

Deshidratado de zanahoria (*Daucus carota*) empleando secado solar.

Pérez Lozano L^a, Carrera Arellano E U^b, García González J M^{a,*}, Carranza Téllez J^a

- a. Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Programa Académico de Ingeniería Química. *Campus UAZ Siglo XXI*. Carretera Zacatecas- Guadalajara Km. 6. Ejido la Escondida. C.P. 98160. Zacatecas, México.
- b. Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Programa Académico de Maestría en Ciencia y Tecnología Química. *Campus UAZ Siglo XXI*. Carretera Zacatecas- Guadalajara Km. 6. Ejido la Escondida. C.P. 98160. Zacatecas, México. * jmgarcia@uaz.edu.mx

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo es deshidratar zanahoria de los municipios de Villa de Cos y Loreto del estado de Zacatecas, utilizando secadores solares de caseta que operan en convección libre o convección forzada. Mediante el uso del secador de caseta, se desea obtener un producto de alta calidad en tiempos aceptables, además, empleando energías alternas. Las variables determinadas en este estudio fueron; el tiempo y la temperatura de secado, la velocidad del flujo del aire en la convección forzada, el porcentaje de humedad retirada. El contenido de humedad del producto que se obtiene después de someterlo al secado fue de 10.96 %. El tiempo de secado en la operación por convección natural fue de 3.75 h y empleando convección forzada 4.5 h en promedio. La irradiancia medida durante el proceso fue de 569.9 W/m², la temperatura promedio en el medio ambiente fue de 18.51 °C, el porcentaje de humedad del aire empleado para el secado fue del 27.84 %, la presión barométrica fue de 774.96 mbar, la velocidad del viento donde se colocaron las casetas fue de 3.78 m/s y la dirección de este fue de 198.23°..

Palabras clave: Secado Solar, zanahoria, Propiedades Físicas

ABSTRACT:

The objective of this work is to dehydrate carrots from the municipalities of Villa de Cos and Loreto in the state of Zacatecas, using solar dryers that operate in free convection or forced convection. Through the use of the booth dryer, it is desired to obtain a high quality product in acceptable times, in addition, using alternative energies. The variables determined in this study were; the time and temperature of drying, the speed of air flow in forced convection, the percentage of moisture removed. The moisture content of the product obtained after drying was 10.96 %. The drying time in the operation by natural convection was 3.75 h and forced convection 4.5 h on average. The irradiance measured during the process was 569.9 W/m², the average temperature in the environment was 18.51 °C, the percentage of humidity of the air used for drying was 27.84 %, the barometric pressure was 774.96 mbar, Wind speed where the booths were placed was 3.78 m/s and the direction of this was 198.23°..

Key words: Solar drying, carrot, Physical Properties

Área: Frutas y hortalizas

INTRODUCCIÓN

La zanahoria (*Daucus carota*) pertenece a la familia de las Umbelíferas. Es una planta bianual cultivada por su raíz comestible, alargada y cónica. Es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo. Su consumo se ha extendido ampliamente, ya que actualmente se encuentra disponible en los mercados durante todo el año. Destaca por su contenido en caroteno y vitaminas A, B y C.

Actualmente existe un gran número de variedades de zanahoria, presentando una gran diversidad de formas, colores y fecha de cultivo. Todas estas variedades se agrupan en tipos, entre los que se encuentran Danvers, Imperator, Nantes, Touchon, Flakee, Amsterdam, París y Chantenay. El número de variedades cultivadas de zanahoria aumenta cada día debido a las variedades híbridas, formando un grupo muy diverso, tanto en tipos, formas, color y ciclo vegetativo.

El área de siembra anual de la zanahoria es de 1.2 millones de hectáreas. La producción es 36 millones de toneladas. El principal país productor es China con una participación superior al 45% del total mundial, le siguen Fed. Rusia

(4,9 %), EEUU (3,7%), Uzbekistán (3,4%), Polonia (2,5%), Ucrania (2,4%), Reino Unido (2%), el 36% restante se distribuye entre más de 100 países.

En México existen más de 13 mil hectáreas destinadas para su cultivo, en las cuales se obtienen alrededor de 331 mil toneladas de zanahoria al año, las cuales se producen en 21 estados de la República con un rendimiento de más de 27 toneladas por hectárea, dato que coloca a esta hortaliza dentro de la lista de los primeros 20 cultivos más importantes que se llevan a cabo en el país. Entre los principales productores de zanahoria que hay en el país destacan siete estados que en conjunto aportan el 67 por ciento del volumen total de lo que se produce en México, donde destacan Zacatecas, Puebla Guanajuato, Sinaloa, Baja California, Jalisco y el Estado de México, siendo los tres primeros estados los mayores productores. Por otro lado, el 33 por ciento restante se obtiene de otros estados como Coahuila y Chiapas. La zanahoria en México presenta un gran potencial, tanto en el mercado nacional que consume cerca de 80% de la producción en fresco, como en el de exportación, que se fundamenta en la calidad del producto, así como en las ventajas geográficas y climáticas (SAGARPA, 2017).

La zanahoria es una de los cultivos emergentes de mayor importancia en el estado de Zacatecas. Las principales áreas de cultivo están ubicadas en los municipios de Villa de Cos y Loreto. El ciclo de la hortaliza se inicia en febrero y la cosecha se generaliza en julio. El rendimiento por hectárea va de 90 a 100 toneladas (INIFAP, 2017). De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la cosecha para el ciclo primavera verano de 2017 fue de 5,302 toneladas.

Las zanahorias son unas hortalizas con propiedades antioxidantes, anticancerosas, antibacterianas, expectorantes, antisépticas y diuréticas que ayudan a proteger las arterias, potenciar la inmunidad, reducir el colesterol y prevenir el estreñimiento, además de limpiar los dientes y estimular la secreción de saliva. También ejercen un efecto limpiador sobre el hígado y el sistema digestivo, contribuyen a prevenir la formación de los cálculos renales y alivian la artrosis y la gota. Asimismo, las zanahorias mejoran la función mental y reducen el riesgo de sufrir cataratas, colesterol, degeneración macular y quemaduras solares nocivas, a la vez que aumentan la producción de melanina. Así pues, es un alimento excelente desde el punto de vista nutricional por su alto contenido en vitaminas y minerales, aunque el agua es su componente más abundante.

El producto natural, no procesado, es utilizado cocido en ensaladas frías, o en guisados, y se reduce una tendencia creciente a su uso en ensaladas crudas. En la agroindustria se le usa como materia prima para congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados y jugos (Krarup y Moreira, 1998).

Como producto deshidratado la zanahoria puede emplearse en la elaboración de sopas, en alimentos preparados y como alimento crudo o cocinado después de rehidratado.

El proceso típico de deshidratación de zanahorias se inicia con la selección de la materia prima, lavado, pelado y corte, luego se realizan pretratamiento al secado de los cuales pueden ser el escaldado y el sulfitado y por último se realiza el proceso de deshidratado (Rodríguez, 1994)

Para poder llevar a cabo la deshidratación de la zanahoria debe estar madura y tener un color intenso, uniforme y profundo.

El objetivo de este trabajo es deshidratar zanahoria mediante dos tecnologías de secado solar en un secador tipo caseta que opera en dos regímenes en convección libre y convección forzada. Lo anterior con el fin de comparar las dos tecnologías y presentar una propuesta alternativa al deshidratado convencional de la zanahoria.

El proceso de secado involucra simultáneamente transferencia de calor desde los alrededores a la superficie del producto que se seca en combinación con la transferencia de calor en el material, y la transferencia de masa desde el interior del producto a su superficie, seguido por el transporte externo de la humedad a los alrededores. Los parámetros del producto tales como las propiedades físicas (tamaño, densidad, etc.), contenido de humedad y el coeficiente de transferencia de masa entre el aire y los productos alimenticios varían durante el proceso de secado. Esto es influenciado por las condiciones externas al producto, tales como temperatura, humedad, velocidad del aire de secado y también por los cambios en la composición química y física de los productos alimenticios. El análisis energético del sistema para este estudio se basa en los datos de radiación obtenidos en la Estación Solarimétrica del

Campus UAZ Siglo XXI, ubicada a una Latitud de 22.77° N y Longitud de 102.64°W, a una altura de 2,440 m sobre el nivel del mar, con los cuales es posible conocer la energía disponible para llevar a cabo el proceso de secado (Méndez *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Como materia prima se utilizó zanahoria adquirida en el mercado de abastos de la ciudad de Zacatecas y es proveniente del municipio de Villa de Cos, Zac. Con grado de maduración similar, el contenido de humedad inicial de la zanahoria fue del 94.4 %.

Éstas se lavan y se rayan. Se colocan en charolas, con dimensiones de 34 cm x 27 cm. Las muestras se identifican, se numeran y se pesan. Para deshidratar la zanahoria se utilizó un secador solar de acrílico tipo caseta con grosor de 4 mm, con una base de 70 cm x 80 cm, con perforaciones para permitir la salida del aire húmedo. En la parte trasera central de la caseta se encuentra fijo un ventilador que funge como extractor del aire húmedo (diámetro de 9 cm). Las pruebas se realizan mediante convección natural y posteriormente se realizan con convección forzada con velocidades de salida del aire a 3.2 m/s.

La caseta se coloca con orientación al sur, se le añaden dos termopares. Se introducen las charolas con la zanahoria. De acuerdo a las dimensiones y al peso, se seleccionan las muestras más homogéneas para medir el contenido de humedad a lo largo del proceso. El porcentaje de humedad se mide tomando una muestra cada 15 min, posteriormente cada 30 min y finalmente cada 60 min con una balanza termogravimétrica Ohaus, modelo MB45, Al momento de tomar cada muestra se registra la temperatura en la caseta y se mide nuevamente las dimensiones y el color de la zanahoria. Se toman muestras hasta que ya no varíe el peso de estas

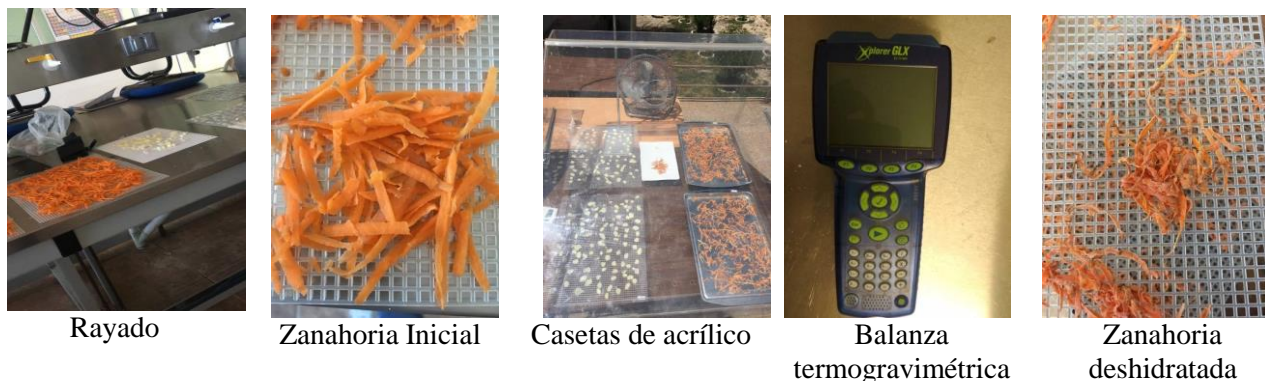


Figura 1. Materiales y equipos utilizados en el secado de zanahoria

Los datos de irradiancia global se mide mediante un piranómetro CMP 22 de Kipp and Zone, la temperatura y la humedad se determina con un termohigrómetro Vaisala de Cambell System, la velocidad y dirección del viento se mide con un sensor de viento Wind Sonic 4 SDI-12 y por último un barómetro Vaisala. Los datos se almacenan en un datalogger CR 3000 de Cambell System.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La irradiancia global medida durante la operación de deshidratado fue de 569.9 W/m², la temperatura promedio del medio ambiente fue de 18.51 °C, el porcentaje de humedad del aire empleado para el secado fue del 27.84 %, la presión barométrica fue de 774.96 mbar, la velocidad del viento donde se colocaron las casetas fue de 3.78 m/s y la dirección de este fue de 198.23°

En la Tabla I se muestran los principales resultados en el proceso de secado empleando la tecnología de secado solar por convección natural y convección forzada. El mezclado del aire dentro de la caseta en convección forzada disminuye la temperatura de operación, por consiguiente, se incrementa tanto el tiempo de secado, así como el % de humedad final del producto.

Tabla I. Resultados experimentales en los dos tipos de tecnología de secado solar

Tipo de Convección	Velocidad promedio del viento (m/s)	Temperatura de secado (°C)	Tiempo de secado (h)	% de Humedad Final	Irradiancia (W/m ²)
Natural		39.0	3.75	10.3	569.9
Forzada	3.2	34.4	4.50	10.9	569.9

La velocidad de secado en base seca se presenta en la Fig. 1, donde se observa el periodo de calentamiento o inestabilidad, así como, la zona de secado a velocidad constante y las zonas de velocidad decreciente. La línea azul representa la operación en convección natural y la línea naranja la operación en convección forzada.

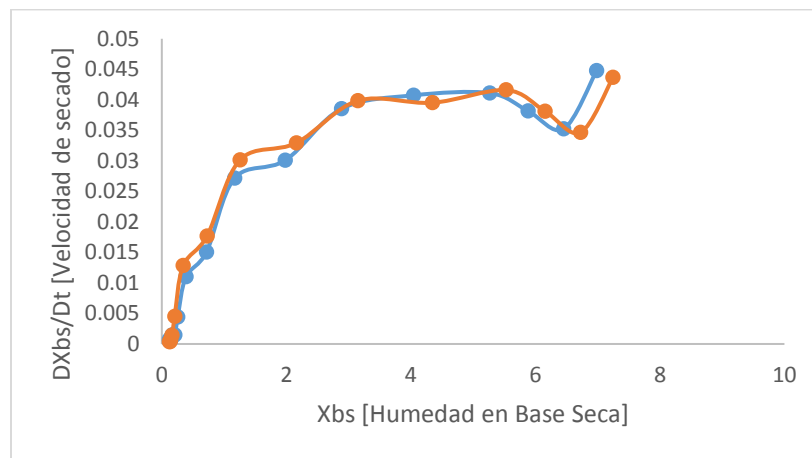


Figura 1. Velocidad de secado de zanahoria en las tecnologías solares de secado (azul convección natural y naranja convección forzada)

CONCLUSIÓN

El proceso de secado para incrementar el tiempo de anaquel es excelente aliciente para buscar alternativas de procesos limpios, económicos y sobre todo aprovechar con lo que cuenta el estado de Zacatecas, que es un potencial solar el cual puede ser utilizado para diferentes tecnologías de secado solar o en algunos casos procesos híbridos de deshidratado y de conservación de alimentos.

El tiempo de deshidratado es corto comparado con otros procesos, 3.75 h para el proceso de convección natural y 4.75 h para la operación en convección forzada. El contenido de humedad en el producto final genera la pregunta ¿Por qué no hay Norma Mexicana para el contenido de humedad de la zanahoria deshidratada?

Una de las aplicaciones que se le puede dar a la zanahoria deshidratada es; transformarse harina la cual puede ser rehidratada. Este proceso sería la siguiente parte de este estudio

BIBLIOGRAFÍA

Krupar, C. e I. Moreira; Hortalizas de estación fría. Biología y Diversidad Cultural (en línea), 1998. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago. http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498. Acceso: abril (2018).

Méndez Robles L.I., Carrera Arellano E.U., García González J.M., García Saldivar V.M. (2018) “Análisis de propiedades físicas en el deshidratado de Guayaba por medio de energía solar utilizando convección natural y forzada”. *Rev. Investigación y desarrollo en Ciencia y tecnología de Alimentos*. Vol. 3. pp 264-269

Rodríguez Sibaja A.M., Fito Maupoey P., “Cinéticas de deshidratación con aire caliente de zanahoria (*Daucus caroto*) en rodajas. *Revista en tecnología y Ciencia Alimentaria*. Vol 3. Nom 1-2. pp 1.

SAGARPA (2017) Producción de Zanahoria.

Velásquez Valle, R. y Reveles Torres L.R. (2017). La mancha púrpura de la zanahoria en Zacatecas; una nueva enfermedad. Folleto Técnico Núm. 85. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, pp 1.