

Comportamiento cinético de la variación de vitamina c en pulpa concentrada de mango (mangifera indica L.) Variedad Haden y Kent

“Kinetic behavior of the variation of vitamin c in concentrated pulp mango (mangifera indica L.) Variety Haden and Kent”

¹Damián Manayay S^a, ²Albert Ibarz R^b

Recibido, diciembre 2014

Aceptado, abril 2015

RESUMEN

Frente al problema de la falta de manejo adecuado de los parámetros de degradación de la calidad organoléptica y nutricional en el proceso térmico y almacenaje de la pulpa de mango, se ha modelado el comportamiento cinético de la degradación de vitamina C en el proceso térmico de pulpa concentrada (28°Brix) de mango variedad Haden y Kent, exponiendo las muestras a temperaturas de 80, 85, 90, 95 y 98°C, y, por tiempos de 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 240 minutos respectivamente. El análisis de los resultados mediante un ajuste estadístico a modelos teóricos de primer y segundo orden, a través del software Statgraphics centurión XV, permitió determinar con una probabilidad de error del 5%, que la degradación de vitamina C de pulpa concentrada de mango tanto de la variedad Haden como de Kent, es descrito adecuadamente por una cinética de reacción de primer orden, siendo los rangos de variación de la constante cinética (k_p), los siguientes:

$$[V_c] = k_0 \exp(-k_p \cdot t)$$

$$\text{Haden: } 6.5 \times 10^{-4} \pm 3.2 \times 10^{-5} \leq k_p \leq 1.0 \times 10^{-3} \pm 5.8 \times 10^{-5}$$

$$\text{Kent: } 2.8 \times 10^{-4} \pm 1.6 \times 10^{-5} \leq k_p \leq 3.4 \times 10^{-4} \pm 5.1 \times 10^{-5}$$

Palabras clave: Vitamina C en pulpa de mango; pulpa de mango; vitamina C.

¹ Universidad Le Cordon Bleu.

² Universidad de Lleida, España.

^a Ingeniero de Industrias Alimentarias.

^b Ingeniero Químico

ABSTRACT

Faced with the problem of the lack of proper management of degradation parameters of organoleptic and nutritional quality thermal and storage of mango pulp process, has been modeled the kinetic behavior of the degradation of vitamin C in the thermal process pulp concentrated (28 ° Brix) and Haden mango variety Kent, exposing samples at temperatures of 80, 85, 90, 95 and 98 ° C, and for times of 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 minutes respectively. The analysis of the results using statistical models theorists first and second order fit through the software Statgraphics Centurion XV, revealed with a probability of error of 5%, the degradation of vitamin C concentrated mango pulp both Haden variety and Kent, is adequately described by a kinetic first-order reaction, where the ranges of variation of the kinetic constant (k_p), as follows:

$$[V_C] = k_0 \exp(-k_p \cdot t)$$

$$\text{Haden: } 6.5 \times 10^{-4} \pm 3.2 \times 10^{-5} \leq k_p \leq 1.0 \times 10^{-3} \pm 5.8 \times 10^{-5}$$

$$\text{Kent: } 2.8 \times 10^{-4} \pm 1.6 \times 10^{-5} \leq k_p \leq 3.4 \times 10^{-4} \pm 5.1 \times 10^{-5}$$

Keywords: Vitamin C in mango's pulp; mango's pulp; vitamin C.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, las exportaciones de mango fresco han mantenido una trayectoria creciente en los últimos cinco años, de tal forma que durante el año 2013, por exportaciones de mango, los ingresos crecieron en 26.7 % más que en el año 2012, resaltándose asimismo, que entre finales del 2012 e inicios del 2013 el 70% de la producción nacional se ha destinado para exportación.

En este marco de comportamiento de las relaciones comerciales del Perú con el mundo, se ubica el problema de un excedente no exportable de mango, que es destinado en un 60% al consumo nacional en fresco y entre 20 a 25% a la exportación en pulpa simple o concentrada y congelada. Es aquí en donde el tema del manejo de los parámetros de la cinética de degradación de vitamina C, y, en general, de la calidad organoléptica y nutricional en el proceso y almacenaje de la pulpa de mango, se convierte en el problema central del presente estudio.

La temática referida a la cinética de las variaciones de vitamina C en el proceso térmico de pulpas y jugos de fruta, tienen referentes muy antiguos, sin embargo cobra importancia científica y tecnológica cuando al revisar el estado en que se encuentran estos estudios desde la década del 90 hasta el año 2012, se encuentra que los modelos cinéticos que se han definido son en su mayoría para zumos o jugos filtrados y muy específicas por la naturaleza de la composición del material estudiado, hecho que permite continuar ampliando la discusión de los modelos cinéticos en materiales cuya composición no es un líquido claro sino una suspensión como es el caso de las pulpas, que adicionado a la importancia comercial del mango, genera la necesidad de estudiar el caso de la pulpa de mango variedad Haden y Kent, por la marcada importancia comercial mostrada a nivel internacional tanto en fresco como en pulpa simple y concentrada.

El pardeamiento no enzimático de los jugos cítricos, sobre todo en los concentrados y muy especialmente en los de limón y pomelo, se debe a la descomposición del ácido ascórbico, [Cheftel y Cheftel, 1982].

En el oscurecimiento de los productos frutícolas debido a las enzimas, durante el tratamiento y almacenamiento de los alimentos, ocurren numerosos fenómenos de deterioro de naturaleza exclusivamente química, [Braverman, 1984; Cheftel y Cheftel, 1982].

La estabilidad del ácido ascórbico se ve afectada por diversas condiciones ambientales, tales como la luz, el oxígeno, la actividad de agua y la temperatura, por que esta vitamina es la más sensible a la variación de éstos parámetros factores, [Fennema, 1996].

Se han realizado estudios para determinar la cinética de pérdidas de las vitaminas, estableciéndose que siguen una cinética de primer orden, cuya constante de degradación está regida por el modelo de Arrhenius, [Cañizares et al., 2000]

Al evaluar y modelar cinéticamente los efectos del tratamiento térmico a temperaturas de 80, 85, 90, 95 y 98°C, sobre pulpa de naranja con niveles de sólidos solubles de 20°, 30° y 40° Brix, reportan que la degradación del ácido ascórbico corresponden a cinéticas de primer y Segundo orden, [Garza et al., 2001].

Por sus características de fijar los radicales libres y control del

pardeamiento, la vitamina C es uno de los aditivos más empleados en la industria alimentaria, [Gutiérrez et al., 2007]

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron frutos de mango variedad Haden y Kent con contenidos en sólidos solubles entre 15 a 17° Brix, sin presencia de coloraciones negras ni pardas, no se consideró importante el tamaño de la fruta. El material experimental fue lavado en agua clorada y sometido a un escaldado en agua caliente a 85 °C por 5 minutos, se enfrió hasta temperatura ambiente para el pelado y troceado, luego fue pulpeado utilizando un tamiz de 0.5 mm de apertura, seguidamente hacienda uso de un rotavapor de laboratorio fue concentrada hasta 28°Brix, a continuación se determinaron las concentraciones de vitamina C en muestras tratadas térmicamente a temperaturas de 80, 85, 90, 95 y 98°C, y tiempos de exposición de 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 240 minutos para cada temperatura; los resultados se ajustaron a los modelos teóricos de reacción cinética de primer y segundo orden, descritos por (Labuza, 1985; Singh, 1999; Trifiro et al., 1995; Garza et al., 2001).

RESULTADOS

Los resultados de la variación de vitamina C a diferentes temperaturas y tiempos de proceso térmico se muestran en la Tabla 1:

Los ajustes a los modelos cinéticos de reacción de primer y segundo orden, se muestran en la Tabla 2.

TABLA 1: Variación del contenido devitamina C en pulpa concentrada (28°Brix) de mango variedad Haden y Kent

Variedad	Tiempo (min)	80°C	85°C	90°C	95°C	98°C
Haden	0	28.92	27.66	27.13	26.45	26.31
	30	26.57	27.13	26.24	25.75	26.14
	60	25.88	26.46	25.99	25.21	25.67
	90	25.46	25.77	25.43	24.46	25.21
	120	24.66	25.12	24.66	24.02	24.70
	150	24.19	24.51	24.09	23.80	24.22
	180	23.57	23.27	23.65	23.35	23.77
	210	22.63	22.24	22.46	22.99	23.20
	240	21.10	21.58	21.23	22.59	22.46
Kent	0	26.65	26.77	26.43	26.99	26.54
	30	26.12	26.68	26.21	26.92	26.28
	60	26.10	26.64	26.20	26.83	25.89
	90	25.86	26.41	25.88	26.54	25.48
	120	25.73	26.12	25.55	26.32	25.30
	150	25.44	25.79	25.51	26.08	25.08
	180	25.12	25.54	25.22	25.77	24.95
	210	24.86	25.51	25.07	25.52	24.72
	240	24.54	24.31	24.68	25.20	24.52

TABLA 2: Parametros cinéticos de la variación de vitamin C (mg/100g) en pulpa concentrada (28°Brix) de mango variedad Haden y Kent

Variedad	Orden de reacción	T (°C)	Ordenada origen	K (min ⁻¹)	r
Haden	n = 1 $C_A = C_{A0} \exp(-kt)$	80	28.16(±0.34)	0.0011(±9.2x10 ⁻⁵)	0.954
		85	28.05(±0.21)	0.0010(±5.8x10 ⁻⁵)	0.979
		90	27.33(±0.252)	0.00092(±6.9x10 ⁻⁵)	0.962
		95	26.22(±0.112)	0.00065(±3.1x10 ⁻⁵)	0.984
		98	26.60(±0.114)	0.00065(±3.2x10 ⁻⁵)	0.984
	n = 2 $C_A = (C^0 / (1 + C^0 * kt))$	80	28.29(±0.36)	0.000044(±3.5x10 ⁻⁶)	0.954
		85	28.14(±0.27)	0.000041(±2.7x10 ⁻⁶)	0.969
		90	27.40(±0.29)	0.000037(±3.2x10 ⁻⁶)	0.952
		95	26.26(±0.098)	0.000027(±1.1x10 ⁻⁶)	0.988
		98	26.64(±0.14)	0.000026(±1.4x10 ⁻⁶)	0.978
Kent	n = 1 $C_A = C_{A0} \exp(-kt)$	80	26.58(±0.070)	0.00032(±1.9x10 ⁻⁵)	0.976
		85	27.06(±0.193)	0.00034(±5.1x10 ⁻⁵)	0.867
		90	26.50(±0.059)	0.00028(±1.6x10 ⁻⁵)	0.977
		95	27.18(±0.069)	0.00029(±1.8x10 ⁻⁵)	0.974
		98	26.44(±0.070)	0.00033(±1.9x10 ⁻⁵)	0.977
	n = 2 $C_A = (C^0 / (1 + C^0 * kt))$	80	26.60(±0.072)	0.000012(±7.0x10 ⁻⁷)	0.974
		85	27.07(±0.198)	0.000013(±1.9x10 ⁻⁶)	0.861
		90	26.50(±0.061)	0.000011(±6.0x10 ⁻⁷)	0.976
		95	27.19(±0.073)	0.000011(±6.9x10 ⁻⁷)	0.971
		98	26.45(±0.066)	0.000013(±6.6x10 ⁻⁷)	0.980

DISCUSIÓN

La variación del contenido vitamina C en pulpa concentrada de mango Haden y Kent, ha mostrado una tendencia constante a disminuir con el tiempo y temperatura, talcomopuedecomprobarseenla Tabla1.

El ajuste de correlación estadística al 5% de error, para los modelos cinéticos de primer orden y de 2do orden ha determinado que la reacción de reducción del contenido de vitamina C en pulpa concentrada de mango Haden y Kent estadísticamente pueden ser descritos adecuadamente por ambos modelos cinéticos, por cuanto los coeficientes de correlación son óptimos para todos los casos; sin embargo, estos coeficientes son mayoritariamente más elevados para una cinética de orden uno, por lo tanto, este modelo es el adecuado, tal como se comprueba en la Tabla 2. Al respecto [Jhon- son et al., 1995; Robertson y Smaniego, 1986; Saguy et al., 1978^a; Lee y

Labuza, 1975], citados por [Garza et al., 2001], refieren que normalmente la degradación de la vitamina C se caracteriza mediante una cinética de primer orden, por su parte [Trifiro et al., 1995] citado también por [Garzaetal.,2001], propusieron también un modelo de Segundo orden como cinética apropiada para describir la reacción de degradación de ácido ascórbico en un zumo de naranja de 20°Brix, por efecto de altas temperaturas de almacenamiento.

Las figuras 1 y 2 muestran el comportamiento de degradación de vitamina C ajustado al modelo cinético de reacción de primer orden, análogas tendencias se han observado para demás temperaturas.

Al estudiar el efecto de la temperatura sobre la cinética de degradación de vitamina C, se ha determinado que la energía de activación es mayor para una cinética de reacción de orden uno para ambas muestras,

Figura 1. Variación de la concentración de vitamina C en pulpa concentrada (28°Bri) de mango variedad Haden a 85°C.

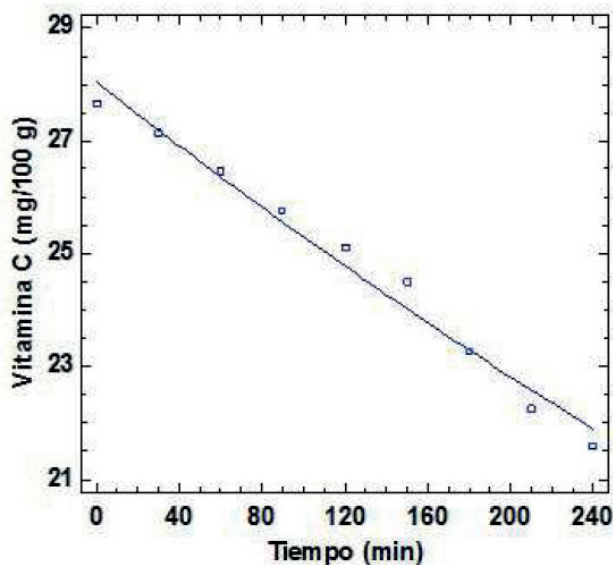


Figura 2. Variación de la concentración de vitamina C en pulpa concentrada (28°Bri) de mango variedad Haden a 90°C.

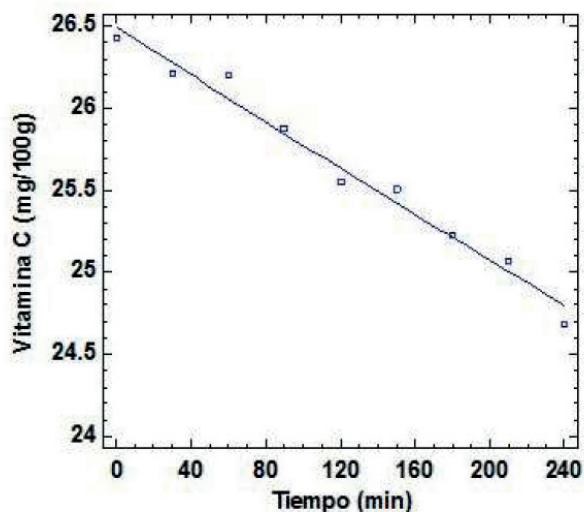


TABLA 3: Ajustes de la ecuación de Arrhenius para cinéticas de primer y Segundo orden en la pulpa concentrada (28°Brix) de mango Haden y Kent

Variedad	Orden de reacción	K_0 (min^{-1})	E_a (kJ/mol)	r
Haden	n = 1	2.20	7.14	0.912
	n = 2	121.67	4.33	0.915
Kent	n = 1	10.14	2.75	0.970
	n = 2	49.52	4.11	0.920

por lo tanto la reacción de reducción de vitamina C, se favorece exponencialmente con los cambios de temperatura, asimismo, la pulpa concentrada de la variedad Haden es la más sensible a estos cambios, tal como puede verse en la Tabla 3, resultados que son concordantes con lo referido por [Ibarz et al., 2001], quienes avalado en la teoría de que la energía de activación es la energía necesaria para que se desarrolle una determinada reacción, sostiene que valores altos de esta energía indica que un pequeño aumento en la temperatura de proceso ocasiona un gran aumento del

pardeamiento no enzimático. Sin embargo, tal como se observa en la Tabla 3, los valores de la energía de activación obtenidos en la presente investigación son bajos, lo que indica que la degradación de vitamina C se vería muy poco afectada por el cambio de temperatura.

CONCLUSIONES

La cinética de degradación del contenido de vitamina C en pulpa concentrada a 28°Brix de mango, tanto de la variedad Haden como el de Kent, se describe adecuadamente por el modelo de reacción cinética de primer

orden, siendo los rangos de variación de la constante cinética de reacción (k_p), los que se indican:

$$CA = C^{\circ}A \exp(-k_p t)$$

Haden: $6.5 \times 10^{-4} \pm 3.2 \times 10^{-5} \leq k_p \leq 1.0 \times 10^{-3} \pm 5.8 \times 10^{-5}$
 Kent: $2.8 \times 10^{-4} \pm 1.6 \times 10^{-5} \leq k_p \leq 3.4 \times 10^{-4} \pm 5.1 \times 10^{-5}$

AGRADECIMIENTOS

Se expresa el agradecimiento infinito a la Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú, por haber facilitado realizar la investigación en sus laboratorios de Investigación de productos agroindustriales y operaciones unitarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Braverman, J. 1980. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Editorial Omega, 3ra ed., Barcelona, España.

Cheftel JC, Cheftel H, Besancon P., 1982. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol. II. Zaragoza: Acribia

Cañizares, A.E.; Bonafine, O.; Laverde, D.; Rodriguez, R.; Méndez, J.R. 2009. Caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima. UDO Agrícola 1: 74-79.

Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. New York. Marcel Dekker, Inc. USA. pp: 1069

Garza, S.; Ibarz, A.; Boix, J. (2001). Modelos cinéticos de degradación en cremogenado de naranja concentrado tratado a elevadas temperaturas. Alimentaria 275: 111-121.

Gutierrez, T.M.; Hoyos, O.L.; Páez, M.I. 2007. Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). Universidad del Valle. Artículo Científico. Febrero: 70-79.

Jhonson, J.; Braddock, R. 1995. Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: Experimental rate constants. Journal of Food Science 60: 502-505.

Ibarz, A.; Pagan, J.; Garza, S. 2001. Pardeamientos en zumos de frutas. Alimentaria 328: 97-106.

Lee, S.H. and Labuza, T.P., 1975. Destruction of ascorbic acid as a function of water activity. J Food Sci., 40: 370-373.

Trifiro, A., Gherard, S. y Calza, M. 1995. Effects of storage time and temperature on the quality of fresh juices from pigmented oranges. Industria Conserve 70: 243-251.

CORRESPONDENCIA

Damián Manayay Sánchez damian.
manayay@ulcb.edu.pe