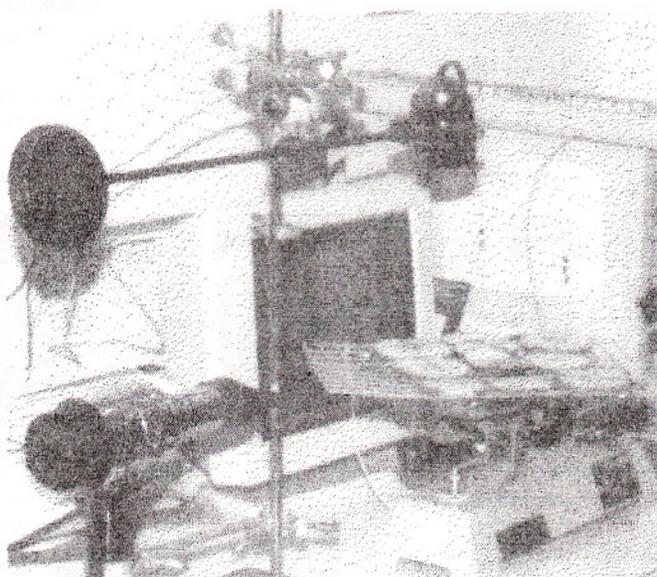


Figura 3: Fotografía del equipo.

MÉTODO EXPERIMENTAL

Se midieron la velocidad del aire a la altura de la bandeja de producto, humedad relativa, temperatura de bulbo seco y radiación incidente luego de encender el equipo y esperar alrededor de una hora para lograr condiciones estacionarias. Los valores obtenidos para la temperatura fueron de alrededor de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ (dependiendo de la distancia de la boca de salida del aire del secador a la bandeja), la humedad relativa del aire fue del 40 %, las velocidades del aire estuvieron comprendidas entre los $0,5 \text{ m/s}$ y hasta 1 m/s y la radiación máxima que se pudo alcanzar con una lámpara fue de 600 W/m^2 en la zona central iluminada.

Luego de lograr condiciones constantes, se comenzó a medir la evolución del peso, en forma manual y a intervalos de una hora o menos, calculándose el valor porcentual en función del tiempo. Lo mismo se realizó con las temperaturas de bulbo seco y humedad porcentual, aunque, como se dijo, se observó una buena estabilidad de estos valores cuando el proceso no superó las diez horas de duración y se mantuvo una puerta abierta del recinto a fin de permitir una adecuada renovación del aire.

DATOS OBTENIDOS

Como es habitual en el seguimiento de procesos de secado, los datos obtenidos se tabularon y graficaron, agregándose en este caso un conjunto de imágenes capturadas con la metodología antes explicada. Para ilustrar mejor, las figuras siguientes muestran gráficos de pérdida de peso porcentual en función del tiempo, con el eje de ordenadas igual al peso del producto dividido por el peso inicial y por cien (100 P/P_0) y el de las abscisas en horas de proceso. Superpuestas a ellas se han pegado las fotografías del producto a medida que se producía su secado, evidenciando en todas ellas el proceso de encogimiento.

La Figura 4 muestra el caso del secado de zapallitos verdes, cortados en rodajas, en tres instancias del proceso: al principio, a las cuatro horas y quince minutos y a las diez horas. La Figura 5 es una parte de la secuencia correspondiente al secado de tomate cortado, donde sólo se muestran tres fotografías. Por su parte, la Figura 6 permite visualizar de una manera alternativa a la de la Figura 4 la secuencia correspondiente al secado de manzana, junto con la de pérdida de peso. Este conjunto de figuras permite realizar una animación que es muy elocuente respecto de la correlación existente entre pérdida de peso y encogimiento del producto. Lo mismo puede decirse en relación a los cambios de color que ocurren durante el secado.

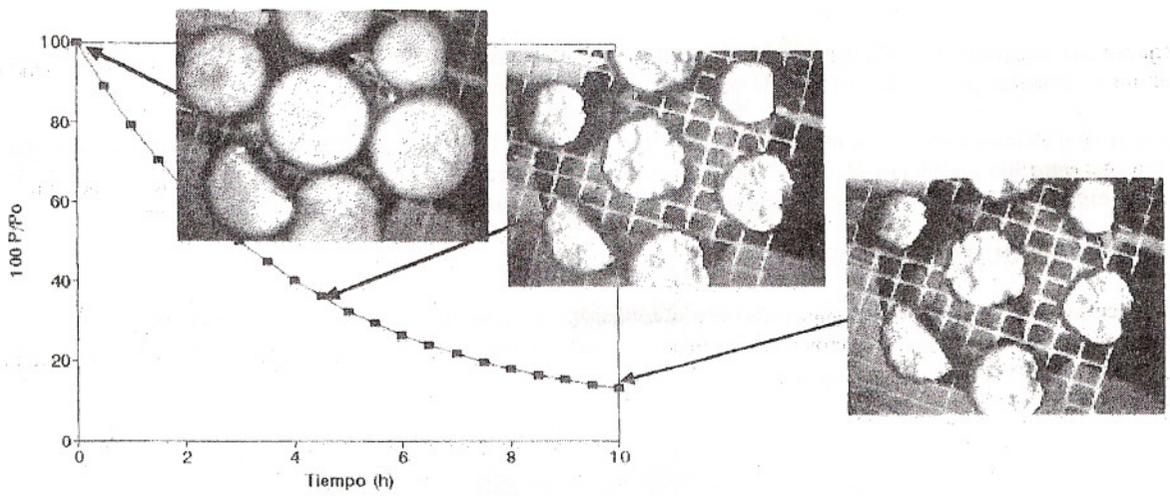


Figura 4: Secado de zapallitos verdes.

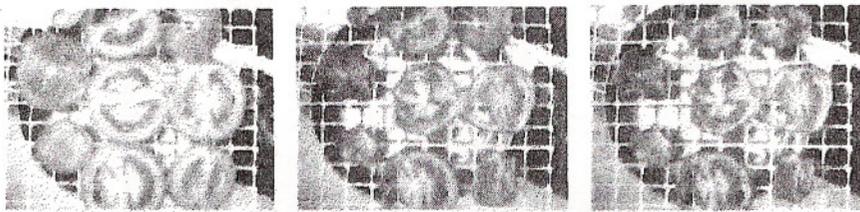


Figura 5: Proceso de secado de tomate.

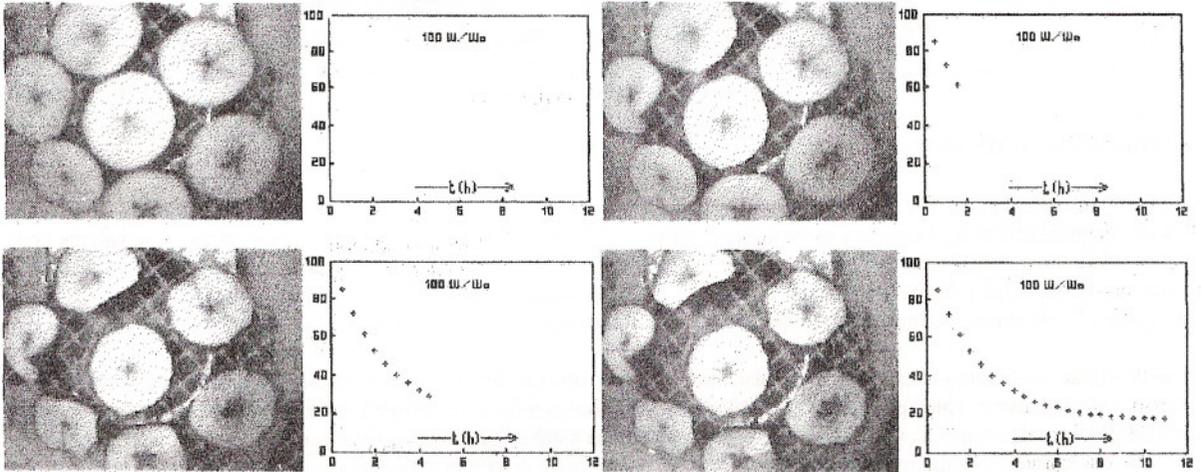


Figura 6: Seguimiento del secado de manzana.

En todas estas gráficas se observa un muy buen ajuste de las curvas al modelo sencillo dado por $dP/dt = -k(P - P_e)$, donde P_e es el peso de estado estacionario, que se logra luego de someter al producto bajo condiciones constantes durante un tiempo indefinidamente largo. Prácticamente coincide con la asíntota horizontal de la curva de secado, pudiéndose obtener mediante una planilla de cálculos por linealización de la relación entre $\ln(P - P_e)$ y t , minimizando el error entre los datos medidos y la correlación, con P_e como variable de ajuste.

REFERENCIAS

1. Connectix, 2655 Campus Drive, San Mateo, CA 94403, USA.
2. Trilobyte, PO Box 1412, Jacksonville, Oregon, 97530. Programa cedido por D. Hoyos, Laboratorio de Electrónica del INENCO-Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, UNSa.
3. V. Passamai: "Modelización del proceso de secado en secadores solares directos", Tesis Doctoral, 1995.
4. A. F. Ansaldi y V. E. Fierro: "Desarrollo de un prototipo de simulador solar estacionario", 1992, Informe final del Trabajo de Laboratorio II, Departamento de Fuentes Renovables y URE-División de Energía Solar, Laboratorio Tandár, CNEA.