



Estudio experimental de la deshidratación de tomate verde (*Pysalis ixocarpa brot*) utilizando un secador solar de tipo directo

Experimental study of Green tomato dehydration (*Pysalis ixocarpa brot*) using a direct type solar dryer

¹ Roxana Berenice Recio Colmenares, ¹ Carolina Livier Recio Colmenares, ³ Isaac Pilatowsky Figueroa

¹Departamento de Estudios del Agua y la Energía, CUTONALA, Universidad de Guadalajara, Avenida Nuevo Periférico No. 555, Ejido San José Tatepozco, Tonalá, Jalisco, 45425, México.

³Posgrado en Ingeniería, Área Energía, y Coordinación de Refrigeración y Bombas de Calor Instituto de Energías Renovables, UNAM. Cerrada Xochicalco s/n Colonia Centro, C.P. 62580 Temixco, Morelos.

Resumen

El tomate verde (*Pysalis Ixocarpa Brot*), conocido también con los nombres de tomatillo, tomate de cáscara, miltomate, etc., es muy apreciado en la gastronomía de muchos países como Guatemala, Colombia, Chile, Brasil, España, Polonia, Estados Unidos, Israel Sudáfrica, India, Australia y principalmente en México, en donde ocupa el 4º lugar como la verdura más consumida en el país. A nivel nacional se producen 8 tipos: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla. Además de sus propiedades culinarias, tiene propiedades nutrimentales con un alto contenido de vitaminas, principalmente A, C, y de Potasio y otros minerales. Se le atribuyen propiedades medicinales. En este trabajo se realizó un estudio experimental conducente a conocer el potencial de este producto en estado deshidratado, a través de un análisis de las cinéticas de secado en un dominio de temperaturas de 40, 50 y 60 °C, bajo condiciones controladas, así como las

cinéticas de deshidratación utilizando un secado solar tipo directo (directo) con funcionamiento pasivo (convección natural) y activo (convección forzada). Se analizó la influencia de la temperatura sobre la cinética de secado con velocidad de aire establecida de 2 m/s. Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Secado Solar del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizado en la Ciudad de Temixco ubicado a 18º 51´ de L.N. y 99º 14´ L.O. a 1280 msnm. Durante el período de pruebas, la irradiancia solar varió entre 526 y 1083 W/m². Con la tecnología de secado solar tipo directo se obtuvieron humedades finales entre el 7 y el 8.5% para convección natural y 9 y el 13% para convección forzada. Los tiempos de secado de entre 13 y 13.5 horas y entre 13 y 14 horas con convección natural convección forzada respectivamente.

Palabras clave: deshidratación de tomate verde tomate verde con cascara, secado solar.

Abstract

Green tomato (*Pysalis ixocarpa Brot*), also known by the names of tomatillo, tomatillo, miltomate, etc., is very popular in the cuisine of many countries such as Guatemala, Colombia, Chile, Brazil, Spain, Poland, United States Israel South Africa, India, Australia and mainly in Mexico, where ranks 4th as the most consumed vegetable in the country. In Mexico, eight types of green tomato are produced: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca and Puebla. In addition to its culinary properties, has nutritional properties with a high content of vitamins, especially A, C and potassium and other minerals. Medicinal properties as a preventive of cáncer (chemoprevention), treatment of headaches, stomachaches, sore throat, diabetes, facial dryness and aging, alopecia, etc., were attributed. In this work an experimental study was conducted in order to know the potential of green tomato dried, through an analysis of the drying kinetics in a domain of temperatures of 40, 50 and 60 ° C, under

1. Introducción

El tomate de cáscara El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot.*) también conocido como tomate verde o tomate de fresadilla, es una especie nativa de México y Centroamérica, actualmente es uno de los cultivos hortícolas más importantes de México, ocupando el cuarto lugar entre las hortalizas en superficie sembrada 48 475.17 ha. (SIAP-SAGARPA, 2011). La importancia adquirida por éste cultivo es debido al aumento significativo en el consumo per cápita (4.5 kg) a nivel nacional, así como al aumento de la exportación a los Estados

controlled conditions and kinetics of dehydration using direct solar drier type cabinet, with passive operation (natural convection) and active (forced convection). The influence of temperature on the kinetics of drying air rate set 2 m/s was analyzed.

The experimental tests were carried out in the Laboratory of Solar Drying of the Renewable Energy Institute of the National Autonomous University of Mexico, located in the City of Temixco, located at 18 ° 51' LN and 99 ° 14' L.O. at 1280 m. During the testing period, solar irradiance varied between 750 and 900 W/m², and the maximum temperatures between 28 and 33 °C. Powered by direct solar drying, the final moisture between 7 and 12% and drying times of between 25 and 30 hours with natural convection and between 27 and 32 hours with forced convection were obtained.

Key words: Tomato green dehydration green tomato with peel, solar drying.

Unidos de Norteamérica y Canadá. Además de México, el tomate de cáscara se cultiva en Guatemala, Colombia (Bukasov,1963), Polonia, Rusia (Bock et al., 1995), sureste de los Estados Unidos, Israel y Sudáfrica, la región de Rajasthan en la India, Australia, Kenia, África, las Bahamas, Puerto Rico, Jamaica, Inglaterra y Taiwán. Después de México los países más importantes en el cultivo de ésta especie son Nueva Zelanda, Australia, África, Kenia e India. A pesar de existir amplia variabilidad genética tanto en el tomate silvestre como en el domesticado (Santiaguillo et al., 2004), el rendimiento medio nacional es de 15.58 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2011), el cual es considerado



bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 40 t ha⁻¹, la causa de los bajos rendimientos es el uso de sistemas de producción tradicionales, uso de variedades nativas de bajo potencial productivo, técnicas de producción ineficiente y problemas de comercialización derivados de la sobreoferta del producto en algunas épocas del año. El tomate verde, pertenece al menos a las 19 especies de *Physalis* que se consume su fruto. A pesar del número elevado de especies reconocidas en el género solo *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem., *P. alkekengi* L., *P. grisea* (Waterf.) Martínez, *P. peruviana* L. y *P. angulata* L., se cultivan para su aprovechamiento (Santiaguillo et al., 1997). La variabilidad genética del tomate de cáscara se agrupa en ocho tipos o razas: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla (Ayala et al., 1992). Dentro del género *Physalis*, se ha estimado que existen alrededor de 80 especies, las cuales se encuentran confinadas principalmente en zonas templadas y semicálidas de América, con unas cuantas especies en el este de Asia, India, Australia y África Tropical (Ledezma 1994). Montalvo (1996) señala que entre las características que diferencian una raza de otra se encuentran: hábito de crecimiento, ciclo reproductivo y rendimiento, color, tamaño, forma y firmeza de fruto, rasgos del cáliz y número de semillas por fruto. La especie *Physalis Ixocarpa*, Brot, es originaria de México (en donde existe una diversidad de variedades nativas cultivadas) y se localiza en forma silvestre en una franja que va desde Guatemala hasta California. En México se han reportado 70 de las especies conocidas en el mundo, siendo *Physalis Ixocarpa*, la única que se cultiva comercialmente (Ibidem,

1994). Propiedades nutrimentales El contenido de humedad del tomatillo es de aproximadamente 92%, y en base al contenido de materia seca tiene 11 % de proteína, 18 % de grasas, 13% de ceniza y 5% de la fibra alimenticia total, 53 % de carbohidratos, el contenido calórico fue de 31 Kcal/100g y el pH fue de 3.76 (Bock et al.,1995). Es una fuente de vitaminas: A, Riboflavina, Niacina y sobre todo de Vitamina C (ácido ascórbico). En cuanto al contenido de minerales (mg), Calcio 22, Fósforo 11 y Hierro 2.9. El contenido de vitamina C es variable aun en las mismas variedades de frutas y verduras, donde el estado de madurez durante la cosecha es unos de los factores que determinan en mayor proporción la calidad de frutas y hortalizas (Lee y Karder, 2000) así como las condiciones climáticas y de manejo durante la pos cosecha (Lamikandra y Watson, 2001). La clorofila, al ser el compuesto primario del color (Wills et al., 1998), es la que en primera estancia se encuentra expuesta a la degradación por factores ambientales como la luz y la temperatura. Los compuestos denominados secundarios y protectores, inician su aparición generando coloración amarillenta o rojiza, que en este caso concuerda en lo que ocurre en tonalidad y cromaticidad. Propiedades medicinales Se ha sugerido que los productos químicos extraídos de los tomatillos, como el ixocarpalactone A, son potentes inductores de la reductasa quinona, sugiriendo una posible actividad quimoprotectora. Estos descubrimientos sugieren que los químicos presentes pueden tener propiedades quimiopreventivas al cáncer de colon (Choi et al., 2006). Se señala también que las hojas y los frutos son útiles en el tratamiento de cefalea y dolor estomacal; el fruto untado con



sal sirve para curar parotiditis (enfermedad conocida como paperas), mientras que el zumo tiene propiedades curativas contra la faringitis. Los cálices cocidos parecen tener cualidades medicinales; además si se aplica en compresas sobre el rostro puede combatir la resequeidad y envejecimiento facial, la infusión de cálices se usa para evitar la alopecia; el jugo del fruto alivia postemas de nariz, dolor estomacal y corrige la gastroenteritis; los frutos asados atenúan las molestias que provocan las hemorroides al frotarlos sobre la parte afectada. En un estudio realizado en tomate de cáscara púrpura (*P. ixocarpa*) se encontró que la actividad antioxidante de los genotipos de tomatillo color púrpura presentaron entre 16 y 90%, además estos resultados mostraron una correlación no lineal entre los compuestos bioactivos (fenólicos totales o el contenido de antocianinas) y la capacidad antioxidante en los genotipos evaluados. Indicando que el tomatillo es una fuente importante y segura de compuestos antioxidantes. Estas frutas podrían ser utilizadas para el consumo directo como ensaladas o como extractos para aumentar el valor nutritivo de diferentes alimentos (González et al., 2011). En nuestro país se emplean los frutos tradicionalmente para la atención de problemas respiratorios y dolor de amígdalas, tosferina y tos. En cocimiento junto con semillas de tamarindo para la tos. Asado se aplica como cataplasma lo más caliente posible en las amígdalas inflamadas. Machacado y colado se obtiene un jugo que se utiliza para el dolor de oídos. Otros usos reportados de sus hojas y frutos son: afecciones digestivas, bilis, inflamación del estómago, calvicie, caspa, presión arterial alta, diabetes y vista. El tomate verde tiene

potenciales propiedades antibacterianas, anticancerígenas e hipoglucemiantes. Se podrían obtener antibióticos contra enfermedades de origen bacteriano. A pesar del gran cultivo nacional solo se consume el fruto y el resto de la planta se desperdicia, sin embargo ésta contiene al menos una decena de compuestos, que podrían ser de alguna utilidad.

El término nutritivo es relativamente fácil de cuantificar puesto que se conocen todos los nutrientes importantes y sus efectos están bien definidos (Yanza et al., 2012). Además, existe sólo un número limitado de nutrientes. La cubierta del tomate es rica en compuestos llamados acilsacarosas, formados por el azúcar común de mesa pero esterificada con ácidos grasos. Estos resultados preliminares indican que los tetraploides de *Physalis Ixocarpa*, se pueden utilizar para obtener genotipos con propiedades antioxidantes mejoradas. Producción de tomate verde en México El tomate de cascara se encuentra en un rango altitudinal amplio que va de los 10 hasta los 2 600 msnm; la superficie cultivada en el país oscila alrededor de 15 000 hectáreas. El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) tiene importancia nacional, porque se cultiva en 27 de los 32 estados de la República Mexicana y sólo cuatro hortalizas lo superan en superficie: papa (*Solanum tuberosum*), jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), chile (*Capsicum annum*) y cebolla (*Allium cepa* L.). El incremento en la superficie cosechada se inició principalmente en la década de los setentas, debido a un aumento significativo en el consumo per cápita a nivel nacional (3.5 kg actualmente) así como a la exportación hacia los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, principalmente, a partir de la década de los ochentas. La situación anterior ha

80

motivado cambios significativos en la distribución del cultivo; por ejemplo, el Estado de Sinaloa, que no producía tomate de cáscara hasta antes de los ochentas, en 1993 fue el principal productor. El rendimiento promedio nacional de 11.49 t .ha⁻¹ en 1993 es bajo en relación con su potencial productivo, que se estima en 40 t. ha⁻¹ (Peña et al., 1997), lo que indica que es indispensable incrementar tanto la investigación básica como la tecnológica en este cultivo (Peña, 2001). Hace cerca de 10 años en México se comenzó a industrializar el tomate, y en la actualidad se estima que la agroindustria procesa 600 toneladas anuales, de las cuales el 80% se exporta a Estados Unidos como tomate entero, sin cáliz y enlatado, y el resto se destina a la elaboración de salsas envasadas para el mercado interno. Está adquiriendo importancia como cultivo introducido en California, como resultado de la creciente popularidad de la comida mexicana en Estados Unidos de Norteamérica. En el análisis bibliográfico efectuado no se encontraron antecedentes de otras formas de industrialización o conservación. En este trabajo se propone un estudio sobre la factibilidad de la deshidratación del tomate verde para su consumo directo y como medio de conservación, como una opción alternativa de su comercialización. Para tal efecto se propone el análisis de las cinéticas de secado en diferentes condiciones de temperatura 40, 50 y 60 °C, bajo condiciones controladas y cinéticas de secado desarrolladas con secadores solares del tipo directo (calentamiento directo del producto), funcionando a convección forzada y natural del aire.

2. Metodología

El tomate verde, se seleccionó de acuerdo al color, y tamaño, procurando la uniformidad. No se le dio ningún pretratamiento, sólo el de limpieza, lavado y corte. Se cortaron en rebanadas de aproximadamente 4 mm de espesor, las cuales se distribuyeron de manera uniforme en la superficie de las charolas de secado, formando una sola capa. Métodos de secado Para el análisis de la cinética de deshidratación del producto, se utilizó una cámara de secado con control de temperatura y de velocidad de aire y un secador solar tipo directo, (SSG), de calentamiento solar directo, construido enteramente de material plástico transparente con circulación natural y forzada de aire. Secador con condiciones controladas El secador de condiciones de operación controladas (SCC), está formado de un sistema de calentamiento eléctrico con una potencia de 4.5 kW, lo que permite un rango de temperaturas entre 25 y 80 °C y la circulación del aire se realiza mediante un inyector de aire con una potencia de 1/20 HP y flujo máximo de 450 m³/h de aire, obteniéndose un dominio de velocidades de aire entre 0.5 y 4 ms⁻¹. El aire puede circular por arriba, por abajo o por ambos lados de la bandeja de secado. La temperatura a la entrada de la cámara se registró por medio de un sensor PT1000 bajo un control de un control proporcional derivativo integral, PID (por sus siglas en inglés). La figura 1, presenta una vista del secador (SCC).



Figura 1. Vista general del secador con condiciones controladas de operación.

Las rebanadas de tomate se colocaron en la charola del deshidratador en donde se seleccionaron al azar y se identificaron para el seguimiento de la pérdida de peso. El peso se registró por medio de una balanza portátil con una capacidad máxima de 320g, marca Ohaus modelo HH320, con una resolución de 0.1g. Para la determinación de la humedad se utilizó un analizador de humedad marca Ohaus modelo MB-45 con una capacidad de 200g y una sensibilidad de 0.001g. Para la medición de la velocidad del aire al interior de la cámara se utilizó un termo-anemómetro Extech con una temperatura de operación de 0 °C a 50 °C, y en un dominio de velocidad de 0.30 a 45.00 m/s con una resolución de ± 0.01 m/s. Procedimiento experimental En la cámara de secado se estableció para el análisis de las cinéticas un dominio de temperaturas controladas de 40, 50 y 60 °C ± 0.5 , bajo un régimen de circulación forzada a una velocidad máxima promedio de 2 m/s ± 0.2 . Se determinó la cinética de secado de tomate verde en un secador de condiciones de operación controladas (SCC), obteniéndose un dominio de velocidades de aire entre 1 y 2 m/s tipo indirecto la cámara cuenta con a) conexión del moto-ventilador

b) una cámara de material plástico transparente c) una charola de metal ennegrecida con unas aberturas a los extremos para facilitar el flujo de aire con la finalidad de ver el efecto que tiene la variación de la velocidad de aire en la cinética de secado, extrayendo la humedad del alimento y saliendo a una menor temperatura y mayor humedad a través de la respectiva apertura localizada en el otro extremo de la cámara. Secado solar de directo El secador solar de directo (SSD), consiste en una cámara construida de acrílico transparente, con perforaciones en la base y en las partes laterales para permitir la circulación del aire caliente y húmedo hacia el exterior, sea por medio de la convección natural o forzada utilizando un ventilador del tipo abanico de 12 cm. de diámetro, 115 VAC, con un consumo de 0.17 A con un consumo de 336 Wh/día que extrae el aire del interior con un dominio de velocidad medido entre 3.33 y 3.45 m/s. La figura 2, presenta una vista de un banco de secadores solares directos del tipo de gabinete de material plástico transparente. Para la obtención de las cinéticas se cuenta con dos SSD, uno operando a convección forzada y otro a convección natural. En cada uno de ellos se colocan charolas negras en donde el tomate previamente lavado, desinfectado y cortado en rebanadas (4 mm), son colocados en el interior del secador, el cual se expone a la radiación solar de manera directa. La diferencia entre la operación a convección natural y forzada radica en el uso del extractor de aire descrito anteriormente. El aire se calienta por efecto invernadero, se humedece y es expulsado por las perforaciones laterales y del fondo. Se determinó la humedad del alimento fresco por triplicado con el analizador de humedad

de acuerdo a la norma NMX-F-083-1986; El contenido de humedad inicial fue de 21.87 g H₂O/ g s.s. Para el registro de la pérdida de peso se seleccionaron 4 muestras al azar en cada una de las charolas para garantizar la representatividad de los datos, tanto en el secador solar tipo directo como en la cámara de secado pudiendo obtener de esta manera la curva de cinética de secado relacionado la pérdida de peso con respecto al tiempo y la irradiancia. Se considera que se ha llegado al equilibrio cuando las tres últimas lecturas son iguales.



Figura 2. Secadores solares directos tipo gabinete

3. Resultados

Secado solar tipo directo a convección forzada

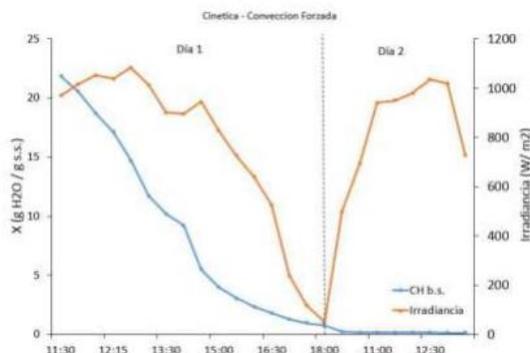


Figura 1. Cinética de secado solar tipo directo a convección forzada

82

La figura 1 muestra el decremento del contenido de humedad en base seca y la irradiancia en función de hora del día por 1.5 días de operación. Al término del primer día el contenido de humedad base seca fue de 0.76 ± 0.05 g H₂O/g s.s., con irradiancia máxima de 1083 W/m². En el segundo día de operación, la humedad final fue de 0.13 ± 0.02 g H₂O/g s.s. con una irradiancia máxima de 1036 W/m². El tiempo total de exposición solar fue de 13.5 h.

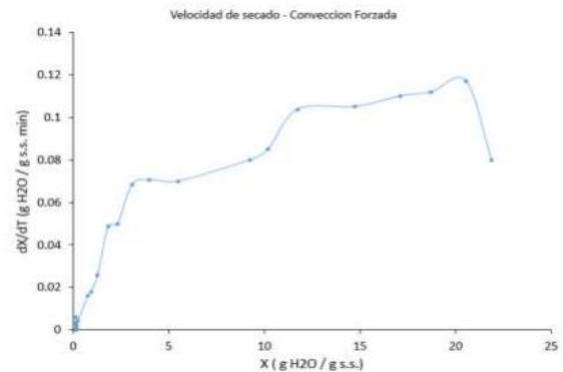


Figura 2. Velocidad de secado en función de la humedad,(secador directo tipo directo convección forzada).

De acuerdo a la Figura 2, se observa 4 periodos de velocidad de secado. El primer periodo (velocidad creciente) se observa en los primeros 15 minutos de operación con una tasa de cambio entre 0.88 y 0.12 g H₂O/g s.s. min; el segundo periodo (velocidad constante) se observa entre 30 y 90 minutos de operación, que corresponde a 0.11 a 0.10 g H₂O/g s.s.min; el tercer periodo (primer periodo de velocidad decreciente) se observa entre 90 y 210 minutos de operación, que corresponde a 0.08 a 0.065 g H₂O/g s.s.min y finalmente el cuarto periodo (segundo periodo de velocidad decreciente) se observa entre 210 y 870 minutos de operación, que corresponde a 0.065 a 0.002 g H₂O/g s.s.min.

83

Secado solar tipo directo a convección natural

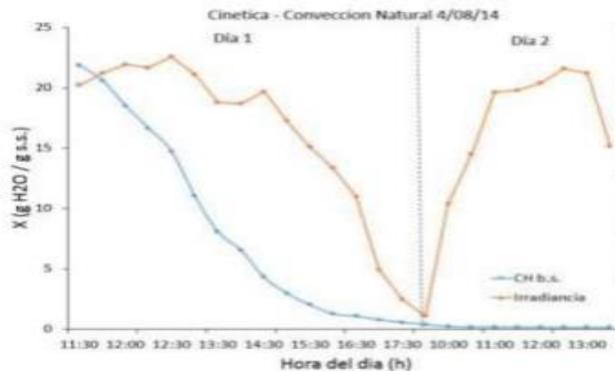


Figura 3. Cinética de secado solar tipo directo a convección natural

La figura 3 muestra el decremento del contenido de humedad en base seca y la irradiancia en función de hora del día por 1.5 días de operación. Al término del primer día el contenido de humedad base seca fue de 0.39 ± 0.05 g H₂O/g s.s., con irradiancia máxima de 1053 W/m². En el segundo día de operación, la humedad final fue de 0.14 ± 0.02 g H₂O/g s.s. con una irradiancia máxima de 1036 W/m². El tiempo total de exposición solar fue de 13.5 h.

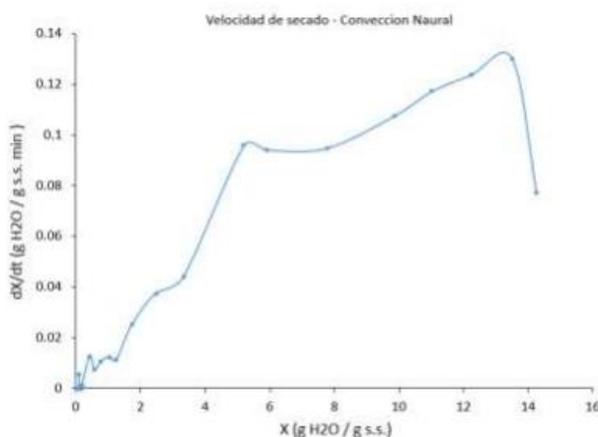


Figura 4. Velocidad de secado (secador directo tipo directo convección natural).

De acuerdo a la Figura 4, se observa 3 periodos de velocidad de secado. El primer periodo (velocidad creciente) se observa en los primeros 15 minutos de operación con una tasa de cambio entre 0.13 y 0.85 g H₂O/g s.s. min; el segundo periodo (velocidad constante) se observa entre 90 y 120 minutos de operación, que corresponde a 0.12 a 0.10 g H₂O/g s.s.min; el tercer periodo (periodo de velocidad decreciente) se observa entre 120 y 870 minutos de operación, que corresponde a 0.087 a 0.002 g H₂O/g s.s.min.

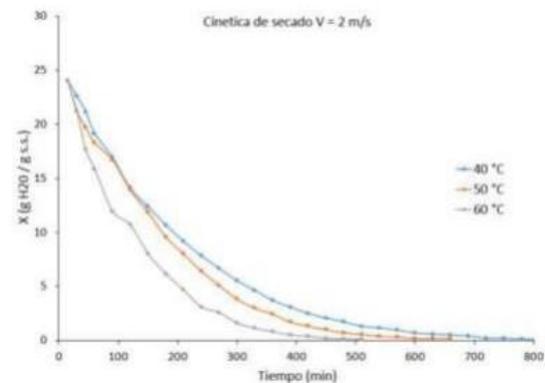


Figura 5. Cinética de secado bajo condiciones controladas (SCC).

La figura 5 muestra el decremento del contenido de humedad base seca con respecto al tiempo a tres temperaturas (40, 50 y 60 °C) con una velocidad promedio del aire de 2 m/s. Se observa que el tiempo de secado disminuye cuando la temperatura de operación incrementa. A 60 °C las muestras llegaron a un contenido de humedad final (0.11 g H₂O/g s.s.) cerca de los 500 minutos de operación, mientras que a 50 °C el contenido humedad final (0.20 g H₂O/g s.s) los 650 minutos y finalmente a 40°C el tiempo fue de 800 minutos con un contenido de humedad final de (0.13 g H₂O/g s.s).

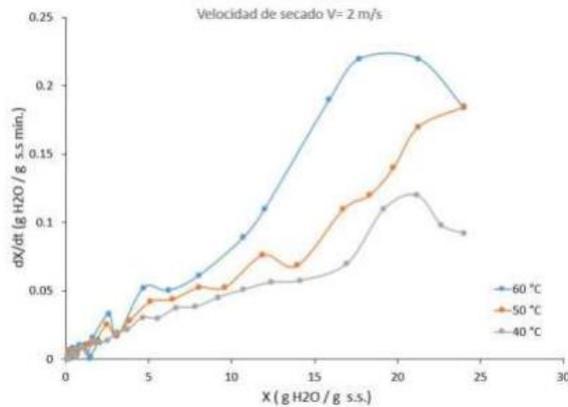


Figura 6. Velocidad de secado (SSC).

De acuerdo a la figura 6, se puede observar que la velocidad de secado incrementa con la temperatura de operación a las mismas condiciones de velocidad de aire (2 m/s). La velocidad máxima de secado a 60 °C fue de 0.22 g H₂O/g s.s.min, para 50 °C fue de 0.18 g H₂O/g s.s.min y para 40 °C fue de 0.12 g H₂O/g s.s.min. Se observa además que a 60 y 40°C se observan 3 periodos de velocidad, no así para 50 °C en el cual solo se observan 2 periodos (primer y segundo periodo de velocidad decreciente), es decir, no se observó periodo de velocidad creciente ni constante.

Conclusiones

El uso de la energía solar a través de la tecnología del secador directo es de gran importancia, ya que además de contribuir al ahorro de energía al operarlo por medio de convección forzada, proporciona mayor velocidad de aire dentro del secador, cabe destacar que lo importante de este estudio es notar que la velocidad de secado se encuentra en función de la irradiancia y la velocidad del viento para lograr un secado en las condiciones que se requieren. En el caso de la cámara de secado con condiciones controladas podemos observar que la

84

velocidad del aire y la temperatura controlada son los que definen el tiempo de secado y el contenido de humedad final que posee el alimento. Este diseño de secadores directos y la cámara de secado son de gran utilidad para poder hacer una diferenciación entre las diferentes cinéticas sin control o con control de parámetros operacionales nos sirve para para poder hacer una diferenciación entre las cinéticas de condiciones sin controlar y controladas y esta última realizada a diferentes temperaturas obteniendo humedades distintas. Este análisis contribuirá para el diseño de secadores de tipo gabinete para el tratamiento de deshidratación de productos agrícolas. El tomate de cáscara deshidratado, presenta una gran potencial dado que mantiene una parte importante de sus propiedades nutrimentales y medicinales, es agradable al gusto ya que tiene un sabor agridulce y no se oxida, y puede rehidratarse para su uso culinario. Además de estar accesible la mayor parte del año y por lo general mantiene un bajo costo.

Agradecimientos

Se agradece al IER-UNAM por facilitar la infraestructura necesaria para la realización del presente trabajo y al Ing. José de Jesús Quiñones Aguilar responsable de la estación climatológica y solarimétrica del IER- UNAM por su valiosa colaboración en el acceso y asesoría en el manejo de la base de datos necesario para la elaboración de este artículo. Mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme apoyado financieramente para la realización de esta estancia de investigación sin la cual no hubieran sido posible los



resultados obtenidos. Al mismo tiempo a las doctoras Edith Xio mara García García y Aida Fajardo Montiel por el apoyo brindado por posgrado de Energía y Agua. Gracias al Doctor Isaac Pilatowsky Figueroa del Instituto de Energías Renovables por hacer posible la realización de este trabajo

Referencias Bibliográficas

- Ayala P., J. P., A. Peña L., J. Mulato B., (1992). Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo. México, MX, Revista Chapingo 79/80: 128-137.
- Bock MA, Sanchez PJ, McKee LJ, Ortiz M. (1995). Selected nutritional and quality analyses of tomatillo (*Physalis ixocarpa*). *Plant Foods Hum.Nutr.*48: 127-133. Bukasov, S.M., (1963). Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. IICA. Zona Andina. Publicación Miscelánea 20: 1-16.
- Castillo P., I. (1990). Estudio de dos densidades de población, dos sistemas de manejo y tres arreglos topológicos en tomates de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Tesis de licenciatura, Depto. De Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo. 59 pp.
- Cervantes HJF., Avilés DL MSM. (2011). Phenolic compounds and physiochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes. *Scientific Research and Essays* 6(17):3808-3814.
- Choi KJ, Murillo G, Su BN, Pezzuto MJ, Kinghorn AD, Mehta GR. (2006). Ixocarpalactone A isolated from the Mexican tomatillo shows potent antiproliferative and apoptotic activity in colon cancer cells. *FEBS Journal* 273:5714-5723.
- 85
- González MD, Ascencio MD, Hau PA, Mendez TV, Grimaldo JO, Santiaguillo.(2011).
- Ledezma H., A. (1994). Micropropagacion en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*). Tesis de licenciatura, Depto. de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- Lee,K.S , Kander,A.A., (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin c content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology* 207-220.
- Montalvo H.D. (1996). Nutrición y clorosis en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*, Brot), Var. Rendidora en la región de Zacatepec, Morelos. II Dinámica del desarrollo en base a los muestreos en pie e investigación del sistema radical. Tesis de licenciatura departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo., México. 109 pp.
- Peña LA. (1998). Parámetros genéticos, respuesta a la selección y heterosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Doctorado en Ciencias en Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México. p 151.
- Pinzón Magda Ivonne., Londoño Alfonso ., Blach Diana., Gutiérrez Jorge Andres .,Rojas Andres Mauricio .2013.Determination of organochlorine pesticides residue by gc- μ ECD in pineapple fruits (*Ananas comosus* L.) variety Golden MD2 in Quindio's Department..Bistua:Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 9(2):4-8
- Pua, R. Amparo L. y Barreto, G. R., Ariza, C. S. (2015). Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de limón Tahití (*citrus x latifolia*) en dos estados de maduración. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria.* ISSN 1692-7125. Volumen 13, N° 2, pp: 180 - 194.



Santiagoullo H., J. F; Ramírez A., A.; Guizar G., G. (1997). Evaluación del rendimiento de 40 variedades de Tomate de cáscara (*Physalis* spp), en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. Trabajo presentado en el congreso Anual de Horticultura celebrado en Culiacán Sinaloa, México, el 16-20 de Marzo de 1997.

Recibido: Marzo 15 de 2018
Aceptado: Agosto 10 de 2018

Wills, R. Gasson, D., Graham, D., Joyce, D. (1998). Postharvest: An introduction to the physiology and Handling of fruits, vegetables and ornamentals. UNSW Press. New York, USA. 262p.

Lamikandra, O., Watson, A. M. (2001). Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon. Food Chemistry and Toxicology 66: 1283-1286. Estudio experimental de la deshidratación de tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot) and Toxicology 66: 1283-1286

Yanza, Erik G, Maldonado, Lida Y. (2012) Determinación del contenido de a-Tocoferol y B-Caroteno en el zumo y el liofilizado de tomate de árbol (*Cyphomandra Betacea* Cav Sendt). Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas

*Para citar este artículo: Recio Colmenares RB.; Recio Colmenares C.L.; Pilatowsky Figueroa I. Experimental study of Green tomato dehydration (*Physalis ixocarpa* brot) using a direct type solar dryer. . Revista Bistua. 2019 17(1):76-86

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Pilatowsky Figueroa I. Posgrado en Ingeniería, Área Energía, y Coordinación de Refrigeración y Bombas de Calor Instituto de Energías Renovables, UNAM. Cerrada Xochicalco s/n Colonia Centro, C.P. 62580 Temixco, Morelos.