

APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA EL DESECADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS II

J. Rubio.¹, J. Cerioni.², F.López.³, H.Ferro.⁴, F. Genovese.⁵ P. Urfalino.⁶ A. Quiroga.⁷

1, 2, 3,4 y 5 Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Rafael, Urquiza 314, C.P. 5600, San Rafael, Mza., Argentina. 6 y 7 Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída. INTA. Argentina. rubiojorgeluis@gmail.com Tel/Fax 02627- 421078

RESUMEN: El siguiente trabajo se basa en la deshidratación de damascos utilizando para este fin solamente energía solar. La tecnología desarrollada en este proyecto se basa en experiencias anteriores (publicado como Aprovechamiento de Energía Solar para el Desechado de Frutas y Hortalizas en Avances en Energías renovables y Medio Ambiente, Vol 13, ASADES, Argentina), el sistema consta de colectores solares con una superficie total de 400 metros cuadrado con el fin de elevar el estado térmico del aire a introducir en el horno de secado, para la extracción de humedad de la fruta. En el primer ensayo realizado se determinó una elevación de la temperatura del aire promedio de 20°C con respecto a la temperatura atmosférica. En la experiencia se cargó el horno con 1000 kilos de damascos frescos obteniendo como producto alrededor de 200 kilos de fruta seca. Como conclusión general podemos determinar que es posible su aplicación en el secado de fruta y hortalizas en nuestra región.

Palabras clave: energía solar, deshidratado, secado y damascos.

INTRODUCCIÓN

En base a la bibliografía “Ingeniería del secado solar”, editores: R. Corvalan, M. Horn, R. Roman, L. Saravia, se diseñaron los colectores solares, el horno solar se encuentra ubicado en el localidad de San Rafael, Mendoza, en las instalaciones de la estación experimental Rama Caída dependiente del INTA. Este consta de dos partes definidas que son el área de colección y el túnel de secado, el área de colección de la energía es de 400 metros cuadrado y esta compuesta por cuatro colectores de 2,5 metros de ancho por 40 metros de largo, construido en su base con piedra bola, un arco de hierro y polietileno, el túnel es un container de chapa de 2, 5 metros de ancho por 6 metros de largo, con un capacidad aproximada de 2000 kg de frutas, provisto de 7 carros de 26 bandejas cada uno. En una primera experiencia se realizó el deshidratado de la fruta utilizando la energía solar durante el día y en la noche la energía aportada por los quemadores de gas natural.

OBJETIVOS

Deshidratar damascos utilizando la energía del sol, comparar tiempos y calidad con el proceso de secado de la fruta en la zona, en la cual se utiliza quemadores a gas natural.

DESARROLLO TEÓRICO

Selección de tamaño se realiza manualmente al igual que el partido, se utiliza para este fin un cuchillo, cuando se realiza el corte se debe evitar rasgaduras, por lo que debe hacerse sobre el total del perímetro. El resultado de ello son dos mitades casi idénticas.

Inmediatamente luego de ser cortadas, las mitades deben ser sumergidas en una solución de metabisulfito de sodio al 10 (diez) % para retardar la oxidación, que como consecuencia le otorga a la fruta un oscurecimiento. El tiempo que debe permanecer en la solución es de aproximadamente 10 minutos. Las mitades son colocadas en las bandejas, con la cavidad del carozo hacia arriba, para favorecer la pérdida de agua.

Los carros tienen una capacidad de 26 bandejas cada una de ellas puede cargar aproximadamente 5 kilos de fruta, estos ingresan por un extremo al horno y el aire caliente proveniente de los colectores ingresa por el otro extremo, el sistema es contracorriente.

El aire utilizado proveniente de los colectores ingresa al túnel mediante convección forzada (ventiladores), la circulación del aire dentro del túnel la realiza otro ventilador que se encuentra en su interior.



Figura 1: Vista frontal de Colectores solares y Pantalón realizado en Chapa galvanizada, y con la protección antigranizo de los colectores

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS

Se realizó con éxito la transferencia del conocimiento de las distintas experiencias a los productores locales de la zona de Los Claveles, Unión Vecinal Cañada Seca. En la misma oportunidad se dio a conocer los resultados obtenidos a todas las entidades intervinientes en la realización de dicha experiencia; fueron partícipes de esta reunión además de los productores, La Municipalidad de San Rafael, Estación Experimental de Rama Caída dependiente del INTA y la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael. Se hizo entrega de un manual instructivo impreso y en CD, en el cual se incluían la presentación en diapositivas, los componentes esenciales del sistema, datos de los ensayos realizados y conclusiones arribadas.

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Balanza electrónica: Marca Challenger SC103 de una capacidad de 600kg.
Sensores de temperatura y humedad Data Logger miniatura, marca iButton, modelo Hygrochron DS1923. Frecuencia de lectura mínima: 1 minuto. Capacidad 8k. Rango -20°C a $+85^{\circ}\text{C}$, 0-100%. Resolución 0.5°C , 0.6%. Error $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$, $\pm 3\%$. Acero inoxidable, resistente al agua y al polvo. IP65. Origen, USA. Software e interfase para PC, Express Thermo Basic. Para leer y programar iButton ThermoChron e HygroChron. Conexión USB o Serial. Opcional USB. Compatible con Windows 2000, XP y Vista. Origen, Portugal.

Anemómetro Termo anemómetro (con turbina incorporada), higrómetro, luxómetro portátil. Marca Lutron, modelo LM-8000. Combinado 4 en 1, mide temperatura, humedad, velocidad de viento e intensidad de luz. Retención de máximos y mínimos. Conexión para sonda externa de temperatura, Termocupla tipo K. Rango 0.4 a 30 m/s, sensor externo K -100°C a $+1300^{\circ}\text{C}$, 0 a 20000 lux, 10 a 95% Hr.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Una vez llenado el horno se procede a dar inicio a la deshidratación, el primer carro consta de una balanza con la cual se va midiendo la pérdida en peso de agua de la fruta, las variables medidas durante el proceso son: temperatura y humedad ambiente, temperatura y humedad a la entrada del túnel, temperatura y humedad en el interior del horno y velocidad de los ventiladores de circulación forzada.

Primer día de secado variables obtenidas

Hora	Ambiente	Quemador	Balanza
	T [$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[Kg]
10:30	21,3	29,5	273,5
11:00	21	31,2	273,5
11:30	24,5	33,4	271
12:00	24	35,3	266
12:30	24,9	37,2	261,5
13:00	26,6	39,4	256,5
13:30	26,3	41	252
14:00	26,8	41,6	246,5
15:00	27,3	43	238
16:00	28	43,1	230
17:00	26	41,8	223,9
18:00	26	36,4	217,5
19:00	26	33,2	213,5
19:30	26	32,6	213,5

Tabla 1: Datos primer día de secado

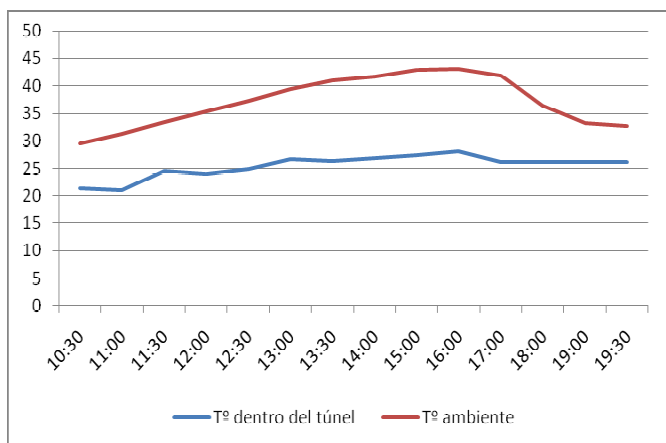


Figura 2: Temperaturas en Función del tiempo del primer día

Segundo día de secado variables obtenidas

Hora	Ambiente	Quemador	Balanza
	T[°C]	[°C]	[Kg]
10:30	27,5	32,7	146
11:00	26,8	35,6	144
11:30	34,5	38,7	142
12:00	32,1	40,9	140
12:30	30	43	137,5
13:00	30,5	44,8	135,5
13:30	31	46	133,5
14:00	32,5	48,1	-
15:00	33	49,3	-
16:00	32	49	-
17:00	31	47,8	-
18:00	32	42,9	-
19:00	31,7	38,2	-
19:30	31	38	-

Tabla 2: Datos segundo día de secado

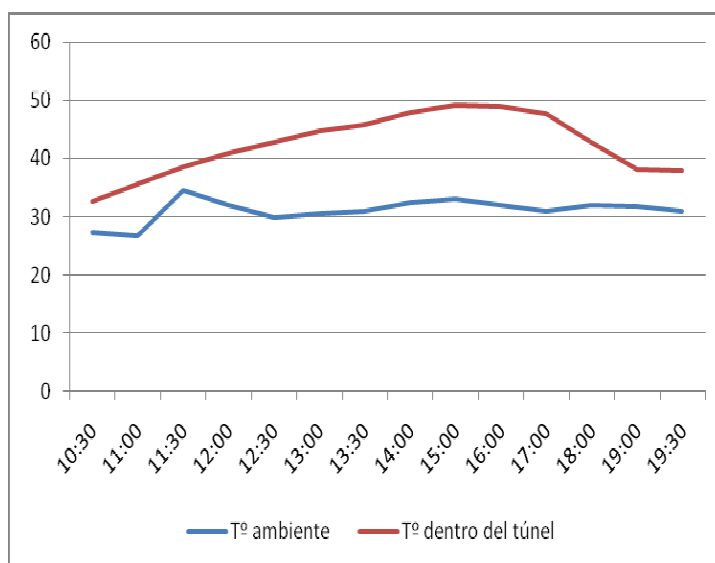


Figura 3: Temperaturas en Función del tiempo del Segundo día

Tercer día de secado variables obtenidas

Hora	Ambiente	Quemador	Balanza
	T [°C]	[°C]	[Kg]
10:30	27	34,9	-
11:00	27	38,00	-
11:30	29,9	42,8	-
12:00	31,6	44,8	-
12:30	31,8	46,5	-
13:30	32,2	48,2	-
13:30	33,7	49	-
14:00	35,6	50	-
15:00	36,1	52,5	-
16:00	34,5	49,50	-
17:00	30	48,3	-
18:00	32,6	46,4	-
19:00	31,1	44,1	-
19:30	31,2	41,7	-

Tabla 3: Datos tercer día de secado

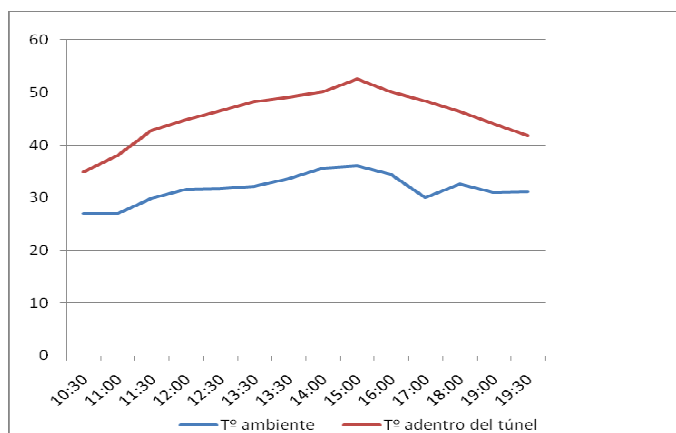


Figura 4: Temperaturas en Función del tiempo del Tercer día

Los sensores de temperatura y humedad fueron colocados en el primero y en el último carro en las bandejas 6 y 20.

Último carro Día 6/1/10

hora	Bandeja 6		Bandeja 20	
	°C	% humedad	°C	% humedad
10:00	15,0	92,14	15,9	84,31
11:00	18,0	91,05	18,0	83,56
12:00	22,1	89,66	22,1	81,61
13:00	26,1	87,90	25,8	76,55
14:00	29,4	86,27	29,1	70,31
15:00	31,9	80,04	31,5	63,58
16:00	33,4	70,51	33,0	57,38
17:00	33,5	62,77	33,2	52,41
18:00	32,0	56,05	31,7	48,10
19:00	29,3	52,02	29,0	47,12

Tabla 4: Datos tercer día de secado - Sensor 1y 2

Último carro Día 7/1/10

hora	Bandeja 6		Bandeja 20	
	°C	% humedad	°C	% humedad
10:00	15,3	75,17	15,9	77,22
11:00	25,7	72,52	25,5	73,69
12:00	31,5	65,05	31,0	63,51
13:00	36,3	57,27	35,6	54,69
14:00	39,6	48,42	39,0	46,04
15:00	42,3	42,39	40,5	41,43
16:00	43,4	36,05	41,7	37,36
17:00	42,3	33,30	41,1	33,68
18:00	40,5	31,20	39,2	32,00
19:00	36,8	32,80	36,0	34,13

Tabla 4: Datos tercer día de secado - Sensor 1y 2

Último carro Día 8/1/10

hora	Bandeja 6		Bandeja 20	
	°C	% humedad	°C	% humedad
10:00	23,2	63,12	22,1	66,69
11:00	33,5	53,19	32,2	56,16
12:00	38,8	42,59	37,4	45,99
13:00	43,0	35,07	41,7	37,01
14:00	45,7	30,35	44,8	31,98
15:00	48,5	26,05	47,7	27,32
16:00	48,6	23,88	48,0	24,89
17:00	47,6	22,36	47,2	23,45
18:00	44,3	22,40	44,2	23,49
19:00	38,8	24,51	39,1	25,36

Tabla 5 : Datos tercer día de secado - Sensor 1y 2

Gráfico de hora en función de la humedad en las diferentes pastillas. Día 6/1/10

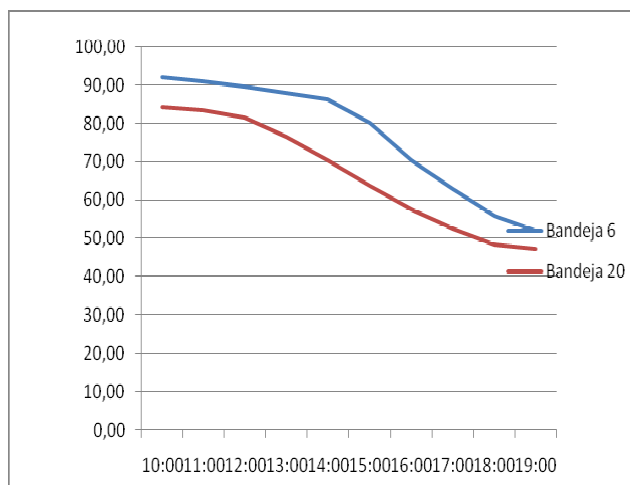


Figura 5: Humedad en función del tiempo

Primer carro Día 6/1/10

hora	Bandeja 20		Bandeja 6	
	°C	% humedad	°C	% humedad
10:00	16,5	97,42	15,8	56,90
11:00	23,1	94,24	26,1	56,05
12:00	28,6	93,80	31,5	53,85
13:00	33,1	91,24	35,8	51,24
14:00	36,4	81,63	38,8	49,63
15:00	38,6	67,79	40,8	48,21
16:00	39,6	52,49	41,5	46,59
17:00	38,8	45,16	40,3	45,20
18:00	35,8	41,00	37,0	44,38
19:00	32,1	40,71	32,7	42,97

Tabla 6 : Datos tercer día de secado - Sensor 3 y 4

Primer carro Día 7/1/10

hora	Bandeja 20		Bandeja 6	
	°C	% humedad	°C	% humedad
10:00	20,3	76,26		
11:00	31,5	68,55	21,2	46,73
12:00	37,1	54,25	33,2	47,33
13:00	41,5	44,37	38,7	45,83
14:00	44,8	36,31	43,1	46,32
15:00	47,1	32,34	46,3	44,21
16:00	47,8	28,25	48,4	43,50
17:00	46,0	27,48	48,9	43,23
18:00	43,0	27,85	46,8	42,33
19:00	38,5	30,17	43,5	40,93

Tabla 7 : Datos tercer día de secado - Sensor 3 y 4

Primer carro Día 8/1/10

hora	Bandeja 20		Bandeja 6	
	°C	% humedad	°C	% humedad
10:00	21,7	60,37		
11:00	24,0	55,60	22,5	39,96
12:00	29,1	41,90	24,5	40,50
13:00	31,7	43,55	31,7	74,02
14:00	32,4	42,29	31,6	36,53
15:00	31,8	41,02	32,4	34,49
16:00	30,5	40,35	31,7	33,88
17:00	29,6	39,75	30,5	33,04
18:00	30,5	41,71	29,6	33,65
19:00	30,2	40,10	29,2	33,50

Tabla 8: Datos tercer día de secado - Sensor 3 y 4

Gráfico de humedad en función tiempo en las diferentes pastillas. Día 6/1/10

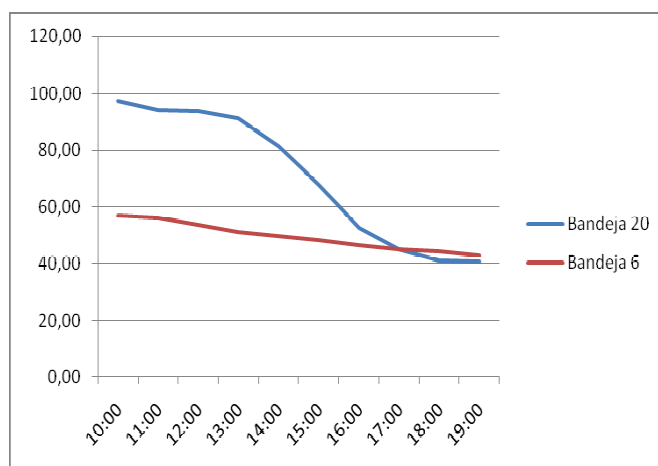


Figura 6: Humedad en función del tiempo

CONCLUSIONES

Partiendo de los resultados obtenidos en la experiencia anterior, en la cual determinamos el tiempo total de desecado el cual fue de 26 horas aproximadamente, lo que equivale a tres días de ocho horas de sol, en esta experiencia se marcó como un objetivo verificar dicho tiempo el cual fue corroborado en forma exitosa.

De los datos extraídos de la pérdida de humedad de la fruta con respecto al tiempo se observa que en las primeras horas de secado esta es mayor, luego de un tiempo la humedad retenida en la fruta es menor y por consecuencia la pérdida de humedad es más lenta.

La fruta al no estar en contacto directo con el ambiente no se oscurece (oxida) fácilmente. Es importante señalar que durante las horas de la noche al no haber circulación de aire no se registraron alteraciones en la fruta

La temperatura promedio alcanzada en los colectores ronda los 15°C sobre la temperatura ambiente (28°C-32°C). Este incremento se logra por la época del año en que se realizan los ensayos.

La diferencia entre el tiempo de salida del primer carro y el tiempo de salida del último carro fue de nueve horas.



Figura 7: Producto desecado

Cabe señalar que en un proceso continuo y teniendo en cuenta las dimensiones del horno experimental, deberá considerarse igual tiempo de secado, lo que equivale a decir que entre el último carro sacado y el primero colocado, hay 20 horas de diferencia aproximadamente

Simultáneamente con este ensayo se tendieron bandejas con damascos al sol habiendo sido tratados de la misma manera, en pos de comparar los tiempos de desecado y la calidad del producto obtenido, las conclusiones son: el tiempo de secado es similar, la calidad obtenida (color, aspecto, etc) es inferior ya que la fruta secada al sol es más oscura y su piel presenta otra textura. Es importante saber que para deshidratar 1000 kilos de damascos al sol se necesitan alrededor de 100 bandejas y una playa de 1000 metros cuadrado, mayor mano de obra para el tendido y el recogido diario (operación necesaria para obtener un producto de calidad).

En el horno solar se logra una excelente calidad, la mano de obra es menor y no se tiene riesgo de inclemencias climáticas ni tampoco presencia de insecto o roedores.

REFERENCIAS

- Claudio Mataix. "Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas"
- J. Pistono Raschieri, "Desecación de los Productos Vegetales", Reverte S.A., pp. 3-185.
- J. Rubio, J. Cerioni, F.López, H.Ferro, F. Genovese, "Aprovechamiento de Energía Solar Para el Desecado de Frutas y Hortalizas" Avances en Energías renovables y Medio Ambiente, Vol. 13, ASADES, Argentina.
- R. Corvalan, M. Horn, R. Roman, L. Saravia, "Ingeniería del secado solar", Ed. CYTED-D Programa de Ciencia y Tecnología para el desarrollo V Centenario. pp. 12-41 – 12-54.

ABSTRACT

The following work is based on the dehydration of apricots using only solar energy. The technology developed in this project is built on previous experiences. This system consists of solar collectors with a total area of 400 square meters with the aim of raising the thermal state of the air introduced into the drying oven to remove the moisture of the fruit. In the first test, a rise in the average air temperature of 20 ° C was noticed, compared to the atmospheric temperature. In the experiment the furnace was loaded with 1,000 kilos of fresh apricots and as a consequence, around 200 kilos of dried fruit was obtained. As a general conclusion we can determine that it is possible to use this system in the drying of fruit and vegetables in our region.

Keywords: solar energy, dehydration, drying, apricots.