



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

CARACTERIZACIÓN DE TRES DESHIDRATADORES SOLARES-HIBRIDOS EN MISIONES, DETERMINACION DE RENDIMIENTOS¹

Kerkhoff Alejandro Javier², Senn Jorge³, Condori Miguel Angel⁴, Mantulak Mario Jose⁵.

¹ Proyecto de Investigación de Tesis de Maestría

² Alumno de la Maestría en Energías Renovables, UNSa Universidad Nacional de Salta. Docente en la Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones. kerkhoffjavier@gmail.com

³ Universidad Nacional de Misiones Facultad de Artes. jorgesenn1@gmail.com

⁴ Universidad Nacional de Salta. UNSa. INENCO. miguel.angel.condori@gmail.com

⁵ Universidad Nacional de Misiones Facultad de Ingeniería. mmantulak@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta los ensayos de tres prototipos de deshidratadores construidos por el INTA-UNaM, en las chacras de los productores de Oberá provincia de Misiones. Poseen colectores solares de aire, cámara de secado y, dos de ellos disponen de hornos quemadores de leña. El objetivo del proyecto es describir los materiales más óptimos para utilizar en la zona, y determinar el rendimiento de colectores solares, para que ulteriormente se mejore el diseño de los prototipos. Como resultados se obtuvieron rendimientos máximos de los colectores solares para el secadero Tipo (III) del 25,4%, con un flujo de aire promedio de 0,042kg/seg. El mayor flujo presentó el secadero Tipo (I) (0,1kg/seg) que posee un extractor eólico. En los secaderos Tipo (I y III), la ganancia de calor en cámaras de secado se pierde por infiltraciones debido al uso de placas de finger-joint, estos se agrietan al estar expuestos a la intemperie. El secadero Tipo (II) presenta mejor resultado usando mampostería.

Palabras Claves: deshidratadores; eficiencia; materiales, diseño.

Introducción

El secado de productos, es una necesidad de 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; el productor lo conserva para consumo propio en épocas en la cual no se dispone fresco y su excedente puede ser comercializado. Corvalan et al. (1996); Espinoza; Saravia, (2010).

La situación en la provincia de Misiones es tal, que en setiembre 2010, se aprobó la Ley 26331, que establece: la conservación y la promoción del manejo sostenible de los mismos. Esta realidad ha generado un problema, el abastecimiento de leña a diferentes consumidores se ha visto fuertemente afectado. Por otra parte, la disponibilidad de bosques implantados con fines energéticos actualmente no es suficiente para abastecer el consumo y suministrar energía térmica para el secado de los productos.





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

De esta manera el planteo del uso de energías alternativas como la solar, podría resultar atractivo y resolver las problemáticas mencionadas, siempre y cuando se la combine con el uso de biomasa, debido a las condiciones climáticas de la provincia.

Misiones presenta un clima subtropical sin estación seca, con temperaturas medias anuales de 20°C, amplitud térmica de 10°C, humedad promedio anual de 75% debido a los regímenes de lluvias frecuentes, con promedios anuales que se encuentran entre 1900 y 2300mm, con 87 días de precipitación por año (SMN), radiación solar global diaria, comprendida entre los 6 y 2,5kwh/m² para el verano y el invierno respectivamente Grossi; Righini (2006).

En Misiones actualmente existe una elevada demanda de productos naturales, entre ellos los alimentos regionales, las frutas, las plantas medicinales, aromáticas, entre otros ya que se pretende el autoabastecimiento, la diversificación productiva, agregado de valor en origen y soberanía alimentaria. Hay gran apoyo de instituciones a los pequeños productores, se organizan ferias francas donde pueden vender lo que producen, y esta alternativa presentada otorga una entrada económica adicional a la canasta del productor. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), están trabajando con grupos de productores en la ciudad de Oberá, con tres prototipos de secaderos solares indirectos e híbridos Solar–Biomasa, en proyectos desarrollados en el marco del PROINDER (Proyecto de Desarrollo de Pequeños Productores Agropecuarios)

Los objetivos del trabajo son: determinar la eficiencia de los tres colectores solares y los parámetros característicos de funcionamiento, como así también analizar los materiales que utilizaron para la construcción de los deshidratadores. Con ello evaluar a los prototipos para encontrar su mejor prestación en relación al diseño.

Materiales y Métodos

Para realizar todos los ensayos, se utilizó a la cebollita de verdeo fresca, nombre científico *Allium Fistulosum*. Este producto lo disponen todos los productores, 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 (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 alcanzo los 1,5cm; con un peso por metro cuadrado de bandeja de aproximadamente 3kg.

A fin de realizar los ensayos y evaluar detalladamente los parámetros característicos de cada prototipo, que posteriormente brindaran las características propias de cada uno de los secaderos, será necesaria una metodología clara para la toma de datos en forma sistemática. En primera instancia se evalúa los secaderos sin introducir productos, ver su funcionamiento, distribución de flujo y evaluar rendimientos de los colectores solares, sin aporte de biomasa. La otra etapa contempla introducir producto y calor por biomasa para los que la disponen.

Los instrumentos utilizados para determinar la Temperatura en diferentes puntos son ocho sensores TLD10, un manómetro digital Testo 512, con tubo de Pitot para la velocidad. La determinación de la



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

temperatura y la humedad ambiente, se utilizó un termohigrometro Hepta HDT 10321S. La radiación solar global se midió sobre el plano de cada colector solar y sobre un plano horizontal, con un radiómetro fotovoltaico del Centro Nacional de Energía Atómica (CNEA), conectado a un multímetro “BAW UT60E”; que mide el voltaje proveniente del sensor y almacena la señal cada quince minutos. Se utilizó una balanza con precisión de 0,1grs y una capacidad de 2kg. Al inicio del secado se registran los datos cada quince minutos, con el fin de obtener el peso de la muestra y la pérdida de masa de agua. Pasada la hora de ensayo, se registra el peso del producto cada treinta minutos.

Descripción de los Prototipos

Los secaderos analizados se los puede definir en una primera clasificación como indirectos, sin exposición directa al sol. El mecanismo de secado es de convección natural. Cada deshidratador dispone de: colectores solares, toberas, cámara de secado, bandejas, y dos de ellas horno de biomasa e intercambiadores de calor.

Partes de los secaderos y materiales utilizados:

Colector: Los colectores están contruidos con madera y chapas de zinc. Las dimensiones correspondientes varían para cada diseño. La parte inferior y los laterales están contruidos de placas ensambladas de pino tipo finger-joint. La parte superior del colector se cubrió con chapas de zinc, cerrando los laterales con un pequeño plegado y sujeto con clavos. La superficie exterior de la chapa está cubierta con pintura negro mate.

Tobera: Las Toberas estás contruidas de chapa galvanizada. Las dimensiones del mismo son similares para todos, salida del colector 0,1m por 0,69m y la entrada a la cámara de secado 0,10m por 0,50m de altura y ancho respectivamente. La longitud total es de 0,6m, distancia que separa el colector de la cámara de secado.

Bandejas: Las bandejas están contruidas con un marco de madera (pino). En el interior del marco se insertó otro marco de acero, perfil “L”, el mismo soporta la base de malla cima de 2x2cm de acero. Por encima de la malla cima se coloca otra malla de acero inoxidable suelta que cubre toda la superficie, donde so colocan los productos.

Horno de biomasa: Los hornos están contruidos de ladrillos prensados, y una mezcla de arcilla y tierra de la zona. El frente consta de una puerta para introducir la biomasa. En la parte exterior-superior se colocó una chapa para cubrir al horno e impedir que la lluvia erosione y arrastre material del horno. Posee una toma de aire para el intercambiador de calor ubicado en el interior del horno, y una salida para el aire caliente que se dirige a la cámara de secado a través de un difusor.

Intercambiador de calor: El intercambiador de calor está inserto en el horno de biomasa, contruido con caños de acero. Es un intercambiador compacto de flujo cruzado mezclado de posición horizontal. Ambos extremos están recubiertos con chapa galvanizada, uno de entrada de aire ambiente cubierto con malla tipo mosquitero para evitar entrada de insectos o roedores. Posee un conducto de chapa galvanizada que comunica el horno y un difusor ubicado dentro de la cámara de secado, posee además una válvula tipo mariposa para regular el caudal.

En la provincia estos tres prototipos de secaderos los cuales nosotros los denominarlos para este artículo de Tipo (I, II y III), para facilitar su interpretación, ya que estos están contruidos y ubicados



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

en las chacras de los productores en la colonia de San Martin, Colonia Mandarin y Sección Cuarta respectivamente dentro del departamento de Oberá. Seguidamente se describirán las demás características que diferencian a cada uno de ellos.

- Secadero Tipo (I): Este secadero utiliza un sistema dos fuentes de energía para el secado de productos, está conformado por un sistema híbrido, solar–biomasa. El flujo desarrollado es natural, no hay accionamiento de ventiladores, posee un extractor eólico en el techo de la cámara de secado. El secadero se conforma de las siguientes partes: Colector (2m x 4m), Tobera, Horno de biomasa e Intercambiador de calor con difusor, Cámara de secado con 8 bandejas de 1m² (1m x 1m). La cámara de secado está construida de madera, placas ensambladas del tipo finger-joint (2m x 1m x 2,4m), pintada en el exterior, y techo de zinc con caídas a ambos laterales (dos aguas).

- Secadero Tipo (II): Este secadero es un sistema similar que el descripto anteriormente. Las partes que componen a este secadero híbrido son similares a el secadero Tipo (I), difiere el área de colector 2m x 8m, no posee extractor eólico. La cámara de secado está construida de mampostería con ladrillos huecos, con techo de zinc, cuyas dimensiones son igual a descripto anteriormente. El interior esta revocado y pintado con pintura sintética de color blanco. Consta de dos puertas echas de madera, placas finger-joint. La salida del aire esta sobre la pared Este, a través de un orificio de 0,2m de diámetro a una altura de 2m al centro de dicho agujero. Sobre este se coloca un tubo cilíndrico hacia afuera de 0,3m de longitud, al medio de dicho cilindro está inserto una válvula tipo mariposa para restringir la salida de aire.

- Secadero Tipo (III): Este secadero utiliza como única fuente de energía para el secado al sol. El flujo desarrollado es natural. El secadero consta de las siguientes partes: Colector (1m x 5m), Tobera, Cámara de secado y 4 bandejas de 0,36m² (0,6m x 0,6m). La cámara de secado está construida de madera, placas tipo finger-joint (0,6m x 0,6m x 2,2m), con techo de chapas de zinc. La salida del aire es similar al descripto para el secadero Tipo (II).

Resultados

La primera serie de ensayos realizados a los secaderos se evaluó el funcionamiento general, la distribución de temperaturas a lo alto de la cámara de secado, el incremento de temperatura en el colector solar y su rendimiento; sin aporte de biomasa, y sin introducir productos en la cámara de secado.

Los colectores solares presentan, en la primera serie de ensayo, valores de incrementos de temperatura y rendimientos bajos, en cada caso. Para el ensayo del secadero Tipo (I) realizado el día 26/8/11, el salto térmico máximo es de 11°C entre la temperatura ambiente y la salida del colector, con un $\eta_m = 16,2\%$ ($\eta_m =$ rendimiento máximo instantáneo), para el secadero Tipo (II), el salto térmico fue de 18,1°C y un $\eta_m = 14,1\%$ para el día 5/10/11, y para el secadero Tipo (III), el salto térmico de 12,3°C para el día 16/9/11, con un $\eta_m = 19,5\%$. De manera similar se obtuvieron las variaciones de temperatura a lo alto de la cámara de secado en cuatro puntos diferentes donde se deberían colocan los productos, desde la primer bandeja, hasta la última bandeja, con diferencias que oscilan entre los 3 puntos como máximo para el secadero Tipo (I); 3,5 para el Tipo (II) y 1,1 para el Tipo (III).



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

Para la segunda serie de ensayos se introduce producto a una distancia de 1m desde la base de cada cámara de secado, cubriendo toda la superficie horizontal, y se introduce calor por biomasa en los secaderos Tipo (I y II). Los colectores solares analizados en forma independiente presentan rendimientos que alcanzaron para el secador Tipo (I) un $\eta_m = 17,3\%$ (13/9/11), para el Tipo (II) un $\eta_m = 19,5\%$ (23/2/12), y para (III) un $\eta_m = 25,9\%$ (17/11/11).

En este ensayo se introduce calor por biomasa a través del horno para los secaderos Tipo (I y II). El inicio de la incorporación de calor por biomasa se realizó antes de colocar el producto, posteriormente cada 3hs de agregaba más leña y se avivaba el fuego. Dentro de la cámara de secado entre la primera bandeja (única con producto) y la última bandeja las caídas de temperatura se acentuaron más. Para el secador Tipo (I) alcanzo 33°C (13/9/11), para el Tipo (II) un $16,3^\circ\text{C}$ (23/2/12), y para el Tipo (III) un $15,3^\circ\text{C}$ (17/11/11). Cabe remarcar que con el aporte de calor por biomasa, la temperatura interna dentro de la cámara de secado no supero en ningún momento los 70°C .

En referencia al mayor flujo de aire, el secadero Tipo (I) es el que mejor comportamiento presenta, cabe remarcar que posee un extractor eólico en la cámara de secado, alcanzando los $0,1\text{kg/seg}$. Para el secadero Tipo (II) bajo las mismas condiciones de la segunda tanda de ensayos, alcanzo los $0,056\text{kg/seg}$, mientras que para el secadero Tipo (III), solo $0,042\text{kg/seg}$.

La relación entre calor aportado por energía solar y biomasa en la segunda tanda de ensayos, presenta un 48% para el secador Tipo (I), mientras que para el secador Tipo (II) el 43% , y 100% para el secador Tipo (III). Sin embargo en esta jornada de secado se introdujo calor por biomasa en los secaderos Tipo (I y II), y los tiempos de secado fueron los mejores para el secadero Tipo (III), en 8hs alcanzo a obtener producto seco estabilizando su peso en las pesadas; mientras que para el secadero Tipo (II) tardo $10,3\text{hs}$, y el último lugar lo tenemos al secador Tipo (I), tardando 12hs . Analizando la capacidad de carga de producto de la cámara de secado en relación al área de captación de los colectores solares (kg de producto por superficie de bandeja/superficie de captación solar) se puede ver por qué los tiempos obtenidos para el secado de producto, donde para el secadero Tipo (I) la relación es de 5, para el Tipo (II) es 2,5, y para el secadero (III) es de 1,44.

Conclusiones

El rendimiento máximo conseguido para los colectores solares es para el secadero que presenta la menor relación ancho-largo, es para el secadero Tipo (III), alcanzando el $25,4\%$, con un flujo de aire de $0,042\text{kg/seg}$.

La mejor relación entre capacidad de carga de producto en cámara de secado y área de captación solar es para el secador Tipo (III), con 1,44 puntos, 2,5 para el Tipo (II) y 5 para (I).

El secadero Tipo (I) posee el mayor flujo de aire, alcanzando los $0,1\text{kg/seg}$ con la utilización de un extractor eólico en la cámara de secado.

El mejor tiempo para el secado de producto, es para el secadero Tipo (III), en 8hs obtuvo producto seco, mientras que los otros secaderos, Tipo (I y II), que tienen aporte de calor por biomasa, superaron las 10hs para el secado. Estos secaderos no poseen un buen aporte de calor por biomasa, no alcanzan el 50% de la energía total, por ello se debe analizar el diseño del horno y su intercambiador de calor.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

Las placas de madera tipo finger-joint que se utilizan para las cámaras de secado de los secaderos Tipo (I y III), pintadas en el exterior, al estar a la intemperie se resecan y rajan. Las rajaduras presentadas en el secadero Tipo (I) presentan considerables pérdidas de calor desde la primer a la última bandeja, llegando a 33°C, con el aporte de calor por biomasa.

Referencias Bibliográficas

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

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

Grossi Gallegos H. Righini R. (2006) Atlas de Energía Solar de la Rep. Argentina.

Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos. Ley 26331. <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm> Acceso Julio 2012.

Ramirez H. P., La Cebolla de Rama (*Allium fistulosum*) y su Cultivo. Colombia 2004. 40 p. Disponible URL: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/LacebolladeramaAlliumfistulosumysucultivo.pdf> Acceso Junio 2012.

SMN (Sistema Meteorológico Nacional). Disponible URL: www.smn.gov.ar. Acceso Julio 2012.