

## **Efecto del Escaldado sobre el Color y Cinética de Degradación Térmica de la Vitamina C de la Pulpa de Mango de Hilacha (*Mangífera indica* var *magdalena river*)**

**Fernando A. Mendoza-Corvis<sup>(1, 2)</sup>, Elvis J. Hernández<sup>(2)</sup> y Luis E. Ruiz<sup>(2)</sup>**

(1) Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería. Ingeniería de Alimentos. Carrera 6 N° 76-103. Código Postal: 230002. Montería-Colombia. (e-mail: fercorvis1@hotmail.com)

(2) Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Agroindustrial. Carrera 28 N°5-267 Sincelejo – Colombia. (e-mail: elvis.hernandez@unisucra.edu.co)

*Recibido Sep. 4, 2014; Aceptado Nov. 19, 2014; Versión final recibida Nov. 25, 2014*

---

### **Resumen**

El objetivo de esta investigación fue determinar la cinética de degradación de la vitamina C y el efecto del escaldado sobre el color de la pulpa de mango de hilacha edulcorada con 20% de sacarosa. La determinación de la vitamina C se realizó empleando el método 2.6 Diclorofenol indofenol y el color mediante Colorímetro HunterLab. Los parámetros cinéticos se determinaron por el método de los mínimos cuadrados y el análisis estadístico mediante el software Desing expert 6.0. La vitamina C siguió una cinética de degradación de primer orden en todos los tratamientos, aumentando la constante de velocidad de degradación  $k_1$  con el aumento de la temperatura de proceso, con un valor máximo de  $0.061 \text{ min}^{-1}$  a  $85^\circ\text{C}$  por 10 min. El valor del tiempo de vida media  $t_{1/2}$  y el tiempo de reducción decimal D disminuyeron a la mitad al pasar la temperatura de  $65^\circ\text{C}$  a  $85^\circ\text{C}$  con valores de 11.23 min y 37.30 min, respectivamente. La energía de activación  $E_a$  fue de 8.57 Kcal/mol.

*Palabras clave: vitamina C, parámetros cinéticos, energía de activación, degradación de vitamina, escaldado*

## **Effect of Blanching on the Color and Thermal Degradation Kinetics of Vitamin C of Mango of Hilacha Pulp (*Mangífera indica* var *magdalena river*)**

### **Abstract**

The objective of this research was to determine the degradation kinetics of vitamin C and the effect of blanching in the color of mango of hilacha pulp sweetened with 20% sucrose. The determination of vitamin C was performed using 2.6 Dichlorophenol indophenol method and color using a colorimeter Color Flex EZ mark HunterLab. The kinetic parameters were determined by the least square method and the statistical analysis with the software Desing expert 6.0. Vitamin C followed degradation kinetics of first order in all treatments. The degradation rate constant  $k_1$  increased with the process temperature elevation, with a maximum value of  $0.061 \text{ min}^{-1}$  for the treatment at  $85^\circ\text{C}$  for 10 min. The value of the half life time  $t_{1/2}$  and the reduction time D decreased to half of their values with the elevation of the temperature from  $65^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  with values of 11.23 min and 37.30 min, respectively. The activation energy  $E_a$  was 8.57 Kcal/mol.

*Keywords: vitamin C, kinetic parameters, activation energy, vitamin degradation, blanching*

## INTRODUCCION

El mango (*Mangifera indica*) es una planta originaria del sur de Asia, cuyo fruto es uno de los más conocidos en las zonas tropicales (Ocampo, 2006). El mango de hilacha es uno de los frutos de más amplio cultivo en la costa norte colombiana, con un contenido promedio de 35 mg/100g de vitamina C (Mendoza-Corvis, 2014). La mayoría de los mamíferos son capaces de sintetizarla, pero algunas especies como el hombre son dependientes de fuentes exógenas de ésta, porque carecen de la última enzima en la biosíntesis del ácido ascórbico a partir de la glucosa (Babase, 2000), la L-gulonolactona oxidasa (Leong & Oey, 2012). La vitamina C ayuda a prevenir el cáncer, escorbuto, enfermedades cardiovasculares y mejora la absorción de hierro para prevenir la anemia (Leong & Oey, 2012; Amer et al., 2002).

El procesamiento térmico de alimentos a elevadas temperaturas si bien elimina la posibilidad de daño microbiológico y reduce la actividad enzimática, afecta la calidad del producto, produciendo pérdida de componentes termolábiles y termosensibles responsables de las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos (Acevedo et al., 2002). La vitamina C, es una de las vitaminas hidrosolubles menos inestables. En especial es lábil al calentamiento en presencia de oligometales como el cobre y el hierro. Además el ácido ascórbico se oxida fácilmente en presencia de oxígeno y la rapidez de oxidación aumenta cuando se eleva la temperatura (Ramos et al., 2002; Cruz et al., 2008), por lo que se usa como indicador químico para evaluar el procesamiento de frutas y verduras (Santos & Silva, 2008).

La pulpa de mango contiene un amplio patrón de carotenoides, incluyendo  $\beta$ -caroteno, violaxantina, Criptoxantina, neoxantina, luteoxantina y zeaxantina (Omelas-Paz et al., 2007; Ribeiro et al., 2007; Corral-Aguayo et al., 2008; Pott et al., 2003; Ribeiro & Schieber, 2010), al igual que una amplia variedad de  $\beta$ -carotenos y carotenoides totales de acuerdo a la variedad de mango (Omelas-Paz et al., 2007; Veda et al., 2007; Ribeiro et al., 2007; Corral-Aguayo et al., 2008; Pott et al., 2003; Ribeiro & Schieber, 2010).

Los carotenoides son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras, debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente total o principalmente en una cadena de dobles enlaces conjugados, los cuales son los responsables de la intensa coloración de los alimentos que los contienen (Meléndez-Martínez et al., 2004). Uurrea et al., (2012) reportaron la disminución en la concentración de carotenoides durante el proceso de secado de las zanahorias a diferentes temperaturas y en la medida que aumentaba el tiempo de proceso, lo que se tradujo en una disminución de la intensidad del color naranja de la zanahoria.

Los carotenoides son fácilmente isomerizados por el calor, los ácidos y la luz. En general, los carotenoides presentan una configuración trans y cuando son sometidos al calentamiento, la molécula se puede transformar a su configuración cis, típicamente en la posición 9, 13 y 15 de los átomos de carbono. Además, los procesos de deshidratación pueden contribuir a la degradación oxidativa debido a la exposición al oxígeno y un aumento en la relación masa superficie (Von y Schwartz, 1996); aclarando, que dependiendo del tratamiento térmico, la configuración trans de los beta-carotenos es más propensa a la isomerización que a la degradación (Chandler y Schwartz 1988).

Por otro lado, la caramelización de los azúcares, denominada también pirolisis, se presenta por calentamiento de estos. Cuando se trata disacáridos, existe una hidrólisis previa que produce los correspondientes monosacáridos y estos se transforman en enoles. Seguidamente aparece una deshidratación del enol que produce derivados furánicos que se polimerizan finalmente dando lugar a pigmentos macromoleculares oscuros (Díaz & Clotet, 1995).

## MATERIALES Y METODOS

Para preparar las muestras se obtuvo pulpa de mango de hilacha (*Mangifera indica* var. *Magdalena river*), la cual se edulcoró con sacarosa al 20% y se sometió a calentamiento a temperaturas de 65°C, 70°C, 75°C, 80°C y 85°C durante un tiempo de 10 minutos tomando muestras cada 2,5 minutos. Las muestras una vez tratadas, eran enfriadas rápidamente en agua fría con hielo y se procedía a determinar inmediatamente vitamina C (método AOAC 967.21 con 2,6 diclorofenol indofenol) y color, mediante un Colorímetro Color Flex EZ marca HunterLab, iluminante estándar D65. Para determinar los parámetros cinéticos de degradación de la vitamina C se emplearon las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 (Lui et al., 2014; Ordóñez-Santos & Yoshioka-Tamayo, 2012).

$$\text{Cinética de orden cero: } C = C_0 + (-K_0) t \quad (1)$$

$$\text{Cinética de primer orden: } C = C_0 \exp(-K_1) t \quad (2)$$

$$\text{Tiempo de vida media } t_{1/2} = \ln 2 / K_1 \quad (3)$$

$$\text{Tiempo de reducción decimal } D = \ln 10 / K_1 \quad (4)$$

$$\text{Ecuación de Arrhenius } K = A_0 e^{-E_a/RT} \quad (5)$$

Donde C corresponde a la concentración de vitamina C,  $k_0$  y  $k_1$  son las constante de velocidad de degradación, t es el tiempo de proceso,  $t_{1/2}$  es el tiempo de vida media, D es el tiempo de reducción decimal,  $E_a$  es la energía de activación, R (1,98717 cal/mol), T es la temperatura absoluta en grados kelvin.

El diseño experimental se desarrolló mediante factorial 5x5, para un total de 25 tratamientos los cuales se desarrollaron por triplicado. Los parámetros cinéticos fueron determinados por el método de mínimos cuadrados empleando la herramienta Solver de Excel 2010. Para el análisis estadístico de la vitamina C y el color con respecto al tiempo y temperatura de proceso, se empleó el software Desing expert 6.0.

## RESULTADOS

En la figura 1 y 3(a) se evidencia la variación en la concentración de la vitamina C en la pulpa de mango de hilacha edulcorada (sacarosa al 20%) en el tiempo a diferentes temperaturas de proceso. Al realizar análisis estadístico se evidencia diferencia significativa ( $p < 0,05\%$ ) de la concentración de ésta con respecto a la temperatura (A), tiempo (B) de trabajo, el factor B<sup>2</sup> y la interacción AB. La concentración de vitamina C disminuyó con el incremento de la temperatura y a medida que aumentaba el tiempo de proceso, pasando de 16,86 mg/100g al cabo de 2,5 min de proceso a 14,18 mg/100g a los 7,5 min a una temperatura constante de 70°C lo que representa una pérdida en su concentración del 15,89%, mientras que para este mismo tiempo (7,5 min) a una temperatura de 80°C la concentración de vitamina C disminuyó a 12,68 mg/100g (pérdida del 18,9%).

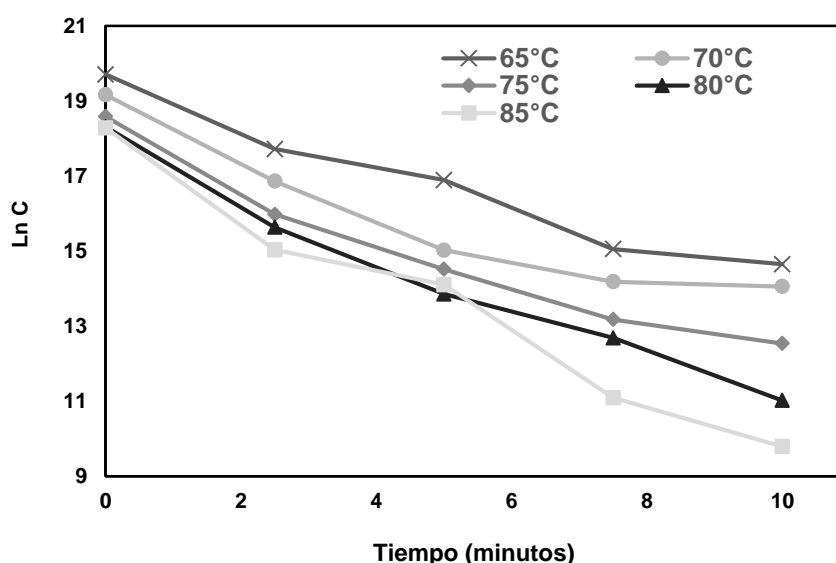


Fig. 1: Variación del Ln C (Vitamina C) de la pulpa de mango edulcorada en el tiempo.

Efectos similares se observan en el tratamiento térmico de la fresa, en la cual el porcentaje de vitamina C disminuyó al aumentar tanto la temperatura de proceso como el tiempo de exposición a dichas condiciones (Gamboa-Santos et al., 2014). Resultados equivalentes fueron reportados en guayaba, marula y mango (Hiwilepo-van et al., 2012), naranja, mandarina y limón (Acebedo et al., 2004). La degradación térmica de la vitamina C está relacionada con la formación de compuestos aquirales indeseables y/o isomerización (apertura o cierre del anillo de lactona) de L-isómeros a D-isómeros (Dabbagh & Azami, 2014).

Al realizar la cinética de degradación de la vitamina C encontramos que esta seguía una cinética de primer orden a las diferentes temperaturas de proceso, con los mayores coeficientes de correlación (tabla 1). El ácido ascórbico es una vitamina termosensibles que puede verse afectada por diversos factores como la luz, el oxígeno y actividad de agua (Matos-Chamorro & Chuquilín-Chumbe, 2010). Estudios realizados sobre la cinética de degradación de la vitamina C han concordado en que sigue una cinética de primer orden (Pulido & Beristain, 2010; Ordóñez-Santos & Yoshioka-Tamayo, 2012).

Tabla 1: Orden de reacción y coeficientes de correlación de degradación térmica de la vitamina C en la pulpa de mango de hilacha

Temperatura	Orden Cero			Primer Orden		
	Co	K <sub>0</sub>	R <sup>2</sup>	Co	K <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>
65	19,3571	0,5113	0,9621	19,4792	0,0308	0,9725
70	18,4330	0,5158	0,8897	18,6197	0,0336	0,9184
75	17,9363	0,5959	0,9475	18,1526	0,0409	0,9704
80	17,8042	0,7015	0,9777	18,0571	0,0498	0,9912
85	17,8404	0,8367	0,9727	18,1601	0,0617	0,9779

Se evidencia que la constante de velocidad cinética ( $K_1$ ) aumenta con el incremento de la temperatura, lo que corrobora e indica el aumento en la velocidad de degradación de la vitamina C al elevar la temperatura de trabajo. Al comparar estos resultados con los alcanzados por Ordóñez-Santos y Yoshioka-Tamayo (2012) encontramos que los valores de  $K_1$  son mayores a los reportados en la presente investigación, lo cual se podría deber a la variedad de mango utilizada y a los tratamientos realizados (pulpa edulcorada). Al respecto, Sapei y Hwa (2014) evidenciaron que la adición de sacarosa podría frenar eficazmente la velocidad de degradación de la vitamina C, al determinar que los valores de la constante cinética disminúan para una misma temperatura cuando el tratamiento se realizaba con azúcar, lo que podría explicar los resultados obtenidos. El aumento de la constante de velocidad cinética ( $k_1$ ) de degradación de la vitamina C con la temperatura, fue igualmente reportado en fresas (Gamboa-Santos et al., 2014), jugo de fresa (Sapei & Hwa, 2014), néctar de mango (Lui et al., 2014), naranja, pomelo, mandarina (Acebedo et al., 2004), guayaba (Ordóñez-Santos et al., 2013), jugo de Carambola (Matos-Chamorro & Chuquilín-Chumbe, 2010).

La tabla 2 nos exhibe los parámetros de tiempo de vida media, tiempo de reducción decimal y energía de activación de la pulpa de mango edulcorada. Se evidencia que a 65°C la concentración de la vitamina C se reduce a la mitad a los 22,52 minutos de tratamiento, mientras que a 85°C solo lo hace en 11,23 minutos, disminuyendo para todos los casos el tiempo en que reduce la concentración de la vitamina C a la mitad con el incremento de la temperatura.

Tabla 2: Parámetros cinéticos de degradación de la Vitamina C en la pulpa de mango de hilacha.

Temperatura °C	Orden de Reacción	Co mg/100g	K <sub>1</sub> (min <sup>-1</sup> )	t <sub>½</sub> (min)	D (min)	Ea Kcal/mol
65	1	19,4792	0,0308	22,52	74,82	8,5742
70	1	18,6197	0,0336	20,62	68,51	
75	1	18,1526	0,0409	16,97	56,36	
80	1	18,0571	0,0498	13,91	46,22	
85	1	18,1601	0,0617	11,23	37,30	

Se evidencia que el tiempo de reducción decimal disminuye con el incremento de la temperatura, lo cual se debe a la termosensibilidad de la vitamina C; para  $D_{65}$  se determinó que la reducción del 90% en la concentración inicial de esta vitamina se daba al término de 74,82 minutos, mientras que para  $D_{85}$  este tiempo se redujo a menos de la mitad (37,30 min). Efecto similar se reportó en el jugo de Carambola en el que el valor de D disminuyó con el aumento de la temperatura hasta la mitad de su valor al incrementarse la temperatura de 60°C a 90°C (Matos-Chamorro & Chuquilín-Chumbe, 2010).

El modelo de Arrhenius de degradación de la vitamina C en pulpa de mango de hilacha edulcorada se presenta en la figura 2. Se determinó que la energía mínima requerida para que inicie la degradación térmica de la vitamina C fue de 8,57 Kcal/mol (35,87 KJ/mol). Este parámetro está dentro de los rangos reportados por Ordóñez-Santos & Yoshioka-Tamayo, (2012) y Hiwilepo-van et al., (2012) con valores de 8,13 Kcal/mol y 9,32 Kcal/mol en mangos, respectivamente. Las diferencias en los parámetros cinéticos de la vitamina C en con respecto a otras investigaciones puede ser consecuencia de las temperaturas empleadas, la matriz biológica y su geometría, y probablemente por las diferencias en el contenido de humedad de las muestras (Ordóñez-Santos & Yoshioka-Tamayo, 2012).

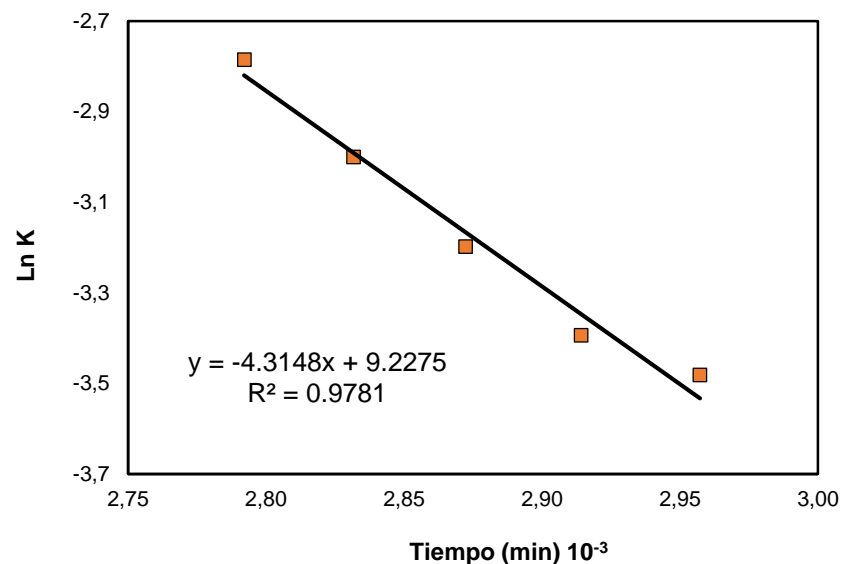


Fig. 2: Modelo de Arrhenius de degradación de la Vitamina C en pulpa de mango de hilacha edulcorada.

En la figura 3 se observa el comportamiento de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en función del tiempo y temperatura de proceso. No se observó diferencia significativa ( $p < 0,05\%$ ) para los parámetros  $L^*$  y  $a^*$ , mientras que  $b^*$  exhibió diferencia significativa con respecto a la temperatura (A), tiempo (B) y la interacción  $B^2$ . En la figura 3(d) se observa que el valor de  $b^*$  disminuye con el aumento de la temperatura y del tiempo de proceso, lo cual puede estar relacionado con la degradación térmica de pigmentos de coloración amarilla (carotenos) por efecto de la exposición a las temperaturas de trabajo. La interacción cuadrática ( $B^2$ ) nos denota puntos de inflexión cercanos a los 5 minutos, exhibiendo valores mínimos de  $b^*$ . Se observa que este parámetro va aumentando hasta alcanzar un máximo alrededor de los 5 minutos de proceso, para inmediatamente disminuir su valor. Este comportamiento se puede deber inicialmente al predominio de reacciones de pirólisis sobre las reacciones de degradación de carotenoides, conllevando a la caramelización de la sacarosa por efecto de la temperatura de proceso con la consecuente formación de pigmentos oscuros; para posteriormente después de los 5 minutos de proceso predominar el efecto de la degradación térmica de los carotenoides provocando la disminución del valor de  $b^*$ .

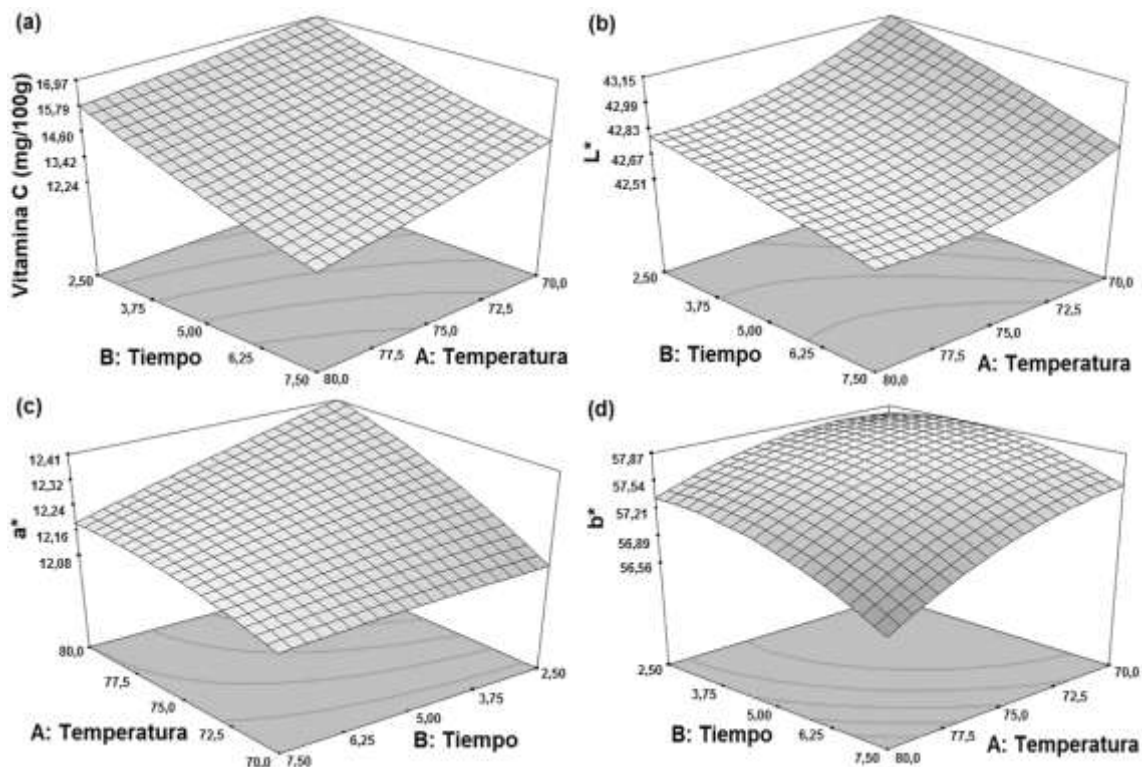


Fig. 3: Variación de la Vitamina C,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en pulpa de mango de hilacha edulcorada.

El parámetro  $L^*$  pese a no mostrar diferencia significativa presenta una tendencia a disminuir su valor con el incremento de la temperatura y el tiempo de proceso, mientras que  $a^*$  exhibe su máxima valoración a 80°C por cortos periodos de tiempo (2,5 min), disminuyendo su valor en la medida que transcurre el tiempo de proceso. Manayay et al., (2013) reportaron la disminución permanente de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  con la temperatura y el tiempo de proceso en el mango variedad Haden, siendo relativamente mas pronunciada dicha disminución a mayores temperaturas y tiempos. Resultados congruentes fueron reportados por Ndiaye et al., (2009) en rodajas de mango, Gonçalves et al., (2007) en calabaza, Gonçalves et al., (2010) en zanahoria.

## CONCLUSIONES

La estabilidad de la vitamina C y los parámetros de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en el mango de hilacha depende de la temperatura y tiempo de calentamiento, disminuyendo su valoración con el aumento de estos dos parámetros. La cinética de degradación de la vitamina C siguió una reacción de primer orden, aumentando  $K_1$  con el aumento de la temperatura de proceso. La energía mínima requerida ( $E_a$ ) para que inicie la degradación térmica de la vitamina C en el mango de hilacha es de 8,57 Kcal/mol. Los parámetros de  $t_{1/2}$  (tiempo de vida media) y tiempo de reducción decimal (D) disminuyeron a la mitad al incrementarse la temperatura de proceso de 65°C a 85°C con valores finales de 11,23 min y 37,30 min, respectivamente.

## REFERENCIAS

- Acevedo, B., Montiel, M., Avanza, J. Estudio cinético de la degradación de la actividad antioxidante hidrosoluble de jugos cítricos por tratamiento térmico. *FACENA*, 20:91-95 (2004)
- Acevedo, B., Montiel, M., Avanza, J. Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante total de jugos de pomelo, naranja y mandarina. [En línea] <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2002/08-Exactas/E-013.pdf>. 1:1-3 (2002). Acceso: agosto (2014)
- Amer, M.I., De Piante, D.A., Rubiolo, A.C. Utilización de cromatografía líquida de alta eficiencia para determinar vitamina C en frutillas congeladas. *Información tecnológica*, 13(3):55-59 (2002)
- Babase, A. Funciones de la vitamina C en el metabolismo del colágeno. *Rev. Cubana Aliment. Nutr.*, 14(1):46-54 (2000)
- Chandler, L., Schwartz, S. Isomerization and losses of trans- $\beta$ -carotene in sweet potatoes as affected by processing treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36:129-133 (1988)
- Corral-Aguayo, R. D., Yahia, E. M., Carrillo-Lopez, A., González-Aguilar, G. Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:10498-10504 (2008)
- Cruz, R. M. S., Vieira, M. C., Silva, C. L. M. Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9:483-488 (2008)
- Dabbagh, H. A., Azami, F. Experimental and theoretical study of racemization, stability and tautomerism of vitamin C stereoisomers. *Food Chemistry*, 164:355-362 (2014)
- Diaz, N., Clotet, R., 1995. Cinética de la caramelización en soluciones azucaradas simples. *Alimentaria*, 1(1), pp. 35-38 (1995)
- Gamboa-Santos, J., Megías-Pérez, R., Soria, A. C., Olano, A., Montilla, A., Villamiel, M. Impact of processing conditions on the kinetic of vitamin C degradation and 2-furoylmethyl amino acid formation in dried strawberries. *Food Chemistry*, 153:164-170 (2014)
- Gonçalves, E., Pinheiroa, J., Abreu, M., Brandão, T.R.S., Silva, C.L.M. Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *Journal of Food Engineering*, 81(4):693-701 (2007)
- Gonçalves, E., Pinheiroa, J., Abreu, M., Brandão, T.R.S., Silva, C.L.M. Carrot (*Daucus carota* L.) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. *Journal of Food Engineering*, 97(4):574-581 (2010)

- Hiwilepo-van, P., Bosschaart, Ch., Twisk, Ch. V., Verkerk, R., Dekker, M., Kinetics of thermal degradation of vitamin C in marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*) as compared to other selected tropical fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 49:188-191 (2012)
- Leong, S. Y., Oey, I. Effect of endogenous ascorbic acid oxidase activity and stability on vitamin C in carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus*) during thermal treatment. *Food Chemistry*, 134:2075-2085 (2012)
- Lui, F., Wang, Y., Li, R., Bi, x., Liao, X. Effects of high hydrostatic pressure and high temperature short time on antioxidant activity, antioxidant compounds and color of mango nectars. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 21:35-43 (2014)
- Manayay, D., Ibarz, A., Castillo, W., Palacios, L. Cinética de la diferencia de color y croma en el proceso térmico de pulpa de mango (*Mangífera indica* L.) variedad Haden. *Scientia Agropecuaria*, 4:181-190 (2013)
- Matos-Chamorro, A., Chuquilín-Chumbe, E. Estudio de la Influencia de la Concentración en la Retención de Vitamina C en Jugo Fresco y Concentrado de Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1):36-42 (2010)
- Meléndez-Martínez, A., Vicario, I. M., Heredia, F. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2):209-215 (2004)
- Mendoza-Corvis, F. Evaluación de las condiciones de secado de un producto a base de lactosuero y pulpa de mango adicionado con *B. bifidum*. Tesis de Maestría. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia, (2014)
- Ndiaye, C., Xu, S., Wang, Z. Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Food Chemistry*, 113:92-95 (2009)
- Ocampo, A. Modelo cinético del secado de la pulpa de mango. *Revista EIA*, 1(5):119-128 (2006)
- Omelas-Paz, J., Yahia, E. M., Gardea-Bejar, A. Identification and quantification of xanthophylls esters, carotenes, and tocopherols in the fruit of seven Mexican mango cultivars by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-time-of-flight mass spectrometry [LC-(APCI+)-MS]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:6628-6635 (2007)
- Ordóñez-Santos, L. E., Ospina, M. A. & Rodríguez, D. X. Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2):44-51 (2013)
- Ordóñez-Santos, L. & Yoshioka-Tamayo, L. S. Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *Vitae*, 19(1):81-83 (2012)
- Pott, I., Breithaupt, D. E. & Carle, R. Detection of unusual carotenoid esters in fresh mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Kent'). *Phytochemistry*, 64:825 – 829 (2003)
- Pulido, A. & Beristain, C. I. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(2):189-195 (2010)
- Ramos, A., García, L., Pinedo, M. & Souza, R. Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria Dubia* H.B.K. (Camu-Camu) que reducen el contenido de vitamina C (Ácido Ascórbico). *Revista Amazónica de investigación*, 2(2):89-99 (2002)
- Ribeiro, S. M. R., Schieber, A. Bioactive Compounds in Mango (*Mangífera indica* L.). En: *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. Elsevier Inc., pp. 507-523 (2010)
- Ribeiro, S. M. R., Queiroz, J. H., Lopes R., M. E., Campos, F. M., Pinheiro S., H. M. Antioxidant in mango (*Mangifera indica* L) pulp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(1):13-17 (2007)
- Santos, P. H. S., Silva, M. A. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables. *Drying Technology*, 26:1421-1437 (2008)
- Sapei, L., Hwa, L. Study on the Kinetics of Vitamin C Degradation in Fresh Strawberry Juices. *Procedia Chemistry*, 9:62-68 (2014)

Uurrea, D., Eim, V., Roselló, C., Simal, S. Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. *Nantesa*). Revista Alimentos Hoy, 21(27):68-101 (2012)

Veda, S., Platel, K., Srinivasan, K. Varietal differences in the bioaccessibility of  $\beta$ -carotene from mango (*Mangifera indica*) and papaya (*Carica papaya*) fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55:7931-7935 (2007)

Von, J., Schwartz, S. Colorants, in Food Chemistry, 3rd edition, O. R. Fennema. Ed. Marcel Dekker, 300-320. New York, USA, (1996)