

CONCEPCIÓN Y PRUEBAS DE UN SECADOR SOLAR DE PLANTAS MEDICINALES CON CUBIERTA DE POLIETILENO. UNA EXPERIENCIA CUBANA

Ciro Cesar Bergues Ricardo*, Pedro Griñán Villafañe**, Jorge Luis Abdala R.**,
Susana Fonseca**, Alonso Torres Ten**

*Centro de Eficiencia Energética, Universidad de Oriente, **Centro de Investigaciones de Energía Solar, CITMA

En el presente trabajo se presenta la concepción, construcción, y pruebas de factibilidad de un secador solar de cubierta de polietileno introducido en una unidad básica económica del MINAGRI. Las ventajas económicas de este secador están dadas por su costo bajo (unos 8-15 USD/m²) y sus pequeños plazos de recuperación, así como por utilizar materiales autóctonos, como madera rolliza, y polietileno "Durasol" lo que lo convierte en una solución extensible para nuestra agricultura. Se presenta el resultado de pruebas de secado de plantas de ciclo largo (Jengibre; cúrcuma; caña santa; orégano; corteza de mangle, etcétera). En general, hay ahorros sustanciales del tiempo de secado, del orden del 50 % para cargas similares de producto con respecto al método convencional de secado en naves a la sombra. Esto, unido al incremento observado de la calidad del producto lo convierten en una opción para el secado de plantas medicinales en los campos de Cuba. Adicionalmente, algunas de sus consecuencias e impactos son analizados.

Palabras clave: secador solar

In this paper we present the design, construction, and testing the feasibility of a solar dryer polyethylene cover introduced a Basic Economic MINAGRI. The economic advantages of this dryer are given by its low cost (about 8-15 USD/m²) and small payback periods, and by using local materials such as wood logs, and polyethylene "Durasol" making it a extensible solution for our agriculture. Presents the results of drying tests long-cycle plants (ginger, turmeric, lemongrass, oregano, mangrove bark, etcétera). In general, substantial savings are drying time, the order of 50% for similar loads of product over the conventional method of drying in warehouses in the shade. This coupled with the observed increase in product quality make it an option for drying herbs in the fields of Cuba. Additionally, some of its consequences and impacts are analyzed.

Key words: solar dryer

Introducción

La tendencia presente del desarrollo del secado solar en América Latina es hacia el uso de los polietilenos como materiales de cubierta. La bibliografía analizada /2 - 5, 14 - 15/ muestra que en la mayoría de los países de la región existen secadores de cubierta de polietileno dedicados al secado de productos agropecuarios, entre los cuales se encuentran plantas medicinales como el orégano. Estos secadores poseen cubiertas de polietileno térmico de larga duración. Este material tiene características de transmisividad espectral semejantes a la del vidrio y una vida útil de unos 3 años, no sufriendo en este período prácticamente degradación óptica. Su resistencia mecánica y ligereza además de su bajo costo (de unos 0,60 USD/m²), determinan su aceptación,

al ser mucho más barato que el vidrio, material al que usualmente sustituye y que cuesta unos 15 USD/m².

Las estructuras de soporte utilizadas, mayormente metálicas, en forma prismática o de bóveda, son adecuadas para sostener la cubierta con el grado de tensión necesario. Las estructuras pueden ser con circulación por convección natural ó forzada, incluyéndose en general en el último caso ventiladores axiales ó centrífugos de baja potencia. Como absorbedores funcionan las superficies del material a secar y materiales de construcción que sirven de base, y sólo en muy pocos casos superficies metálicas. Los rendimientos obtenidos en ambos casos no son muy altos, pero las ventajas funcionales de esta tecnología han determinado su utilización incluso en condiciones de montaña y latitudes medias. Los costos totales del secador son muy bajos. Una cifra de referencia adecuada es 20 USD/m².

Las características de eficiencia térmica elevada y bajo costo que pueden lograrse con estos secadores, así como sus ventajas de fácil montaje y desmontaje y mantenimiento sencillo, son adecuadas para la ampliación de su superficie para aplicaciones futuras semindustriales e industriales de mayor tamaño. Estas características deben ser tomadas en cuenta en la elaboración de cualquier estrategia de extensión y generalización de secadores solares en Cuba /4, 15/

En el contexto nacional, la aplicación de secadores solares con cubiertas de polietileno para plantas medicinales no ha sido reportada hasta el presente, por lo que nos dimos a la tarea de explorar nuestras potencialidades en este sentido. Aprovechando la donación de 300 U.S.D. proveniente del grupo "Biovida" se decidió construir un prototipo de secador solar de cubierta de polietileno para plantas medicinales en la Unidad Básica Económica (U.B.E.) "La República" perteneciente al MINAGRI en Santiago de Cuba, a fin de disminuir el tiempo de secado de las plantas que allí se secan manteniendo un nivel de calidad adecuado del producto seco. El trabajo de construcción y evaluación del secador solar se desarrolló como parte de un convenio con el MINAGRI realizado con donativo de ONG. La importancia social y múltiples aplicaciones médicas de estas plantas medicinales, tales como orégano, jengibre, cúrcuma y caña santa justificaban la necesidad de este trabajo.

En esa ocasión en nuestro mercado interno no se encontró siempre el clásico polietileno de larga duración térmica (LDT) apropiado para esta aplicación, y fue necesario explorar otras posibles opciones. Entre ellas una de las más interesantes era la posibilidad de utilizar una cubierta de polietileno tipo "Durasol", que comercializa en el país la empresa Carisombra. Este material, de 125 micras de espesor, cuesta sólo 0.6 USD/m² y es utilizado para cubrir las grandes naves de cultivo tapado que tienen como fin el cultivo de hortalizas de alta calidad limitando la radiación incidente sobre las mismas. Fueron necesarias por tanto, pruebas preliminares para determinar la capacidad del material para realizar el efecto invernadero. El resultado de estas pruebas abre un conjunto de posibilidades tecnológicas intere-

santes, pues son conocidas la gran resistencia mecánica y la larga vida útil de este material (unos 3 años) y existe el dominio a nivel nacional de la tecnología de la casa tapada, que con algunas modificaciones funcionales, adaptaciones e innovaciones puede transformarse en una opción tecnológica nueva: la construcción de secadores tipo nave, de muy bajo costo y extensión considerable, apropiados para las condiciones de nuestros campos.

Concepción y construcción del primer prototipo de secador solar "Agrosol"

Para que el secador tuviera mayores posibilidades de extensión, los materiales principales, excepto la cubierta, debían encontrarse habitualmente en empresas agrícolas de nuestro país, y ser relativamente baratos y fáciles de obtener. Tal fue la premisa conceptual de nuestro equipo. El único material estructural que cumple esta condición es la madera rolliza descortezada. La estructura de madera rolliza debe descansar sobre la plataforma de secado construida con cemento y grava.

El prototipo tiene una superficie de 20 m². La estructura prismática de madera rolliza verde tenía 6,5 m de largo x 3 m de ancho, situada con el eje mayor orientado este oeste y el techo inclinado hacia el sur. La altura de la pared menor (pared sur) era 2 m y la de pared norte 2,16 m.

La cubierta de polietileno "Durasol", de 125 micras de espesor, está fijada con tablas de madera de 0,03 m de ancho en un muro de 0,30 m de altura promedio que es la base de las paredes del secador. Este muro es de ladrillo y bloques y posee cuatro agujeros de entrada para aire en la pared sur de 0,015 m² aproximadamente cada uno. Uno de estos últimos está habilitado como desagüe.

En la parte superior la cubierta fue clavada en algunos sitios y en otros fijada con tablas de madera. La cubierta tiene dos agujeros para salida del aire en la pared norte de 0,06 m² cada uno (0,20 x 0,30) m² de área situados a una altura de 2,10 m.

A lo largo de las paredes norte y sur existen 8 mallas de tela plástica porosa (sarán), cuatro en cada pared, situadas una sobre las otras. La

superficie de cada malla es de 3 m² y sus dimensiones son de 3 m x 1 m. La superficie total de las mallas es de 24 m². Las mallas van sujetas a alambres de cobre y acero mediante presillas de goma. Los alambres están insertados en la estructura de soporte de los tendales que comprende 6 palos de madera rolliza de 2 m de altura en cada pared, de los cuales 3 pertenecen a la pared. La separación vertical entre mallas es de 0,4 m.

El piso está constituido por una plataforma de secado que ya existía en el lugar. Los 10 pilotes verticales de madera que sirven de soporte a la pared están unidos cada uno al piso por una cabilla que está clavada en una perforación al extremo del pilote. La cabilla está clavada a su vez en la plataforma en una perforación del mismo diámetro. Este tipo de unión impide que la madera se pudra en su extremo, como ocurriría si se encontrara empotrada en el piso.

La madera de las paredes y el techo se encuentra pintada con pintura oscura antihongos. El objeto de esta pintura es aumentar la vida útil de la estructura. Algunos palos se dejaron sin pintar para observar si en estos niveles de temperatura, desfavorables para el comején, el mismo atacaba o no. Este hecho tiene gran importancia para la vida útil de la estructura, que en caso negativo puede prolongarse mucho, aún sin pintura. La puerta se encuentra en la pared este y permite el paso de un hombre con un saco de plantas.

El proyecto tecnológico del secador fue implementado sobre Autocad 14. Este permitirá la construcción del secador por los usuarios interesados en el mismo. El proyecto contiene la vista general, así como las partes componentes del secador y los detalles tecnológicos del ensamblaje del mismo. La memoria descriptiva contiene la secuencia de las operaciones tecnológicas necesarias para construir un secador de 20 m² de superficie.

Resultados de las pruebas con carga

Las pruebas con carga del prototipo de secador solar se realizaron en la UBE de plantas medicinales “La República”, de Santiago de Cuba. Estas pruebas estuvieron determinadas por la dinámica de trabajo de la UBE, secándose los

productos que tradicionalmente se secan en la misma, a regímenes de carga semejantes.

Resultados generales de la dinámica productiva

A continuación se da la tabla 1a y 1b donde se presentan algunos resultados obtenidos en la dinámica productiva de la UBE “La República”, de Santiago de Cuba, utilizando el secador “Agrosol”. En general, estos productos poseen una alta humedad inicial, que en algunos casos, como el del orégano y la cúrcuma, es aumentada por el proceso tecnológico de lavado y molido de estos rizomas. Todos los productos secados son los de ciclo largo, es decir, aquellos que por ser rizomas u hojas carnosas, demoran en la UBE para secarse un tiempo considerable a los niveles de carga utilizados. Este tiempo puede ser normalmente para el secado a la sombra en naves de unas 2 a 3 semanas para las plantas principales como el jengibre, la caña santa, la cúrcuma, el orégano, etcétera.

Todos estos son productos que poseen una alta importancia social pues contienen aceites esenciales y otros compuestos que son utilizados para la producción de diferentes medicamentos. Estos tienen principios activos de variado espectro: antiinflamatorios, antiartríticos; diuréticos y algunos, como los contenidos en el orégano, sirven para tratar problemas respiratorios. Son productos de alta demanda en nuestro mercado interno dada las condiciones de bloqueo a que estamos sometidos y algunos de ellos poseen potencial para el mercado internacional.

Los niveles de carga se corresponden aproximadamente con los utilizados por el usuario en el método tradicional de secado en tendales a la sombra en grandes naves de 3 m de puntal y varios cientos de m² de superficie. La ganancia de tiempo de secado en el secado solar en general con respecto al secado tradicional es de un 50 % y a veces más, y la calidad observada en el producto es buena. Todo ello hace a esta opción interesante para este tipo de usuario, que no posee grandes recursos para financiar una tecnología solar más compleja y desea aumentar su capacidad de secado.

Tabla 1 a
Intervalos de humedad, rendimientos térmicos y caracterización cualitativa del producto

Producto	Humedad inicial %	Humedad final %	Rendimiento Térmico Medio %	Calidad
Cúrcuma	85 %	6-10	1,65	B
Caña Santa	70- 80	6-10	3,9	B
Jengibre	70- 85	6-10	1,36	B
Corteza de Mangle	50-60	6-10	3,78	B
Orégano	85	6-10	2,37	B

Tabla 1b
Tecnología, cargas y tiempos de secado

Producto	Tecnología	Carga inicial (kg)	Carga específica inicial (kg/m ²)	Tiempo (días)	Cantidad final (kg)
Cúrcuma	Molida y lavada	35	1,75	8-9	9
Caña Santa	picada	100	3,35	9-10	20
Jengibre	Molido y lavado	9	3	2	1.5
Corteza de mangle	Picada	120	6	8-9	60
Orégano	Hojas simples	46	2,3	10	3

Las temperaturas observadas en verano subían poco tiempo sobre 40 °C, siendo la máxima absoluta registrada 45 °C en vacío y 42 °C con carga. En general en verano los niveles de temperatura durante gran parte del día solar eran de 35-40 °C para temperaturas ambientes de 30-34 °C. En invierno los valores de temperatura fueron en días claros de unos 40oC de máxima y las temperaturas se mantuvieron en los valores de diseño de 35 - 40 °C. Las humedades relativas del aire interior se mantuvieron durante las experiencias principales como promedio un 10 % menores que las del aire exterior. Este secador posee la capacidad de mantener los niveles de temperatura obtenidos en días parcialmente nublados, lo que los hace particularmente interesantes desde el

punto de vista de su uso en zonas de alta pluviosidad donde se cultivan productos agrícolas estratégicos, entre ellos el café.

Con la utilización de cubiertas de polietileno long date thermal, con mejores características ópticas que el polietileno Durasol, y superficies negras captadoras, se pueden alcanzar eficiencias del orden de un 20 al 30 % con costos semejantes al de este secador, utilizando convección natural lo que también fue verificado por nosotros en diversos secadores solares que incluyen secadores con cubierta de polietileno. /2,4/

Secado de orégano: Se muestra la curva de secado de hojas de orégano sin palo en días de octubre del 2000 con radiación media (entre 16500

y 18500 kJ/m²). La carga fue de 46 kg y el tiempo de secado unos 10 días, sin utilizar remoción. El producto obtenido fue de coloración parda y de alta calidad, a diferencia del producto secado en condiciones tradicionales que es más oscuro.

Este producto, por la peculiar estructura de su hoja carnosa adaptada a un ambiente seco, y lo difíciles de secar que resultan particularmente las hojas más pequeñas, debería no solo deshojarse, sino buscarse opciones tecnológicas en el tratamiento del producto para disminuir el tiempo de secado sin mermar la calidad. Resulta sencillo además remover el producto, sacudiendo los tendales, particularmente cuando la humedad de la hoja es baja en las partes media y terminal del proceso.

Secado de jengibre: El rizoma de jengibre por su alta humedad es un producto difícil de secar, por eso se muele después de ser previamente lavado para eliminar la tierra y materias extrañas del rizoma. Este último proceso hace elevarse aún más la alta humedad del rizoma, que es sin remojar de un 70 %. El jengibre seco en el secador solar presenta más calidad que el secado en condiciones tradicionales y la ganancia de tiempo con respecto a las muestras de control puestas en secado natural al sol fue de un 50 a un 75 %.

Secado de otros productos: Se secaron además caña santa; cáscara de mangle; itamorreal y cúrcuma. La cúrcuma es un rizoma muy parecido al jengibre por su estructura y tratamiento, y la cáscara de mangle estaba picada en pedazos.

Perspectivas e impactos del “Agrosol”

Las perspectivas de utilización del Agrosol están en dependencia de la eficacia de las soluciones tecnológicas tomadas para resolver los diferentes problemas presentados, dadas sus grandes posibilidades de extensión.

En el forrado de naves, hay que preferir las que tienen puntal menor de tres metros. Las caídas del techo deben ser mayores de 200, como es frecuentemente el caso, para propiciar el escurrimiento del agua. Debe velarse por la hermeticidad de las uniones del material con la

madera y no se clavarán presillas, sino listones de recortaría pintados envueltos en el material allí donde sea estrictamente necesario. Estas consideraciones valen también para las réplicas del secador que se quieran hacer en el futuro.

Debe también explorarse la tecnología de construcción de la casa tapada, y tomarse de ella las uniones, enrolladas y/o pegadas de la cubierta con la madera. En este caso nunca se clava la cubierta, lo que es un aspecto positivo de esta tecnología. Se requiere por tanto que el CIES realice un estudio tecnológico de posibles variantes tecnológicas de aplicación de esta solución.

El usuario se ha adaptado a las características del secador y en general su aceptación ha sido buena. En los 6 meses de funcionamiento, ha efectuado espontáneamente tres reparaciones menores de solo minutos de duración cada una y con participación de un solo hombre. El secador se mantendrá en buen estado si se cumplen las especificaciones dadas para la explotación de la tecnología.

Conclusiones

- 1 El secador “Agrosol” es una opción real para el secado de plantas medicinales en nuestros campos a un costo muy bajo (10-15 USD/m²) y utilizando materiales locales. Existe la posibilidad real de extender esta aplicación a unidades de mayor capacidad, utilizando la tecnología aquí descrita y algunos elementos de la tecnología de las casas de cultivo tapado.
- 2 Se ha observado la factibilidad del material polietileno “Durasol”, además del Polietileno *Long date thermal* como materiales de cubierta, lográndose niveles de temperatura adecuados para el secado de plantas medicinales así como sus propiedades de resistencia a las condiciones del tiempo.
- 3 Se han secado en condiciones de verano y otoño orégano; jengibre; caña santa; corteza de mangle; cúrcuma e itamorreal con ahorros de tiempo del orden de un 50 % con respecto al método tradicional a la sombra, y un nivel de calidad adecuado.

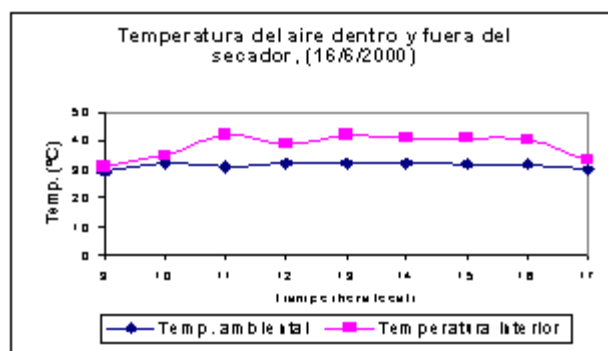


Fig. 1 Temperatura del aire dentro y fuera del secador.

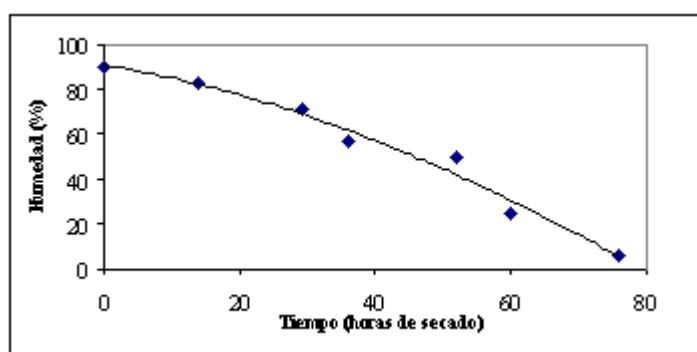


Fig. 2 Curva de secado del orégano.

Bibliografía

- Boizán Jústiz M., "Secado fluidizado de productos alimenticios", Editorial Oriente, 1986
- Bergues C, *et al.*, "Secador Solar doméstico con materiales de la construcción. Revista Tecnología Química", 1993
- Bergues C., *et al.*, "Secador Solar de Verduras" Revista internacional, Solar, Méjico, 1994.
- Bergues Ciro, Martínez A., Griñan P. "Algunos aspectos de los cambios tecnológicos en secadores solares cubanos", Realidades y tendencias. Revista tecnología Química 2008
- Bérriz, L. y otros, "Secador solar multipropósito", 1990.
- Bérriz, L., "Comunicación personal", 1998.
- Brooker D B *et al.*, "Drying and Storage of Grains and Oilseed", Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- Carnero R., *et al.*, "El secado solar de productos agropecuarios: una vía económica y factible". Memorias del Evento Solar'94 Habana, 1994.
- Chutnovski Af., "Características termofísicas de materiales dispersos", Editorial Fizmatgiz . Moscú, 1962.
- Chemical Engineer, vol. 104 No 4 , Abril 1998.
- Corbarán, Sarabia, *et al.*, "La ingeniería del secado solar", 1997
- Duffie J. Beckman W, Solar Engineering of thermal processes, 1997
- Egorov G.A., "Relación entre la humedad y las propiedades térmicas de granos de trigo". (Tesis de candidatura.) MTUUPP, Moscú, 1956.
- Finck Pastrana, "Experiencias de la Universidad Iberoamericana en el secado de productos agropecuarios", Revista SOLAR Núm. 22, México, 1992.
- Torres Ten, Alonso, Fonseca Fonseca Susana. Bergues Ricardo Ciro C., *et al.*, "Conceptos para el uso extendido del secado solar en la conservación de productos agrícolas", Monografías de excelencia 2008, Universidad de Oriente.