

Degradación del ácido ascórbico durante el secado convectivo de papaya Maradol (*Carica papaya*).

Ortíz-Yescas G.¹, Romero-Cortes T.¹, Cuervo-Parra JA¹, Tamayo-Rivera L.¹, Morales-Peñaloza A.¹,
Rodríguez-Jimenes G. C.², García-Alvarado M.A.² Robles-Olvera V.J.²

1: Escuela Superior de Apan- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo. México.

2: Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos- Instituto Tecnológico de Veracruz, Ver. México. yescas@uaeh.edu.mx*

Resumen: La papaya (*Carica papaya*) es una fruta frágil y perecedera y durante su cosecha se observan pérdidas causadas por contaminación. Al secado se le considera una alternativa para reducir dichas pérdidas; siendo éste uno de los métodos de conservación más empleados para la preservación de alimentos; sin embargo, puede inducir cambios físicos y químicos provocando la disminución de la calidad del producto final. Por lo que se empleó al ácido ascórbico como indicador de calidad para poder inferir acerca del grado de severidad del proceso. Para ello se realizaron cinéticas experimentales de secado. Con los datos obtenidos se representó un modelo que describe la evolución del ácido ascórbico, descrito en términos de una cinética irreversible de primer orden. De las variables evaluadas: temperatura (50, 60 y 70 °C), velocidad de aire (1,5 y 2,5 m/s) y espesor de la rebanada (1,0 y 1,5 cm) se encontró que, bajo las condiciones probadas, la temperatura fue la variable que más afectó la degradación del ácido ascórbico, no así la velocidad de aire y espesor de rebanada cuyos efectos no fueron significantes.

Palabras clave: Ácido ascórbico, secado convectivo, papaya.

Abstract: Papaya (*Carica papaya*) is a fragile and perishable fruit and during harvest losses are observed by contamination. Drying is considered as an alternative for reducing these losses, and is one of the most widely used conservation methods to preserve food, however, may to induce chemical and physical changes over the quality of the final product, so that the ascorbic acid was employed as a quality indicator for measuring the indicator for measuring the severity of the process. Experimentals kinetic were performed during drying. The data obtained were represented in a model that describes the evolution of ascorbic acid in terms of a first-order irreversible kinetics. Of the variables evaluated: temperature (50, 60 and 70 °C), air velocity (1.5 and 2.5 m.s⁻¹) and slice thickness (1.0 and 1.5 cm), it was found that under the conditions tested, the temperature was the variable that most affected the degradation of ascorbic acid, on the other hand, in the case of air velocity, and thickness of the slice its effects were not significant.

Palabras clave: Ascorbic acid, convective drying, papaya.

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya*) es una especie originaria de América Central que pertenece a las Caricáceas (Storey, 1976). Esta fruta se desarrolla en casi todas las áreas tropicales del mundo. Los principales países productores de este cultivo son la India, Brasil y México. Es la tercera fruta tropical mas producida con 11.22 millones de toneladas métricas, equivalente al 15,36 % del total de producción de frutas tropicales (FAO 2010). El cultivo tradicional de papaya en México es de pulpa amarilla y pulpa roja y se produce todo el año en zonas tropicales y subtropicales (Vasquez *et al.* 2008). En el 2007, México ocupó el segundo lugar a nivel mundial en la producción de papaya fresca. Se produjeron alrededor de 919 mil toneladas, lo que representa aproximadamente el 13 % del volumen mundial y un aumento del 88 % con respecto a los niveles alcanzados en 1994 (FAOSTAT, 2008). La fruta se consume domésticamente; sin embargo, existe una creciente demanda tanto nacional como internacional debido a su buena calidad gustativa y a su alto valor nutricional. Es una fruta frágil y perecedera (Paul 1993); a tal grado que durante su cosecha se observan pérdidas causadas por contaminación con hongos patógenos y ciertas variedades de virus (Martins y Farias 2002, Paul *et al.* 1997, Rivas *et al.* 2003) y debido al interés en esta fruta para exportación al mercado internacional se la ha sometido a diferentes técnicas de conservación como: refrigeración, atmósferas controladas, uso de biopelículas, entre otras (Adetuyi *et al.* 2008, Almeida *et al.* 2011, 2008, Cereda *et al.* 2005). Sin embargo, para su almacenamiento son requeridos grandes espacios (Zhou *et al.* 2004), por lo que,

al secado, se le considera una buena alternativa para reducir pérdidas y los espacios que se requieren para su almacenamiento (Reis *et al.* 2006).

El secado, uno de los procesos más antiguos utilizados para la preservación de los alimentos (Fan *et al.* 2005, Mujundar 2007, Negy y Roy 2001), es la forma más rápida, sencilla y económica para conservarlos (Frías y Oliveira 2001). Esta técnica se basa en la eliminación de agua a fin de proporcionar estabilidad microbiana, reducir reacciones químicas deteriorativas (Hawllader *et al.* 2006), aumentar la vida de anaquel del producto, reducir gastos de almacenamiento y transporte (Bimbenet 1978). Un proceso de secado eficiente debería de cumplir con las siguientes especificaciones: evitar los cambios indeseables, mantener la apariencia natural y la calidad del producto, retener nutrientes, minimizar el consumo de energía y reducir el impacto sobre el medio ambiente (Montero 2005). Un método de secado muy usado y conocido en la industria de los alimentos y en la química es el secado por aire caliente (Kroquida 2003, Sablani 2006) por ser uno de los métodos más simples y económicos (Mujundar 2007). Sin embargo, a pesar ser uno de los métodos más usados en alimentos, puede provocar cambios fisicoquímicos y afectar las propiedades de calidad del producto deshidratado; los cuales se ven reflejados en el color, la textura, densidad, porosidad, así como en el nivel nutricional del producto final (Chou y Chua 2001). El contenido nutricional es un tema importante en el dinamismo de la vida moderna que nos lleva a ingerir en mayor cantidad alimentos procesados, por ejemplo, frutas deshidratadas (incluida la papaya). Al procesar alimentos (secado por aire caliente en este caso) se afecta el contenido de nutrientes, por lo que, para inferir acerca de la severidad de éstos se han empleado indicadores de calidad (Frías y Oliveira 2001, Uddin *et al.* 2001, Uddin *et al.* 2002). Un indicador de calidad por excelencia es el ácido ascórbico (Karhan *et al.* 2003, Manso *et al.* 2001, Vieira *et al.* 2000) que, al ser uno de los biocomponentes más sensibles en alimentos, su retención garantiza que otros biocomponentes permanezcan sin alterarse durante el procesamiento. Durante el proceso de secado con aire caliente se involucran diversas variables entre las que se citan: humedad, temperatura, velocidad del aire, tamaño del producto, entre otras, las cuales juegan un papel importante en la calidad del producto, por lo tanto, el estudiar sus efectos sobre la degradación del ácido ascórbico ayuda a inferir acerca del contenido nutricional del producto. Por otro lado, éstas variables, se podrían manipular de tal manera de poder minimizar la pérdida nutricional en el producto final. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el ácido ascórbico y predecir su comportamiento mediante un modelo matemático durante el secado por aire caliente, usando como materia prima papaya maradol (*Carica Papaya*), y así poder inferir sobre el estado nutricional en la fruta deshidratada.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó papaya del mercado local del puerto de Veracruz, México, lugar en el que se llevó a cabo el desarrollo experimental. Para esto, se emplearon 3 temperaturas (50, 60 y 70 °C), 2 velocidades de aire (1,5 y 2,5 m.s⁻¹) y 2 espesores de rebanada (1 y 1,5 cm). Resultando del diseño factorial un total de 12 tratamientos (vea **Tabla 1**), los cuales se realizaron por duplicado.

Tabla 1: Diseño factorial.

Tratamiento	Condiciones experimentales con diferentes temperaturas y velocidades de aire
1	50 °C-1,5 m.s ⁻¹ -1 cm
2	50 °C-1,5 m.s ⁻¹ -1,5 cm
3	50 °C-2,5 m.s ⁻¹ -1 cm
4	50 °C-2,5 m.s ⁻¹ -1,5 cm
5	60 °C-1,5 m.s ⁻¹ -1 cm
6	60 °C-1,5 m.s ⁻¹ -1,5 cm
7	60 °C-2,5 m.s ⁻¹ -1 cm
8	60 °C-2,5 m.s ⁻¹ -1,5 cm
9	70 °C-1,5 m.s ⁻¹ -1 cm
10	70 °C-1,5 m.s ⁻¹ -1,5 cm
11	70 °C-2,5 m.s ⁻¹ -1 cm
12	70 °C-2,5 m.s ⁻¹ -1,5 cm

Proceso de secado de las rebanadas de papaya. Para la realización de las cinéticas experimentales se utilizó un secador de charolas tipo planta piloto, el cual se muestra en la **Figura 1**; cuyas características son: marca APEX modelo SSE17M; con intervalo de operación de 40 a 120 °C y velocidad de aire máxima de 2,5 m.s⁻¹.



Figura 1: Secador piloto de charolas con sistema de secado convectivo.

Se realizaron cinéticas de secado usando rebanadas de papaya maradol. En la **Figura 2** se muestra: a) las rebanadas previas al secado (tiempo cero); b) las rebanadas dispuestas durante el proceso; c) la fruta deshidratada final. Cabe mencionar que el proceso duró hasta observar valores de actividad de agua (aw) constantes en cada una de las cinéticas. En todos los tratamientos y durante todo el proceso se realizaron mediciones del contenido de ácido ascórbico y de humedad.



Figura 2: Rebanadas de papaya maradol (*Carica papaya*) a) antes, b) durante y c) al final del secado convectivo.

Determinación de ácido ascórbico por HPLC. Para extraer el ácido ascórbico de la muestra se preparó una solución extractora (ácido metafosfórico al 3 % y aforada con ácido sulfúrico 0,01 N). Se pesaron 10 g de muestra, se colocaron en un contenedor color ámbar con 50 mL de solución extractora. Posteriormente se trituró y se mantuvo en reposo en refrigeración por un periodo de 1,5 horas aproximadamente. Se centrifugó a 20000 rpm durante 15 minutos a 4 °C. El contenedor de la muestra fue cubierto con papel aluminio. El sobrenadante se separó y se filtró con membranas microporo de 0,45 µm para posteriormente colocarse en viales color ámbar. Las soluciones obtenidas se conservaron en refrigeración hasta su inyección. Se inyectaron 10 µL de la solución filtrada en una columna supelcosil Lc-18 con un flujo de 0,4 ml.min⁻¹. Se utilizó un detector marca Varian a una longitud de onda de 254 nm, y como fase móvil se utilizó fosfato monobásico de potasio al 1 % (1,36 g de KH₂PO₄ en 1000 mL de agua grado HPLC, filtrada a vacío con membrana microporo de 0,45 µm) con pH de 2,5. Para conocer la concentración del ácido ascórbico se

realizó una curva de calibración con 25 mg de ácido ascórbico y 25 mL de solución extractora, las concentraciones medidas fueron: 0,0002, 0,0004, 0,0006, 0,0008 y 0,001 mg.mL⁻¹. La concentración de ácido ascórbico fue medida a intervalos de tiempo de 30 minutos durante las primeras 3 horas en todos los tratamientos, y después a cada hora durante todo el proceso hasta obtener una actividad de agua constante. El tiempo de muestreo varió desde 6 hasta 10 horas dependiendo de la temperatura empleada, siendo aproximadamente 6 y 10 horas para 70 °C y 50 °C respectivamente.

Contenido de humedad de las rebanadas. Por otro lado, otro parámetro que también se evaluó durante el proceso fue el contenido de humedad. La cual se realizó por la técnica AOAC No. 972,20 (1995) basada en la pérdida de peso hasta obtener peso constante. Se pesaron 10 g de muestra y se colocaron en charolas de aluminio, se registró el peso de la charola sola y el de la charola con la muestra. Posteriormente, la charola se colocó en una estufa de vacío a 60 °C hasta obtener peso constante.

Análisis Estadístico. Para estudiar los efectos de las variables empleadas (temperatura, velocidad de aire y espesor de rebanada) sobre la degradación del ácido ascórbico se realizó un análisis estadístico (ANOVA). Con los datos obtenidos se representó un modelo para describir la evolución del ácido ascórbico, el cual estuvo descrito en términos de una cinética irreversible de primer orden. Donde, la constante de velocidad de reacción (*K*), estuvo en función de la relación entre la concentración de ácido ascórbico experimental a tiempos y temperaturas determinados. La *K* varió de acuerdo con el sistema de temperatura absoluta acorde con la ley de Arrhenius. La expresión cinética se resolvió mediante un sistema de regresión no lineal mediante el lenguaje de programación FORTRAN.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis estadístico reportaron que no hubo efectos significativos por parte de la velocidad de aire sobre el contenido de ácido ascórbico. De las dos velocidades de aire (1,5 y 2,5 m/s) se muestra la cinética experimental a 60 °C en rebanadas de papaya de 1 cm de espesor (**Figura 3**). La velocidad de aire es una variable que se empleó para estudiar el efecto que ésta puede tener sobre la velocidad de degradación.

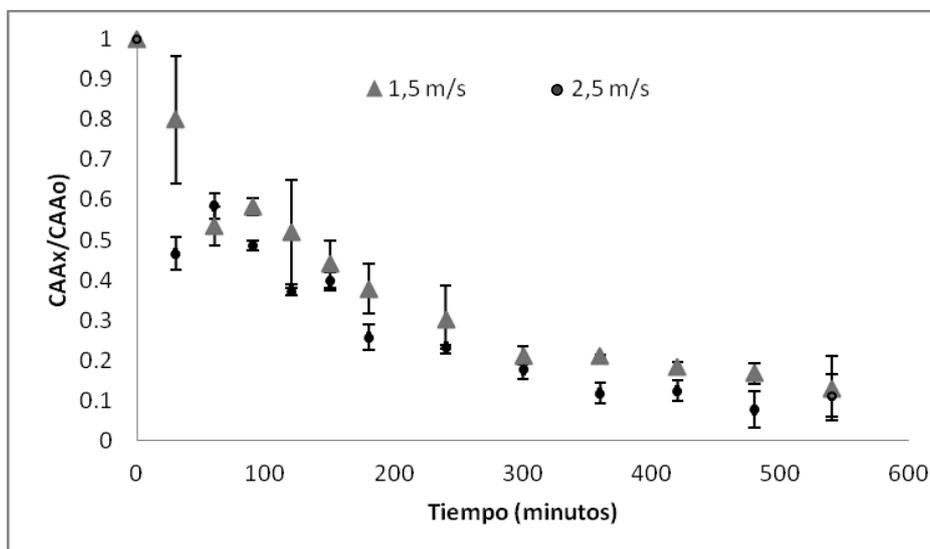


Figura 3: Efecto de la velocidad de aire (a 1,5 y 2,5 m/s) sobre el contenido de ácido ascórbico en rebanadas de papaya de 1 cm de espesor secadas a 60 °C.

Se observó tanto a la velocidad de 1,5 como a la de 2,5 m.s⁻¹ un comportamiento similar en la velocidad de pérdida del ácido ascórbico. Como era de esperarse, en ambos casos conforme transcurrió el tiempo de secado la cantidad de ácido ascórbico fue disminuyendo. De acuerdo a los resultados obtenidos con los valores de velocidades de aire empleados, no hubo diferencia significativa entre las dos velocidades de aire estudiadas; lo cual puede deberse a que el calor latente del aire en el intervalo de valores empleados permite

mantener condiciones de transferencia energética similares, produciéndose así velocidades de reacción parecidas en los tejidos de la fruta, lo cual se refleja en los contenidos de ácido ascórbico observados.

Por otro lado, con el espesor de rebanada, se observaron efectos similares sobre la molécula de ácido ascórbico. En la **Figura 4**, se observan los resultados experimentales a 70 °C con los espesores estudiados (1 y 1,5 cm). No se observó diferencia significativa en el intervalo de valores estudiados, lo cual puede deberse a que el gradiente del área de transferencia de calor no es tan grande que afecte la velocidad de reacciones en los intersticios celulares y lo cual favorece una velocidad en las reacciones de forma similar afectando de la misma manera la molécula del ácido ascórbico sin observarse efectos significativos.

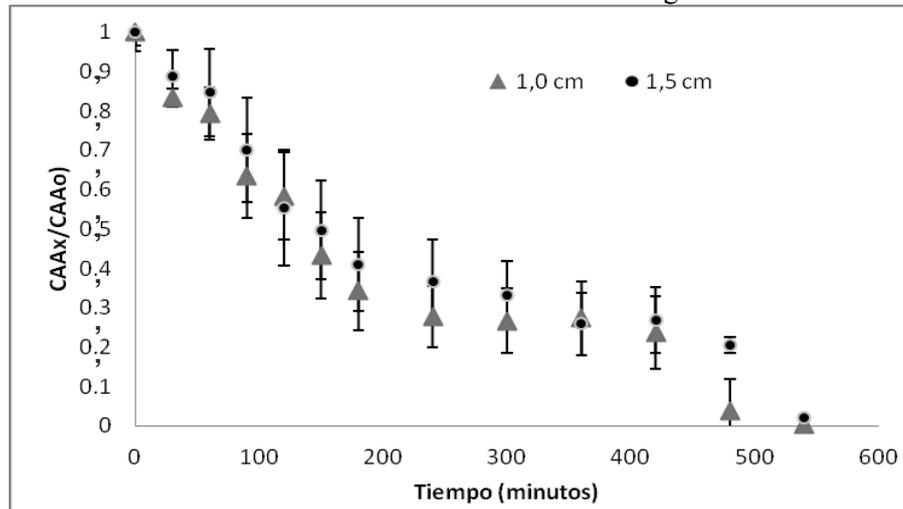


Figura 4: Efecto del espesor sobre la degradación del ácido ascórbico en papaya maradol a 70 °C con espesores de 1 y 1,5 cm.

En la **Figura 5**, se muestra el efecto de la temperatura sobre la degradación del ácido ascórbico, este factor demostró tener un efecto predominante sobre el mecanismo de degradación durante el secado; estos resultados coinciden con los reportados en 1980, por Villota y Karel. Independientemente de que la degradación del ácido ascórbico, puede seguir diversos caminos debido a la inestabilidad del anillo de lactona que posee en su constitución, el cual se hidroliza muy fácilmente produciendo 2,3 dicetogulónico, para posteriormente degradarse por descarboxilación, incluso la enzima ascorbato oxidasa con temperatura óptima de 52 °C y que se encuentra en la fruta tiende a oxidar a la molécula. En el caso de la temperatura, se podría pensar que el mecanismo de degradación se debe a la ruptura térmica de los grupos carbonilos que se encuentran en la molécula, lo cual conlleva a la pérdida rápida del ácido ascórbico, por lo que el efecto de ésta es predominante sobre los demás que pudieran afectar también la degradación en otros procesos diferentes al secado.

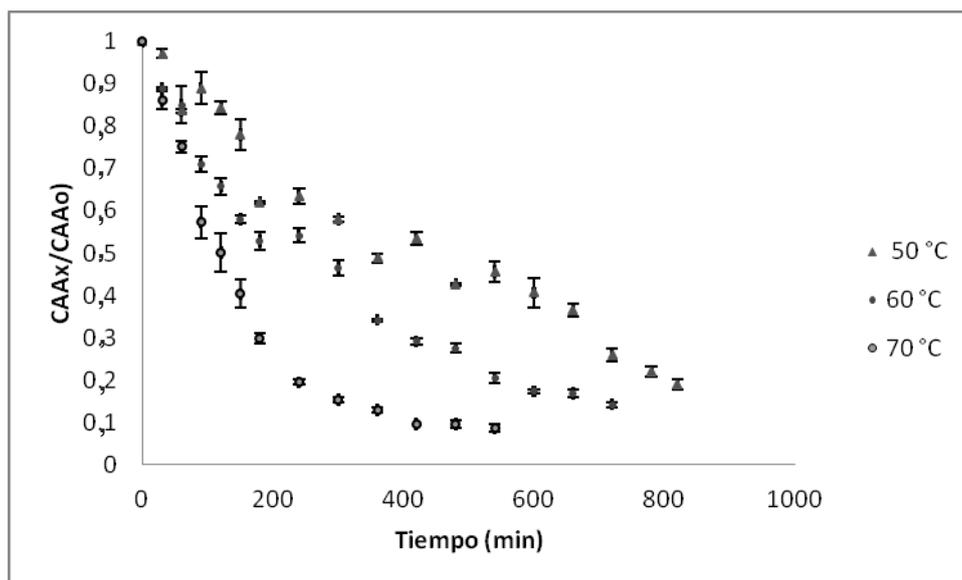


Figura 5: Degradación del ácido ascórbico en rebanadas de papaya maradol de 1 cm de espesor y 1,5 m.s⁻¹ de velocidad de aire a temperaturas.

Goula y Adamopoulos (2006) observaron que la velocidad de reacción disminuyó con la reducción del contenido de humedad, el mecanismo por el cual se explica este fenómeno es que a medida que el contenido de humedad disminuye, el ácido ascórbico en la muestra se vuelve más concentrado, la velocidad disminuye debido al incremento de la viscosidad de la fase acuosa o debido a la precipitación de los reactantes, afectando la difusión. Bajo el contexto anterior se explica el efecto de la temperatura sobre la degradación del ácido ascórbico durante el secado, a medida que avanza el proceso las velocidades de degradación disminuyeron en todas las condiciones evaluadas. Por otro lado, otros reportes de literatura han establecido que la humedad y la temperatura son variables que juegan un papel importante en la degradación del ácido ascórbico, las cuales han sido estudiadas en diversas condiciones (Frías y Oliveira 2001, Uddin *et al.* 2001, Vieira *et al.* 2000). De acuerdo a los resultados de este trabajo, los gráficos demuestran que la temperatura es la que ejerce gran influencia comparada con otras variables, lo cual concuerda con lo establecido por Villota y Karel (1980) y Santos y Silva (2009).

El modelo matemático obtenido y los valores de sus parámetros se muestran en la **Tabla 2**. Cabe mencionar que el modelo fue evaluado a diferentes humedades y temperaturas, y ajustado mediante una regresión lineal a un modelo tipo Arrhenius con una linealización para una transformación logarítmica. Donde se representa la constante K (min⁻¹), la humedad X (g. gss⁻¹) y la temperatura (K) del producto.

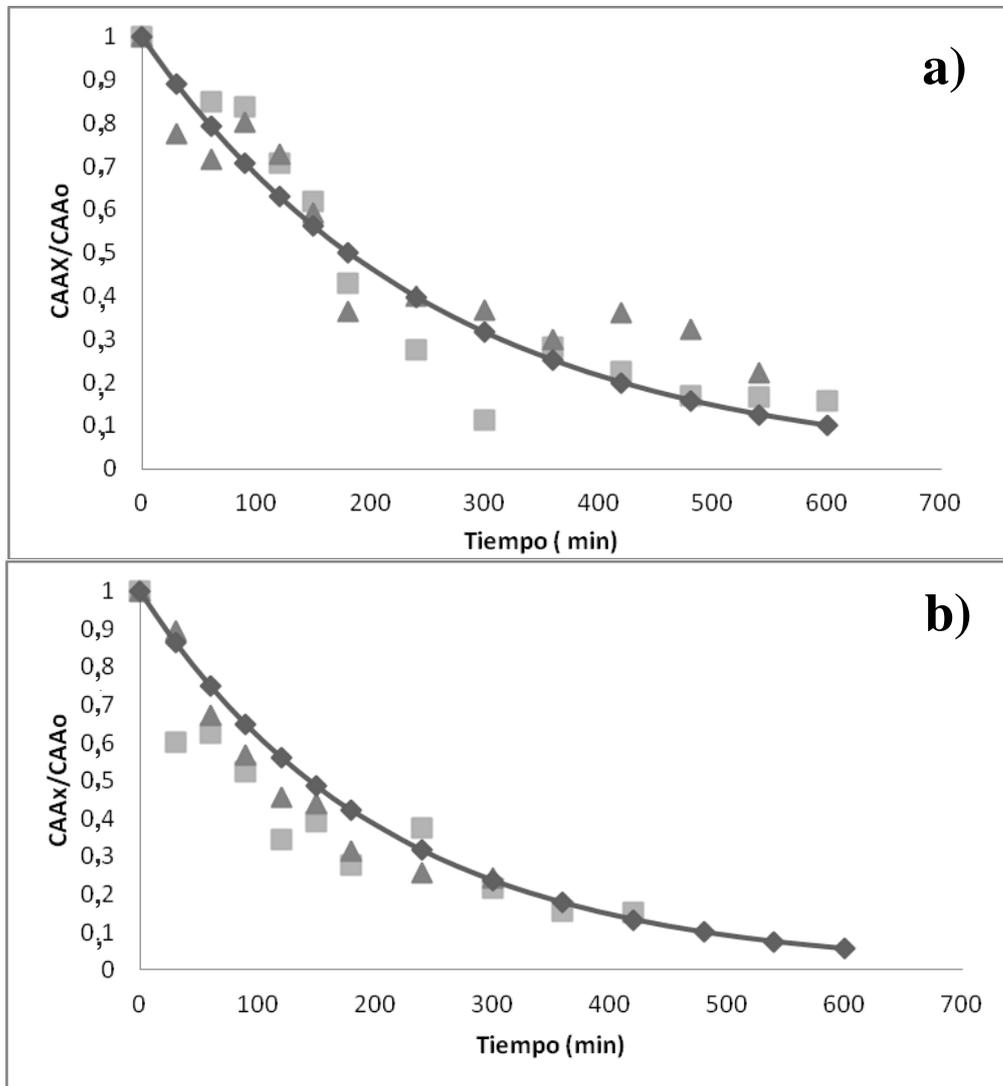
Tabla 2: Representación matemática del modelo obtenido y sus respectivos parámetros.

MODELO	PARÁMETROS
$\ln K = \ln K_0 + \beta_1 \ln x + \beta_2 \frac{1}{t} + \beta_{1,2} \frac{X}{T}$	$\beta_0 = 1.815$
	$\beta_1 = 0.255$
	$\beta_2 = 2368$
	$\beta_{1,2} = 191098$

En la **Figura 6**, se muestran tres representaciones gráficas del modelo a las 3 temperaturas empleadas en el secado de rebanadas de papaya. En el inciso **a**), se representa la temperatura de 50 °C con espesor de 1 cm y velocidad de aire de 1,5 m.s⁻¹. Es necesario mencionar que las corridas mostradas en las gráficas son los datos experimentales del tratamiento y su duplicado, razón por la que no se muestra graficado el error en cada uno de los puntos experimentales la simbología diferente en el gráfico (■, ▲) representa el tratamiento experimental y su réplica; esto se realizó con la finalidad de evaluar la capacidad de predicción del modelo. De la misma forma, en el inciso **b**), se muestra el comportamiento del modelo a 60 °C y finalmente, en el inciso **c**) la temperatura de 70 °C. Todas las corridas experimentales mostradas en la **Figura 6**, corresponden

a rebanadas de papaya de la misma dimensión (1 cm de espesor) y secadas a la misma velocidad de aire ($1,5 \text{ m.s}^{-1}$).

Independientemente del número de factores que afectan la degradación del ácido ascórbico tales como el pH, la temperatura, la presencia de enzimas, oxígeno, catalizadores, entre otros (Fennema 1996, Uddin *et al.* 2001, Uddin *et al.* 2002, Vera *et al.* 1995), en el proceso de secado fue posible predecir su velocidad de degradación.



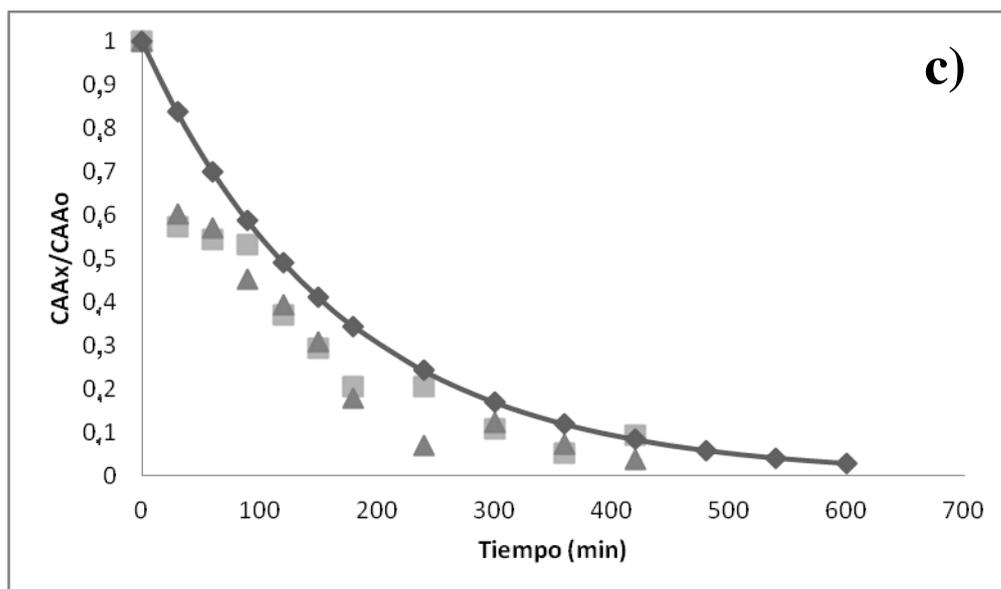


Figura 6: Degradación del ácido ascórbico experimental (■, ▲) y simulado (—○) en rebanadas de papaya de 1 cm de espesor a a) 50, b) 60 y b) 70 °C a velocidad de aire de 1,5 m. s⁻¹

CONCLUSION

El ácido ascórbico se degrada principalmente por acción de la temperatura. Con el modelo obtenido se logró representar adecuadamente el comportamiento de éste durante el proceso de secado, logrando absorber las incertidumbres del sistema en el cual se involucran otros muchos factores que pueden afectar la degradación del ácido ascórbico, pero que en este caso se englobaron en un modelo capaz de predecir la forma en la que se comporta el ácido ascórbico durante el proceso de secado.

BIBLIOGRAFIA

- Adetuyi FO, Akinadewo LT, Omosuli SV y Ajala L. 2008. Antinutrient and antioxidant quality of waxed and unwaxed pawpaw *Carica papaya* fruit stored at different temperatures. *African Journal of Biotechnology*. 7(16):2920-2924.
- Almeida CA, Reis PJD, Santos S D, Vieira de O T, Costa O M. 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia Y Tecnología Alimentaria* 2(1):049-060.
- Bimbenet JJ. 1978. Le séchage dans les industries agricoles et alimentaires, 4eme Cahier du Génie Industriel Alimentaire, SEPAIC, Paris.
- Chou S K y Chua KJ. 2001. New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Food Science Technology* 12: 359-369.
- Cereda MP, Bertollini AC, Silva AP, Oliveira MA y Evangelista RM. 1995. Películas de almidón para la preservación de frutas. En *Anais do Congresso de Polímeros Biodegradáveis. Avances y perspectivas*. Buenos Aires, Argentina.
- FAOSTAT. 2009. Base de Datos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas actualizadas el 16 de noviembre de 2009. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>.
- Fan L, Zhang M y Mujumdar AS 2005. Vacuum Frying of carrot chips. *Drying Technology* 23: 645-656.
- Fennema OR. (1996). *Food Chemistry*, Marcel Dekker. Nueva York
- Frías JM y Oliveira JC. 2001. Kinetics Models of ascorbic acid thermal degradation during hot air drying of maltodextrin solutions. *J. Food Eng.* 47:255-262
- Goula AM y Adamopoulos GK. 2006. Retention of ascorbic acid during drying of tomato Halves and Tomato pulp. *Drying Technology* 4: 57-64.
- Hawlder MNA, Perera CO y Yeo KL. 2006. Drying of guava and papaya: Impact of different drying methods. *Drying Technol.* 24: 77- 87.

- Manso MC, Oliveira FA, Oliveira JC y Frias JM. 2001. Modelling ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36: 303-312.
- Martins CR, y Farias RM. 2002. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reducir perdas na produção agrícola – Revisão. *Revista da FZVA.* 9(1):20-32.
- Montero PI. 2005. Modelado y construcción de un secadero solar híbrido para residuos biomásicos. Tesis Doctoral en Biología y producción de vegetales. Universidad de Extremadura. Badajoz, España.
- Mujumdar AS. 2007. Handbook of industrial drying, Marcel Dekker, Nueva York.
- Negi PS y Roy SK. 2001. The effect of blanching on quality attributes of dehydrated carrots during long-term storage. *Food Res. Technol.* 212: 445-448.
- Fan L, Zhang M y Mujumdar AS. 2005. Vacuum Frying of carrot chips. *Dry. Technol.* 23: 645-656
- Karhan M, Aks M, Tetik N y Turhan I. 2003. Kinetic modeling of anaerobic thermal degradation of ascorbic acid in Rose Hip (*Rosa canina L*) pulp. *J. Food Quality* 27: 311-319.
- Kroquida MK, Karatanos VT, Maroulis ZB y Marinou-Kouris D. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *J. Food Eng.* 59:391-403.
- Manso MC, Oliveira FAR, Oliveira JC y Frías JM. 2001. Modelling ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions. *Int. J. Food Sc. Tech* 36: 303-312.
- Paul RE. 1993. Pineapple and papaya. In *Biochemistry of fruit ripening.* (pp. 291- 323). London: Chapman & Hall.
- Paul R, Nishijina W, Reyes M, Cavaletto C. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya. *Postharvest Biology and Technology* 11: 165-179
- Reis RC, Ramos AM, Regazzi AJ, Minim VPR y Stringueta PC. 2006. Almacenamiento de mango secado: análisis fisicoquímico, microbiológico, color y sensorial. *Ciencia y Tecnología alimentaria* 5(3): 214-225.
- Rivas VP, Mora AG, Téliz OD, Mora AA. 2003. Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya L.*) sobre las epidemias de mancha anular. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 21(2):109-116.
- Santos PHS y Silva MA 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables- A review. *Dry. Tech* 26:1421-1437.
- Sablani SS. 2006. Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional/functional quality. *Dry. Technol* 24: 123-135.
- Storey WB. 1976. Papaya. In: N.W. Simmonds (Ed.), *Evolution of Crop Plants*, pp. 21–24. Longman, San Francisco. do con actividad de agua desfavorable a microorganismos.
- Uddin MS, Hawlader MNA, Zhou L. 2001. Kinetics of ascorbic acid degradation in dried kiwifruit during storage. *Dry. Tech* 19(2):437-446
- Uddin MS, Hawlader MN, Ding L. y Mujumdar AS. 2002. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *J. Food Eng.* 51: 21-26.
- Vázquez GE, Román AE y Ariza FR. 2008. Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 31(Nº Especial 3):4548.C.
- Vera JC, Rivast CI, Velazquez FV, Zhang RH, Concha II, y Golde DV. 1995. Resolution of the facilitated transport of dehidroascorbic acid from its intracellular accumulation as ascorbic acid. *J. Biol. Chem.* 270(40): 23706-23712.
- Vieira MC, Teixeira, AA, y Silva CLM. 2000 Mathematical modeling of the thermal degradation of total vitamin C in cuapagú (*Theobroma grandiflorum*) Nectar. *J. Food Eng.* 43: 1-7
- Villota R. y Karel M. 1980. Prediction of ascorbic acid retention during drying: II Simulation of retention in a model system. *J. Food Process Preserv* 4(3): 141-159.
- Zhou L, Paul RE y Chen NJ. 2004. Papaya. In *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks agricultural.* Agriculture Handbook. Number 66. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service. <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/101papaya.pdf>

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México.