

IDENTIFICACIÓN DE UN DESHIDRATADOR HIBRIDO SOLAR BIOMASA EN MISIONES. ¹

Kerkhoff Alejandro J²; Mantulak Mario³, Haupt Maria Cristina⁴

¹ Trabajo de tesis de Maestría. Codirector del Proyecto de Extensión Res. SPU N°1658

² Tesista, Ingeniero Electromecánico, kerkhoffjavier@gmail.com

³ Codirector de Tesis, Doctor Ingeniero Electromecánico, mantulak@fio.unam.edu.ar

⁴ Directora del Proyecto de Extensión Res. SPU N°1658. Ingeniera Electromecánica.
haupt@fio.unam.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se presentan los resultados de los ensayos de un deshidratador híbrido, solar – biomasa para el secado de productos agrícolas, instalado en la Escuela de la Familia Agrícola EFA Cristo Rey 1313 Colonia Tamandua – Los Helechos Oberá Misiones, financiado con fondos del proyecto de extensión denominado “Cocinar y Secar Alimentos con Energía Solar”, del Programa de Promoción de la Universidad Argentina. Se presenta los ensayos realizados, en primera instancia sin introducir producto y posteriormente introduciendo producto en la cámara de secado, ensayos con y sin aporte de calor por biomasa. Se utilizó cebolla verdeo como producto para el secado, donde el tiempo de secado fue de 5,5hrs sin aporte de calor por combustión de biomasa y con aporte 5hrs. El rendimiento promedio del colector solar fue de 36%.

Palabras Clave: *Deshidratador híbrido, Secado de cebolla verdeo, tiempo de secado.*

Introducción

El secado de productos es una necesidad de todos los sectores rurales en todo el mundo, para el almacenamiento y la conservación posterior a la cosecha, que de lo contrario se descompondrían. Esta alternativa planteada para los alimentos de elevada producción estacional, evita pérdidas y otorga a los productos un valor agregado. Además el productor lo conserva para consumo propio en épocas en la cual no se dispone de dichos productos frescos y su excedente puede ser comercializado, (Corvalan y et al., 1996); (R. Espinosa y L. Saravia 2010).

El secado requiere de energía, lo cual si bien es un problema para cada sector social debido a la actual crisis energética, es más acentuado en los sectores rurales. Estos sectores generalmente se encuentran aislados de los sistemas convencionales de abastecimiento de energía, con carencia de recursos energéticos. Una solución práctica y relativamente económica, es el secado solar y/o el uso de biomasa, donde se dispone de tales recursos renovables, (R. Espinosa y L. Saravia 2010).

En Misiones actualmente existe una elevada demanda de productos naturales, entre ellos los alimentos regionales, las frutas, las plantas medicinales y aromáticas, ya que se pretende lograr el autoabastecimiento, la diversificación productiva, agregado de valor en origen y soberanía alimentaria. La estructura productiva de la provincia está basada en la producción primaria agrícola y la silvicultura. La agricultura está orientada a la producción de cultivos industriales tales como yerba mate, té y tabaco, (tan solo el 0,5% de las tierras

se ocupan para la producción de hortalizas, y el 0,043% se destinan a las aromáticas-medicinales-condimentarias, (Censo Nacional Agropecuario CNA 2002). La actividad forestal se basa en la explotación de bosques implantados, con el 36% de los recursos forestales implantados del país, (EGES 2009).

Para la construcción del prototipo, se contó con fondos del proyecto denominado “Cocinar y Secar Alimentos con Energía Solar”, del Programa de Promoción de la Universidad Argentina, Resolución SPU N°1658, del Proyecto de Extensión de la Facultad de Ingeniería, destinada a la Escuela de Familia Agrícola (EFA) Cristo Rey 1313 Colonia Tamandua - Los Helechos, (lat: 27°34'S; long: 55°5'O) Oberá, Misiones. La construcción del mismo se realizó íntegramente en los talleres de la Facultad de Ingeniería Oberá – Universidad Nacional de Misiones (U.Na.M.) con la colaboración de alumnos voluntarios vinculados al proyecto.

El presente trabajo se basó en el estudio de tres prototipos de deshidratadores híbridos (uno solar y dos solares-biomasa), que se vienen utilizando en la región. En base a estos resultados se propuso y construyó un nuevo prototipo de deshidratador híbrido, el cual fue caracterizado y sus resultados informados en este trabajo. Contempla caracterizar al prototipo, corroborando a través de mediciones su eficiencia, y la correcta combinación del aporte de energía solar en relación con biomasa para el deshidratado, sin sobrepasar una temperatura de referencia.

Metodología

A fin de realizar los ensayos y evaluar detalladamente los parámetros característicos del deshidratador, fue necesario establecer una metodología clara para la toma de datos en forma sistemática. Para ello se realizaron las mediciones de los parámetros: temperatura, humedad, flujo de aire, radiación solar, pérdida de peso de productos, estos en función del tiempo. En la Figura 1 podemos ver el diseño del deshidratador solar híbrido.



Figura 1. Vista completa del deshidratador.

Los instrumentos de medición utilizados para determinar la Temperatura en los diferentes puntos fueron ocho sensores TLD10, para la velocidad se dispuso de un manómetro digital Testo 512, con tubo de Pitot. Los sensores de temperatura fueron conectados a un sistema de adquisición de datos HBM QuantumX MX840 de 8 canales universales, la tensión de alimentación para transductores activos (DC) 5 - 24V. Alimentada con una fuente 12V - 1000mA. El sistema se programó de manera tal de obtener las variables en forma secuencial a intervalos de tiempo predefinido. Los datos fueron medidos y almacenados mediante una computadora Dell AH323LA. Para la determinación de la temperatura y la humedad ambiente, se utilizó un termohigrómetro Hepta HDT 10321S, ubicado en proximidades de cada secadero.

La radiación solar global se midió sobre el plano de cada colector solar, con un radiómetro fotovoltaico del CNEA, conectado a un multímetro “BAW UT60E”; que mide el voltaje proveniente del sensor y almacena la señal en tiempos determinados.

Para obtener el peso de la muestra y la pérdida de masa de agua se utilizó una balanza con precisión de 0,1gramos y una capacidad de 2kg. Al inicio del secado se registraron los datos cada quince minutos, pasada la hora de ensayo se registró el peso del producto cada treinta minutos.

Para realizar todos los ensayos, se utilizó cebollita de verdeo fresca, nombre científico *Allium fistulosum*. Este producto lo disponen durante todo el año y en cantidades suficientes. Las hojas del producto antes del ensayo son lavadas con agua potable, posteriormente se las deja escurrir y se seleccionan las que están en buenas condiciones, las demás son descartadas. Las puntas de las hojas también son descartadas, ya que las mayorías están secas o picadas en un extremo y en el otro son de mayor tamaño, (Ramírez H. 2004).

Las hojas que están en buen estado, son cortadas en trozos de unos 5 a 10mm, en forma transversal a la hoja. El espesor de las hojas sobre la bandeja alcanzó los 1,5cm. El peso por metro cuadrado de bandeja fue de aproximadamente 3kg. En la Figura 2 se presenta la bandeja con la malla de acero inoxidable, dentro de la misma se encuentra el marco con la muestra para registrar la pérdida de peso del producto en base seca, también se incluye una vista de la planta antes de la cosecha, vista derecha superior.



Figura 2. Bandeja con el producto ya picado y distribuido sobre la malla.

Descripción de ensayos realizados

Los primeros dos ensayos fueron realizados con el objeto de obtener los puntos característicos a analizar (temperatura final del colector solar, la distribución de temperatura en una superficie horizontal sobre la primer bandeja y a lo alto de la cámara de secado) para definir y verificar los puntos más relevantes para la adquisición de datos y así ubicar los instrumentos, es por ello que no se introdujo producto en la cámara de secado, cabe aclarar que estos ensayos no fueron tomados en cuenta para el análisis de datos.

La primera serie de ensayos, se realizaron sin la incorporación de biomasa, mientras que para el segundo grupo de ensayos sí. En otra serie de ensayos se evaluó la carga de la cámara de secado con producto con y sin la incorporación de biomasa, para obtener los promedios presentados se realizaron 3 (tres) ensayos para cada condición descriptas a continuación.

Ensayos sin producto:

Se analizó la eficiencia del colector solar, midiendo la temperatura de entrada y salida del colector, la radiación recibida y el flujo de aire. En la cámara de secado no se introduce producto, como también no se introdujo calor por la quema de biomasa. Se ubicó termómetros en diferentes puntos a lo alto de la cámara de secado para ver cuánto varía la temperatura. El tiempo de ensayo promedio es de 6hs, para poder analizar y comparar con los demás ensayos.

Ensayos con producto:

Se analizó el comportamiento de la cámara de secado introduciendo producto en las bandejas, cubriendo una superficie horizontal a un metro de altura. Se midió Temperatura de entrada y salida del colector solar, radiación recibida, temperatura a lo alto de la cámara de secado, flujo de aire, temperatura a 1m de altura sobre la primera bandeja, humedad relativa y humedad en base seca.

Ensayos con producto e incorporación de biomasa:

Se analizó el comportamiento de la cámara de secado introduciendo producto en las bandejas, cubriendo una superficie horizontal a un metro de altura. Se introduce calor por quema de biomasa. Se midió Temperatura de entrada y salida del colector solar, radiación recibida, temperatura a lo alto de la cámara de secado, flujo de aire, temperatura a 1m de altura sobre la primera bandeja, humedad relativa y humedad en base seca.

La eficiencia del colector solar “ η_c ” es un término que involucra el calor útil “ Q_u ” (kJ/hrs), el área del colector “ A_c ” (m^2) y la radiación incidente “ I ” (kJ/m^2hrs). Corvalan et al. (1996)

$$\eta_c = \frac{Q_u}{A_c \cdot I}$$

Resultados y Discusión

En la Tabla N°1, se presentan los principales datos característicos del deshidratador construido, un resumen de los promedios de los ensayos realizados. Se incorpora en dicha tabla incrementos y caídas de temperatura, valores máximos de temperatura, flujos de aire, calores aportados, rendimientos y tiempo de secado, entre los principales.

Datos característicos	Ensayos Sin Producto	Ensayos con Producto	Ensayos con Producto y con aporte de Calor por Biomasa
Área colector	5mx1m		
Base cámara secado	0,7mx0,7m		
Pendiente del colector solar	14,5°		
Materiales construcción cámara secado	Madera		
Rendimiento promedio máximo del colector solar	45,0%	39,6%	43,8%
Rendimiento promedio del colector solar	37,0%	36%	35,5%
Temp. Max. Promedio Colector (°C)	89	88,6	95
Temp. Max. En la primer bandeja, centro bandeja	72	69	75,5
Incremento de temperatura en colector (°C)	60,8	56	62,8
Caída temp máxima entre 1° y 4° bandeja (°C)	0,3	34	35,3
Caída temp entrada aire colector - ultima bandeja (°C)	14,5	54,6	58,1
Temperatura Max. Difusor horno biomasa (°C)	No	No	84
Flujo de aire (kg/seg m ² colector) (calculado)	0,00605	0,006	0,064
Flujo de aire Biomasa (kg/seg) (calculado)	No	No	0,01
Flujo de aire sobre bandejas (kg/seg m ² bandeja) (calculado)	0,0617	0,0612	0,087
Tiempo de secado promedio (hs)	No	5,5	5

Tabla 1. Resumen de los ensayos y características del Deshidratador con y sin producto y aporte de calor por quema de biomasa

Análisis de resultados

El rendimiento del colector solar para los ensayos sin producto, alcanzo en promedio el 37%, y como máximo 45%, para el deshidratador. En el segundo grupo de ensayos, al incorporar productos estos se vieron disminuidos ya que el flujo de aire también se vio disminuido llegando al 36% en promedio y máximo al 39,6%. En promedio diario la eficiencia es aproximadamente un 25 -30%, con máximos similares, Mujumdar (2007).

La máxima temperatura promedio ubicada en el centro de la cámara de secado en la primera bandeja alcanzada durante los ensayos, con la incorporación de biomasa fue de 75,5°C, superando lo recomendado para la cebolla verdeo en 70°C, García (2008). Los otros ensayos estuvieron en promedio muy próximo a lo recomendado.

Las caídas de temperatura entre bandejas en ensayos sin producto y sin la incorporación de biomasa, a lo alto de la cámara de secado entre las bandejas inferior y superior, fueron como máximo de 0,3°C, indicando que no se presentó pérdidas de calor apreciable en su estructura. Los otros valores que se indican, representan el valor máximo cuando el producto está recién incorporado a la cámara, al pasar el tiempo y cuando el producto va perdiendo su humedad, esta temperatura disminuye considerablemente hasta mantenerse

constante, coincidiendo el periodo donde el producto está seco. Este análisis también coincide con la Caída de temperatura entre la entrada de aire del colector a la cámara de secado y la ultima bandeja, esta se distribuye a lo ancho de la cámara y se uniformiza horizontalmente hasta llegar a la primer bandeja ubicada a 1m de altura, esa caída permite llegar a los 70°C sobre el producto.

El tiempo de secado para el deshidratador, fue de 5,5horas considerando el secado solar únicamente y de 5horas cuando se incorporo calor por biomasa, no presentaron grandes diferencias, valores aceptables para una jornada de trabajo.

Se ve un incremento del 30% del flujo de aire por m² de bandeja en el ensayo que incorpora calor por biomasa.

Conclusiones

Los rendimientos del colector solar fueron altos, están por encima de los promedios y son constantes en sus diferentes evaluaciones, en forma similar se puede decir de los valores promedios máximos.

La temperatura de trabajo durante los diferentes ensayos, siempre estuvo en valores próximos a los recomendados para el producto seleccionado.

Las pérdidas de calor a lo alto de la cámara de secado son mínimas, estas visualizadas a través de variación de temperatura, decimas del grado centígrado, indicando que no posee pérdidas, logrando un sellado aceptable con los materiales que fue construido la misma.

El tiempo de secado es apropiado para una jornada de trabajo.

La incorporación de calor por biomasa no incremento la temperatura en forma considerable, además no se puede exceder de valores recomendados según tipo de producto, si ayudo con el flujo de aire, que en combinación con otros parámetros define el tiempo de secado.

Referencias

Censo Nacional Agropecuario. CNA 2002. Cuadro 12 - Hortalizas. Disponible URL: http://www.indec.gov.ar/agropecuario/cna_defini.asp. Acceso Noviembre 2011.

Corvalan R. Horn M. Román R. Saravia L. *Ingeniería del Secado Solar* CYTED-D (1996) Red RISSPA. CYTED. 366 pag.

EGES. Equipo de Gestión Económica y Social 2009. Provincia de Misiones. Informe de situación. Disponible URL: www.eges.com.ar. Acceso Noviembre 2011.

García S. V. *Influencia de la Temperatura de secado sobre la calidad de la cebollita verdeo (AlliumFistulosum)* 2008. UNaM Maestría en tecnología de alimentos.

R. Espinoza y L. Saravia. *Secado Solar de Productos Agroalimentarios en Iberoamérica*. 2010. Centro de Energías Renovables Universidad Nacional de Ingeniería Lima – Perú. INENCO Universidad Nacional de Salta – CONICET Salta – Argentina. 189 pag.

Ramírez H. P., *La Cebolla de Rama (Alliumfistulosum) y su Cultivo*. Colombia 2004. 40 p. Disponible URL:

[http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/acebolladerama
Alliumfistulosumysucultivo.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/acebolladerama>Alliumfistulosumysucultivo.pdf) Acceso Junio 2012. Acceso Febrero 2012.

Mujumdar A. S. (2007). *Handbook of Industrial Drying*. Capítulo 13 Solar Drying. LászlóImre. 54 pág. Disponible URL:http://www.media.rmutt.ac.th/media/e-Book/Engineer/Process/Handbook%20of%20Industrial%20Drying/DK4102_C013.pdf. Acceso Enero 2013.