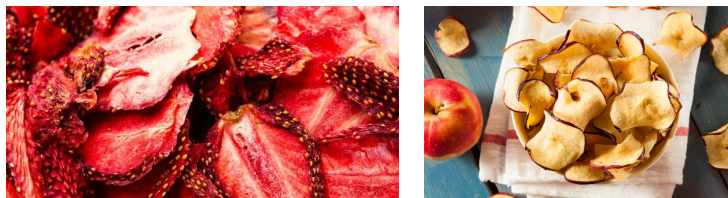


DESHIDRATADOR SOLAR CON RESERVA TÉRMICA



Alfredo Divanny López Catalán¹,
Berra Ruiz Gonzalo², Rincón
Mejía Eduardo A.³, Lentz Herrera
Álvaro⁴, Ascencio San Pedro D.E.⁵

^{1,3,4,5} Programa de Energía,
Universidad Autónoma de la
Ciudad de México, San Lorenzo
290, Ciudad de México, 03100,
aldivanny@hotmail.com (Autor),¹
rinconsolar@hotmail.com
(Coautor)³,
allentz7018@gmail.com
(Coautor)⁴,
ascenciodavid@hotmail.com
(Coautor)⁵

² Universidad Tecnológica de los
Valles Centrales de Oaxaca,
Universidad S/N, 71270
Zimatlán, Oax
berraruizgo@live.com.mx
(Coautor)



INTRODUCCIÓN

En los años recientes, el uso de la energía solar en diversos procesos ha mostrado ser una alternativa viable en relación a opciones tradicionales basadas en fuentes convencionales.

En el caso de la ingeniería en alimentos, las tecnologías solares permiten obtener productos de alta calidad nutritiva a un bajo costo. La deshidratación es uno de los procesos más antiguos de preservación de alimentos, el cual consiste en retirar el agua del producto sin alterar su composición y debido a la mínima cantidad de este elemento vital, los microorganismos no se desarrollan y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración, manteniendo sus características nutritivas y aumentando la vida media del mismo; impidiendo con esto que la fruta se pudra y se desperdicie.

El objetivo de secar o deshidratar es reducir el contenido de humedad de un producto para lograr períodos de almacenamiento más largos.

Este artículo versa sobre un deshidratador solar indirecto que anteriormente ha sido ampliamente estudiado, pero la innovación que se presentara es el acoplamiento a un concentrador solar compuesto (CPC), tipo comal desarrollado por el Dr. Eduardo Rincón Mejía. Cuyo objetivo es corroborar la hipótesis que es el recortar el tiempo de secado para optimizar el secado de sólidos

COLECTOR SOLAR TIPO COMAL

El colector se fabricó con dos elementos fundamentales, que son perfil de aluminio de una base de 38.1mm (1.5pulg), altura de 19.05mm (3/4 pulg) y profundidad de 1500mm (1.5m), para lo cual se utilizarán 4 perfiles de estas medidas, los cuales en su interior tienen tubos de cobre de 12.7mm de diámetro (1/2 pulg) y de la misma profundidad que el perfil antes descrito por el cual fluye aceite automotriz (reciclado) para que cuando no se tenga irradiación, el calor obtenido por el CPC se vaya a un reservorio térmico y se extraiga para deshidratar los sólidos,

ÓPTICA GEOMÉTRICA

El ángulo incidente de la irradiación solar, es igual al ángulo reflejado con la perpendicular al espejo del CPC. La figura 1 muestra un estudio de trazado de rayos, en la cual se muestra el comportamiento de los rayos solares al incidir primeramente en el Concentrador parabólico y posteriormente al espejo, también se muestra de manera teórica el ángulo de reflexión del CPC (comal solar), que desarrolló el Dr. Eduardo Rincón Mejía.

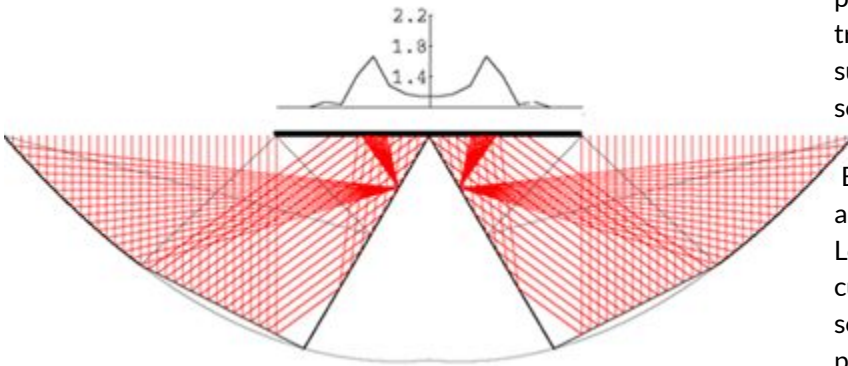


Figura 1 Ángulo de Reflexión de CPC

SIMULACIÓN

Una vez obtenido el ángulo de reflexión, se realizó una modelación del perfil de aluminio y el tubo de cobre en 3D con el apoyo del software SOLIDWORKS, como se muestra en la figura 2

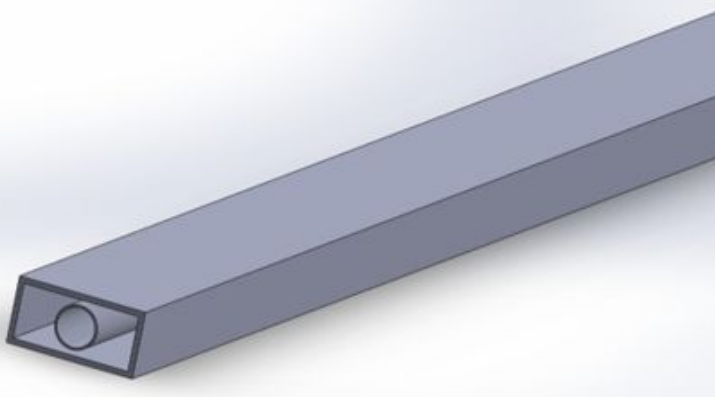


Figura 2 Perfil de aluminio con el tubo de cobre al interior

Posteriormente se definieron los parámetros que se requieren para hacer la simulación térmica y de fluidos en el mismo software, como son los materiales de lo que se componen el perfil de aluminio anodizado y el tubo de cobre,

los primeros datos de arranque de la simulación son que dentro del perfil de aluminio fluiría aire a una velocidad de 0.4 m/s, mientras que dentro del tubo de cobre fluye aceite automotriz reciclado (usado). Este tendrá un cabezal por debajo de la torre de secado que junto con el calor que absorbe el tubo de cobre, al tener poca o nula irradiación y teniendo flujo de aire constante, el cabezal y el circuito del aceite, transferirá el calor absorbido hacia el aire, hasta llegar a un equilibrio térmico.

De la misma forma ocurre de manera inversa al calentarse el perfil de aluminio durante el día con el aire en su interior, este transferirá el calor necesario al tubo de cobre con aceite en su interior, llegando a un equilibrio térmico evitando sobrepasar los niveles necesarios para el secado.

En la tabla 1 se muestran las propiedades termofísicas del aceite automotriz reciclado como función de la temperatura. Los cuales son necesarios, para realizar las simulaciones, las cuales por motivos de tiempo computacional, se realizaran sólo en un perfil de aluminio y el tubo de cobre, posteriormente se extrapolará a todo el colector del deshidratador, donde el prototipo se compone con 5 perfiles de aluminio y con 5 tubos de cobre, como se muestra en la figura 3.

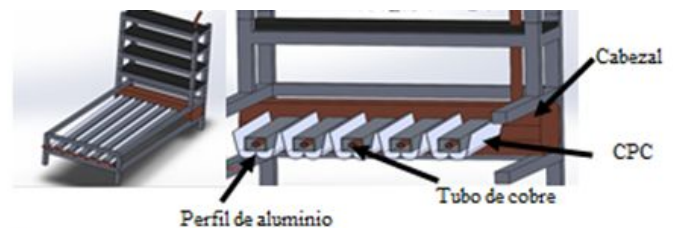


Figura 3 Prototipo de deshidratador

Temperatura °C	Densidad ρ $\frac{kg}{m^3}$	Calor Específico C_p $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$	Conductividad térmica k $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$	Dif. Térmica $\alpha \cdot 10^{10}$ $\frac{m^2}{seg}$	Visc. Dinámica $\eta \cdot 10^{-1}$ $\frac{N \cdot seg}{m^2}$	Visc. Cinem. $\nu \cdot 10^6$ $\frac{m^2}{seg}$	No. de Prandtl Pr
0	899.1	1796	0.147	911	3848	4280	47100
20	888.2	1880	0.145	872	799	900	10400
40	876.1	1964	0.144	834	210	240	2870
60	864	2047	0.14	800	72.5	83.9	1050
80	852	2131	0.138	769	32	37.5	490
100	840	2219	0.137	738	17.1	20.3	276

Tabla 1 Propiedades termofísicas del aceite automotriz (reciclado)

RESULTADOS

La primera parte de las simulaciones son para conocer cómo transfiere la temperatura del aire, el cual es calentado durante el día por la irradiación, hacia el tubo de cobre con aceite en su interior con una temperatura inicial 20 a 40.

La transferencia de calor que existen entre el perfil y el tubo de cobre que es convección y conducción, la irradiación que se utiliza es la irradiancia promedio en la Ciudad de México que calentará el perfil de manera homogénea, que a su vez por convección calentará el aire que existe fluyendo dentro del perfil de aluminio, la transferencia de calor por conducción que existe entre el tubo de cobre y el perfil de aluminio, transferirá calor al aceite que se encuentra fluyendo en el tubo de cobre, calentando el aceite y sirviendo como reserva térmica.

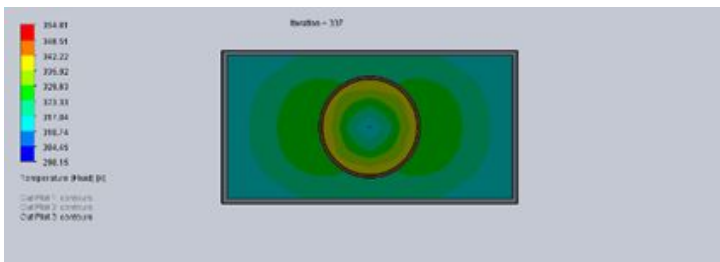


Figura 4 Simulación en el intervalo de 20-40°C

Al observar un equilibrio térmico, se escala al siguiente intervalo de temperatura que será de 40-60°C, con el fin de observar la distribución de temperaturas en los “fluidos” (aire y aceite), en donde se observa que se siguen calentando los fluidos.

Por último el siguiente intervalo de temperatura es de 60-90°C. Que se llega a un equilibrio térmico a partir de la iteración 146 de 356, lo cual se logra antes que en los anteriores intervalos, lo que nos lleva a confirmar la teoría de la reserva térmica, para éste caso de estudio falta comprobar que se sigue cumpliendo la transferencia de calor

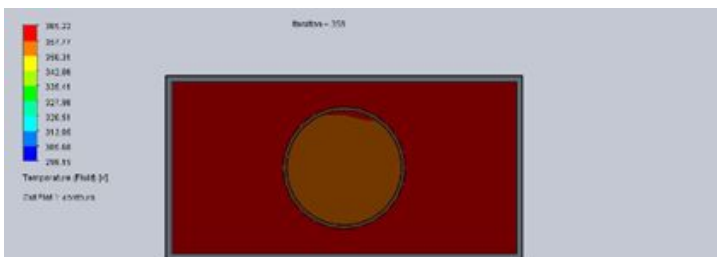


Figura 5 Simulación en el intervalo de 60-90°C

La segunda parte de las simulaciones, son para conocer cómo se va transfiriendo la temperatura del aceite que se encuentra a 90 °C dentro de la tubería de cobre cuando ya no hay irradiación, hacia el aire que se encuentra a 25°C y contenido dentro del perfil de aluminio.

Se fijó esta temperatura porque es la temperatura ambiente promedio en la Ciudad de México.

En las figura 5, se representa la transferencia de calor que hay de “dentro hacia fuera”, es decir del aceite que pasa por el tubo de cobre, al aire que pasa por el perfil de aluminio, que en ésta parte de la simulación como en las que prosiguen, se simula la falta de irradiación que existe cuando el sol se ha puesto y que justo es la innovación de éste proyecto, el cual consiste en que se sigan deshidratándose los sólidos aun no existiendo irradiación.

La transferencia de calor que existe entre el tubo de cobre y el aire, el cual fluye a través del perfil de aluminio, donde la temperatura se mantiene constante y permite poder pasar al último intervalo de temperatura que sería de 40-20°C.

La simulación en el último intervalo de simulación, lo cual permite identificar que el deshidratador solar con reserva térmica, mantiene el secado constante, aún sin tener irradiación, bajando así el tiempo de secado, haciendo eficiente el prototipo que se pretende fabricar.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de las simulaciones comprueban que el deshidratador solar con reserva térmica es viable para su construcción acortando los tiempos de secado, aunque de manera puntual se tendría que realizar una simulación con todo el prototipo, así como hacerlo de manera transitoria, para saber cuál es el tiempo estimado para el secado.

Lo cual en la investigación no se pudo realizar por motivos de tiempos computacionales, debido a la falta de un equipo con más capacidad de procesamiento para realizar este tipo de simulaciones, por ello es que se toman en consideración los intervalos de temperaturas que se reportan.

Sobrepasando estas dificultades se podrá tener los datos precisos, para la construcción del deshidratador solar con reserva térmica, comparar estos datos teóricos con los datos que se recaben con la puesta en marcha de manera física de este prototipo.

Por eso la importancia de hacer simulaciones, para reducir los costos de la implementación del prototipo, ésta investigación demuestra la factibilidad de poder fabricarlo de manera masiva, poder llevar estos datos para la incorporación a una patente.

Si bien en estas simulaciones permite probar que es funcional el deshidratador, hacen falta algunos datos a considerar como se reportan en las conclusiones, pero es un acercamiento a llevar a cabo un tratamiento más específico y puntual.

REFERENCIAS

- Eduardo A. Rincón Mejía, Á. E. (2006). Empleo de la energía solar para la cocción de alimentos. Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
- Almanza R. y Muñoz F. *Ingeniería de la Energía Solar*. El Colegio Nacional, México. 1994
- Ayensu A. Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*. 1997
- Bird, S., Lightfoot, E. N. Fenómenos de Transporte. 2a ed. Limusa Noriega. México. 2010.
- Cao, E. Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos. Editorial Nueva Librería. México 2006.
- Cengel, Y. A. Transferencia de Calor y Masa. Mc Graw-Hill. México. 2007.
- Cook E. *Process Drying Practice*. McGraw-Hill, Washington. 1991
- Duffie and Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes* Wiley/Interscience, New York. 1991
- Griskey, J. R. C. Transport Phenomena and Unit Operations: A Combined Approach. Wiley & Sons Inc. USA. 2002.
- Holman, J. P. Transferencia de Calor. CECSA. México. 2003.
- Incropera, F. P. Fundamentos de Transferencia de calor. Prentice Hall/Pearson. México. 2006.
- Kreith, F. Principios de transferencia de calor. International Thomson. México. 2001.
- Lunde P.J. Solar Thermal Engineering: Space Heating and Hot Water Systems. Wiley, NewYork. 1980
- Manrique, J. A. Transferencia de calor. Alfaomega. México. 2008.
- Thomson, W.J. Introduction to Transport Phenomena. Prentice Hall PTR. USA. 2000.
- Tosun, I. Modeling in Transport Phenomena. A Conceptual Approach. 2nd ed. Elsevier. USA. 2007.
- Transport Processes. Cambridge University Press. USA. 2007.
- Weider S. (1982) An Introduction to Solar Energy for Scientists and Engineers. Wiley, New York.
- Whitaker, S. Fundamental Principles of Heat Transfer, Pergamon Press, 1977c.
- Whitaker, S. Simultaneous Heat, Mass, and Momentum Transfer in Porous Media: A
- Theory of Drying. Advanced in heat transfer Vol. 13. Academic Press, New York, N.Y., 1977

