



Congreso Nacional de Secado,
Cocción y Refrigeración Solar
de Alimentos

21 al 25 de noviembre de 2022

SECADORES SOLARES MODIFICADOS Y SU EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA FLOR DE CALABAZA (*CUCURBITA MAXIMA*)

Alfredo Domínguez Niño 1^a * Ana M. Lucho Gómez 2^b Erandi A. Montiel Baltazar 2^b Marian Castañeda Vázquez 2^b Octavio García Valladares 2^b

1^a Investigadores por México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, Av. Insurgentes Sur No. 1582 Col. Crédito Constructor, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03940 México www.conacyt.mx

2^b Instituto de Energías Renovables-UNAM, Priv. Xochicalco S/N, C.P. 62580, Temixco, Morelos, México, www.ier.unam.mx

Autor de correspondencia: aldoni@ier.unam.mx

Resumen

La flor de calabaza es una de las especies de flores comestibles más conocidas y aprovechadas en México. Tradicionalmente, la flor de calabaza es consumida el día que se adquiere por su corto tiempo de conservación. El secado solar es considerado un método de preservación eficiente para productos agrícolas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del material de cubierta de tres secadores solares modificados; policarbonato, polietileno y membrana selectiva de óxido de titanio, sobre las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas de la flor de calabaza (*Cucurbita máxima*). Los resultados obtenidos en el presente análisis mostraron que las temperaturas máximas oscilaron entre 75 °C y 80 °C en el secador con cubierta de policarbonato, entre 60 °C y 65 °C en el secador con revestimiento de óxido de titanio y entre 50 °C y 55 °C en el secador con cubierta de polietileno, en cuanto al ángulo de tonalidad, el valor inicial de la flor de calabaza fue de 76,52; disminuyendo a 49.11, 50.22 y 61.08 en los secadores con cubierta de policarbonato, polietileno y membrana selectiva, respectivamente (mostrando una tendencia a la tonalidad naranja), mientras que el contenido inicial de humedad de la flor (95.22 %) se redujo a valores finales de 3.15 % en policarbonato, 5.19 % en polietileno y 3.03 % en óxido de titanio como recubrimiento. En conjunto con los demás datos obtenidos, se obtuvieron propiedades óptimas para el consumidor en los tres secadores; sin embargo, el secador de membrana selectiva mostró los mejores resultados.

Palabras clave: Flor de calabaza; secadores solares modificados; energía.

Abstract

The pumpkin flower is one of the best known and most used edible flower species in Mexico. Traditionally, the pumpkin flower is consumed the day it is purchased due to its short shelf life. Solar drying is considered an efficient preservation method for agricultural products.



Congreso Nacional de Secado,
Cocción y Refrigeración Solar
de Alimentos

21 al 25 de noviembre de 2022

The goal of this study was to evaluate the effect of the cover material of three modified solar dryers; polycarbonate, polyethylene and selective titanium oxide membrane, on the colorimetric and physicochemical properties of the pumpkin flower (*Cucurbita maxima*). The results obtained in the present analysis showed that the maximum temperatures ranged between 75 °C and 80 °C in the dryer with polycarbonate cover, between 60 °C and 65 °C in the dryer with titanium oxide coating and between 50 °C C and 55 °C in the dryer with a polyethylene cover, regarding the hue angle, the initial value of the pumpkin flower was 76.52; decreasing to 49.11, 50.22 and 61.08 in dryers with polycarbonate, polyethylene and selective membrane, respectively (showing a tendency to orange hue), while the initial moisture content of the flower (95.22%) was reduced to final values. of 3.15% in polycarbonate, 5.19% in polyethylene and 3.03% in titanium oxide as a coating. Together with the other data obtained, optimal properties for the consumer were obtained in the three dryers; however, the selective membrane dryer showed the best results.

Keywords: pumpkin flower; modified solar dryers; energy.

Introducción.

Las flores comestibles se han utilizado en las artes culinarias para dar sabor y guarnición durante siglos [1] y en México, muchas hojas y flores se consumían antes de la conquista española de Mesoamérica; este hábito persiste en la actualidad por personas de todos los niveles económicos [2]. Este es el caso de la flor de calabaza (*Cucurbita maxima*); se originó en México y luego se extendió por todo el mundo [3]. Ahora bien, esta flor se consume principalmente en México y la India como una forma popular de adornar varios platos. En la cocina mexicana se usa principalmente en quesadillas, ensaladas, sopas o cocido con otras verduras, pero su popularidad ha llegado a Estados Unidos de Norte América. ha despertado por su color amarillo vibrante, textura suave, sabor ligeramente dulce y propiedades nutricionales [4], pero también porque hoy en día los consumidores desean volver a estilos de vida anteriores o quieren obtener compuestos bioactivos de origen comestible [5] como antioxidantes, fitonutrientes y ácidos grasos [3], estas nuevas tendencias han abierto oportunidades de mercado internacional para las flores comestibles. Sin embargo, la corta vida útil de la flor de calabaza es el principal factor limitante para su comercialización: debido a su alta frecuencia respiratoria, las flores de calabaza solo pueden permanecer frescas por cortos períodos de tiempo, aproximadamente un día a temperatura ambiente [4]. Posteriormente, presenta reacciones de deterioro, cambios de color, putrefacción local o general, por lo que ya no es apto para su comercialización. Por ello, el secado es una alternativa de gran interés para prolongar la vida útil de estos productos, que por naturaleza son altamente perecederos. El secado es la técnica de conservación más antigua de los productos agrícolas [6], y es el método básico para conservar y prolongar la vida útil de las plantas con flores comestibles después de la cosecha [7]. Muchos métodos para secar flores comestibles han sido reportados en la literatura, tales como secado con aire caliente, secado por congelación, secado por microondas al vacío, secado por viento frío, secado al sol y secado osmótico, así como aquellos que involucran combinaciones de estos. Entre ellos, el secado por aplicación de calor (por ejemplo, secado con aire caliente y secado al sol) es un enfoque clásico, como para la preparación de pétalos de té, pero tiene algunos inconvenientes, como cambios bioquímicos y nutricionales no deseados en el producto



Congreso Nacional de Secado,
Cocción y Refrigeración Solar
de Alimentos

21 al 25 de noviembre de 2022

procesado que pueden afectar su calidad general [5]. Recientemente, debido a los esfuerzos por reducir el consumo de combustibles fósiles, se ha renovado el interés por el secado solar. Existen principalmente cuatro categorías de secado solar según el mecanismo por el cual la energía utilizada para eliminar la humedad se transfiere al producto [8], estas son: a) secadores solares o naturales, b) secadores directos secadores solares, c) secadores solares indirectos y d) secadores solares de tipo mixto. En este trabajo, se analizó el rendimiento de tres tipos de secadores solares. El secador tipo invernadero, que está constituido por materiales de cubierta transparentes y opacos para la entrada respectiva de radiación solar de onda corta y onda larga que conduce al efecto invernadero [9]. El secador solar con cubierta de policarbonato, en el que la radiación solar atraviesa el techo de policarbonato y calienta el aire, calentando así también los productos dentro del secador [6]. Y finalmente, el secador de membrana selectiva con cubierta especial de óxido de titanio el cual tiene una alta absorción reduce la irradiación en el espectro infrarrojo que hace que el calor permanezca en el interior lo que genera que sea más eficiente que otros secadores. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del secado solar sobre las propiedades colorimétricas de la flor de calabaza (*Cucurbita máxima*).

Metodología

Para el proceso de secado se utilizaron 3 secadores solares los cuales fueron diseñados en el Instituto de Energías Renovables, UNAM, México. Los secadores fueron modificados utilizando tres diferentes tipos de cubiertas: policarbonato, polietileno y superficie selectiva de óxido de titanio. Las condiciones de secado se realizaron con una irradiancia solar máxima de 953.8 W/m^2 a 991.6 W/m^2 y una temperatura ambiente de $32.69 \text{ }^\circ\text{C}$ a $32.14 \text{ }^\circ\text{C}$. Se utilizó un diseño experimental unifactorial con tres niveles. Este diseño experimental establece el tipo de secador como variable independiente. Las variables de respuesta estudiadas fueron el contenido de humedad final, actividad de agua, y color. El secador Drybox mini 2 es un secador solar directo de convección natural que está elaborado de tres diferentes cubiertas: vidrio, acrílico, policarbonato y plástico de invernadero. Tiene una temperatura máxima de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, con una capacidad nominal de 1500 g. Sus dimensiones son de 64 cm de largo, 35 cm de alto y 26 cm de ancho, con un área total de secado de 0.3 m^2 . Las muestras de flor de calabaza recién cortadas (40 g por malla) fueron introducidas al interior de cada secador para iniciar con el proceso de secado de 09:00 am a 18:00 horas. Los experimentos se realizaron en el mes de marzo y abril del 2022

Métodos de análisis

Una muestra de 3 g de flor de calabaza fue colocada y distribuida en la charola de aluminio para la determinación de humedad a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ utilizando una termobalanza (OHAUS, MB45 con una sensibilidad de 0.001g). La actividad de agua de las muestras secas fue determinada a temperatura constante ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) mediante un medidor de actividad de agua (Higrolab C1). Las determinaciones fueron realizadas por triplicado. Las propiedades de color de las muestras frescas y deshidratadas fueron determinadas mediante el uso de un colorímetro portable (NR60CP). El equipo fue calibrado con placas blanca y negra. Los parámetros de color fueron determinados por reflectancia y expresados en términos de L (luminosidad), a



21 al 25 de noviembre de 2022

(rojo-verde), b (amarillo-azul), H (tono) y C (croma) saturación o intensidad. La diferencia de color (ΔE) entre el producto fresco y el seco fue calculada utilizando la ecuación 1.

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (1)$$

Donde:

$$\Delta L = L_{Seco} - L_{Fresco}$$

$$\Delta a = a_{Seco} - a_{Fresco}$$

$$\Delta b = b_{Seco} - b_{Fresco}$$

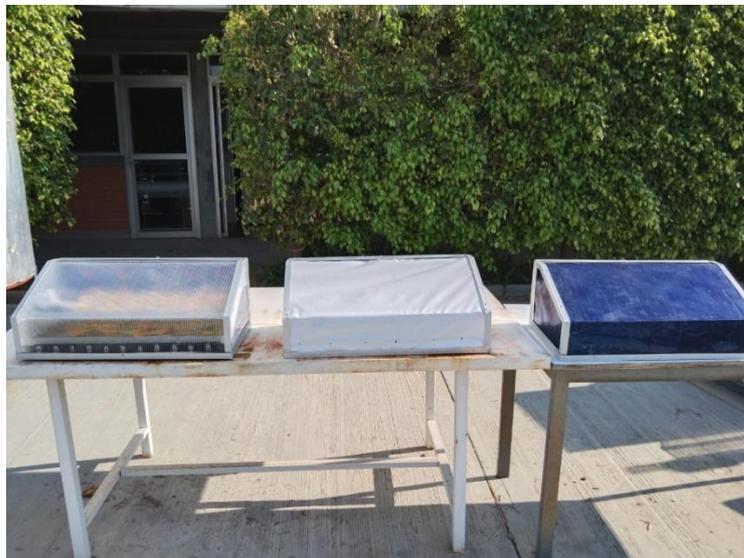


Figura 1. Secadores solares modificados: de izquierda a derecha a) Policarbonato, b) Polietileno, c) superficie selectiva de óxido de titanio

Resultados

La Figura 2 muestra las cinéticas de secado solar, se observa claramente que las muestras deshidratadas en el secador con cubierta de policarbonato se deshidrataron en un tiempo de 480 minutos, posteriormente, las muestras deshidratadas en el secador con cubierta de superficie selectiva tomaron un tiempo de secado de 580 minutos; finalmente, las muestras deshidratadas en el secador con cubierta de polietileno cumplieron un tiempo de 720 minutos.

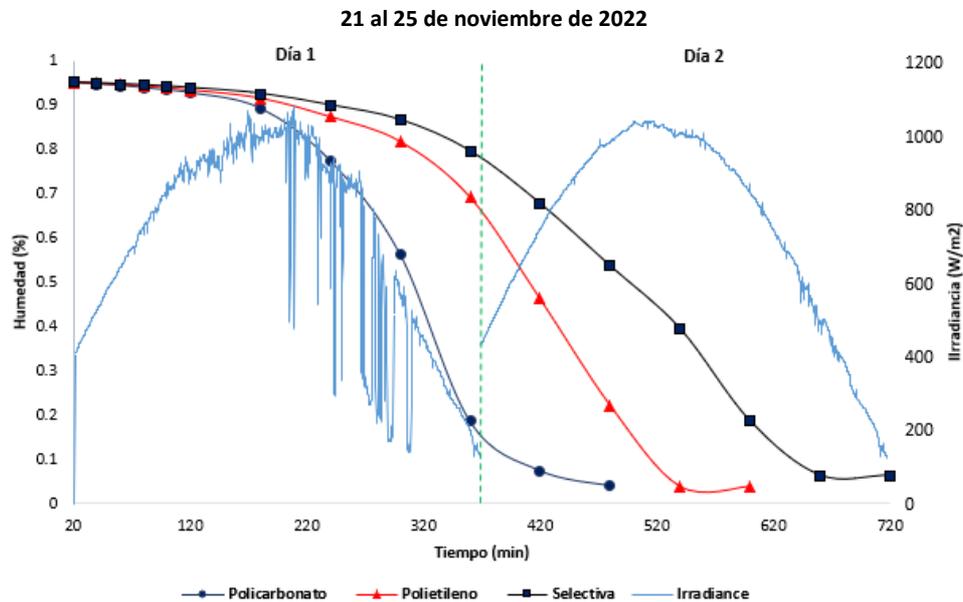


Figura 2. Cinéticas de secado solar de flor de calabaza en secadores solares modificados

El comportamiento anterior puede justificarse por las temperaturas alcanzadas al interior de los secadores solares, La Figura 3 muestra que el secador con cubierta de policarbonato alcanzó una temperatura de 70 a 75 °C durante el proceso de secado; posteriormente, el secador con superficie selectiva mantuvo una temperatura de 50 a 55 °C.

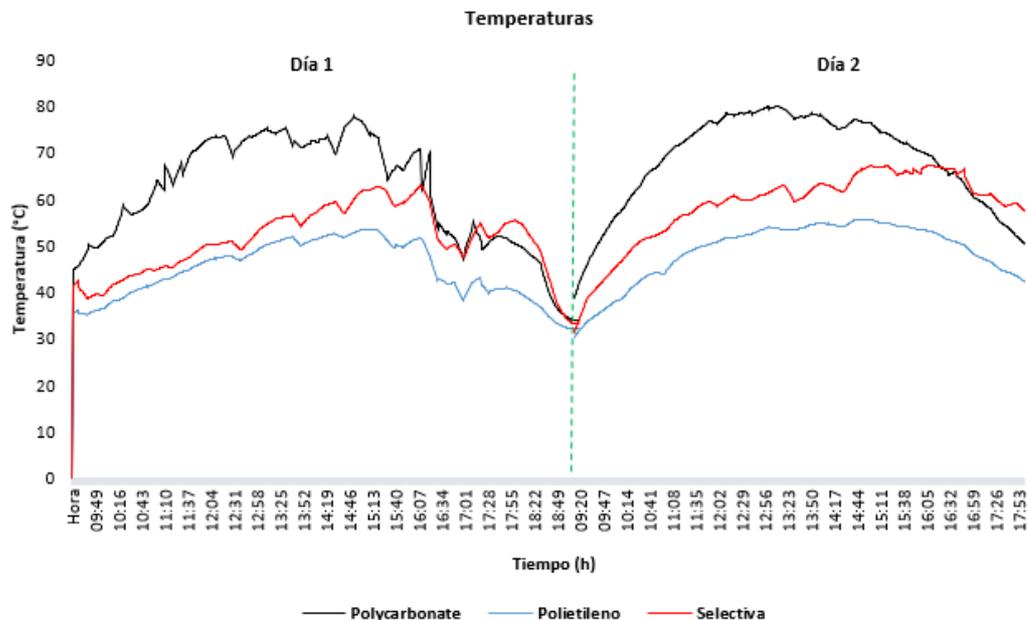


Figura 3. Temperaturas alcanzadas durante el proceso de secado solar de la flor de calabaza (*Cucurbita maxima*)

Finalmente, la temperatura alcanzada por el secador con cubierta de polietileno alcanzó temperaturas máximas entre 45 a 50 °C. Tales temperaturas influyeron directamente en el



Congreso Nacional de Secado,
Cocción y Refrigeración Solar
de Alimentos

21 al 25 de noviembre de 2022

tiempo de secado final de la flor de calabaza (*Cucurbita maxima*). El contenido de humedad final de la flor de calabaza fue de 3.15% (policarbonato), 3.03% (superficie selectiva), y 5.19% (polietileno); de igual manera, los niveles finales de actividad de agua fueron 0.276, 0.279, y 0.363, respectivamente.

Color

El color final del producto es un criterio de aceptabilidad para los productos deshidratados, algunos alimentos pierden color durante el proceso de secado debido a la oxidación de sus componentes una vez que están expuestos a la luz y al calor. De acuerdo a la Tabla 1, la menor diferencia de color se observó en las muestras de flor de calabaza deshidratada en el secador con superficie selectiva (12.88), seguida del secador con polietileno (13.38) y finalmente, el secador con superficie de policarbonato (17.24).

Tabla 1. Propiedades colorimétricas de la flor de calabaza deshidratada

Tipo de secador	Color			
	Luminosidad	Tonalidad	Cromaticidad	Diferencia de color
Policarbonato	49.11	82.84	37.8	17.24
Polietileno	50.22	63.68	61.03	13.38
Selectivo	61.08	70.86	57.51	12.88

De acuerdo a los niveles descriptivos presentados por Hii and Law [12], cuando los productos presentan niveles de 0 a 1.5 la diferencia con respecto al estándar es ligeramente diferente; cuando los niveles van de 1.5 a 3 la diferencia de color es notoria y los valores por arriba de 12 unidades presentan una diferencia de color muy obvia. En este caso, los valores obtenidos durante la experimentación se encontraron por arriba de las 5 unidades por lo cual la diferencia de color es alta.



Muestra fresca a) Policarbonato b) Polietileno c) Selectiva

Figura 4. Flor de calabaza deshidratada en secadores solares modificados: a) Policarbonato, b) Polietileno, c) Superficie selectiva



Congreso Nacional de Secado,
Cocción y Refrigeración Solar
de Alimentos

21 al 25 de noviembre de 2022

Conclusiones

Los resultados indicaron que el secador solar con superficie selectiva permitió obtener un producto con la menor diferencia de color respecto al inicial. mientras que el contenido inicial de humedad de la flor (95.22 %) se redujo a valores finales de 3.15 % en policarbonato, 5.19 % en polietileno y 3.03 % en óxido de titanio como recubrimiento. En conjunto con los demás datos obtenidos, se obtuvieron propiedades óptimas para el consumidor en los tres secadores; sin embargo, el secador de membrana selectiva mostró los mejores resultados.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del proyecto 352 “Tecnologías termosolares para el secado de alimentos y su integración en la agroindustria mexicana. Al proyecto de secado solar de productos agropecuarios PAPIIT IN103021, desarrollado en el laboratorio de secado solar del Instituto de Energías Renovables UNAM

Referencias

- [1] Newman, S. E., & O'Connor, A. S. (2009). Edible flowers. Colorado State University Extension.
- [2] Sotelo, A., López-García, S., & Basurto-Peña, F. (2007). Content of Nutrient and Antinutrient in Edible Flowers of Wild Plants in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(3), 133–138. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0053-9>
- [3] Ghosh, P., & Rana, S. S. (2021). Physicochemical, nutritional, bioactive compounds and fatty acid profiling of Pumpkin flower (*Cucurbita maxima*), as a potential functional food. *SN Applied Sciences*, 3(2). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04092-0>
- [4] Aquino-Bolaños, E. N., Urrutia-Hernández, T. A., López Del Castillo-Lozano, M., Chavéz-Servia, J. L., & Verdalet-Guzmán, I. (2013). Physicochemical Parameters and Antioxidant Compounds in Edible Squash (*Cucurbita Pepo*) Flower Stored under Controlled Atmospheres. *Journal of Food Quality*, 36(5), 302–308. <https://doi.org/10.1111/jfq.12053>
- [5] Luana Fernandes, Susana Casal, José A. Pereira, Jorge A. Saraiva & Elsa Ramalhosa (2020) An Overview on the Market of Edible Flowers, *Food Reviews International*, 36:3, 258-275, DOI: 10.1080/87559129.2019.1639727
- [6] Janjai, S., & Bala, B. K. (2011). Solar Drying Technology. *Food Engineering Reviews*, 4(1), 16–54. <https://doi.org/10.1007/s12393-011-9044-6>
- [7] Boyar, S., Dikmen, E., & Erbaş, S. 10 Drying of Edible Flowers. *Handbook of Drying of Vegetables and Vegetable Products*, 7, 195.
- [8] El-Sebaili, A. A., & Shalaby, S. M. (2012). Solar drying of agricultural products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 37–43.



21 al 25 de noviembre de 2022

[9] Mhd N, Zainuddin Z, Syahrman M, Zulkifle I, Fudholi A, Hafidz M, Sopian K (2021) Current status of solar-assisted greenhouse drying systems for drying industry (food materials and agricultural crops). Trends Food Sci Technol 114: 633-657. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.035>