

## **Deshidratación de manzana Granny Smith a partir de dos tecnologías de secado**

**Ortiz Quezada M.J.<sup>a</sup>, Romo Cristerna K.A.<sup>a</sup>, Carrera Arellano E.U.<sup>b</sup>, García Saldívar V.M.<sup>a</sup>, García González J.M.<sup>a,\*</sup>, Carranza Concha J.<sup>a</sup>**

- a. Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Ingeniería Química, Campus Siglo XXI, Edificio E6, Carretera Zacatecas – Guadalajara Km. 6, Ejido la Escondida C.P. 98160 Zacatecas, Zac. México. Clave 32USU0007J Tel. 01 (492) 925 66 90 Ext. 4666
- b. Universidad Autónoma de Zacatecas, Maestría en Ciencia y Tecnología Química, Campus Siglo XXI, Edificio E6, Carretera Zacatecas – Guadalajara Km. 6, Ejido la Escondida C.P. 98160 Zacatecas, Zac. México. Clave 32USU0007J Tel. 01 (492) 925 66 90 Ext. 4666. \* jmgarcía@uaz.edu.mx

### **RESUMEN:**

El objetivo de éste trabajo es la deshidratación de la manzana Granny Smith a partir de dos tecnologías, convección natural (CN) y convección forzada (CF). El proceso fue mediante el uso de secadores solares de caseta, haciendo provecho del elevado potencial solar en Zacatecas. Una forma de procesar alimentos es la deshidratación, la cual consiste en retirar una gran cantidad de humedad presente. Los alimentos deshidratados conservan una gran proporción de su valor nutritivo original, siempre y cuando el proceso se realice en forma correcta. En el presente trabajo se deshidrató manzana en rodajas y en forma de cubos, ambos se deshidrataron por secado convectivo natural y forzado a una temperatura ambiente de 19.95°C. Dentro de la cámara de secado por CF se tuvo una temperatura promedio de 32.52°C, mientras que en la cámara para CN la temperatura promedio fue de 36.52°C. Se necesitaron 9 horas hasta peso constante en el caso de las rodajas, mientras que para los cubos fue necesaria 1 hora más. La irradiancia global medida durante el proceso fue de 585.95 W/m<sup>2</sup>.

Palabras clave: Convección, deshidratación, irradiancia, secado,

### **ABSTRACT:**

The objective of this work is the dehydration of the Granny Smith apple from two technologies, natural convection (CN) and forced convection (CF). The process was through the use of solar booth dryers, making use of the high solar potential in Zacatecas. One way to process food is dehydration, which involves removing a large amount of moisture present. Dehydrated foods retain a large proportion of their original nutritional value, as long as the process is carried out correctly. In the present work, apple was dehydrated in slices and in the form of cubes, both were dehydrated by natural and forced convective drying at an ambient temperature of 19.95 ° C. Inside the CF drying chamber, the average temperature was 32.52 ° C, while in the CN chamber, the average temperature was 36.52 ° C. It took 9 hours to constant weight in the case of the slices, while for the cubes it took 1 hour more. The overall irradiance measured during the process was 585.95 W / m<sup>2</sup>.

Key words: Convection, dehydration, irradiance, drying

Área: Frutas y hortalizas.

### **INTRODUCCIÓN**

La deshidratación es un método muy común y antiguo para la conservación de los alimentos. Existen algunos beneficios que conllevan a la deshidratación, como lo es evitar la actividad enzimática y el desarrollo de microorganismos, ya que la deshidratación genera una estabilidad microbiológica y química, una disminución en el peso y el volumen de la fruta, se puede almacenar y transportar por menores costos.

Durante la deshidratación se pueden llegar a perder nutrientes, todo esto dependerá de las condiciones en las que se lleve a cabo el proceso (Humedad en el ambiente, temperatura, velocidad de viento, etc.). Es importante que mientras se lleva a cabo el proceso de deshidratación, proteger el valor nutricional del alimento y sus características organolépticas (sabor, color, textura, olor). Cuando se restituya el contenido acuoso, se debe tener un producto con las características similares al que se tenía originalmente, ya que si se pierden las características más importantes el producto tendría menor valor.

Existen varias técnicas para la deshidratación de alimentos, ya sea de forma natural al sol (convección natural) o de forma mecánica (convección forzada).

La deshidratación solar consiste en la eliminación de la mayor parte de agua de un alimento mediante el secado a partir de un flujo de aire calentado con la radiación solar. Al igual que una deshidratación convencional, permite el fácil almacenamiento, transporte y manipulación del producto, así como contribuye al ahorro energético, ya que el uso de energía solar reduce el consumo de combustibles fósiles, genera un ahorro económico y en la emisión de gases de efecto invernadero. En cambio, la deshidratación de forma mecánica si hay gasto energético, económico, ya que, utiliza corrientes de aire generadas con un ventilador para que el proceso de deshidratación sea acelerado.

La manzana es una buena opción como objeto de estudio debido a sus características físicas, organolépticas y también por su gran valor nutritivo. Está compuesta mayormente por agua (85%), seguido de carbohidratos (12%) proteínas (0.3%) y macronutrientes como vitaminas, minerales, enzimas, entre otros.

La Granny Smith o manzana verde, es una manzana creada artificialmente, se creó que proviene de la hibridación entre las especies *Malus doméstica* y *M. sylvestris*. Se caracteriza por su color verde luminoso, son crujientes, jugosas, ácidas y son excelentes para ensaladas ya que no se oxidan tan rápido como otros tipos de manzana.

Tabla 1. Valor Nutricional de la manzana por cada 100 g/ con piel

Información Nutricional	Valor por cada 100 g/ c piel
Carbohidratos	13.82g
Grasas	0.17g
Proteínas	0.26g
Tiamina (vit. B <sub>1</sub> )	0.017 mg (1%)
Riboflavina (vit. B <sub>2</sub> )	0.026 mg (2%)
Niacina (vit. B <sub>3</sub> )	0.091 mg (1%)
Ácido pantoténico (vit. B <sub>5</sub> )	0.061 mg (1%)
Vitamina B <sub>6</sub>	0.041 mg (3%)
Ácido fólico (vit. B <sub>9</sub> )	3 µg (1%)
Vitamina C	4.6 mg (8%)
Calcio	6 mg (1%)
Hierro	0.12 mg (1%)
Magnesio	5 mg (1%)
Fósforo	11 mg (2%)
Potasio	107 mg (2%)
Zinc	0.04 mg (0%)

El objetivo de este trabajo es deshidratar manzana Granny Smith, esto mediante el uso de secadores solares de caseta. Los beneficios resultantes fue el incremento del costo en la venta del producto, mayores ganancias para el productor, aumento en el tiempo en la vida de anaquel del producto.

Para que se llevará a cabo el proceso de secado, se produjo una transferencia de calor entre los alrededores y la superficie del producto que se desea secar, en este caso la manzana, y al mismo tiempo ocurría una transferencia de masa desde el interior del producto hasta su superficie, dando paso al transporte de la humedad que estaba siendo retirada, a los alrededores. Como resultado del proceso, se produjeron variaciones en los siguientes parámetros: Contenido de humedad, coeficiente de transferencia de masa entre el aire y la manzana, parámetros físicos (tamaño, color, densidad, etc.). Los factores que se analizaron para que el secado se produjera en la forma correcta, fueron la velocidad del viento o aire de secado, temperatura, humedad. Un factor no menos importante que se tomó en cuenta fue la energía disponible, para poder poner en práctica el proceso se llevó a cabo un análisis energético del sistema, este se hizo a partir de los datos obtenidos de la Estación Solarimétrica que se encuentra instalada en el edificio E6 perteneciente al programa de Ingeniería Química, en el Campus UAZ Siglo XXI, en Zacatecas, Zac. (Méndez, *et al*, 2018)

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se emplea manzana fresca Granny Smith con una maduración prácticamente similar. Primero se lavaron las manzanas y se rebanan en rodajas de diámetro promedio de  $6.8 \pm 0.1$  cm y espesor de  $0.26 \pm 0.3$  cm y también se partieron en cuadritos con volumen de  $2.182 \pm 0.1$ . Se colocaron en charolas de  $27 \times 34$  cm de polímero color rosa tenue. Las charolas se enumeran y se pesan. El color es medido con un colorímetro TPM, desde el inicio y durante cada hora todo el tiempo de deshidratado en coordenadas de  $L^*a^*b$ , para así convertirlas en coordenadas RGB.

Para deshidratar la manzana se utilizó un secador solar de acrílico tipo caseta con grosor de 4 mm, con una case de  $70 \times 80$  cm, cuenta con perforaciones para permitir la salida del aire húmedo. En la parte trasera al centro se encuentra un ventilador fijo que tiene la función de extraer el aire húmedo (diámetro 9 cm). Las pruebas se realizaron de manera natural y forzada, para ésta última se instaló un ventilador alterno con velocidad promedio de 3.23 m/s.

La caseta es colocada con orientación al sur y se coloca un termopar en cada una. Se colocan las charolas con las muestras, dos charolas con muestra en forma de rebanada y dos en forma de cubos en casa caseta, intentando que las muestras sean homogéneas para un mejor resultado de contenido humedad a lo largo del proceso.

Cada 30 minutos se saca la muestra se la caseta para pesarla en una balanza, para así saber cuánta humedad están perdiendo, se toma la temperatura a la que están las casetas (xplorer glx, ps-2002, pasco) y se registra la velocidad con un anemómetro (LM-8010), cada 60 minutos se registra el color de la muestra con un colorímetro TPM. Se midió la humedad al inicio de tres muestras, al finalizar se hizo lo mismo y se promediaron.

En la deshidratación de la manzana solo fueron consideradas las horas solares, el secado no concluyo en un solo día solar, por lo tanto, se guarda la caseta con la muestra adentro y al día siguiente se continua con el secado al momento que las horas del sol comiencen.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El color es un elemento importante en el proceso de deshidratación, la que se utilizó para medir el color de las muestras fue la colorimetría. En la determinación de color de alimentos se utiliza el sistema CIELab, trabaja con un sistema tridimensional, donde L es el eje vertical, y a y b son los ejes horizontales.

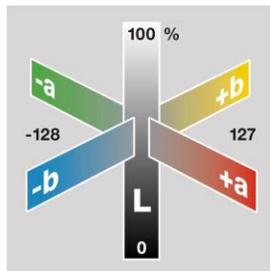


Figura 1. Diagrama representativo del Sistema CIELab.

La diferencia en claridad está indicada por  $\Delta L$ , la desviación del punto aromático rojo-verde es  $\Delta a$  y la desviación amarillo-azul es  $\Delta b$ . Por los valores que proporciona el colorímetro es posible calcular el cambio total del color ( $\Delta E$ ) mediante la Ec. 1, este valor determina la diferencia entre las muestras analizadas. El sentido de la desviación se indicará con el valor y por el signo de las deltas individuales ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ )

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

En el análisis colorimétrico indica que la conducta en la deshidratación de manzana por convección natural se oscurece en ciertas zonas, en cambio, por convección forzada pasa lo contrario, la manzana se aclara o su color permanece constante pero sin oscurecerse. También se tomó en cuenta que al medir el color en ocasiones se hacía de zonas diferentes, por lo tanto la variación en la coloración no fue constante.

En las Figs (2)-(3), se muestra como fue cambiando la coloración de las rodajas de la manzana conforme avanzo el tiempo de secado en las dos tecnologías de secado solar.



Figura 2. Evolución del color de la manzana conforme se alcanzaba el producto final deshidratado en la tecnología de secado solar con convección natural



Figura 3. Evolución del color de la manzana conforme se alcanzaba el producto final deshidratado en la tecnología de secado solar con convección forzada

Se puede observar en la Tabla II, que la temperatura en el interior de la caseta por convección natural, es mayor a la forzada, como consecuencia el porcentaje de humedad aumentó, aunque insignificadamente respecto a la convección forzada.

**Tabla II.** Resumen de los resultados obtenidos en la deshidratación de manzana mediante las dos tecnologías de secado solar

Tipo de convección	Velocidad Promedio (m/s)	Temperatura interior (°C)	Tiempo de secado (h)	% de agua retirada	Irradiancia(W/m2)
Natural		36.53	9	73.27	585.9
Forzado	3.29	32.03	9.3	72.99	585.9

De acuerdo con la Fig. 1., se observa que el porcentaje de humedad para la convección natural y la forzada es muy similar, no existe mucha variación entre el comportamiento de ambas, por lo tanto se puede suponer que para la este trabajo de deshidratación, las dos tecnologías de secado son convenientes. Aunque la deshidratación por convección natural es más viable, ya que no usa un ventilador alterno y por lo tanto no habría un gasto de energía innecesaria.

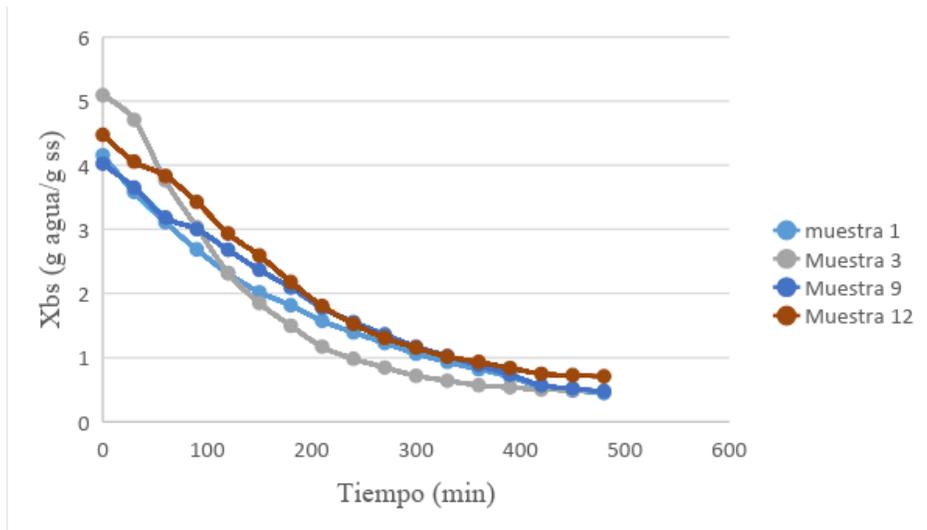


Figura 4. Humedad en base seca.

En la Figura 5. Se muestra que la deshidratación por convección forzada para las rebanadas tiene un mejor comportamiento.

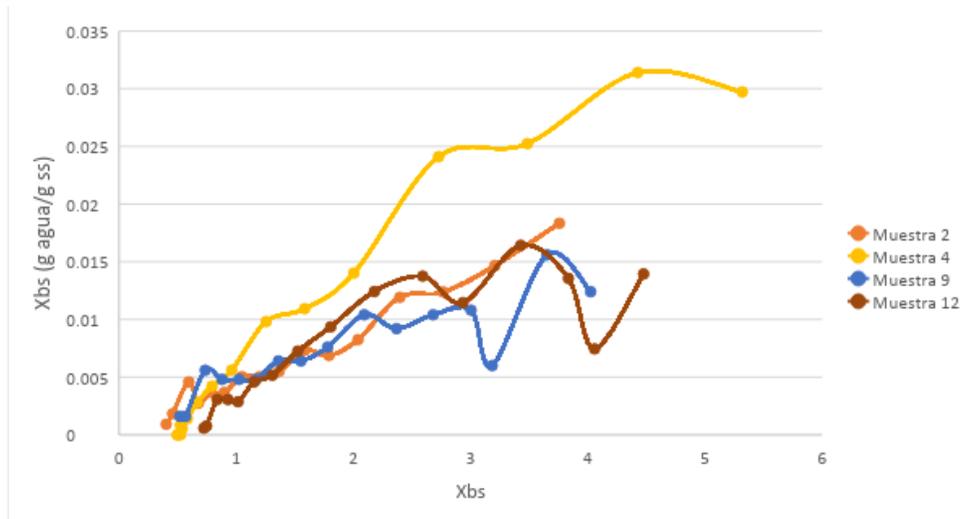


Figura 5. Velocidad de deshidratación.

En las Fig 6., podemos observar que la pérdida de peso es proporcional al tiempo de secado para cada una de las muestras, lo cual nos indica que la pérdida de peso se da de manera homogénea en toda la caseta.

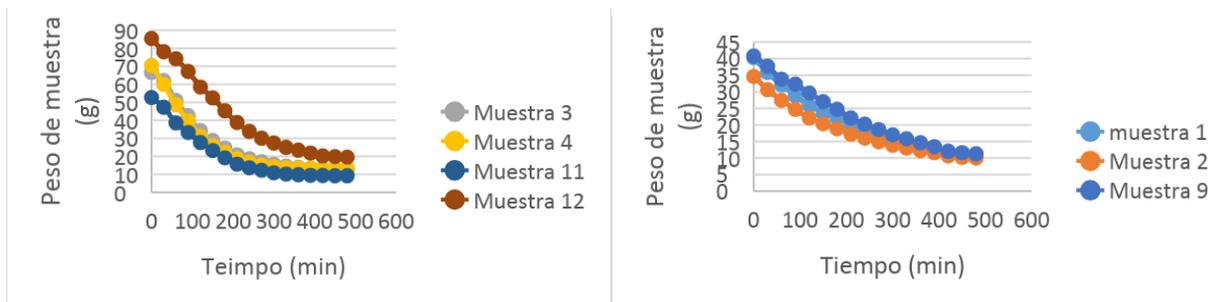


Figura 6. Pérdida de peso respecto al tiempo de secado.

## CONCLUSIÓN

Debido a que se llevó el proceso al mismo porcentaje de humedad y en la misma cantidad de tiempo, para este estudio se llegó a la conclusión de que la temperatura y saturación del aire en el interior de la caseta no fueron factores importantes en cuanto a la deshidratación de la manzana. Mientras que en la coloración si hubo variación con respecto a las dos tecnologías de secado aplicadas. Por lo tanto, si no es de gran importancia la coloración del producto, podemos decir que la mejor opción de secado es la deshidratación por convección natural, ya que, no conlleva a un gasto extra de energía y equipos.

La cantidad total de agua eliminada del producto no varía con respecto a las dos tecnologías de secado aplicadas. Se necesitaría evaluar el fenómeno con una velocidad de flujo de aire más elevada con respecto a la deshidratación por convección forzada, esto con la finalidad de ver si mejora o se mantiene.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, J, (2012), «*Métodos de conservación de alimentos* », edit. Eugenia Buendía López, Ed. Red Tercer Milenio, 1a. ed., pp. 192, ISBN-978-607-733-150-6.

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

Valencia C. S. Y.; Rodríguez H. L. F. y Giraldo P. G. A. (2011), Cinética de la deshidratación y control de la oxidación en manzana Granny smith, mediante la aplicación de diferentes métodos de secado, Tumbago, | 6 | 7 – 16.