

SECADERO SOLAR HIBRIDO DE PEQUEÑA ESCALA

Víctor Passamai y Daniel Correa

INENCO[#], Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta

Resumen

El secado de alimentos se realiza para prolongar la vida de los productos, ahorrar gastos de refrigeración, disminuir costos de transporte y almacenamiento o para producir mezclas alimenticias cuyos ingredientes sean deshidratados (1). A tal fin se presenta la construcción de un secadero de frutas y hortalizas, con capacidad pequeña, funcionamiento continuo y corto tiempo de procesamiento.

El aparato está dirigido al consumidor familiar o al pequeño productor que deseen usar el secado como forma de preservación de alimentos.

Introducción

Existen lugares donde la población presenta signos de insuficiencia en la dieta, no necesariamente por falta de cultivos sino por una inadecuada organización del tratamiento posterior de los productos para su conservación y almacenamiento. En estos casos, el secadero puede desempeñar un papel fundamental, pues, prolongando la vida útil de los alimentos, su distribución puede llegar a una mayor cantidad de individuos (2).

Se han diseñado y probado secaderos pasivos y con sistemas de ventilación para movimiento del aire y equipo auxiliar de calefacción (3, 4, 5). Este modelo híbrido representa un equipo de fácil transporte que puede servir para la difusión de la técnica de secado, mostrando asimismo la efectividad del aporte solar en zonas de alta radiación. Se pone énfasis en que se trata de un equipo de secado que permite acortar el tiempo de proceso.

El tipo de producto que puede ser tratado incluye frutas tales como bananas, manzanas, peras, uvas, ciruelas, duraznos; o bien hortalizas, como ser pimientos, cebollas, papas, ajos, zanahorias, tomates, espárragos.

Criterios de diseño y dimensionamiento empleados

El diseño del equipo se realizó en base al que se efectuó en un trabajo anterior para el secado de tabaco (6) así como el de un secadero pasivo para pimientos (7). En tal sentido se tuvo en cuenta, del primero de los trabajos mencionados, el circuito de aire de recirculación; y del segundo, la posibilidad de realizar un aporte solar. Sabiendo que para el secadero solar pasivo existe convección natural de aire que ingresa fresco por el lado que mira al norte, y es eliminado por el lado sur como aire caliente; la recirculación de este aire por medio de un circuito como el usado para el secadero experimental de tabaco, previo calentamiento por un medio auxiliar y extracción de humedad, fue el criterio de diseño del secadero solar "híbrido".

En cuanto a las dimensiones del diseño referido, se pensó que el equipo debía responder a las características indicadas (fácil transporte), lo que, en base al material que se encontraba en existencia como descarte de otras construcciones (véase más adelante), determinó las dimensiones de la Fig. 2, en milímetros. De igual forma, el material existente como descarte, determinó el diámetro y longitud de cañerías. Finalmente, una vez puesto en funcionamiento, las mediciones que se realizaron permitieron determinaciones tales como la capacidad de procesamiento mensual de producto fresco.

Construcción del secadero

A continuación se describen los pasos sucesivos que es necesario realizar para la construcción de un secadero de

[#] INSTITUTO UNSa.-CONICET

este tipo, diseñado para una capacidad de procesamiento de 200 kilogramos de producto fresco por mes.

Las etapas a cumplir son las indicadas en la Tabla I y se detallan a continuación.

1. Elección del lugar de emplazamiento

El lugar donde se realizará el secado deberá estar libre de sombras provocadas por la presencia de árboles vecinos, viviendas o vehículos.

El terreno deberá permitir el desplazamiento del prototipo construido sobre ruedas.

La dirección Norte-Sur, determinada por las sombras de los objetos verticales al mediodía, servirá para indicar la orientación que deberá darse al equipo una vez que se realicen las experiencias. La Fig. 1 muestra estos detalles.

2. Acopio del material

La lista del material necesario para construir la unidad propuesta, con indicación del costo correspondiente en Salta, se detalla en la Tabla II.

Se ha indicado el precio de un plástico de polietileno de 200 micrones de espesor. Se puede usar PVC, de costura mayor (alrededor del doble) pero de mejor durabilidad. Otro material alternativo es vidrio.

Los costos son indicativos. Pueden reducirse bastante optimizando el diseño y cambiando algunos de los materiales, por ejemplo el de las paredes. Su elección en este caso se debió a que se encontraban en existencia como descartes de otras construcciones.

3. Construcción de la base y las paredes

El soporte de la base y las paredes de la unidad es un perfil ángulo de chapa de hierro n°18, que rodea el perímetro de aquella y sirve de apoyo a los paneles verticales. Estos van atornillados al perfil de hierro, colocado como parante para la sujeción.

El módulo de secado tiene la forma de una caja cuyas dimensiones se indican en la Fig. 2. La cara que debe mirar al Norte tiene una altura de 45 cm mientras que la orientada al Sur mide 75 cm.

Ambas deben tener los orificios de conexión de las tuberías para la circulación del aire.

La inclinación de la cubierta, unos 17° hacia el Norte, es adecuada para una latitud como la de Salta, a fin de lograr una buena irradiación solar.

La Fig. 3 muestra un plano más detallado del dispositivo.

4. Instalación de las bandejas

El producto a secar se coloca sobre dos bandejas horizontales hechas con una malla de plástico que va montada sobre un marco de madera liviana con travesaños convenientemente separados. Este conjunto se apoya sobre guías de perfil ángulo de chapa de hierro, colocadas a lo largo de la caja. La bandeja superior se encuentra a 40 cm de la base y la inferior va separada 10 cm, según se muestra en la Fig. 3.

5. Instalación del circuito de aire

El circuito de circulación de aire consta de una tubería recta, cuatro codos de 90°, un ventilador y el receptáculo o secadero propiamente dicho. La misión del circuito cerrado una vez aislado térmicamente, es la de permitir un rápido calentamiento de aire y ahorrar el aporte de energía auxiliar.

La recirculación del aire previamente calentado es el factor que favorece una rápida puesta en régimen de la temperatura del aire secado. La aislación térmica y el aporte de radiación solar a través de la cubierta transparente, permiten al calefactor auxiliar la realización de un funcionamiento intermitente por medio del control de un termostato cuyo sensor de temperatura se encuentra sobre el producto a secar. La puesta en marcha de la resistencia eléctrica calefactora se realiza principalmente en horas de la noche, debido a la falta de radiación solar que hace descender la temperatura del aire.

La tubería se construyó en caño galvanizado de 16 cm de diámetro, valor éste que puede reducirse aún más. El sentido del movimiento del aire es el indicado en la Fig. 4.

Dado que es conveniente la eventual extracción del agua de condensación se puede colocar un receptáculo con una válvula de desagote para tal efecto, que tendría las funciones de condensador. El lugar elegido para

La instalación puede ser la boca de entrada al ventilador.

La experiencia indica que el condensador es innecesario cuando la estanqueidad del circuito de aire no es buena. Se ha comprobado que la humedad excedente del aire es eliminada a través de los orificios de pérdidas. Esto, por otra parte, se desaconseja desde el punto de vista térmico.

El motor que acciona el ventilador tiene una potencia de 1/8 HP y es similar al usado para los extractores de cocina. El régimen de trabajo del mismo es continuo, por lo que se aconseja la colocación de protectores para evitar su deterioro en caso de bajadas de tensión o fallas mecánicas.

El calefactor, indicado en el esquema de la Fig. 4, consiste en una vela de cuarzo de 45 cm de longitud y 600 W de potencia.

5. Instalación de la cubierta transparente

La parte superior del secadero se cierra con una cubierta transparente. Esta, como en todos los colectores solares, deja entrar la radiación pero impide la salida de radiación infrarroja y la pérdida de calor por convección. Como resultado, se eleva la temperatura en el interior.

La cubierta de plástico se sujeta mediante un marco de madera liviana (pino Eliotti), cuyas dimensiones apenas superan las del perímetro superior del secadero, a fin de lograr un ajuste adecuado y la remoción de la misma con facilidad cuando se coloca o extrae el producto de secado.

La Fig. 5 muestra algunas fotografías del primer modelo del dispositivo construido.

Mantenimiento

Cuando el secadero está en operación, se requieren frecuentes limpiezas de la cubierta plástica. En el período que no se utilice es conveniente guardar el plástico bajo techo, para evitar su deterioro por la acción del sol. Dado que la unidad es desplazable, puede protegerse igualmente en un local cerrado.

Manejo del producto a secar

Las operaciones fundamentales para la obtención del producto seco a partir del fruto fresco, son las que se enumeran en la Tabla III y se detallan a continuación.

1 y 2. Manejo de la materia prima. Colocación en el secadero

La cosecha del producto debe realizarse en su punto óptimo de madurez. Esto es lo adecuado para que el secado se realice sin aparición de manchas por el desigual grado de maduración que se manifiesta por la coloración despareja de los frutos.

En el caso del pimiento, por ejemplo, a fin de lograr el color rojo típico del pimiento apto, se procede al apilado del producto inmaduro y se lo protege de la radiación solar directa. Para esto se cubre con pastos verdes o el mismo producto ya maduro, a fin de crear una atmósfera rica en humedad. Luego de unos días, al cabo de los cuales el pimiento madura uniformemente, se lo pasa al secadero.

En algunos casos es recomendable lavar el producto fresco antes de iniciar el secado. Esto es debido, especialmente, a la acumulación de polvo en su superficie. Para acelerar el proceso puede ser igualmente ventajoso partir el producto antes de iniciar un secado. Esto se hizo para el caso de cebollas, pimiento, bananas, manzanas, peras, tomates, zanahorias (en rodajas), zapallitos.

3. Observación periódica del avance del secado

Esta es una actividad rutinaria que permite la utilización eficiente del secadero. Si bien no es malo para el producto seco su permanencia en la unidad de secado, es ventajoso verificar la terminación del proceso para impedir el ensuciamiento del material y dejar libre el lugar para su ocupación por nuevo fruto fresco.

4 y 5. Acopio del material seco. Almacenamiento y cuidado

Es de fundamental importancia que estas etapas, generalmente descuidadas, se realicen utilizando bolsas que protejan al producto de posterior ensuciamiento. De nada valdrá un buen secado si luego no se protege el producto final de la acción de agentes externos.

Resultados obtenidos de algunas pruebas experimentales

-La radiación incidenté sobre el producto dentro del secadero, medida en 900 W/m^2 en el mes de marzo, resultó en un aporte de 450 W -dada la superficie colectora-, valor que es aproximadamente el 70% de la potencia de la resistencia eléctrica calefactora auxiliar (de 600 W).

-El secado de bananas, realizado a una temperatura máxima de 45 C , se llevó a cabo en 30 hs. La humedad media fue de 23%.

-Durante la noche, debido a las pérdidas térmicas y a la insuficiencia de la capacidad del calefactor auxiliar, la temperatura del aire descendió unos 10°C por debajo de la temperatura de referencia del termostato. Se colocó una placa de poliestireno expandido por debajo de la cubierta transparente, para disminuir estas pérdidas.

-Durante el mes de abril, contando con excelentes niveles de radiación y baja humedad ambiente, se trasladó el equipo a la población de Cachi, lográndose buenos resultados para su aplicación en el secado de pimiento. Se realizó el secado en el tiempo de dos días y medio, con un aporte solar del 30% aproximadamente (8 horas por día).

-En los Valles Calchaquíes la humedad es baja, por lo que el secado tiene gran posibilidad de aplicación. La Fig. 6 muestra los valores medidos en forma continua para la humedad relativa del aire dentro del secadero durante la campaña de secado realizada en Cachi.

-En el mes de julio se realizaron experiencias simultáneas de secado de distintos productos, obteniéndose una información equivalente a 50 días de trabajo. La Tabla IV muestra los datos de interés, tomados durante la etapa diurna del proceso. La falta de datos nocturnos se debió a que no se contó con un sistema de adquisición de datos.

Conclusiones

Se espera continuar con las pruebas experimentales para obtener datos sobre otros productos.

La instalación de un medidor de consumo eléctrico, indicaría con mayor precisión el rendimiento del dispo-

sitivo. Asimismo se espera registrar en forma continua la temperatura y humedad del aire, así como el peso del producto.

El trabajo futuro consistirá en agregar una o dos velas de cuarzo al calefactor, mejorar la aislación, realizar pruebas de secado en los meses de verano y, finalmente, diseñar y construir modelos mejorados.

Referencias

1. Van Arsdel, W., Copley, J. y Morgan, A.: "Food Dehydration", AVI, 1973 Vol. I y II.
2. Konde, G.: "Resolution des Equations de Luikov au Sechage de L'oignon envue de la Realisation de Sechoirs Solaires dans le Pays Sahéliens", 1983, Tesis, Universidad de Perpignan.
3. Echazú, R., Passamai, V. y L. Saravia "Secado Solar Pasivo para Pimiento", ASADES, 11, 1986.
4. Saravia, L., Echazú, R., Guerrero, F., Gramajo, C., García, M. y Fabris A.: "Secado de Pimientos: Ensayos Preliminares, Construcción y Ensayo de una Planta Piloto", ASADES, 8, 1983.
5. Saravia, L. et al: "Programa de Secado Solar de Tabaco", ASADES, 7, 1981.
6. Passamai, V. et al: "Función empírica para la transferencia de masa durante el secado de tabaco Virginia", Chem. Ing.-Tec. 56, 1984, N° 10, 775-777.
7. Echazú, R. et al.: "Secado Solar Pasivo para Pimiento", ASADES, 11° San Luis.

TABLA I

Etapas de la construcción del secadero.

1. Elección del lugar de emplazamiento
2. Acopio del material
3. Construcción de la base y las paredes
4. Instalación de las bandejas
5. Instalación del circuito de aire
6. Instalación de la cubierta transparente.

TABLA II

Lista de Materiales

Parte	Material	Unidad	Cantidad	Precio en U\$S	
				Unitario	Total
Cubierta	Plástico transparente Marco de madera lilia na (pino Elliott)	m2	0,5 m2	0,80	0,40
		m	10 m	0,17	1,70
Paredes y base	Fibrocemento de 7 mm de espesor	2m2	2 m2	16,91	16,91
Perímetro de la base, parantes verti cales y soporte de bandejas					
	Perfil ángulo de cha pa de hierro n° 18	m	9,4 m	0,71	6,67
	Tornillos de Ø 1/4" por 1" de largo (juego completo)	-	30 unidades	0,26	7,80
Bandejas	Malla plástica mosquitera	m2	1 m2	---	---
Calefactor auxiliar	Vela de cuarzo de 600 W	-	1 m2	3,38	3,38
Sistema termostático					
	Termostato	-	1	5,34	5,34
	Cable de conexión	m	3 m	0,44	1,32
Circuito de aire					
	Caño galvanizado de Ø 16 cm	m	1 m	3,11	3,11
	Codos de 90°	-	4 unidades	4,00	16,00
	Ventilador centrífugo de 1/8 HO	-	1 unidad	17,80	17,80
Ruedas para el desplazamiento					
Aislación externa					
	Poliestireno expandido ("telgopor") de 5cm de espesor	-	3 m2	1,33	1,33
Mano de obra		-	40 horas	---	62,00
				Total U\$S	<u>149,08</u>

TABLA III

Etapas necesarias para la operación

1. Manejo de la materia prima
2. Colocación en el secadero
3. Observación periódica del avance del secado
4. Acopio del material seco
5. Almacenamiento y cuidado

TABLA IV

Datos de secado para algunos productos

Día	Hora	Temp. (C)	Hum. (%)	Pimientos		Toma tes	Zapa llos	Cebo llas	Pa- pas	Za- nah.	Bana nas	Man- zanas	Pe- ras
				Part.	Ent.								
----- Pesos en gramos -----													
14/7	11:00	40	52	1576	63	1810	511	419	969	376	65	305	605
15/7	13:30	36	65	818	44	1004	42	292	267	51	62	98	469
16/7	12:00	31	33	498	35	522	25	240	216	46	52	61	382
17/7	12:15	43	22	314	29	294	25	215	216	45	50	55	315
18/7	11:15	33	27	211	21	173	--	193	---	45	49	51	259
21/7	10:15	26	40	199	18	146	--	179	---	--	49	49	235
22/7	16:30	39	11	148	9	97	--	145	---	--	--	49	159
23/7	12:30	32	20	148	9	97	--	140	---	--	--	--	150
% de agua:				91	86	95	95	67	78	88	25	84	75

Observación: Para algunos productos el porcentaje de agua se refiere al contenido registrado hasta la última toma de datos (el producto no estaba totalmente seco).

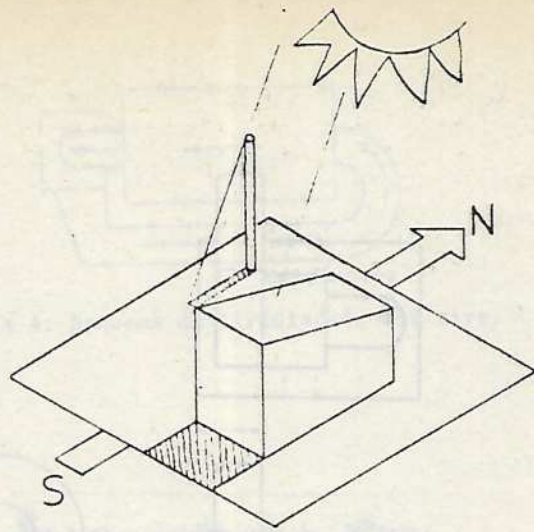


Figura 1: Orientación del secadero.

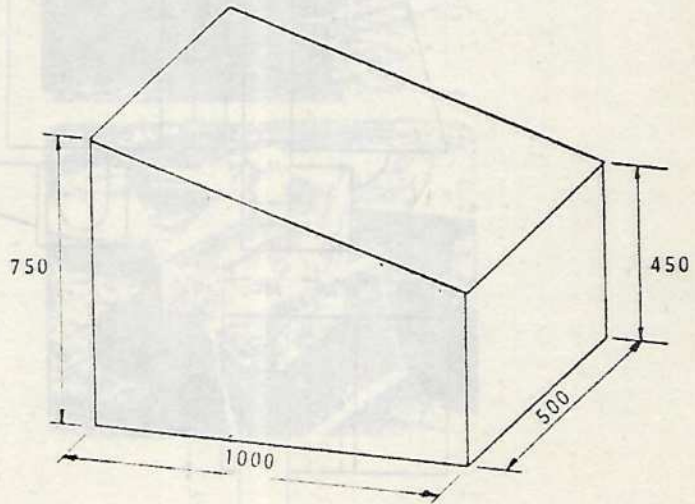


Figura 2: Esquema del secadero con sus dimensiones, en mm.

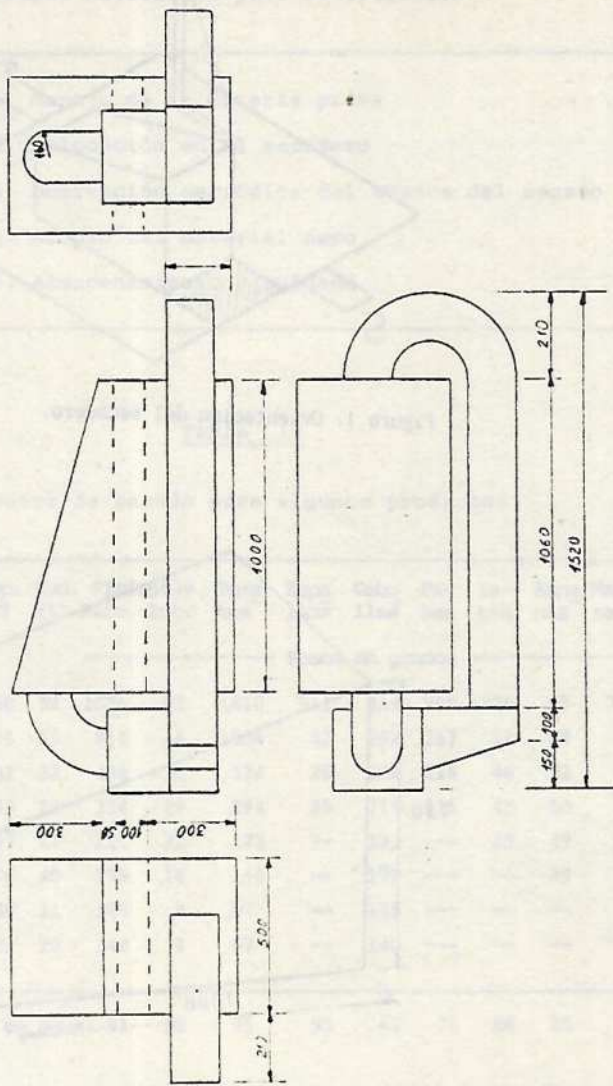


Figura 3: Plano general del secadero híbrido.
Dimensiones, en mm.

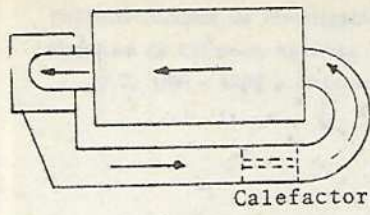


Figura 4: Esquema de circulación del aire.

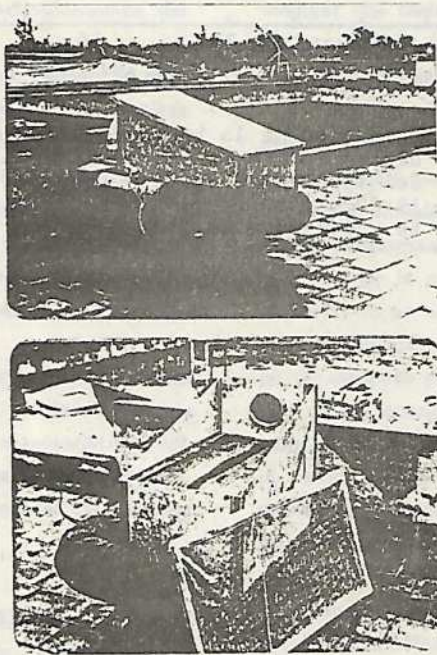


Figura 5: Fotografías del secadero híbrido.

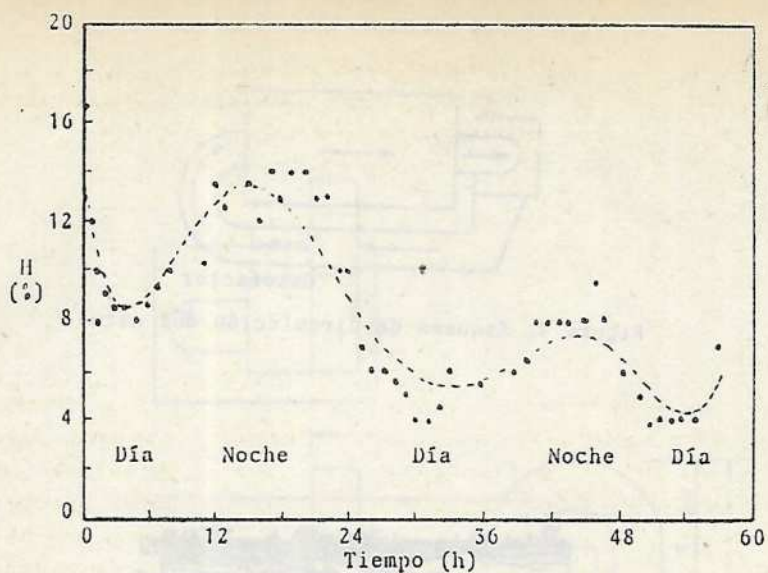


Figura 6: Variación de la humedad porcentual del aire dentro del secadero, en la localidad de Cachi, del 16/4 a las 10:00 y hasta el 18/4/86 a las 19:00. La curva continua corresponde a un ajuste polinómico de 7º grado.