

EXPERIENCIAS DE SECADO SIN RADIACIÓN SOLAR DIRECTA Y A BAJA TEMPERATURA. COMPARACIÓN CON EL SECADO SOLAR.

V. Passamai^{1,2}, B. Sánchez¹, P. Mendoza¹, L. Dorado¹, S. Valdez³ y T. Passamai¹

INENCO – CIUNSa – CONICET – CFI

Facultad de Ciencias Exactas

Av. Bolivia 5150 – 4400 Salta. R. Argentina

Tel.: 0054-387-4255389 – Fax: 0054-387-4255489 – E-mail: passamai@unsa.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se presentan experiencias de secado de vegetales frescos, cortados en rodajas, colocados en bandejas que van dentro de un túnel secador de laboratorio que provee de aire seco, a temperatura moderada y sin radiación solar directa. La motivación de esta investigación encuentra su origen en experiencias que fueron realizadas en la localidad de Luján, cercana al pueblo de Cachi, Provincia de Salta, durante 2005. En ese lugar se instaló un secador que tiene paredes de chapa galvanizada y, no obstante que no deja ingresar la radiación solar, permite deshidratar vegetales frescos, a una velocidad menor pero con un grado de sequedad aceptable (a peso constante, en equilibrio con las condiciones externas, suficiente para la conservación del fruto seco) y producto final de buen aspecto, lo que había planteado algunos interrogantes que ahora se investigan. Con el objeto de comparar, se realizaron experiencias en Salta, a escala de laboratorio, simulando las condiciones del secador de Luján. Estas se analizan y comparan con el secado de los mismos productos, realizados con un secador solar de cubierta transparente. Se describen la metodología y los dispositivos usados. Los resultados obtenidos muestran, en forma comparativa, que uno y otro proceso difiere en la rapidez, pero no en la calidad del producto seco.

Palabras clave: secado solar, bajas temperaturas, secaderos.

INTRODUCCIÓN

En la localidad de Luján, ubicada a la entrada del pueblo de Cachi, Provincia de Salta, se encuentra un secador construido con chapa galvanizada, sin superficies transparentes de alto costo, que, de acuerdo con su propietario y según lo obtenido mediante experiencias preliminares (Oliver 2005 y Passamai, et al., 2005), puede ser usado como un deshidratador de baja temperatura, sin radiación solar directa, pero con baja humedad y buena ventilación. Se entiende que el secado es posible debido a que el aire es seco, los vientos son permanentes, el lugar se encuentra a una altura de 2400 msn, y se trabaja activamente en controlar el ingreso del aire al recinto, evitando la condensación de humedad, para lo cual se coloca además poco producto en el secador, cortado en trozos más pequeños que los habituales en los secadores de tipo invernadero.

En invierno, el uso del acopiador es restringido, por las bajas temperaturas. No obstante, su propietario reportó secado de apio en rama, manzanas, zanahorias, cebolla, remolacha, tomillo, salvia, zapallo, habas, repollo y cáscaras de manzana, naranja y limón (que molidas en mortero sirven para saborizar). Los tiempos de secado van de 5 a 10 días, según la humedad ambiente. Los días nublados o de mucho rocío, los productos se atrasan uno a dos días más. La figura 1 muestra el acopiador y uno de los secadores invernaderos.



Figura 1: Fotografías del secador-acopiador y del secador de tipo invernadero.

Los dos secadores mostrados en la figura 1, responden a un diseño modificado del que se encuentra en Cachi (Passamai, 2005). Estos tienen un techo inclinado y dos registros para la entrada de aire, uno al ras del piso y el otro a nivel del techo, enfrentados para que el aire atraviese el producto transversalmente y desde abajo a arriba. Estos registros están ubicados con

¹ Facultad de Ciencias Exactas, ² Investigador del CONICET, ³ Facultad de Ingeniería.

orientación norte y sur, respectivamente, por ser la dirección del viento y la de convección. El secador invernadero tiene, además, una puerta y ventanas en la dirección este-oeste.

Debe tenerse en cuenta que, a través de los medios de comunicación, el gobierno de la Provincia de Salta decidió hacer pública su decisión de comprar la producción de la cosecha 2006 de uno de los productos secos más importantes de la región (pimiento), por lo que los pequeños productores del Valle Calchaquí podrán evitar entregar su producto a precios no convenientes, y la provincia se hará cargo de la gestión de nuevos mercados. Con este tipo de noticias, el productor deberá incorporar nueva tecnología para evitar el proceso de secado al aire libre, con colocación del producto sobre el suelo, como lo viene haciendo tradicionalmente. También se han entregado fondos de ayuda para la construcción de secadores solares de tipo invernadero, con tasas de interés para su devolución accesibles, en la medida que se prevea la comercialización de lo producido en aquéllos.

MATERIALES Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para las mediciones de temperaturas y humedad, se usó un sensor marca “Hygrotest 6400” y un datalogger con termocuplas de cobre y constantán, con una décima de apreciación en la lectura. La radiación solar se midió con equipo Kipp & Zonnen CM5, cuyo error en la lectura de la radiación se estima entre el 5 y 10 % en relación a piranómetros de precisión. Las masas de producto se midieron con una balanza de un plato, de tipo mecánica, con un gramo de apreciación. Se realizaron mediciones de velocidades del aire con un sensor de velocidad “TSI” modelo 8345. Para esta publicación, en el laboratorio se trabajó con un túnel de secado de cuatro niveles de bandejas, separadas 5 cm, de polipropileno. Al túnel ingresa aire seco luego que un deshidratador le extrae la humedad. El mismo es de marca “DeLonghi”, es un aparato compacto y dotado de ruedas y asas que funciona como una heladera que condensa el agua contenida en el aire, para luego restablecer la temperatura del mismo. Se suele usar para ambientes donde hay problemas de humedad excesiva. Su potencia nominal es de 460 W. Mediciones realizadas en el régimen de trabajo elegido permitieron obtener el valor de 300 W. El aire no se recircula, pero como la experiencia se realiza en un recinto cerrado, se logran fácilmente condiciones de estado estacionario de humedad y temperatura. La figura 2 muestra un esquema y fotografía del dispositivo, con el túnel adosado al mismo. Las bandejas están colocadas en una estructura de madera.



Figura 2: Secador de laboratorio con circulación forzada de aire, sin ingreso de radiación y detalle de las bandejas.

Para comparar con el anterior, se usó un secador solar de campo, de cubierta transparente y ventilación forzada por medio de un panel fotovoltaico. El conjunto, que se expuso al aire libre, permitió secar el mismo tipo de producto. La figura 3 muestra un esquema y una fotografía de este dispositivo. El producto se colocó en el mismo tipo de bandejas que las anteriores, mostradas en la figura 2, evitando cuidadosamente su deslizamiento a lo largo del colector (véase la fotografía de la figura 3).

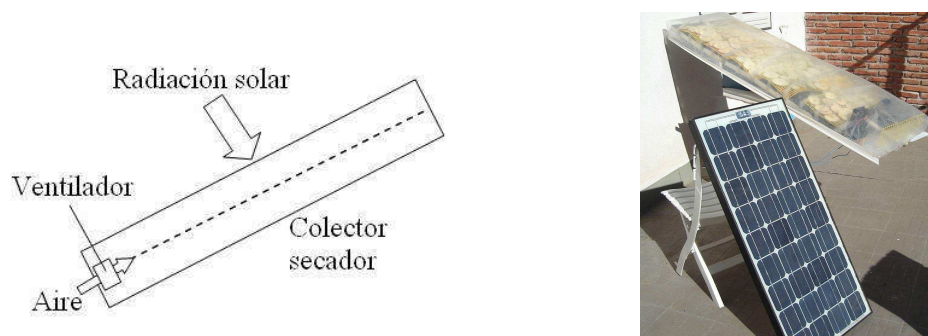


Figura 3: Secador solar de tipo colector, forzado. Se observan detalles del panel fotovoltaico que alimenta la ventilación.

El “colector secador” del dibujo es un túnel de secado solar con exposición directa del producto.

Secado de tomates

Se trabajó con tomates perita frescos y sanos. Se lavaron y cortaron en rodajas de 5 mm, mediante un cortador de tipo familiar que permite ajustar el corte a esa medida. La figura 3 muestra estos detalles.



Figura 4: Tomates frescos, cortados en rodajas y dispositivo para corte.

Se separaron dos muestras de 1,5 kg cada una, tanto para secar en el laboratorio como para el secador al aire libre. En el primero el producto se sometió a la acción del aire seco durante tres días, las veinticuatro horas de cada uno, mientras que el secador solar fue expuesto al sol durante el día e introducido al resguardo del ambiente durante la noche, para evitar condiciones de condensación.

Secado de cebollas

Se trabajó con cebollas comunes (*Allium cepa*), que se pelaron, lavaron y cortaron en rodajas de igual espesor que para el caso anterior. La figura 5 muestra la secuencia de acondicionamiento del producto, desde que está fresco, se pela, corta y coloca en bandeja.



Figura 5: Cebollas comunes con cáscaras, peladas y cortadas.

RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Caso del tomate

La figura 6 a) (Passamai et al., 2005) muestra las diferencias en el secado de tomates puestos en el secador-acopiador de Luján y el correspondiente a los casos de Cachi y Payogasta –relativamente semejantes –, para los secadores invernaderos de cubierta transparente. Según Passamai et al., (2005), el tiempo durante el cual se realizaron las mediciones correspondió a ocho horas; “porque este es suficiente para conocer la efectividad del secado (que se manifiesta especialmente al principio del proceso, cuando el producto es fresco). Como es sabido ... el producto tiene una resistencia interna al secado que hace su evolución a posteriori más lenta en comparación con esas primeras horas de proceso” (tomado de Passamai et al., 2005). Esto se realizó desde la 11:00 a 19:00 horas, con cielo despejado.

La figura 6 b) muestra dos curvas: la correspondiente al secado solar que tiene una mayor pendiente; y la obtenida para el secado sin radiación, en el laboratorio. El secado solar, en Salta, comenzó a las 13:30 horas del primer día, y se continuó hasta completar cuarenta y ocho horas. Los días fueron despejados, con temperaturas en el colector de 30 °C, 27 % de humedad y 0,5 m/s de velocidad del aire. El secado sin radiación, en el túnel, se realizó a valores promedios de temperatura de 25 °C, 30 % de humedad del aire y la misma velocidad del aire que en el caso anterior. Se observa que el secado solar, al finalizar el primer día, llega hasta el 20 % de peso del producto. Se mantiene, prácticamente, durante la noche, y al día siguiente disminuye nuevamente de manera notable, hasta alcanzar un valor constante del 7 %, aproximadamente, respecto del inicial. Se observa que el secado sin radiación alcanza este nivel alrededor de 24 horas después. Resulta interesante remarcar que durante el primer día de secado sin radiación, la curva es aproximadamente lineal.

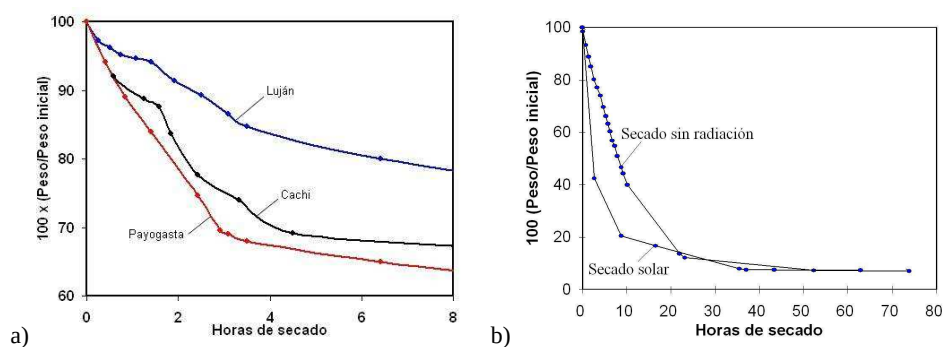


Figura 6: a) Secado de tomates en Luján, Cachi y Payogasta. b) Secado en laboratorio y con radiación solar.

Secado de cebollas

La figura 7 a) muestra el secado de cebollas con radiación solar y sin radiación, realizada en el túnel deshidratador. En el caso del secado solar, se realizó a partir de las 10:00 horas del primer día y finalizó a las 18:00 horas del siguiente. Las condiciones de radiación y temperaturas para el aire dentro y fuera del colector, se muestran en la figura 7 b). En la 7 c) se muestran las condiciones de humedad y temperatura dentro del túnel deshidratador.

De la misma manera que para el secado solar del tomate, en el caso correspondiente a la cebolla, se observa una curva en dos tramos diferenciados: el primero correspondiente al primer día y noche; en que el peso porcentual alcanza un valor del 25 % respecto del inicial; y un tramo final durante el segundo día, en el que se llega hasta un valor del 15 % y se da por finalizado. En cambio, el secado sin radiación finaliza al cabo del doble del tiempo empleado por el primero.

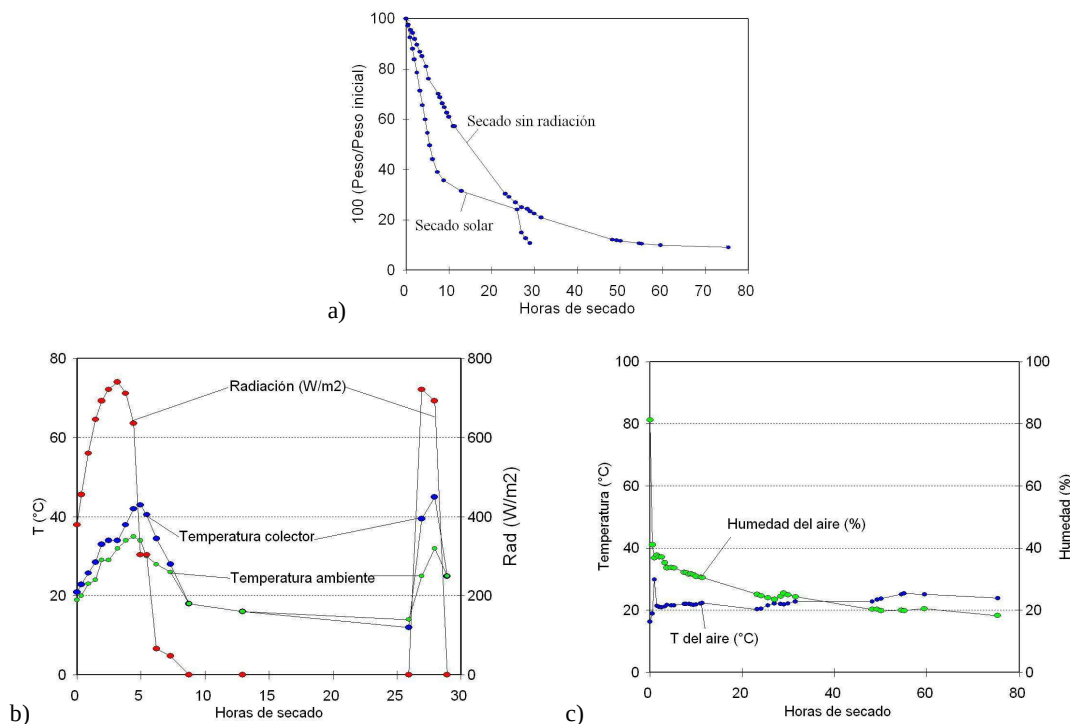


Figura 7: a) Curvas de secado de cebollas con y sin radiación, b) condiciones de radiación y temperaturas para el secado solar y c) condiciones en el túnel deshidratador.

Comparación del proceso de secado en Luján y el realizado en el túnel

El gráfico de la figura 8 muestra la evolución temporal de las curvas de secado para los casos de Luján y el túnel deshidratador de Salta.

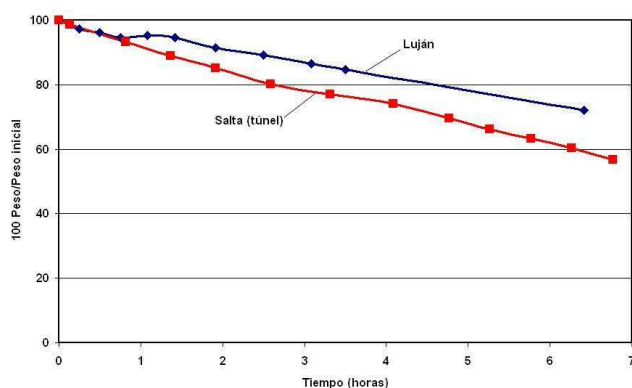


Figura 8: Curvas de secado de tomate sin radiación en Luján y Salta.

Se observa una gran coincidencia durante la primera hora del proceso en uno y otro caso. Luego, en el secador de Luján, el proceso disminuyó su velocidad de deshidratación. Se supone que ello fue debido a que, a partir de ese momento –entre las 12:00 y 13:00 horas– pudo haber disminuido la convección natural del aire dentro del secador, por una merma de la ventilación o de los vientos del medio ambiente.

CONCLUSIONES

Al igual que Cachi, y en general los Valles Calchaquíes, Luján es un lugar con un clima seco, ventoso y asoleado. Las temperaturas dentro de un recinto de chapa galvanizada como el descrito en este trabajo son moderadas, del orden de los 20-25 °C, mientras la humedad porcentual oscila entre el 40 y 50 %. Estas son buenas condiciones para el secado, aunque no se permita el ingreso de radiación. En este trabajo se han realizado experiencias de laboratorio con el propósito de simular esta observación, mediante un deshidratador de aire con el que se lograron mejores condiciones que aquéllas, por lo que se observó una mayor rapidez del secado. Por lo tanto, si bien la radiación incidente es conveniente desde el punto de vista tradicional y el deseo de promover el uso de la radiación solar, así como obvias razones de tipo técnico, ciertas condiciones climáticas como las de los Valles Calchaquíes, son por sí mismas aptas para un secado sin radiación, como el expuesto. Las variables impulsoras que favorecen el secado son la baja humedad relativa del aire, la velocidad del mismo y, probablemente, la baja presión atmosférica por la altura del lugar.

En el aspecto final de los productos secos obtenidos por una u otra vía, no se observan –de manera cualitativa– grandes diferencias, ni a favor ni en contra de uno u otro método. Una apreciación cuantitativa se espera realizar en el futuro, mediante el trabajo en conjunto con investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

El uso de secadores basados en la baja humedad del lugar en que se encuentran instalados, así como la ventilación adecuada de los productos puestos a secar y su preparación por corte en pequeños trozos, puede suponer –en principio– un ahorro de inversión para economías deprimidas como algunas de las de la región. Sin embargo, el uso a largo plazo de tales tipos de secadores de baja velocidad de secado y las mayores exigencias de atención al manejo de procedimientos de ventilación, puede significar igualmente menores ingresos para sus propietarios, por lo que es aconsejable adoptar colectores solares calentadores del aire que ingresa al secador, o el crecimiento modular de los secadores de tipo invernadero, a partir de la adopción de algunos de los modelos de menor costo. En cualquier caso, las etapas de procesamiento post secado, almacenamiento y llegada al mercado de consumo, son decisorias al momento de consolidación y avance de un emprendimiento empresarial sostenible para iniciativas en la región.

REFERENCIAS

Oliver, M. (2005). Comunicación personal del usuario del secador de chapa galvanizada ubicado en Luján.
Passamai, V. et al. (2005). Experiencias comparativas de secado de tomates bajo distintas condiciones”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 9, 2005 (02.19-02.24).

DRYING EXPERIMENTS WITHOUT DIRECT SOLAR RADIATION AND LOW TEMPERATURE CONDITIONS. COMPARISON WITH SOLAR DRYING.

ABSTRACT

Fresh vegetable drying experiments, in a laboratory dry air tunnel, were performed. The species were cut in slices, put on trays under air flow, mild temperature conditions and no radiation. The need for this research arose in previous experiments carried out in Luján, near the town of Cachi, in the Province of Salta, during 2005. In that place, a drying device made with galvanized foil walls and, therefore, without solar radiation gain, is used to dry fresh vegetables. Despite the drying process is carried out at a lower rate, the end product is acceptable (with constant equilibrium weight, for conservation purposes of the dried fruit). These results provoked some queries that are now investigated. For the purposes of comparison, experiments were carried out in Salta, at a laboratory scale, to simulate the Luján dryer conditions. These are analyzed and compared with drying experiments of the same products, carried out in a solar collector dryer, with a transparent plastic cover. The methodology and used devices are described. Results show that though drying speeds are different, the qualities of the dried products are similar.

Keywords: solar drying, low temperatures, dryers.