

DESHIDRATACIÓN DE PERA EN FORMA DE RODAJA EN UN SECADOR SOLAR DIRECTO

DEHYDRATION OF PEAR IN THE FORM OF SLICE IN A DIRECT SOLAR DRYER

Tenorio- Reyes S.¹, Robles-Ramírez J.D.¹, Carrera- Arellano E.U.¹, García-González J.M.^{1*}, Carranza-Concha J.

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus Siglo XXI, Edificio E6, Carretera Zacatecas – Guadalajara Km. 6, Ejido la Escondida C.P. 98160 Zacatecas, Zac. México.

*Jmgarcia@uaz.edu.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es disminuir el contenido de humedad de pera (*Pyrus communis*) cortada en rodaja utilizando un secador solar directo. La pera seleccionada proviene del municipio de Genaro Codina, Zacatecas. La pera se lavó y se cortó en rodajas con diámetro de 0.078 ± 0.001 m y espesor de 0.003 ± 0.001 m, las cuales se pesaron, y se determinó el porcentaje de humedad inicial empleando una balanza termogravimétrica OHAUS MB45. Posteriormente se colocaron las rodajas de la pera en charolas de malla polimérica, luego se introdujeron dentro de los secadores solares tipo gabinete. Para

determinar las condiciones de operación a lo largo del proceso en los secadores se colocó un termómetro Checktemp 1, un termohigrometro Extech y un anemómetro de Professional Instruments, para medir la temperatura, porcentaje de humedad y velocidad del viento. Los parámetros promedio obtenidos de la Estación Solarimetrica Zacatecas_04 del SNE al realizar la deshidratación fueron: Radiación solar global: 532.23 W/m^2 , presión barométrica de 771.8 mbar, velocidad del viento de 3.52 m/s y dirección del viento 199.54° SO, humedad relativa fue de 13.1 %. En la operación de deshidratado, la humedad se redujo de un

79.98 % a 7.63 % mediante convección forzada y de 5.91 % mediante convección natural, tras 13.50 horas sol de secado.

Palabras clave: convección forzada, convección natural, deshidratado, secado solar.

ABSTRACT

The objective of this work is to decrease the moisture content of pear (*Pyruscommunis*) cut in slices using a direct solar dryer. The pear selected comes from the municipality of Genaro Codina, Zacatecas. The pear was washed and cut into slices with a diameter of 0.078 ± 0.001 m and a thickness of 0.003 ± 0.001 m, which were weighed, and the initial moisture percentage was determined using an OHAUS MB45 thermogravimetric scale. Later, the slices of the pear were placed in trays of polymeric mesh, then they were introduced inside the cabinet type solar dryers. To determine the operating conditions throughout the

process in the dryers a Checktemp 1 thermometer, an Extech thermohigrometer and a Professional Instruments anemometer were placed to measure the temperature, humidity percentage and wind speed. The average parameters obtained from the Solarimetric Station Zacatecas_04 of the SNE when carrying out the dehydration were : Global solar radiation: 532.23 W/m^2 , barometric pressure of 771.8 mbar, wind speed of 3.52 m/s and wind direction 199.54°SO , relative humidity was 13.1% . In the dehydration operation, the humidity was reduced from 79.98% to 7.63% by forced convection and 5.91% by natural convection, after 13.50 hours drying sun.

Keywords: forced convection, natural convection, dehydrated, solar drying.

INTRODUCCIÓN

El secado o deshidratación es una técnica de conservación de alimentos cuyo objetivo principal es extraer toda la

humedad posible del alimento. Desde años atrás se ha reconocido que los alimentos con mayor contenido en humedad son los menos perecederos, de tal manera que el control del contenido en agua es una herramienta para su conservación y facilidad para su transporte y almacenamiento. Al deshidratar las características que presenta el fruto disminuye el peso, el volumen, y alcanza una estabilidad microbiológica.

En la deshidratación existen cambios en el fruto que se deben considerar para que el producto ofertado cumpla con las características organolépticas requeridas. Hay varias técnicas para la deshidratación de alimentos, en específico y para este trabajo se utilizan dos en la cual el sol es la fuente de energía para el deshidratado: Convección natural (CN); y convección forzada (CF). La deshidratación por convección natural, consiste básicamente en colocar el fruto en un ambiente que

favorezca la evaporación del agua que contiene en su interior. Lo anterior es debido a que los frutos tienden a establecer una relación de equilibrio entre su humedad interna y la del ambiente que les rodea. El secado se da a partir de un flujo de aire calentado con la radiación solar, además contribuye al ahorro energético ya que el uso de energía solar reduce el consumo de combustibles fósiles y en la emisión de gases de efecto invernadero. El principal problema que se presenta en este proceso es el control de la temperatura a la que estará expuesta la materia prima. Para el proceso por convección forzada, se hace circular por algún medio mecánico aire sobre el fruto a deshidratar, lo lleva a un gasto de energía al utilizar un equipo extra a parte del secador. La principal ventaja es el control de temperatura y sobretodo del color del producto final.

Se considera que la pera es una buena opción para objeto de estudio por sus

características físicas y químicas, ya que el 83.81% de su composición es agua y el resto carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales, etc. En la **Tabla 1**, se presenta la información nutricional de la pera.

Tabla 1. Información nutricional de la pera por cada 100 g con piel (obtenida de: <https://www.botanical-online.com/peras.htm>).

Información nutricional	Valor por cada 100 g con piel
Grasa	0.40
Proteína (g)	0.39
Carbohidratos(g)	15.11
Fibra (g)	2.40
Potasio (mg)	125.00
Fosforo (mg)	11.00
Calcio (mg)	11.00
Cobre (mg)	0.113
Magnesio (mg)	6.00
Manganeso(mg)	0.076
Hierro (mg)	0.25
Zinc (mg)	0.12
Selenio (mg)	1.00
Vitamina c (mg)	4.00
VitaminaB1 (mg)	0.02
VitaminaB2 (mg)	0.04
vitaminaB6 (mg)	0.018
Vitamina A (UI)	20.00
Vitamina E (mg)	0.50

Gazcón *et al* (2006), deshidrataron pera de la variedad Williams empleando un horno para tal fin. Encontraron que la temperatura juega un gran papel para la coloración de la pulpa en el deshidratado,

y la máxima permisible es de 75 °C, el tiempo de deshidratado es de 8 h. Keqing (2004), deshidrató pera de la variedad Blanquilla mediante deshidratación osmótica. Sugiere que una temperatura de operación debe oscilar entre 20 °C a 40 °C, ya que a una temperatura mayor de 50 °C se modifican las características tisulares. El tiempo de secado encontrado fue de 13.1 h. Bueno (2017), implementó un controlador de temperatura para el secado de manzana, pera y piña, encontrando que la temperatura óptima era de 48 °C y el tiempo de deshidratación fue de 4.5 h. Bianchi *et al.* (2011), en su estudio utilizando deshidratación osmótica de pera de la variedad Packham's Triumph, encontraron una temperatura óptima de operación de 30 °C; los parámetros de color L* a* b*, y un tiempo de secado de 25 h.

El objetivo de este trabajo es disminuir el contenido de humedad de pera (*Pyruscommunis*) cortada en rodaja

utilizando un secador solar directo. La pera seleccionada proviene del municipio de Genaro Codina, Zacatecas

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se empleó pera de Genaro Codina, Zac., con una maduración homogénea. Primero se lavaron las peras y se cortaron en rodajas con un diámetro de $7.8 \times 10^{-2} \text{ m} \pm 1 \times 10^{-3} \text{ m}$ y un grosor de $3 \times 10^{-3} \pm 1 \times 10^{-3} \text{ m}$. Se colocaron en charolas de malla polimérica con dimensiones de 0.24 m por 0.342 m. Las charolas se enumeraron y se pesaron antes de colocar la fruta. El color fue medido al inicio de la operación y posteriormente cada hora hasta el término de la deshidratación, mediante un colorímetro TPM. Las charolas con la pera se pusieron dentro de un secador solar de acrílico con dimensiones de 0.74 m por 0.80 m de base y una altura frontal de 0.13 m y posterior de 0.40 m cuenta con perforaciones para así permitir la salida

del aire húmedo. Para la convección forzada, en la parte posterior de la caseta se colocó un ventilador para proporcionar el aire necesario para realizar la deshidratación, así como, para desplazar el que ya está humidificado. Las pruebas se realizaron en convección natural y forzada. La caseta se instaló con una orientación al sur. Se pusieron dos charolas con pera en cada una de las casetas tratando de que la deshidratación sea homogénea para que el resultado sea más favorable y reproducible.

Cada 30 minutos se obtiene una muestra de las casetas para pesarla y registrar para así poder saber cuánta humedad se está perdiendo, de igual forma se registró la temperatura interna de las casetas, mediante un termómetro Checktemp 1. Cada 60 minutos se registró el color de la muestra con el colorímetro TPM. Se midió la humedad al inicio de las pruebas, y al finalizar se realizó lo mismo y se promediaron para obtener la humedad

total perdida. En la determinación del porcentaje de humedad, se usó una termobalanza OHAUS MB45.

En el proceso de deshidratación de pera solo se tomaron en cuenta las horas en las que hubo sol, el secado no terminó en un solo día, por lo cual se tuvo que guardar las casetas para que al siguiente día se pudiera continuar con las pruebas. Las condiciones promedio del medio ambiente fueron: Radiación solar global: 532.23 W/m², presión barométrica de 771.8 mbar, velocidad del viento de 3.52 m/s y dirección del viento 199.54° SO, humedad relativa de 13.1%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que el color es una propiedad organoléptica importante, se revisó el cambio de coloración durante el proceso de deshidratación. Se utilizó el sistema CIElab para realizar la evaluación del color. El sistema trabaja en coordenadas tridimensionales, donde L es el eje

vertical, a y b son los ejes horizontales, en la **Figura.1**, puede observarse el sistema.

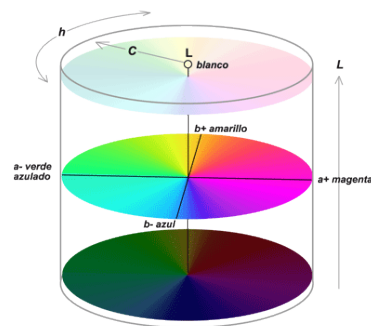


Figura. 1. Diagrama del sistema CIElab (obtenido de: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/36778_137321.pdf).

A partir de los valores que proporcionó el colorímetro, se obtuvo el cambio de color total utilizando como apoya la Ec. 1, donde ΔL es la diferencia de luminosidad, Δa es la diferencia entre rojo-verde y el Δb la diferencia entre amarillo-azul. El sentido de la desviación se indica con el valor y por el signo de las deltas individuales.

$$\Delta E = \Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2 \quad \text{Ec. 1}$$

Los resultados a partir del colorímetro indicaron que en la deshidratación de la

pera por conducción natural se fue oscureciendo conforme se incrementaba el tiempo de secado (**Figura. 2**). Por otra parte, en la convección forzada se mantiene el color de la fruta sin deshidratar (**Figura. 3**).



Figura. 2. Evolución del color en las rodajas de pera operando en convección natural.



Figura. 3. Evolución del color de las rodajas de pera operando en convección forzada.

En la **Tabla 2** se presentan los resultados que se obtuvieron en la deshidratación de la pera en secadores solares directos operando en convección natural y convección forzada. Para poder compararlo se empleó el mismo tiempo de deshidratado 13.50 h, se observa que el

porcentaje de humedad final que se alcanzó en la convección natural es menor que en la convección forzada, a diferencia de las temperaturas promedio que se alcanzan, ya que en la convección forzada es menor.

Tabla 2. Resultados de la deshidratación de rodajas de pera en convección natural y forzada.

Tipo de convección	T (°C)	t (h)	% H _{final}
Natural	37.89	13.50	5.91
Forzada	35.40	13.50	7.63

En la **Figura. 4**, se presenta el gráfico de la pérdida de humedad en base seca para la operación en convección natural y forzada.

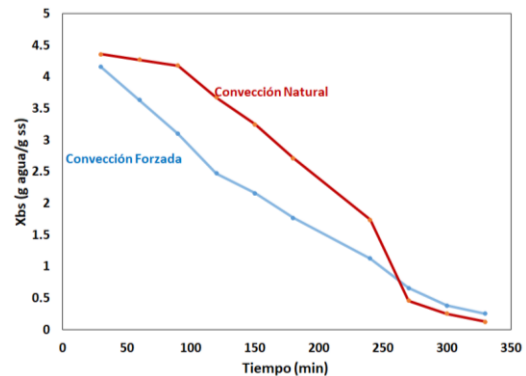


Figura. 4. Humedad en base seca en la operación por convección natural y forzada.

En la **Figura. 4** se puede observar que la

radiación solar recibida a lo largo de la operación de secado en la convección natural tuvo una gran influencia en el deshidratado de la pera, debido a que la temperatura que se alcanzó dentro del secador fue mayor que en el de convección forzada (el aire que se suministró en este régimen de operación proporcionó una distribución más eficiente de temperatura dentro del secador), deshidratando más rápidamente, hasta que comenzó a disminuir drásticamente (entre los 200 minutos y 300 minutos de operación) cuando atardecía.

En las **Figuras. 5** y **6** se observa la pérdida de peso en el tiempo de deshidratación en convección natural y convección forzada respectivamente. La curva característica de secado que se obtuvo en la convección forzada, fue debido a la influencia del flujo de aire suministrado, ya que, removía y retiraba el aire que se encontraba dentro del secador.

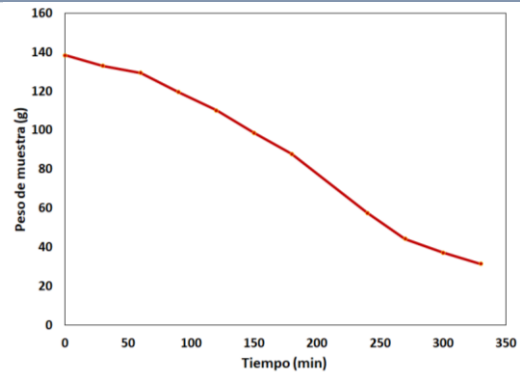


Figura. 5. Pérdida de peso con respecto al tiempo de secado por convección natural

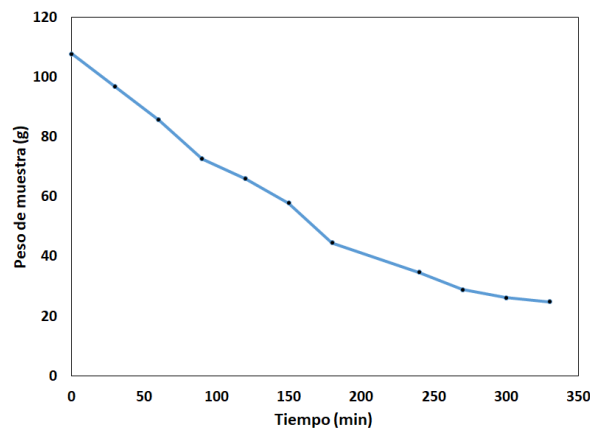


Figura. 6. Pérdida de peso de las rodajas de pera en operación en convección forzada.

CONCLUSIÓN

Se observa que la opción más asequible en cuanto a cuestión económica, es la convección natural, debido a que no requiere algún otro aparato aparte de la caseta. De acuerdo a las pruebas, también es la forma más eficiente en cuanto al secado de la pera; ya que por

este método la fruta presenta menos porcentaje de humedad. Aunque el problema se presenta en el color oscuro que se adquiere en la operación de secado. Por otro lado, también se observó que, mediante el método de convección forzada se conserva en mejor medida el color.

REFERENCIAS

- [1] Contreras Monzón, C.. "Influencia del método de secado en parametros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratada" (Tesis Doctoral). UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, Valencia. España 2006
- [2] Ortiz Quezada, M. J., Romo Cristerna, K. A., Carrera Arellano, E. U., Gracia Saldívar, V. M., García González, J. M., Carranza Concha, J.(2019) "Deshidratación de manzana Granny Smith a partir de dos tecnologías de secado". *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 4. 416-421.
- [3] 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" *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 3. 264-269
- [4] Gascón A., Muravnik N., Suliá P., Ventura L., Bressia C., D'Innocenzo S. (2006) "Tecnología de elaboración industrial de frutas y hortalizas deshidratadas" Universidad Nacional del Cuyo. 18-19
- [5] Keqing X (2004) "Optimización del secado por aire caliente de pera (variedad Blanquilla)". Tesis Doctoral. Valencia España.
- [6] Bueno T., F. (2017) "Desarrollo de un sistema de deshidratado de fruta de bajo costo mediante el control de temperatura para Pymes," Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- [7] Bianchi M., Guarnaschelli A., Milisenda P. (2011) "Deshidratación de frutas: Estudio de los parámetros de calidad" *Revista INVENIO* Vol. 14 No. 26. 117-1

