

CONSERVACIÓN DE *Allium cepa* MEDIANTE SECADO SOLAR INDIRECTO POR CONVECCIÓN NATURAL Y SU EFECTO EN LA PRESERVACIÓN DE CONTENIDO EN VITAMINA C

Ana María Mounserrath Estrada Camargo¹ y Martín Barajas Segoviano²

RESUMEN

En este trabajo se describe la metodología utilizada para diseñar un secador solar indirecto destinado al secado de *Allium Cepa* y los efectos observados en la conservación de contenido de vitamina C en muestras procesadas, comparando con otras deshidratadas mediante secado solar directo. El equipo descrito se presenta como una alternativa que permite de manera económica deshidratar cebolla, utilizando como fuente primaria la energía solar y llevando a cabo el secado del producto de forma tal que los niveles de conservación en el contenido de vitamina C son considerables, comparado con otros métodos tradicionales, que muestran preservación en proporción 3-1 comparado con el método de secado directo; todo esto medido por método clásico (titulación) y espectrofotometría UV-Vis.

PALABRAS CLAVE Deshidratación, energía alternativa, cebolla, determinación en contenido, nutrientes.

INTRODUCCIÓN

Existen diversas formas de preservar alimentos, entre estas: la deshidratación o secado, congelación, enlatado al vacío, fermentación y encurtido, adicionando sustancias químicas, con radiaciones ionizantes o refrigeración (Desrosier, 2000); De estas, la deshidratación solar es la más económica y ecológica existente, ya que puede llevarse a cabo usando energías renovables o

1 Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, ext. Purísima del Rincón. Blvd. Del Valle, s/n, Camino a Guardarrayas, C.P: 37360, Guanajuato, Purísima del Rincón, Teléfono (476) 706 71 00.

2 Profesor, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, ext. Purísima del Rincón, Bioquímica, Blvd. Del Valle, s/n, Camino a Guardarrayas, C.P: 37360, Guanajuato, Purísima del Rincón, Teléfono (476) 706 71 00.
marbarajas@itesi.edu.mx

alternativas. El secado o deshidratado es una de las tecnologías más frecuentes en la agroindustria, y consiste en la eliminación de gran parte del agua del producto a procesar (Díaz, Díaz, 1995). El secado de alimentos sirve para su conservación, ya que los microorganismos que provocan principalmente la descomposición de estos no crecen ni se desarrollan en ausencia de agua (Moreno, 2004). Con la ventaja destacable que en la evaluación de productos secos solarmente de forma indirecta, en la mayoría de los productos, las propiedades físicas como sabor y retención de nutrientes como Vitaminas A y C son mejores que los presentes en alimentos secos convencionalmente (Ndawula, Kabasa, Byarunhanga, 2004).

El producto deshidratado en este trabajo fue *Allium Cepa* (Cebolla Blanca), planta de origen oriental, conocida por su uso comestible y ornamental; siendo esta un genero de importancia alimenticia internacional (Santamarina, Roselló, García, Vilella, 2004). México es el 5º exportador a nivel mundial de esta hortícola, con una producción de 398 mil toneladas, se tiene un estimado de consumo per cápita de 10 Kg al año (SAGARPA, 2012).

Parte de la composición química por cada 100 g de cebolla fresca se muestra en la Tabla 1 (Rothman, Dondo, 2008).

Tabla 1. Componentes de importancia en Cebolla

COMPONENTE	PORCENTAJE
Agua	86-90%
Vitamina C	9-23 mg

La cebolla presenta importantes beneficios, ya que por sus nutrientes es diurética, estimulante, vermífuga, expectorante y afrodisiaca, incluso el zumo recién extraído se aplica en cuero cabelludo para detener la calvicie (Putz, 2010.). El consumo de cebolla está asociado con reducción de lípidos en la sangre, colesterol y actividad antiplaquetaria, disminuyendo el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares que para el 2009 era la primer causa de muertes en México (Kuri, 2012), y para el año 2011 era la segunda causa (INEGI, 2012). La vitamina C, cuyo contenido en la cebolla es similar a frutas como limones y mandarinas, es actor importante en algunos de los beneficios mencionados ya que se une a especies reactivas como oxígeno singlete y radicales libres peróxilo que operan en la fase lipídica de la célula (membrana) y en su fase acuosa (citósol), provocando un acto benéfico en los procesos con LDL (Murray, 2003).

El secador que se presenta es indirecto (Ndawula, Kabasa, Byarunhanga, 2004) y la evaporación de agua se hace a través de una corriente de aire caliente, que se provoca por convección natural; sin ayuda de métodos mecánicos o eléctricos (Kreith, Manglik, Bohn, 2011). El aire se calienta por transferencia de calor al hacer contacto con una placa expuesta a la radiación directa del sol. De esta forma se transmite el calor latente de evaporación al producto. Se utiliza como cubierta material plástico fabricado a base de resina de policarbonato amorfo, que presenta ventajas refractarias similares al vidrio. La resina permite que los rayos solares incidan en la placa y se dispersen en ella, provocando el efecto de calentamiento deseado, y obteniendo eficiencias de temperatura en cámara y salida de la chimenea, descritas en la Tabla 2. (Sivipaucar, Curo, Huancahuari, Llantoy, Valderrama, 2008). De los datos mostrados en la tabla se puede apreciar que la cubierta elegida da resultados similares al vidrio y adecuados para el proceso en cuestión.

Tabla 2. Comparación de rangos de temperaturas en cámara y chimenea con distintas cubiertas

Cubierta de vidrio		Cubierta de Policarbonato	
Cámara	Chimenea	Cámara	Chimenea
21°C - 39.5°C	27°C – 39°C	27°C-46.5°C	26°C – 46°C

Métodos y materiales

Diseño del secador

Para el diseño del secador se toman en cuenta las condiciones atmosféricas de la región, entre estas se encuentran las mencionadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Promedio de condiciones medioambientales en Gto. (INEGI, 2012)

Latitud	21°
Altitud	101°
Clima	Seco-semiseco
Altura	2000 msnm
T. cálida	23°C
T. alta	30°C

Bajo estas condiciones, un metro cubico de aire requiere de 11.92 Kcal para aumentar 1°C la temperatura del agua. Las consideraciones de diseño contemplan una caída de 10°C en el aire desde la entrada a la salida del secador, por lo que se requiere añadir $119.2 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}$ de aire. A partir de este supuesto se calcula el volumen de aire requerido (Ecuación 1).

$$Vol = \frac{541.83 \text{ Kcal}}{119.2 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3}} = 4.545 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad (1)$$

Posteriormente se determina el caudal mínimo para el secado de la cebolla (Ecuación 2).

$$Q = 6.678 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = 0.189 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \quad (2)$$

Al hacer un balance global de agua en el secador, utilizando las ecuaciones 3 y 4, se puede determinar la cantidad de aire seco requerido por segundo para cumplir el objetivo.

$$Gy = Gy_1 - V_{ev} \quad (3)$$

$$G = \frac{1.66 \times 10^{-4}}{0.0415} = 3.9615 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}_{\text{a.s.}}}{\text{s}} \quad (4)$$

Por último se determina la inclinación del colector, de acuerdo a la ecuación 5 y 6 de heliofania, Considerando una latitud de $\phi \approx 21^\circ$

$$\Gamma = \frac{2\pi(\eta_d - 1)}{365} = 0.2537 \quad (5)$$

$$\delta = 0.2537 \left(\frac{180}{\pi} \right) = 14.538^\circ \quad (6)$$

A partir de estos cálculos se elige una inclinación para el colector de 15° , aproximando el valor obtenido en la Ecuación 6.

Construcción del secador

Para la construcción del secador se usó acero inoxidable como material estructural debido al producto que se secaría en él, alimentos. El colector solar fue recubierto de material aislante (fibra de vidrio) para evitar pérdidas de calor. Además se sellaron con silicón los puntos de unión con el fin de evitar introducción de agua u otros contaminantes en la cámara de secado y partes del secador. En la Fig. 1 se pueden observar distintas etapas de construcción y algunos de los elementos y materiales utilizados.



Fig. 1 a) Estructura de acero inoxidable, b) Cubierta aislante, c) Cubierta colector de calor

Las bandejas o charolas para contener el material, mostradas en la Fig. 2, fueron hechas con malla de acero inoxidable grado alimenticio, acomodadas dentro de la cámara de secado en zigzag. Dicho arreglo permite reducir el espacio y aumentar la superficie de contacto entre el aire calentado y el producto a secar.

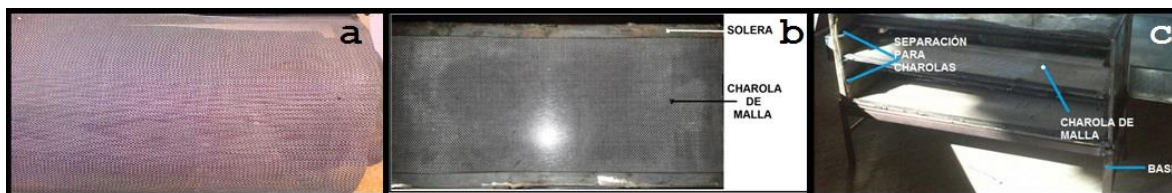


Fig. 2 a) Malla de acero inoxidable, b) Construcción de bandeja (58x15cm), c) Acomodo de bandeja

Determinación en contenido de vitamina C

Para medir la cantidad en miligramos de vitamina C presente en muestras tanto frescas como deshidratadas, con secador y directamente, se utilizan los métodos clásico (titulación) y espectrofotometría UV-Vis.

La titulación se lleva a cabo añadiendo a un matraz 40 ml del jugo que se desea analizar, 1 ml HCl (15%) y 1ml de solución (1%) de almidón como indicador. La solución titulante es Iodo (I_2) con KI siguiendo la metodología de Ciancaglini (Ciancaglini, Santos, Daghastanli, Thedei, 2001).

La lectura en espectrofotómetro se hace a una absorbancia de 264nm, utilizando un blanco de 2-4 dinitrofenil hidracina a 37°C y una solución a 500ppm de estándar de ácido ascórbico, tomando como guía la metodología de Qasim (Qasim, Wali, Emad, 2009).

RESULTADOS

Los contenidos de humedad observados, corresponden a la humedad calculada en base húmeda, obtenidos de la relación del peso del agua de una muestra con el peso de la muestra seca (materia seca + agua residual). El rango de humedad deseado es de 10-12% (Almada, Stella, Machaín, Claude, 2005). Como se puede ver en la Tabla 4, las muestras obtenidas cumplen con la especificación de contenido final de agua de 12%. Obteniendo en promedio 120 g de producto deshidratado por cada Kg procesado de cebolla fresca.

Tabla 4. Porcentaje de agua extraída y peso final de muestras iniciales con 100g de cebolla

Agua Extraída	Peso final
88.10%	11.9 g
88.68%	11.32 g
88.13%	11.86 g
88.66%	11.34 g

El aspecto final de la cebolla seca se ilustra en la Fig. 3. En dichas muestras se utilizó un tiempo aproximado de 14 horas de secado, muy inferior a las 24 horas requeridas en otros prototipos (Díaz, Díaz, 1995) y también muy inferior a las 30 horas requeridas para el secado directo.



Fig. 3 a) Cebolla deshidratada en secado indirecto b) Cebolla deshidratada en exposición directa al sol

En la determinación del contenido de vitamina C, por método clásico se obtienen en promedio, los resultados mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Concentración de Vitamina C (Método Clásico)

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/100g)
Cebolla fresca	7.9
Cebolla deshidratada indirectamente	4.9
Cebolla seca directamente	1.8
Limón	8.81
Naranja	8.35

Las lecturas en espectrofotometría UV-Vis arrojan los resultados presentados en la Tabla 6.

Tabla 6. Concentración de Vitamina C (Espectrofotometría)

MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/100g)
Cebolla fresca	6.1
Cebolla deshidratada (secador)	2.5
Cebolla seca directamente	1.23
Limón	6.65
Naranja	6.04

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el secado solar indirecto es una forma viable, eficiente y conveniente de deshidratar alimentos. Este método preserva en mayor cantidad nutrientes susceptibles a desnaturalización como la vitamina C. Además puede llevarse a cabo utilizando energías alternativas que hacen del secado un proceso sumamente económico y aplicable a una gran variedad de alimentos.

REFERENCIAS

ALMADA, M., STELLA, M., MACHAÍN, M. CLAUDE, J. (2005) "Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes" en UNESCO Montevideo, pp. 15-42. Consultada en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156206s.pdf> (fecha de consulta 10-02-2014).

CIANCAGLINI, P., SANTOS, H., DAGHASTANLI, K., THEDEI, G. (2001) "Using a classical method of vitamin C quantifications as a tool for discussion of its role in the body" en ELSEVIER, Biochemistry and Molecular Biology Education, Núm. 3, Vol. 29, Agosto-Diciembre, [pp. 110-114].

DESROSIER, W. (2000) *Conservación de alimentos*. New York City. Editorial CECSA

DÍAZ, T., RAMÓN; DÍAZ, LAURA (1995) "Uso del secador solar en la deshidratación de cebolla" en FONAIAP Divulga, Núm., 50, Octubre, [pp. 50-51].

- INEGI (2012) "Conociendo México", Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Núm. 5, pp. 28.
Consultada en:
http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/mexcon/folleto_nacional_pliegos_baja.pdf
(fecha de consulta 11-07-2014).
- KREITH, F., MANGLIK, R. M., BOHN M. S. (2011) *Principles of heat transfer*. México D.F. Editorial CENGAGE Learning.
- KURI, M. P. (2012) "La contribución de la promoción de la salud en sus 25 años: Perspectiva de México" en 5º Conferencia latinoamericana de promoción de la salud. Núm. 1, Enero-Diciembre, [pp. 18-21].
- MORENO, M. (2008) "Manual de instrumentación para una secadora solar" en Casa Abierta al tiempo, pp.4-15. Consultada en:
<http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI11307.pdf>
(fecha de consulta 01-07-2014).
- MURRAY, R. K. (2003) *Bioquímica de Harper*. México D.F. Editorial McGraw Hill.
- NDAWULA, J., KABASA JD., BYARUNHANGA YB. (2004) "Alterations in fruit and vegetable β -carotene and vitamin C content caused by open-sun drying, visqueen-covered and polyethylene-coverde solar-dryers" en NCBI, Núm. 130, Vol. 4(2), Agosto, [pp. 115-121].
- ROTHMAN S. Y DONDO G. (2008) "Cebolla (*Allium cepa* L.)" en Cátedra de Horticultura, pp. 2-20. Consultada en:
<http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/horticultura/cebolla.pdf>
(fecha de consulta 11-07-2014).
- SAGARPA, (2012) "México Produce, Alimentos 100% mexicanos" en Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
Consultado en:
<http://www.mexicoproduce.mx/productos.html#cebolla>
(fecha de consulta 31-07-2014).
- SANTAMARINA, S.; ROSELLÓ C.; GARCÍA B.; VILELLA F. (2004) *Biología y Botánica Tomo II*. España. Editorial Re-proval.
- SIVIPAUCAR, C., CURO, H. HUANCAHUARI, E., LLANTOY, V. y VALDERRAMA A. (2008) "Calculation and construction of a Solar Dryer by Natural Convection for Drying of non-traditional Medicinal Plants", en Revista de Investigación CEDIT, Núm. 2, Vol. III, Enero-Diciembre [pp. 18-30]
- PUTZ, R. (2010) *Botánica oculta. Las plantas mágicas*. Barcelona. Editorial Maxtor
- QASIM, WALI, EMAD (2009) "Spectrophotometric determination of total Vitamin C in some fruits and vegetables at Koya Area-Kurdisan Region/Iraq" en Kirkuk Univesity, Núm. 2, Vol. 4, Enero-Diciembre [pp.46-54].