

SECADO SOLAR DE HIGO A CIELO ABIERTO Y SU COMPARACIÓN

USANDO EL DESHIDRATADOR SOLAR MIXTO DRYBOX

José Rodolfo Pérez-Espinosa*, Ana Lilia César Munguía^b, Alfredo Domínguez Niñoc, Jennifer Daniela Cruz Vázquez^b, Octavio García-Valladares^b

al+D+I Solar S.A. de C.V., Xochitepec, Morelos, México

bInstituto de Energías Renovables, UNAM, Temixco, Morelos, México

cCátedra CONACYT – Instituto de Energías Renovables, UNAM, Temixco, Morelos, México

*rodolfo.perez@modulosolar.com.mx



Resumen

En el presente artículo se presentan los resultados del secado solar de higo tanto a cielo abierto como haciendo uso del deshidratador solar mixto tipo gabinete (drybox). En ambos casos se determina la curva de secado y condiciones de operación. Para complementar los resultados se lleva a cabo el análisis comparativo de algunas propiedades fisicoquímicas del higo, que son el porcentaje de humedad, la actividad del agua, contenido de azúcares, colorimetría y vitamina C. El deshidratador solar mixto (drybox) usado en este trabajo es un deshidratador tipo gabinete que consta de un colector solar plano para el calentamiento de aire (1.68 m² de área de apertura), el cual dirige el aire caliente por convección natural hacia el interior de una cámara de secado; esta cámara está conformada por una estructura metálica y paredes de policarbonato que cumplen la función de mantener aislado térmicamente el interior del exterior, adicionalmente en la parte frontal las paredes usan policarbonato transparente, permitiendo el ingreso de radiación directa al interior de la cámara, así las ganancias de calor al interior son una combinación del calor ganado por el colector solar más el calor que ingresa directamente a través del policarbonato. En la parte posterior se tienen 2 puertas abatibles que permiten meter y sacar los alimentos mediante charolas, además en una de sus puertas cuenta con un ventilador solar que ayuda a extraer el aire húmedo del interior de la cámara, favoreciendo así el proceso de secado.

Introducción

El higo es un fruto falso que más bien corresponde a una infrutescencia, las cuales son un conjunto de frutos contenidos al interior de una cubierta carnosa [1]. La planta de higo se encuentra adaptada principalmente a climas cálidos, subtropicales y templados permitiendo su cultivo en las zonas norte y sur del mediterráneo, Sudáfrica, algunos países orientales y a lo largo del continente americano [2].

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, en 2019 Morelos fue el principal productor de higo a nivel nacional al producir 3,403 toneladas ese año y una parte de la producción fue exportada a Estados Unidos, Canadá y Japón [3]. Las propiedades nutritivas del higo incluyen la fibra, minerales (calcio, hierro, fósforo, magnesio, cobre, zinc y potasio), riboflavina y vitaminas A, B y C, omega-3 y omega-6. El higo completamente maduro es considerado un alimento frágil por ser fácilmente magullable y de rápida descomposición, razón por la cual cobra gran importancia someterlo a un proceso de deshidratado para alargar su vida perezosa y disminuir el maltrato debido a la transportación [4].



Metodología

En este trabajo se realizó el deshidratado solar de higo con dos técnicas diferentes: secado a cielo abierto y secado mediante un deshidratador solar mixto. Las pruebas se llevaron a cabo el 12 de octubre de las 10:03 a las 18:08 horas. Las mediciones de irradiancia, temperatura, y humedad relativa se realizaron cada un minuto; mientras que, las mediciones de pérdida de masa se realizaron en periodos de 15 minutos las primeras 7 mediciones, 20 minutos las siguientes 7 mediciones y 40 minutos las siguientes 6 mediciones. El periodo de secado se detuvo en cuanto el peso no presentó cambios en las últimas 2 mediciones, indicando así que se alcanzó el equilibrio del contenido de humedad en el alimento con el ambiente.

Instrumentos usados

Los instrumentos de medición empleados durante esta prueba fueron 4 sensores de temperatura y humedad relativa inkbird, 1 piranómetro (medidor de radiación solar) kipp & zonen, 1 sensor de temperatura pt1000 con carcasa, 1 medidor de velocidad de aire Extech y 1 balanza digital Torrey.

Preparación del higo

El higo se lavó y se cortó en rodajas de espesores promedios de entre 4 y 5 mm. Estas rodajas se distribuyeron en 5 mallas de teflón y antes de iniciar el secado fueron pesadas en una balanza para conocer el peso inicial en cada una.

Secado en deshidratador solar mixto

El deshidratador solar mixto drybox es un deshidratador tipo gabinete que consta de un colector solar plano para el calentamiento de aire (1.68 m² de área de apertura), el cual dirige el aire caliente por convección natural hacia el interior de una cámara de secado; esta cámara está conformada por una estructura metálica y paredes de policarbonato que cumplen la función de mantener aislado térmicamente el interior del exterior, adicionalmente en la parte frontal las paredes usan policarbonato transparente, permitiendo el ingreso de radiación directa al interior de la cámara, así las ganancias de calor al interior son una combinación del calor ganado por el colector solar más el calor que ingresa directamente a través del policarbonato, además en una de sus puertas cuenta con un ventilador solar que ayuda a extraer el aire húmedo del interior de la cámara, favoreciendo así el proceso de secado. Para poder conocer su comportamiento se introdujo carga al interior con un respectivo sensor de temperatura y humedad en las posiciones inferior-izquierda, media-derecha y superior-izquierda tal y como se muestra en la Figura 1 a).

Secado a cielo abierto

Para el secado a cielo abierto se colocaron dos mallas de teflón sobre una mesa libre de sombra durante la prueba, la mesa se muestra en la Figura 1 b).



Figura 1. a) Secado solar con deshidratador solar mixto.



b) Secado de higo a cielo abierto.

Resultados

Comportamiento térmico de drybox

Con los sensores inkbird colocados en cada uno de los niveles del drybox, se pudo monitorear el comportamiento de la temperatura y humedad relativa al interior. El comportamiento de la gráfica era esperado, teniendo la máxima temperatura cerca del mediodía solar (13:30 h aproximadamente), con respecto a la humedad se observa que al principio el alimento libera humedad y que va disminuyendo conforme el ventilador retira el aire del interior de la cámara. La Figura 2 muestra el comportamiento de estos dos parámetros.

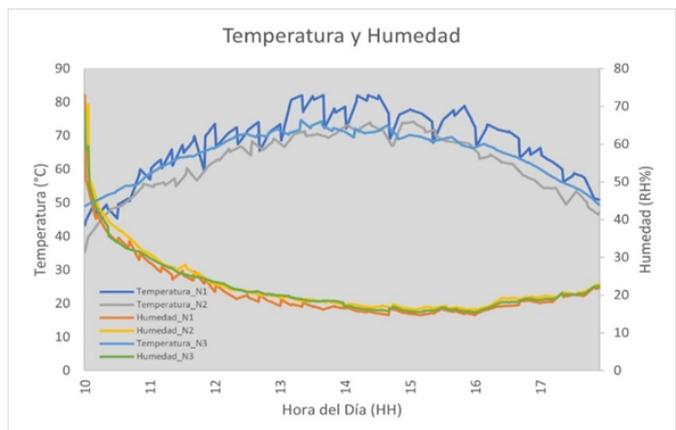


Figura 2. Curvas de temperatura y humedad relativa al interior del drybox.

Con respecto a las curvas de secado podemos notar que en todos los casos se detuvo la medición a las 18:00 h, con una irradiancia ya bastante baja y porque el peso en las charolas dejó de variar (Figura 3). Una vez realizados los cálculos de humedad se encontró que el producto al cielo abierto aún tenía alrededor de 23% de humedad y la charola del nivel 3 un 28%. Las charolas colocadas en los niveles 1 y 2 presentaron 6 y 9% de humedad.

Secado en deshidratador solar mixto

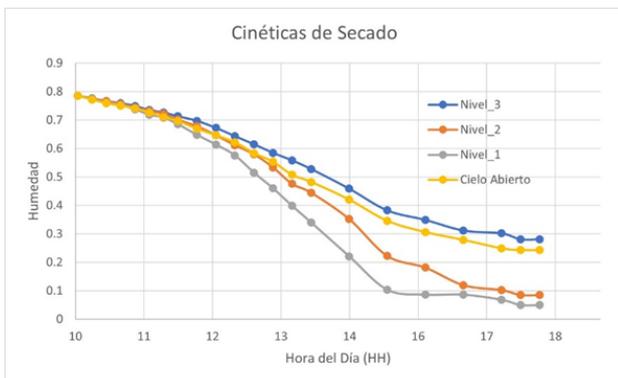


Figura 3. Curvas de secado de higo dentro de drybox y a cielo abierto.

Secado en deshidratador solar mixto

Dos de las principales propiedades fisicoquímicas que se determinan en los alimentos secos son el contenido de humedad y la actividad del agua; de acuerdo con la literatura los alimentos deshidratados alcanzan estabilidad cuando el nivel de actividad de agua y contenido de humedad se encuentran por debajo del 0.6 y 10% respectivamente, esto indica que no habrá proliferación de microorganismos que descompongan el alimento [5]. Para los alimentos usado en este trabajo se encontró que el contenido de humedad del higo fresco fue de 81.41%; por otro lado, el higo presentó un nivel inicial de actividad de agua de 0.98; este valor de actividad de agua está muy cercano a uno, por lo que indica que el higo es un fruto altamente perecedero. Con el proceso de secado solar en el drybox el contenido de humedad y el nivel de actividad de agua del higo deshidratado fue de 5.91% y 0.478, respectivamente. Se analizó el contenido de sólidos solubles totales o contenido de azúcar en las frutas, los resultados indicaron un contenido de 18 °Brix para el higo fresco, mientras que el análisis del contenido de azúcar en las muestras deshidratadas indicó un incremento a 33 °Brix. Este comportamiento es porque, durante el proceso de secado, el contenido de sólidos solubles totales (concentración de azúcar) incrementa cuando el contenido de humedad disminuye [6]. La Figura 4 muestra el higo deshidratado por ambas técnicas de secado.

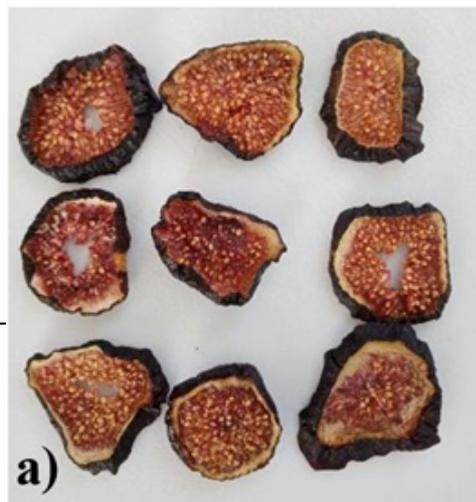
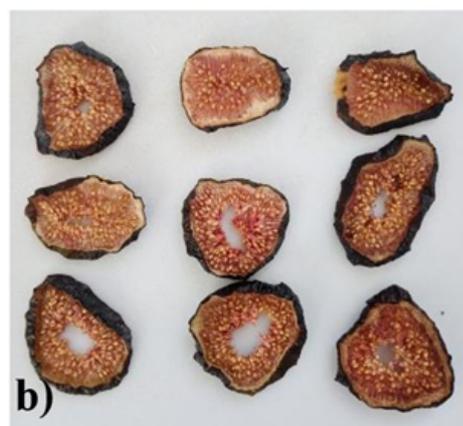


Figura 4. a) Higo secado con drybox.



b) Higo secado a cielo abierto.

Las muestras que fueron secadas a cielo abierto no lograron alcanzar un nivel de humedad por debajo del 10 % en las horas de sol (de las 10am a 6pm). El análisis de humedad y actividad de agua mostraron valores del 22.24% y 0.740, estos resultados indican que el secado no se completó a cielo abierto debido a que las condiciones climáticas no permitieron reducir el contenido de humedad hacia niveles menores del 10%; por lo tanto, las muestras de higo deshidratadas a cielo abierto no fueron consideradas microbiológicamente estables. De igual manera, el contenido de azúcar en las muestras fue de 24 °Brix, 9 unidades menos que las muestras que fueron deshidratadas en el secador solar.

Conclusiones

Con base en la cantidad de agua removida de las muestras de higo se puede concluir que el secado de alimento usando el gabinete drybox es más efectivo (niveles 1 y 2), pues fue posible secar las muestras durante las 8 horas de sol; por otro lado, las muestras con altos contenidos de humedad no pueden ser deshidratadas a cielo abierto en un solo día, sino que necesitan más tiempo para alcanzar niveles de humedad inferiores al 10%. El comportamiento térmico al interior de la cabina junto con las curvas de secado muestra que el nivel 1 es el más favorecido para el proceso de secado, por esa razón se recomienda que a lo largo del día se lleve a cabo una rotación de charolas para que de esta manera alcance a secarse todo el producto al interior del gabinete

Agradecimientos

Al proyecto de secado solar de productos agropecuarios UNAM-PAPIIT IN103021.

Referencias

- [1] Fideicomiso de Riesgo Compartido, “El Higo, desde medio oriente para el mundo”, 2017.
- [2] FAO, Productos frescos de frutas, 2018.
- [3] Delegación SADER Morelos, “Morelos principal productor de higo a nivel nacional”, 2019.
- [4] M. Catraro, El Cultivo de la Higuera: Producción de higos y su deshidratación como método para el agregado de valor del producto. Facultad de Ciencias agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina, 2014.
- [5] O. Prakash and A. Kumar, Solar Drying Technology: Concept, Design, Testing, Modeling, Economics and Environment, vol. 4, no. 1. 2012.
- [6] A. Domínguez-Niño, O. Salgado-Sandoval, E. C. López-Vidaña, A. L. César-Munguía, I. Pilatowsky-Figueroa, and O. García-Valladares, “Influence of process variables on the drying kinetics and color properties of pear slices (*Pyrus communis*),” *Color Res. Appl.*, vol. 46, no. 5, pp. 1128–1141, 2021, doi: 10.1002/col.22625.