

## **EFFECTO DEL CORTE Y TEMPERATURA DE SECADO EN HORNO CONVECTIVO SOBRE EL COLOR DEL PIMIENTO DULCE (*Capsicum annuum* L.)**

### **EFFECT OF CUTTING AND TEMPERATURE DRYING IN CONVECTIVE DRYING OVEN ON COLOR IN SWEET PEPPER (*Capsicum annuum* L.)**

**Ricardo Martínez-Zamora<sup>1</sup>, Guadalupe Vega-Peña<sup>1</sup>, Christian O. Díaz-Ovalle<sup>1\*</sup>,  
Susana Altamirano-Romo<sup>1</sup>, Florianne Castillo-Borja<sup>2</sup>**

(1) Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, Departamento de Ingenierías,  
Carretera Celaya-Juventino Rosas Km 8, Celaya, Guanajuato, CP 38110 - México

(2) Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Departamento de Ingeniería Química,  
Av. Adolfo López Mateos 1801 Ote., Aguascalientes, Aguascalientes, CP20256 - México

\*autor de contacto (e-mail: chdiaz@itroque.edu.mx)

Recibido: 17/03/2016 - Evaluado: 05/05/2016 - Aceptado: 03/06/2016

#### **RESUMEN**

El pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) es un vegetal de alto interés nutritivo, el cual es deshidratado para obtener mayor preservación. El secado de pimiento genera daño térmico representado por la pérdida de nutrientes. La medida del color es una técnica de análisis sobre la calidad de vegetales sometidos a procesos térmicos. Este trabajo describe el efecto del tipo de corte y la temperatura de secado sobre el cambio de color del pimiento dulce. La literatura indica que los valores mayores de cambio de color corresponden a un daño mayor en la composición nutricional. El secado se llevó a cabo en un horno convectivo a escala piloto. Los resultados indicaron que los factores más relevantes fueron: temperatura para el pimiento rojo y tipo de corte para el pimiento verde. La mejor conservación en el secado se observó en el corte tipo juliana de menor tamaño para el pimiento rojo y el corte rodaja de mayor tamaño para el pimiento verde.

#### **ABSTRACT**

Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) is a vegetable of high nutritive interest, which is dehydrated to enhance preservation. Drying process of pepper causes thermal damage represented by the loss of nutrients. The color measurement is an analytical technique of the vegetables quality during a thermal processing. This work describes the effect of cutting and the drying temperature over the total change of color of the sweet pepper. The literature indicates that highest values of total change of color correspond to elevated damage to the nutrimental compounds. Drying was carried out in a convective oven in pilot scale. The results indicated that the factors of high significant effect were: temperature for red pepper and cutting for green pepper. The best conservation drying was observed in the cut julienne smaller type for red pepper and slice cut larger for green pepper.

Palabras clave: cambio de color, daño térmico, medida del color, producto deshidratado  
Keywords: change of color, thermal damage, color measure, dehydrated product

## INTRODUCCIÓN

El pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) es benéfico para prevenir arteriosclerosis y reducir problemas hemorrágicos y cardiovasculares. Estos atributos provienen de la cantidad de vitamina C y antioxidantes en el pimiento (Faustino *et al.*, 2007; Simonne *et al.*, 1997). El olor y color del pimiento, que lo hacen atractivo en su consumo, provienen de sus componentes bioquímicos: flavonoides, fenoles, epicatequina, rutina,  $\beta$ -caroteno, capsantina, luteína, resveratrol y ácidos: gálico, clorogénico y ascórbico (Ghasemnezhad *et al.*, 2011; Medina-Juárez *et al.*, 2012; Simonne *et al.*, 1997; Vega-Gálvez *et al.*, 2009). Lo anterior cataloga al pimiento como un producto saludable y de alto interés comercial, lo cual demanda altos estándares de calidad a través de la selección de la cosecha. El pimiento no seleccionado para su venta no cuenta con las características visuales requeridas para su venta pero probablemente sí con las nutricionales. Este pimiento, en la mayoría de los casos, es desechado o usado como alimento para ganado. El pimiento de baja calidad genera ganancias cuando es deshidratado, ya que este producto es materia prima para alimentos como: pizzas, sopas, guisos, condimentos, sazoadores (Vega-Gálvez *et al.*, 2008) y puré (Cepeda *et al.*, 2000). Lamentablemente, el secado del pimiento es un reto en la preservación de sus propiedades nutricionales, pues estas propiedades pueden perderse a condiciones inadecuadas (Pérez-Gálvez *et al.*, 2001).

El secado del pimiento debe garantizar en el producto una calidad aceptable bajo un tiempo de proceso razonable con mínimos costos de operación (Kiranoudis *et al.*, 1995). Esto ha planteado la búsqueda de las condiciones de secado más convenientes, lo cual involucra una serie de modificaciones al proceso de secado. Estas modificaciones han producido beneficios en el pimiento deshidratado. Una modificación son los ciclos de atemperamiento, los cuales disminuyeron el daño en el pimiento por no ser un trato brusco en su manejo (Carrillo-Montes, 2008). Las bajas temperaturas en el secado son otra modificación, la cual permitió el aumento de la maduración (Pérez-Gálvez *et al.*, 2001) y mantuvo la dureza en el pimiento (Guiné & Barroca, 2011). Asimismo, la deshumidificación de aire de secado es una técnica que logró un producto de alta calidad bajo una temperatura de 35°C (Pal *et al.*, 2008). El secado por micro-ondas logró un producto con poco daño térmico (Arslan & Özcan, 2011). Sin embargo, las modificaciones descritas generan costos elevados de operación en una alta escala de procesamiento.

Otra técnica comúnmente empleada es el secado al sol, la cual representa bajos costos pero con tiempos de procesamiento altos (Tunde-Akintunde *et al.*, 2005). Sin embargo, esta técnica no logra un control sobre el flujo de calor, y el producto deshidratado no presenta características homogéneas. Este problema no existe en secadores de aire caliente, los cuales deben evitar las temperaturas altas para no degradar las proteínas y gelatinizar el almidón (Zhang *et al.*, 2002). Los secadores de aire caliente tienen un bajo costo de operación, lo cual motiva la búsqueda de condiciones de operación adecuadas. Aunque, los pre-tratamientos son una opción para mejorar la calidad del producto, como soluciones de etil-oleato (Doymaz & Pala, 2002) y de NaCl-CaCl<sub>2</sub> (Vega-Gálvez *et al.*, 2008). El secado convectivo es otra técnica de bajo costo y sus resultados son similares a los de secado de aire caliente (Akpınar *et al.*, 2003).

El análisis de secado de pimiento ha sido realizado experimentalmente y su cinética ha correspondido a distintos modelos matemáticos (Arslan & Özcan, 2011; Pal *et al.*, 2008; Tunde-Akintunde *et al.*, 2005; Vega *et al.*, 2007). Un modelo completo ha incluido el cambio dinámico de la calidad del pimiento en el color y el valor nutricional. Este modelo fue validado con la retención de carotenoides y ácido ascórbico (Di Scala & Crapiste, 2008). Lamentablemente, una gran cantidad de factores limita a los modelos de secado, por lo cual técnicas de cuantificación son convenientes (Minguez-Mosquera *et al.*, 1992). La técnica de cuantificación del color ha sido aplicada en la inspección de productos hortícolas (Blasco *et al.*, 2003; Brosnan & Sun, 2002).

El secado genera en el alimento una alteración notable de antioxidantes, esto refleja cambios en el nivel pigmentario (Pérez-Gálvez *et al.*, 2001). La cuantificación del color sigue escalas espaciales como: Hunter 1948 y CIELAB 1976. Estas escalas ubican al color bajo los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , los cuales describen la variación del color respecto a una referencia. En las mediciones de color, la muestra fresca representa el valor de referencia. El análisis del color ha sido común en alimentos, i.e. chiltepín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*)

(Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010), jugo de naranja pasteurizado (Wibowo *et al.*, 2015) y carne (Larraín *et al.*, 2008), de forma general se puede consultar a Wu y Sun (2013). Una serie de trabajos corresponde al pimiento, y sus resultados plantearon la interpretación bioquímica de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Las variaciones excesivas de  $L^*$  indicaron un secado severo (Romano *et al.*, 2012). El aumento de  $a^*$  indica rompimiento de clorofila (Ihl *et al.*, 1994; Rocha *et al.*, 1993) y su rápida disminución describe una degradación térmica en carotenoides (Di Scala & Crapiste, 2008). La reducción en  $b^*$  representa descomposición de clorofila (Maskan, 2001) y reacciones no-enzimáticas (Vega-Gálvez *et al.*, 2009).

Este trabajo presenta una opción de secado de pimiento sin pre-tratamiento en un horno convectivo a escala piloto. El tipo de corte es una opción de presentación para un producto deshidratado. Estos factores no han sido considerados anteriormente. El análisis involucra el efecto de la temperatura de operación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

La región del Bajío en México cultiva una gran cantidad de pimiento. Las muestras de este trabajo provienen de esas cosechas y fueron compradas en el mercado local de Celaya, Guanajuato. El producto fue adquirido por la mañana e inmediatamente preparado para el análisis diario, por lo cual la muestra no requirió refrigeración. La diversidad en el tamaño sugirió la clasificación del pimiento en dos tamaños: A mayor y B menor. La preparación de la muestra fresca incluyó lavado y separación de semillas y tallo. Los cortes fueron tipo juliana (J) y tipo rodaja (R) con espesor de  $0.5 \pm 0.1$  cm. La Tabla 1 resume las dimensiones de los cortes aplicados y la Figura 1 esquematiza las muestras preparadas a distintos cortes y color.

Tabla 1: Dimensiones (cm) de los cortes para los dos tamaños de pimiento.

Color	Diámetro (corte rodaja, R)		Longitud (corte juliana, J)	
	Menor (B)	Mayor (A)	Menor (B)	Mayor (A)
Rojo	$7.63 \pm 0.69$	$9.31 \pm 0.77$	$6.4 \pm 0.76$	$8.1 \pm 0.85$
Verde	$6.81 \pm 0.59$	$8.13 \pm 0.60$	$6.08 \pm 0.73$	$7.6 \pm 0.79$



a)



b)

Fig. 1: Cortes tipo juliana y de rodajas aplicados a los pimientos: a) pimiento rojo y b) pimiento verde.

### Horno convectivo

Los experimentos de secado se realizaron en un horno convectivo computarizado a escala piloto de marca San-Son. Este horno utiliza como fuente gas LP bajo un quemador directo con un sistema de ventilación interna a 1745 rpm. Durante el secado, las muestras se pusieron en las charolas del horno clasificadas en color, tipo de corte y tamaño. Las pruebas se basaron en las temperaturas de 40°C, 55°C y 70°C, de las que se obtuvieron muestras en los tiempos de 5, 7.5 y 10 h. La Figura 2 muestra el horno convectivo usado en este trabajo.



Fig. 2: Horno convectivo a escala piloto empleado.

### Análisis del color

El colorímetro Hunterlab de modelo MiniScan EZ A60-1014-085 determinó el color en el espacio:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Este colorímetro se calibró con azulejos estándar (blanco y negro). Los parámetros de color cuentan con una correspondencia en el color:  $L^*$  representa la luminosidad en escala de 0-100,  $a^*$  indica la variación de verde a rojo, con valores positivos y negativos respectivamente, y  $b^*$  describe la variación azul a amarillo, con valores positivos y negativos respectivamente. La percepción psicovisual considera la diferencia del color entre las muestras bajo el proceso de secado y la muestra fresca (Guiné & Barroca, 2012). Sin embargo, la cuantificación del cambio es necesaria. Así, la diferencia de color,  $dE^*$ , determina cambios en el producto bajo la expresión:

$$dE^* = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (1)$$

donde los parámetros  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  y  $b_0^*$  son representativos de la muestra fresca.

### Análisis estadístico

El estudio involucró a las variables: tamaño de pimiento (S), tipo de corte (C), temperatura de secado (T), tiempo (t) y color del pimiento. Esto generó la combinación S-C-T bajo triplicado por color. Estas variables presentaron cambio en el tiempo, por lo cual fueron medidas en tiempos de secado de 5, 7.5 y 10 h. Los niveles de cada variable fueron: a) tamaño del pimiento de dos tipos (A y B), b) tipo de corte (J y R), c) temperatura 40°C, 55°C y 70°C. El tiempo fue una variable de alta influencia en el secado, por lo cual se incluyó en el análisis. Este diseño fue analizado como factorial fraccionado con un límite de confianza del 95%. Una macro en MS de Excel fue realizada para este análisis estadístico.

## RESULTADOS

Las pruebas realizadas describieron el efecto de los parámetros de secado sobre la calidad del pimiento. La calidad fue representada por el cambio de color cuantificado por la ecuación (1). La literatura describe la correspondencia del cambio de los parámetros de color ( $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$ ) con los principales componentes bioquímicos del pimiento: clorofila y carotenoides (Di Scala & Crapiste, 2008; Ihl *et al.*, 1994; Maskan, 2001; Rocha *et al.*, 1993; Romano *et al.*, 2012; Vega-Gálvez *et al.*, 2009). Esta correspondencia fue aplicada a las muestras de los cortes J y R en ambos colores de pimiento. Las muestras frescas para ambos colores tuvieron los valores promedio de color: Rojo  $a^*=47$ ,  $b^*=34.8$  y  $L^*=40$ , Verde:  $a^*=-11$ ,  $b^*=34.1$  y  $L^*=44.8$ . Los resultados del secado provinieron de muestras con bajo daño en el color para los pimientos verde y rojo, la Figura 3 comprueba esto con pimientos al final del secado a 70°C.

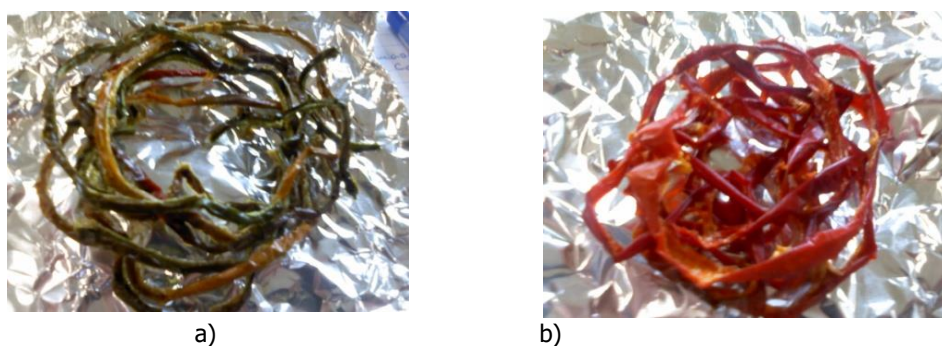


Fig. 3: Imagen de muestra RB de pimienta secado a 70°C: a) pimienta verde y b) pimienta roja.

El análisis para el pimienta de color rojo indicó un decremento en el valor del parámetro  $a^*$  en todas las temperaturas. Esto correspondió al rompimiento de carotenoides como lo indica la literatura (Guiné & Barroca, 2011). La reducción del valor de  $a^*$  respecto al tiempo en las tres temperaturas fue: lineal a 40°C, repentina a 55°C y constante a 70°C después de la reducción a las 5 h. El valor menor de  $a^*$  fue 17.6 a las 5 h de secado a 55°C para la muestra JB; y el valor mayor de  $a^*$  fue 41.9 a las 5 h de secado a 40°C para la muestra JB. El valor del parámetro  $b^*$  presentó reducción a 40°C y 55°C, lo cual correspondió a la descomposición de la clorofila. La descomposición de clorofila mayor ocurrió en dos momentos: 5h de secado a 55°C en todas las muestras y 10 h de secado a 40°C para las muestras JA y JB. Notoriamente, las muestras JB no presentaron cambios en el valor de  $b^*$  a los 70°C. El valor del parámetro  $L^*$  disminuyó a las temperaturas de 40°C y 55°C, esto correspondió al oscurecimiento de la muestra y al nivel de severidad en el secado. Los cambios mayores del valor de  $L^*$  ocurrieron a 55°C para el corte JB. No obstante, el valor de  $L^*$  no cambió drásticamente a 70°C en las muestras JA y JB. La Figura 4 describe el cambio en el tiempo de estos parámetros a las distintas temperaturas y cortes para el pimienta rojo.

El secado del pimienta de color verde incrementó el valor del parámetro  $a^*$  en todas las temperaturas. Esto correspondió al rompimiento de clorofila como lo indica la literatura (Rocha *et al.*, 1993). El valor de  $a^*$  aumentó proporcionalmente con el tiempo a 40°C; a temperaturas de 55°C y 70°C, el valor de  $a^*$  incrementó a las 5 h de secado y no varió posteriormente. En todas las temperaturas, las muestras RA presentaron el valor mayor de  $a^*$ . El valor del parámetro  $b^*$  presentó una reducción menos severas en comparación con lo obtenido en el pimienta rojo. En este caso, los valores de  $b^*$  alcanzados a las 5 h no variaron en el tiempo, solamente las muestras RA obtuvieron un decremento mayor en el valor de  $b^*$  a las 5 h de secado a 40°C. El valor del parámetro  $L^*$  disminuyó ligeramente a 55°C y 70°C, y notoriamente en el secado de 40°C para las muestras JB. La Figura 5 describe el cambio en el tiempo de estos parámetros a las distintas temperaturas y cortes para el pimienta verde.

El cambio de color,  $dE^*$ , es una medida global para comprender la severidad del secado. En este trabajo, esta medición aplicó en todos los tiempos y temperaturas de secado. El pimienta de color rojo presentó un valor mayor de  $dE^*$  a la temperatura de 40°C. En las primeras 5 h de secado a 55°C, el valor de  $dE^*$  elevó y posteriormente redujo. Este cambio correspondió a lo observado en los valores de  $a^*$  y  $b^*$ . Las muestras de corte tipo J presentaron un valor de  $dE^*$  mayor a los 40°C. El valor de  $dE^*$  no cambió respecto al tiempo a la temperatura de 70°C. Al final del secado, los valores mayores de  $dE^*$  correspondieron a las muestras de menor tamaño. La Figura 6 muestra el cambio de  $dE^*$  para el pimienta rojo.

El pimienta de color verde presentó valores de  $dE^*$  altos en todas las temperaturas, exceptuando a las muestras RB a 40°C. El valor de  $dE^*$  tuvo un aumento mayor a 40°C en las muestras JB y RB, esto debido al tamaño menor. En las 10 h de secado, las muestras presentaron un aumento de  $dE^*$  respecto a la temperatura. Las muestras a 70°C mantuvieron el valor de  $dE^*$  respecto al tiempo, lo cual indicó un daño menor sobre las muestras. Las muestras a 55°C presentaron descensos en el valor de  $dE^*$ . Las muestras JB obtuvieron el valor mayor de  $dE^*$  al final del secado. La Figura 7 muestra el cambio dinámico de  $dE^*$  para el pimienta verde.

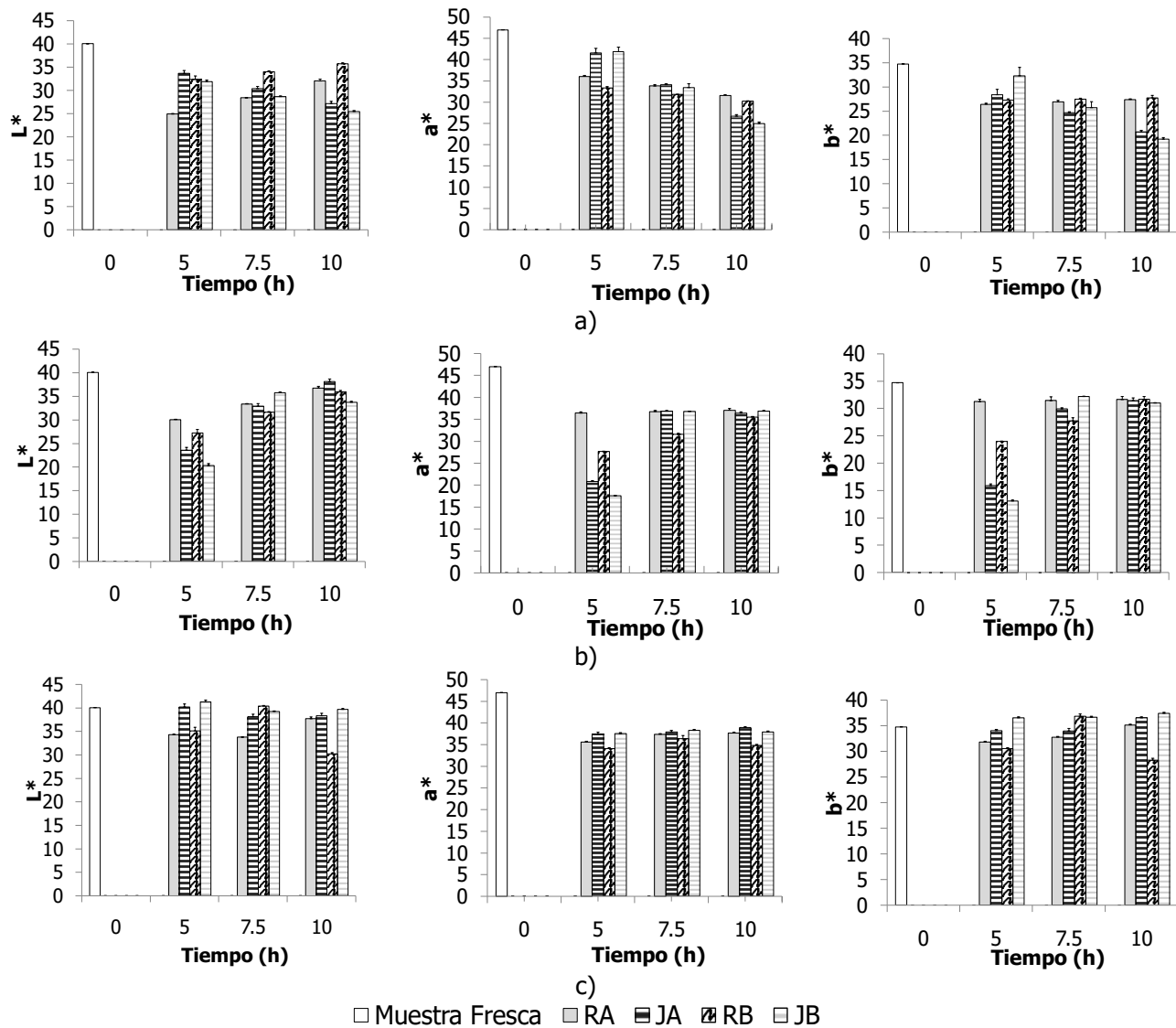


Fig. 4: Cambio de los parámetros de color para pimienta roja a distintas temperaturas: a)40°C, b)55°C y c)70°C.

El secado de pimienta por horno convectivo ha sido reportado a escala laboratorio con temperaturas de 60°C y 80°C y tiempo de secado de 7 h y 12 h (Romano *et al.*, 2012). En ese estudio, las muestras fueron de tamaño fijo. Los resultados indicaron un secado de bajo daño sobre las muestras en base al análisis del color. El valor de  $dE^*$  fue la referencia de comparación entre los resultados de Romano *et al.* (2012), y lo obtenido en este trabajo. A pesar de ser condiciones diferentes, el acercamiento de  $dE^*$  indicó bajo daño térmico en las muestras del secado a escala piloto. La comparación mostró valores de  $dE^*$ , de este trabajo, con tendencia similar a los resultados de escala laboratorio. La comparación de  $dE^*$  para ambos casos se presenta en las Figuras 6 y 7.

El análisis estadístico indicó las variables de mayor efecto sobre el color: temperatura para pimienta roja y corte para pimienta verde. Las combinaciones de mayor significancia fueron: tipo de corte-temperatura para el pimienta de color rojo, y tamaño-tipo de corte para el pimienta de color verde.

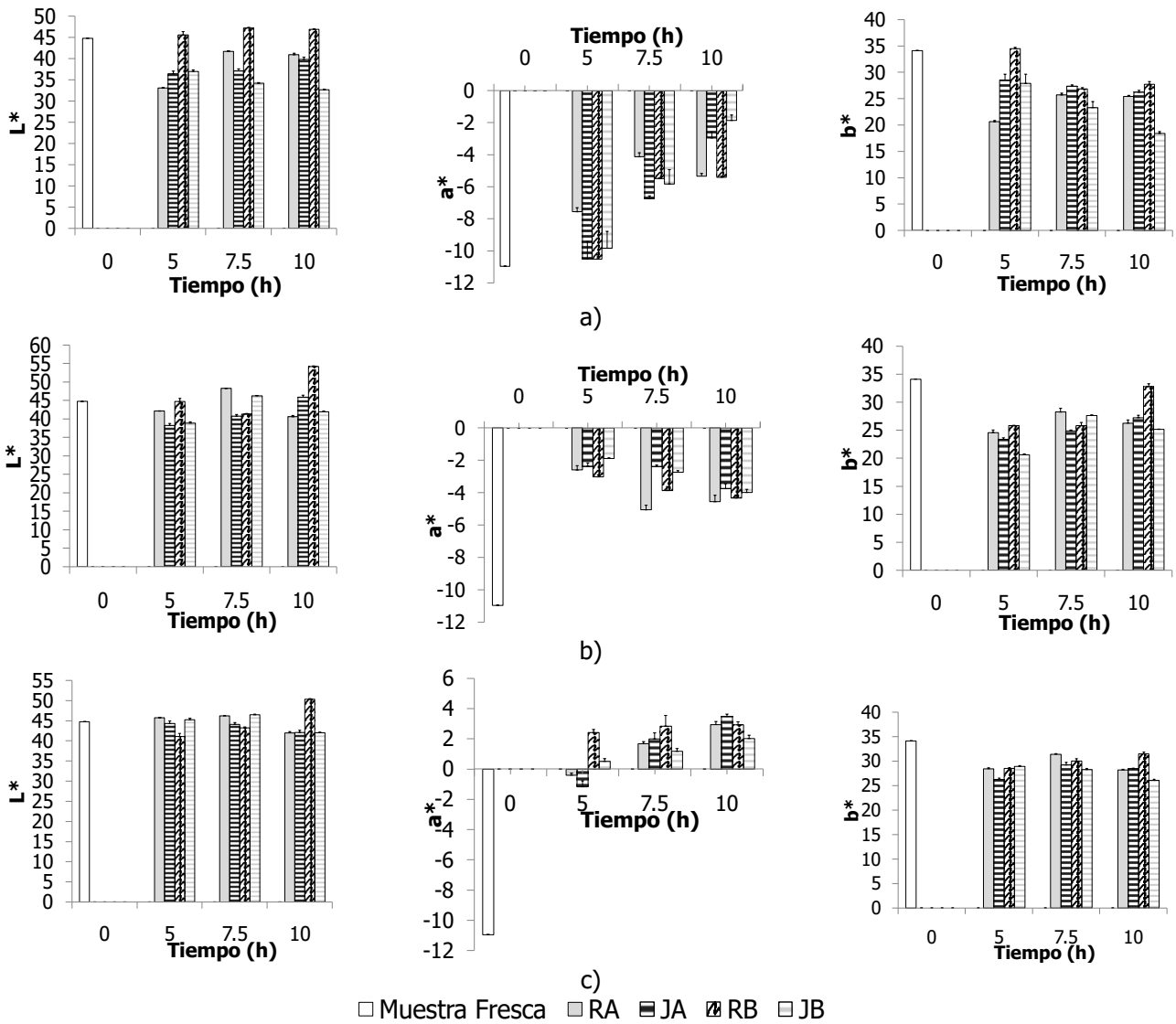


Fig. 5: Cambio de los parámetros de color para pimienta verde a distintas temperaturas: a) 40°C, b) 55°C y c) 70°C.

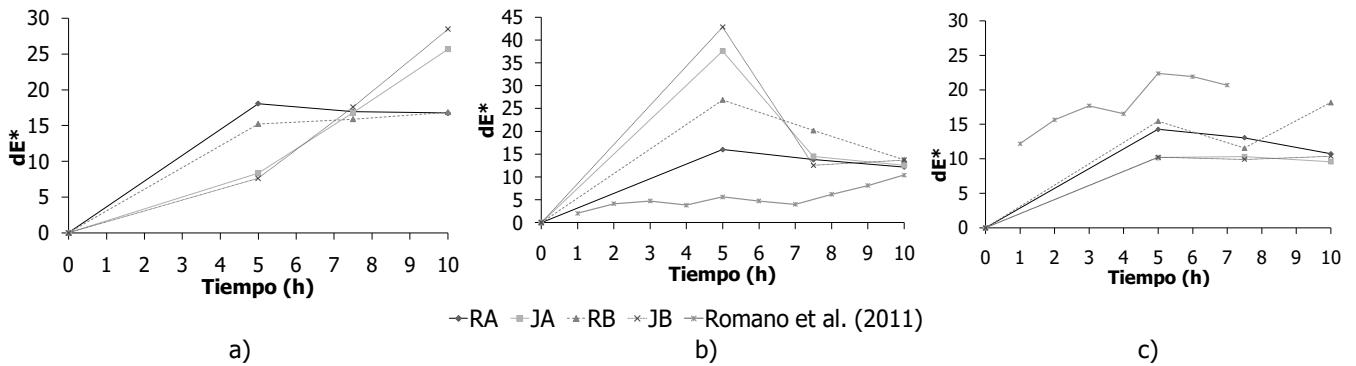


Fig. 6: Cambio de color para pimientos rojos a distintas temperaturas: a) 40°C, b) 55°C y c) 70°C.

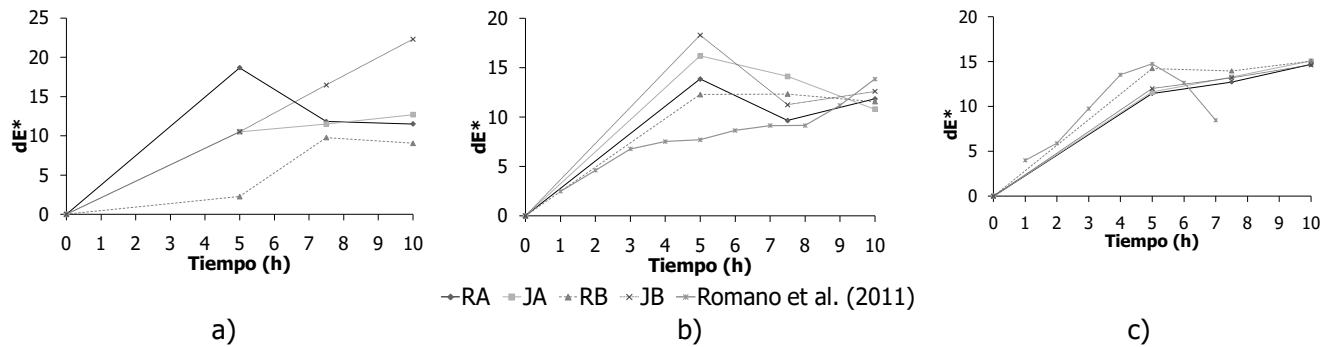


Fig. 7: Cambio de color para pimientos rojos a distintas temperaturas: a) 40°C, b) 55°C y c) 70°C.

## CONCLUSIONES

El horno convectivo a escala piloto logró un secado favorable de pimiento, al ser éste un alimento con riesgo a daño térmico. El análisis de color fue una estrategia fundamental para describir el daño térmico sobre muestras de pimientos. El pimiento de color rojo experimentó a 70°C baja escala de: rompimiento de carotenoides, descomposición de clorofila y variación de luminosidad. El pimiento de color verde experimentó: rompimiento gradual de clorofila a 40°C, descomposición baja de clorofila a 55°C y luminosidad constante a 70°C. La conservación del color fue mayor a 70°C con muestras JB para el pimiento rojo y 55°C con muestras RB para el pimiento verde. El secado durante 7.5 h garantizó la mayor conservación de color en los pimientos.

## NOMENCLATURA

$a^*$	parámetro de color de muestra tratada, cambio de verde a rojo
$a_0^*$	parámetro de color de muestra fresca, cambio de verde a rojo
$b^*$	parámetro de color de muestra tratada, cambio de azul a amarillo
$b_0^*$	parámetro de color de muestra fresca, cambio de azul a amarillo
$dE^*$	diferencia de color entre muestra tratada y muestra fresca
$L^*$	luminosidad de la muestra tratada
$L_0^*$	luminosidad de la muestra fresca

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo mostrado por CONACYT.

## REFERENCIAS

1. Akpınar, E.K., Bicer, Y. & Yildiz, C. (2003). Thin layer drying of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 59 (1), 99-104.
2. Arslan, D. & Özcan, M.M. (2011). Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioprocess Processing*, 89 (4), 504-513.
3. Blasco, J., Aleixos, N. & Moltó, E. (2003). Machine Vision System for Automatic Quality Grading of Fruit. *Biosystems Engineering*, 85 (4), 415-423.
4. Brosnan, T. & Sun, D.-W. (2002). Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems—a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36 (2-3), 193-213.



5. Carrillo-Montes, J. P. (2008). *Secado de pimiento morrón (Capsicum annum) en lecho fluidizado con ciclos de atemperado y el efecto en su calidad*. Tesis presentada para optar al grado de Maestría en Ciencias de Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4182/SECADOPIAMIENTO.pdf?sequence=1>
6. Cepeda, E., García, M.A., Renobales, G. & Costell, E. (2000). Pimiento (*Capsicum annum* L.) purée: preparation, physicochemical properties and microscopical characterisation. *Journal of Food Engineering*, 45 (2), 85-92.
7. Di Scala, K. & Crapiste, G. (2008). Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT - Food Science and Technology*, 41 (5), 789-795.
8. Doymaz, İ. & Pala, M. (2002). Hot-air drying characteristics of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 55 (4), 331-335.
9. Faustino, J.M.F., Barroca, M.J. & Guiné, R.P.F. (2007). Study of the Drying Kinetics of Green Bell Pepper and Chemical Characterization. *Food and Bioproducts Processing*, 85 (3), 163-170.
10. Ghasemnezhad, M., Sherafati, M. & Payvast, S.A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods*, 3, 44-49.
11. Guiné, R.P.F. & Barroca, M.J. (2011). Effect of Drying on the Textural Attributes of Bell Pepper and Pumpkin. *Drying Technology*, 29 (16), 1911-1919.
12. Guiné, R.P.F. & Barroca, M.J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90 (1), 58-63.
13. Ihl, M., Shene, C., Scheuermann, E. & Bifani, V. (1994). Correlation for pigment content through colour determination using tristimulus values in a green leafy vegetable, swiss chard. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66 (4), 527-531.
14. Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B. & Marinou-Kouris, D. (1995). Design and production planning for multiproduct dehydration plants. *Computers & Chemical Engineering*, 19 (5), 581-606.
15. Larraín, R.E., Schaefer, D.M. & Reed, J.D. (2008). Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. *Food Research International*, 41 (4), 380-385.
16. Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48 (2), 169-175.
17. Medina-Juárez, L.A., Molina-Quijada, D.M.A., Toro-Sánchez, C.L.d., González-Aguilar, G.A., & Gámez-Meza, N. (2012). Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia*, 37 (8), 588-593.
18. Minguez-Mosquera, M.I., Jarén Galán, M. & Garrido-Fernández, J. (1992). Color quality in paprika. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2384-2388.
19. Montoya-Ballesteros, L.C., Gardea-Béjar, A., Ayala-Chávez, G.M., Martínez-Núñez, Y.Y. & Robles-Ozuna, L.E. (2010). Capsaicinoides y color en chiltepín (*Capsicum annum* var. aviculare). Efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9 (2), 197-207.

20. Pal, U.S., Khan, M.K. & Mohanty, S.N. (2008). Heat Pump Drying of Green Sweet Pepper. *Drying Technology*, 26 (12), 1584-1590.
21. Pérez-Gálvez, A., Garrido-Fernández, J., Lozano-Ruiz, M., Montero de Espinosa, V. & Mínguez-Mosquera, M.I. (2001). Influencia del secado lento a baja temperatura en el contenido carotenoide de dos variedades de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Balance biosintético y/o degradativo en función de las condiciones de procesado. *Grasas y Aceites*, 52 (5), 311-316.
22. Rocha, T., Lebert, A. & Marty-Audouin, C. (1993). Effect of Pretreatments and Drying Conditions on Drying Rate and Colour Retention of Basil (*Ocimum basilicum*). *LWT - Food Science and Technology*, 26 (5), 456-463.
23. Romano, G., Argyropoulos, D., Nagle, M., Khan, M.T. & Müller, J. (2012). Combination of digital images and laser light to predict moisture content and color of bell pepper simultaneously during drying. *Journal of Food Engineering*, 109, 438-448.
24. Simonne, A.H., Simonne, E.H., Eitenmiller, R.R., Mills, H.A. & Green, N.R. (1997). Ascorbic acid and provitamin A contents in unusually colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 299-311.
25. Tunde-Akintunde, T.Y., Afolabi, T.J. & Akintunde, B.O. (2005). Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Engineering*, 68, 439-442.
26. Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J. *et al.* (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117 (4), 647-653.
27. Vega-Gálvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sáinz, C., Fito, P. & Andrés, A. (2008). Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 85(1), 42-50.
28. Vega, A., Fito, P., Andrés, A. & Lemus, R. (2007). Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 79, 1460-1466.
29. Wibowo, S., Vervoort, L., Tomic, J., Santiago, J.S., Lemmens, L., Panozzo, A. *et al.* (2015). Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage. *Food Chemistry*, 171 (0), 330-340.
30. Wu, D. & Sun, D.-W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29 (1), 5-20.
31. Zhang, M., Li, C., Ding, X. & Cao, C. (2002). Thermal denaturation of some dried vegetables. *Drying Technology*, 20 (3), 711-717.