

Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava L.*)*

Luis Eduardo Ordóñez-Santos**; María Alejandra Ospina Portilla***;
Diana Ximena Rodríguez Rodríguez***

Resumen

Introducción. La vitamina C es un micronutriente esencial en la alimentación del hombre al estar asociada a la síntesis de diferentes moléculas de importancia en la salud humana, y a su efecto antioxidante relacionado con la reducción del riesgo de contraer diferentes tipos de cáncer, como lo evidencian diferentes estudios epidemiológicos. Su concentración final es considerada como indicador de calidad nutricional durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos. **Objetivo.** Evaluar la cinética de degradación térmica de la vitamina C en frutos de guayaba, en un rango de temperaturas de 75-95 °C. **Materiales y métodos.** Rodajas guayaba de 0,53 cm de grosor x 6,10 cm diámetro se sometieron a los tratamientos térmicos (75, 85 y 95 °C durante 10, 20, 30 y 40 minutos) en una marmita enchaquetada a presión atmosférica, la concentración de vitamina C en las muestras antes y después del tratamiento térmico se determinó por el método del 2,6-diclorofenol-indofenol. **Resultados.** Después de los tratamientos térmicos (75-95 °C), la concentración de la vitamina C en los frutos de guayaba disminuyó entre 56,70-60 %, y su velocidad de degradación y energía de activación fueron: $k = 0,80-1,45 \text{ min}^{-1}$ ($R^2 > 0,90$), y $E_a = 7,57 \text{ Kcal/mol}$, respectivamente. **Conclusión.** La concentración de vitamina C medida en los frutos de guayaba después de los tratamientos térmicos presentó una reducción al incrementar la temperatura y el tiempo del proceso, y los parámetros cinéticos de este antioxidante se ajustaron a una cinética de primer orden y a la ecuación de Arrhenius.

Palabras clave: ácido ascórbico, bioactivo, CIE_{Lab}, sólidos solubles, pH.

Thermal degradation kinetics of vitamin C in guava fruits (*Psidium guajava L.*)

Abstract

Introduction. Vitamin C is an essential micro nutrient in human nutrition because it is associated to the synthesis of different molecules that are important for human health and to its antioxidant effect which reduces the risk of having several types of cancer, according to many epidemiological studies. Its final concentration is considered as an indicator of nutritional quality during the food processing and storage. **Objective.** Evaluate the thermal degradation kinetics of vitamin C in guava fruits, within a temperature range between 75-95 °C. **Materials and methods.** 0,53 cm thick x 6.10 cm diameter guava slices were subjected to thermal treatments (75, 85 and 95 °C during 10, 20, 30 and 40 minutes) in a jacketed kettle at atmospheric pressure. The vitamin C concentration in the samples before and after the thermal treatment were determined by the use of the 2,6 - dichlorophenol-indophenol method. **Results.** After the thermal treatments (75-95 °C), the vitamin C concentration in the guava fruits was reduced in percentages between 56,70-60 %, and its degradation speed and activation energy were $k = 0,80-1,45 \text{ min}^{-1}$ ($R^2 > 0,90$), and $E_a = 7,57 \text{ Kcal/mol}$, respectively. **Conclusion.** The concentration of vitamin C measured in the guava fruits after the thermal treatments had a reduction as temperature increased and the time of the process and the kinetic parameters of this antioxidant were adjusted to first order kinetics and to the Arrhenius equation.

Key words: ascorbic acid, bioactive, CIE_{Lab}, soluble solids, pH.

* Este artículo es resultado de la investigación "Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava L.*)", trabajo que se inició en febrero de 2012 y concluyó en junio de 2013. La entidad financiadora fue la Dirección de Investigación de Palmira de la Universidad Nacional de Colombia.

** Ph. D Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

*** Estudiantes de Ingeniería Agroindustrial, Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Carrera 32 N 12-00, Palmira, Colombia.

Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.)

Resumo

Introdução. A vitamina C é um micronutriente essencial na alimentação do homem ao estar associada à síntese de diferentes moléculas de importância na saúde humana, e a seu efeito antioxidante relacionado com a redução do risco de contrair diferentes tipos de câncer, como o evidenciam diferentes estudos epidemiológicos. Sua concentração final é considerada como indicador de qualidade nutricional durante o processamento e armazenamento dos alimentos. **Objetivo.** Avaliar a cinética de degradação térmica da vitamina C em frutos de goiaba numa casta de temperaturas de 75-95 °C. **Materiais e métodos.** Rodelas goiaba de 0,53 cm de grossura x 6,10 cm diâmetro se submeteram aos

tratamentos térmicos (75, 85 e 95 °C durante 10, 20, 30 e 40 minutos) numa panela industrial a pressão atmosférica, a concentração de vitamina C nas mostras antes e depois do tratamento térmico se determinou pelo método do 2,6- diclorofenol-indofenol. **Resultados.** Depois dos tratamentos térmicos (75-95 °C), a concentração da vitamina C nos frutos de goiaba diminuiu entre 56,70-60 %, e sua velocidade de degradação e energia de ativação foram: $k = 0,80-1,45 \text{ min}^{-1}$ ($R^2 > 0,90$), e $E_a = 7,57 \text{ Kcal/mol}$, respectivamente. **Conclusão.** A concentração de vitamina C medida nos frutos de goiaba depois dos tratamentos térmicos apresentou uma redução ao incrementar a temperatura e o tempo do processo, e os parâmetros cinéticos deste antioxidante se ajustaram a uma cinética de primeiro ordem e à equação de Arrhenius.

Palavras importantes: ácido ascórbico, bio-ativo, CIELab, sólidos solúveis, PH.

Introducción

La vitamina C o ácido ascórbico es un importante micronutriente en la alimentación humana, asociado a la producción de colágeno, fijación del hierro, metabolismo de la tirosina, conversión del ácido fólico a ácido folínico, el metabolismo de los hidratos de carbono, síntesis de lípidos y proteínas (Suntornsuk, Gritsanapum, Nilkamhank, & Paochom, 2002). También se han demostrado los efectos benéficos de este antioxidante al reducir el riesgo de enfermedades pulmonares, cardiovasculares y cánceres no hormonales (Bree et al., 2012). Las frutas y hortalizas son la principal fuente de este compuesto bioactivo y se destaca el jugo de naranja como una de las fuentes más relevantes de este antioxidante con 138 mg por cada cien gramos de jugo (United States Department of Agriculture - USDA, 2012).

Durante el procesamiento de las frutas y hortalizas, este importante compuesto bioactivo se altera fácilmente por la acción de la temperatura, la luz, los cambios de pH y los iones metálicos (Robertson & Samaniego, 1986). La degradación de este antioxidante durante el procesamiento de los alimentos vegetales ha sido registrada previamente en diversas investigaciones (Fernández et al., 2011; Georgé et al., 2011; García, Martín & Martínez, 2012;

Mercali, Jaeschke, Tessaro & Marczak, 2012). Otros estudios reportan que la degradación térmica de la vitamina C en los alimentos responde a una cinética de primer orden (Nisha, Singhal & Aniruddha, 2004; Hal, Bosschaart, Twisk, Verkerk & Dekker, 2012).

A pesar de los diversos estudios registrados, en la literatura científica son escasos los trabajos de investigación tendientes a evaluar el efecto del procesamiento en la concentración de la vitamina C en los frutos de guayaba, y lo poco que existe se ha centrado en evaluar las pérdidas de vitamina C (Jawaheer, Goburdhun & Ruggoo, 2003; Alothman, Bhat & Karim, 2009; Ordóñez & Vázquez, 2010); ninguno de ellos abordó la cinética de degradación térmica de tan importante ácido orgánico. Por lo tanto, en el presente trabajo se determinó la cinética de degradación térmica de la vitamina C en los frutos de guayaba.

Materiales y métodos

Material y tratamiento térmico

Se utilizó guayaba pera en estado de madurez II (verde-amarillo) (Norma Técnica Colombiana - NTC 1263, 1970). Se lavó y se desinfectó por inmersión durante diez minutos con hipoclori-

to de sodio a 50 ppm. Se empleó una balanza OHAUS Scout® para pesar 200 g de guayaba en rodajas (0,53 cm de grosor y 6,10 cm diámetro) por duplicado para cada una de las relaciones temperatura-tiempo (75, 85 y 95 °C durante 10, 20, 30 y 40 minutos); el tratamiento térmico se realizó en una marmita enchaquetada a presión atmosférica. Inmediatamente se procedió a enfriar y se hicieron los análisis fisicoquímicos a cada muestra escaldada.

Análisis fisicoquímico

A los frutos de guayaba se les determinó la acidez titulable y pH, con un pHmetro Metrohm® 744 pH Meter. También, se midió el contenido de sólidos solubles totales, empleando un refractómetro Atago HSR-500® (NTC 4623, 1999; NTC 4592, 1999; NTC 4624, 1999). La acidez se expresó en g de ácido cítrico/100 g de peso fresco. Las coordenadas CIE_{Lab} en las rodajas de guayaba en fresco se realizaron

utilizando un colorímetro Minolta CR-410®; se trabajó con el iluminante D65 y un ángulo visual de 2°; la calibración del equipo se efectuó con la placa de valores de referencia Y=89,5; x=0,3176; y=0,3347. El croma (C) y el tono (h) se calcularon con las ecuaciones (C) = (a² + b²)^{0.5}, y (h) = tg⁻¹ (descritas previamente por González, Osorio, Meléndez, González y Heredia 2011). La concentración de vitamina C en las muestras se determinó de acuerdo con el protocolo descrito previamente por Ordóñez y Vázquez (2010). Los resultados se expresaron en mg ácido ascórbico/ 100 g peso fresco. Todas las determinaciones fisicoquímicas se realizaron por triplicado.

Parámetros cinéticos

Los parámetros de cinética de degradación térmica de la vitamina C se calcularon a partir de las ecuaciones 1-6, descritas previamente por Toledo (1999).

$$\frac{Ct}{C_0} = \exp(-k \times t) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$k = A \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

$$Q_{10} = \left[\frac{k_2}{k_1}\right]^{\left(\frac{10}{(T_2-T_1)}\right)} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$t_{0.5} = -\ln(0.5)/k \quad \text{Ecuación 4}$$

$$D = \frac{\ln 10}{k} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Z = 10 \frac{\ln(10)}{\ln Q_{10}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde, **C** es la concentración de vitamina C; **k** es la velocidad constante de primer orden (min⁻¹); **t** es el tiempo de escaldado (min); **Ea** es la energía de activación en kcal/mol; **R** es la constante de los gases (1,987 cal/mol °K); **T** es la temperatura absoluta en °K; **A** es la pre-exponencial constante (min⁻¹); **Q₁₀** es el cambio de la constante de velocidad de una reacción al aumentar la temperatura 10 °C; **t_{0.5}** es el tiempo requerido para reducir el 50 % de la concentración original de vitamina C; **D** es la reducción decimal en min. **Z** es la constante de resistencia térmica en °C. Se empleó el método de mínimos cuadrados para hallar los parámetros cinéticos y la ecuación de Arrhenius, utilizando la hoja de cálculo de Ms Excel 2010.

Resultados

Las propiedades fisicoquímicas de los frutos de guayaba utilizados en el presente estudio se relacionan en la tabla 1. En las tablas 2 y 3, se pueden observar los cambios en la concentración de la vitamina C durante el procesamiento térmico y los parámetros cinéticos de la vitamina C en los frutos de guayaba, respectivamente. La concentración de este antioxidante después de los tratamientos térmicos disminuyó en un rango de 56,70-60 %, y las pérdidas son mayores al aumentar el tiempo y la temperatura del tratamiento (tabla 2). **k** se incrementó al aumentar la temperatura de 75 a 95 °C; por el contrario, **D** y **t_{0.5}** decrecen durante los tratamientos de calor (en la tabla 3).

Tabla 1. Composición fisicoquímica de la guayaba en fresco.

Sólidos solubles (° Brix)	5,0 ± 0,000
pH	3,73 ± 0,001
Acidez titulable (g ácido cítrico /100 g muestra fresca)	0,37 ± 0,005
Concentración de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g muestra fresca)	75 ± 0,005
L*	57,90 ± 1,190
a*	34,29 ± 0,010
b*	11,23 ± 0,990
C*	36,08 ± 0,010
h°	18,13 ± 0,010

Tabla 2. Efecto de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C (mg/100g) de guayaba

Tiempo (min)	Temperatura ° C		
	75	85	95
0	75 ± 0,005	75 ± 0,005	75 ± 0,005
10	65 ± 0,005	50 ± 0,001	37,5 ± 0,001
20	52,5 ± 0,001	45 ± 0,001	30 ± 0,001
30	50 ± 0,001	37,5 ± 0,001	22,5 ± 0,001
40	42,5 ± 0,001	25 ± 0,001	15 ± 0,001

Tabla 3. Parámetros cinéticos de la vitamina C en frutos de guayaba.

T (°C)	k (min ⁻¹)	R ²	t _{0,5} (min)	D(min)	Q ₁₀ (75-95 ° C)	Z(°C)	E _a (Kcal/mol)
75	0,80	0,96	0,87	2,88	1,35	76,73	7,57
85	1,12	0,92	0,62	2,05			
95	1,45	0,92	0,45	1,59			

La degradación térmica de este antioxidante en los frutos de guayaba responde a una cinética de degradación de primer orden, tal como se evidencia en los coeficientes de regresión

mayores de 0,90 (figura 1); los valores de Q₁₀, z y E_a han sido calculados igualmente en el presente estudio (en la tabla 3 y la figura 2).

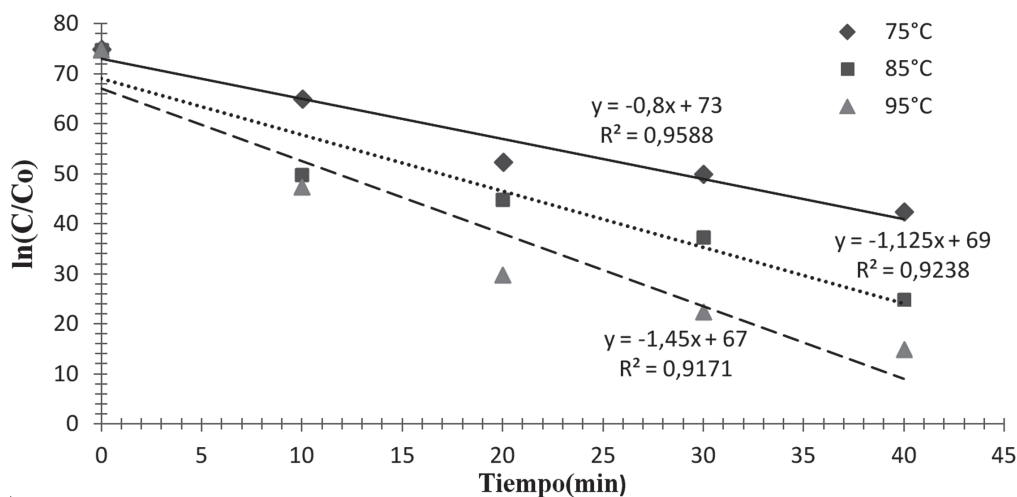


Figura 1. Cinética de degradación térmica de la vitamina C en frutos de guayaba.

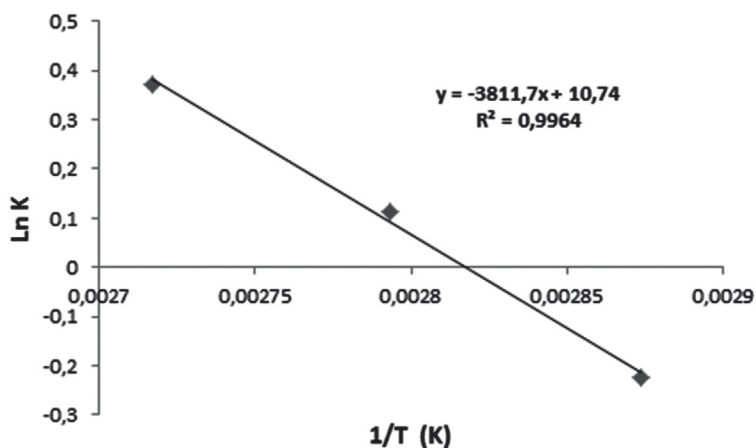


Figura 2. Ecuación de Arrhenius para la degradación de ácido ascórbico en frutos de guayaba.

Discusión

Los valores de *sólidos solubles* y pH obtenidos en este estudio concuerdan con los reportados previamente por Rojas y Narváez (2008) (5,90 – 9,50 ° Brix), y pH (3,6 - 4,0). Por el contrario, los sólidos solubles y la acidez titulable registrados por González et al. (2011) (7,9-9,9 ° Brix), y (0,60-0,90 g ácido cítrico /100 g muestra fresca) difieren de los registrados en la presente investigación. La concentración de vitamina C en los frutos evaluados está cercana a

los rangos reportados previamente por Soares, Pereira, Marques y Monteiro (2007) (76-168,36 mg/100 g muestra fresca) y Rojas y Narváez (2008) (78,2-268,7 mg/100 g muestra fresca), pero difieren de los valores establecidos por Valente, Albuquerque, Sanches y Costa (2011) (65,8 mg /100 g muestra fresca), y Ordóñez y Vázquez (2010) (168,91 mg/100 g muestra fresca). Las diferencias de los resultados obtenidos en la concentración de vitamina C frente a otros estudios pueden ser consecuencias de la variación genética, y de factores de manejo de pre

y poscosecha de los frutos, tal como ha sido discutido previamente por Lee & Kader (2000). Los valores colorimétricos de L^* , a^* , b^* y C^* obtenidos en las muestra analizadas (tabla 1) son cercanos a los reportados previamente por González et al. (2011) en pulpa del fruto de guayaba L^* (53,23-55,44), a^* (30,27-32,20), b^* (14-18,72), C^* (33,38-35,60); por el contrario, el tono (h°) no supera los registrados por el citado autor (24,82-31,75); este resultado puede ser consecuencia de una mayor concentración de pigmentos carotenoides en los frutos de guayaba evaluados en la presente investigación. La reducción de la vitamina C después de los tratamientos de calor en diversos alimentos ha sido descrita previamente (Fernández et al., 2011; Georgé et al., 2011; Igual et al., 2012; Mercali et al., 2012). La degradación de esta importante molécula probablemente se debe a las reacciones químicas que involucran la oxidación a la forma dehidroascórbico (DHAA), hidrólisis del DHAA al ácido 2,3-dicetogulonico y la generación por polimerización de productos inactivos nutricionalmente (Dewanto, Wu, and Liu, 2002). Respecto a los parámetros cinéticos, los coeficientes de regresión de k son cercanos a los reportados en investigaciones anteriores (Dhuique-Mayer et al., 2007; Toralles, Vendruscolo, Del Pino & Antunes, 2008; Munyaka, Makule, Oey, Van Loey & Hendrickx, 2010). Otros trabajos han evaluado los parámetros cinéticos en la degradación térmica de la vitamina C en diferentes vegetales. Karhan, Aksu, Tetik & Turhan en pulpa de rosa silvestre (*Rosa canina* L) obtienen valores de $0,00762-0,013 \text{ min}^{-1}$, $D= 302-172 \text{ min}$, $t_{0,5}= 91-53 \text{ min}$, $Q_{10} = 1,21$, $z = 53^\circ\text{C}$ y E_a de $11,36 \text{ kcal/mol}$, en rangos de temperaturas de 70 a 95°C . Paul and Ghosh (2012) registran en jugo de granada valores de $0.00288-0.00382 \text{ min}^{-1}$, $t_{0,5}= 240-181 \text{ min}$ y E_a de $19,53 \text{ kcal/mol}$. En otro estudio, Dhuique et al. (2007) reportan en jugo de naranja un $E_a = 8,60 \text{ Kcal/mol}$ y un $z= 64^\circ\text{C}$ para un intervalo de temperatura de 50 a 100°C . Toralles et al. (2008) obtienen valores de $E_a = 11,08 \text{ Kcal/mol}$ en puré de melocotón de 12°Brix y $E_a = 10,86 \text{ Kcal/mol}$ en puré de melocotón de 32 Brix , tratados en intervalos de temperatura de $70-90^\circ\text{C}$. Munyaka et al. (2010) registran un valor de $E_a = 63,77 \text{ Kcal/mol}$ para un rango de temperatura de 55 a 65°C en flores de brócoli. Bineesh, Singhal, and Pandit (2005) informan que en hojas de Moringa

(*Moringa olifera*) obtienen un valor de $E_a = 4,39 \text{ Kcal/mol}$, en un rango de temperatura de 50 a 120°C . Hal et al. (2012) reportan en frutos de guayaba un $E_a = 13,88 \text{ Kcal/mol}$ para un rango de temperatura de 80 a 150°C . En otra investigación realizada con champiñones por Blasco, Esteve, Frigola & Rodrigo (2004) obtienen un valor de $E_a = 11,09 \text{ Kcal/mol}$ para un rango de temperatura de 110 a 140°C . Estas diferencias en los parámetros cinéticos de la vitamina C en el presente estudio, comparado con las otras investigaciones, pueden ser consecuencia de factores como el rango de temperatura, la matriz biológica, la geometría de la muestra, la concentración de oxígeno, la humedad, y el pH, factores que han sido investigados previamente en otros estudios de degradación cinética de vitamina C (Bineesh et al., 2005, Toralles et al., 2008; Bree et al., 2012; Hal et al., 2012)

Conclusiones

En este trabajo se puede concluir que la degradación térmica de la vitamina C en frutos de guayaba aumenta al incrementar la temperatura y el tiempo del proceso, y la degradación de este antioxidante puede ser explicada a través de una cinética de primer orden y la ecuación de Arrhenius en el rango de temperaturas de $75-95^\circ\text{C}$. Se requiere adelantar otras investigaciones que permitan estudiar el efecto del grado de madurez, el contenido de humedad, la concentración de oxígeno, el pH, y la geometría de la muestras en la cinética de degradación térmica de la vitamina C en los frutos y en los derivados de guayaba. Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden ser de gran interés a la agroindustria procesadora de guayaba, en la optimización de los tratamientos térmicos y en el diseño de equipos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia especialmente a la Dirección de Investigación de Palmira (DIPAL), al Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales (GIPA) y al Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas.

Referencias bibliográficas

- Alothman, M.; Bhat, R. & Karim, A. (2009). UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 512-516.
- Blasco, R.; Esteve, M.; Frigola, A. & Rodrigo M. (2004). Ascorbic acid degradation kinetics in mushrooms in a hightemperature short-time process controlled by a thermoresistometer. *LWT - Food Science and Technology*, 37, 171-175.
- Bineesh, N.; Singhal, R. S. & Pandit A. (2005). A study on degradation kinetics of ascorbic acid in drumstick (*Moringa olifera*) leaves during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1953-1958.
- Bree, V.; Baetens, J.; Samapundo, S.; Devlieghere, F.; Laleman, R.; Vandekinderen, I.; Nosedá, B.; Xhaferi, R.; De Baets, B. & De Neulenaer, B. (2012). Modelling the degradation kinetics of vitamin C in fruit juice in relation to the initial headspace oxygen concentration. *Food Chemistry*, 134, 207-214.
- Dewanto, V.; Wu, X. & Liu, R.H. (2002). Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4959-4964.
- Dhuique, C.; Tbatou, M.; Carail, M.; Caris, C.; Dornier, M. & Amiot, M. (2007). Thermal degradation of antioxidant micronutrients in Citrus juice: Kinetics and newly formed compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4209-4216.
- Fernández, A.; Dos Santos, M.; Da Silva, D.; De Sousa, P.; Maia, G. & De Figueiredo, R. (2011). Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 747-751.
- Georgé, S.; Tourniaire, F.; Gautier, H.; Goupy, P.; Rock, E. & Caris, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, 124, 1603-1611.
- González, I.; Osorio, C., Melendez, A.; González, M., Heredia, F. (2011). Application of tristimulus colorimetry to evaluate colour changes during the ripening of Colombian guava (*Psidium guajava* L.) varieties with different carotenoid pattern. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 46, 840-848.
- Hal, P.; Bosschaart, C.; Twisk, C.V.; Verkerk, R. & Dekker, M. (2012). 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.
- Igual, M.; García, E.; Martín, M. & Martínez, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47(2), 284-290.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1970). Norma Técnica Colombiana NTC (1263) - Guayaba. Fruits Guava. Bogotá: ICONTEC, pp. 1-4.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1999). Norma Técnica Colombiana NTC (4623) - Productos de frutas y verduras: Determinación de la acidez titulable. Bogotá: ICONTEC, pp. 1-6.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1999). Norma Técnica Colombiana NTC (4592) - Productos de Frutas y Verduras. Determinación Del pH. Bogotá: ICONTEC, pp. 1-4.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1999). Norma Técnica Colombiana NTC (4624) - Jugos de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refracto métrico. Bogotá: ICONTEC, pp. 1-9.
- Jawaheer, B.; Goburdhun, D. & Ruggoo, A. (2003). Effect of processing and storage of guava into jam and juice on the ascorbic acid content. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 1-12.
- Karhan, M.; Aksu, M.; Tetik, N. & Turhan, I. (2004). Kinetics modeling of anaerobic thermal degradation of ascorbic acid in rose hip (*Rosa canina* L) pulp. *Journal of Food Quality*, 27, 311-319.
- Lee, S.K & Kader, A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
- Mercali, G.; Jaeschke, B.; Tessaro, I. & Marczak, L. (2012). Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 47, 91-95.
- Munyaka, A.; Makule, E.; Oey, I.; Van Loey, A. & Hendrickx, M. (2010). Thermal Stability of L-Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in Broccoli (*Brassica oleracea* var. italica). *Journal of Food Science*, 75, C336-C340.
- Nisha, P.; Singhal, S. & Pandit A. (2004). A study on degradation kinetics of ascorbic acid in amla (*Phyllanthus emblica* L.) during cooking.

- International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55, 415–422.
- Ordóñez, L. & Vázquez, A. (2010). Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidium guajava* L.), *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60, 280-284.
 - Paul, R. & Ghosh, U. (2012). Effect of thermal treatment on ascorbic content of pomegranate juice. *Indian Journal Biotechnology*, 11, 309-312.
 - Robertson, G. & Samaniego, C. (1986). Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. *Journal of Food Science*, 51, 184–187.
 - Rojas, D. & Narváez, C. (2008). Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. *Química Nova*, 32, 2336-2340.
 - Soares, D.; Pereira, T.; Marques, M. & Monteiro, A. (2007). Volatile and non volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. *Food Chemistry*, 100, 15–21.
 - Suntornsuk, L.; Gritsanapum, W.; Nilkamhank, S. & Paochom, A. (2002). Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 28, 849-855.
 - Toledo, R. (1999). *Kinetic of Chemical Reactions in Foods*. En: *Fundamentals of Food Process Engineering* (pp. 302-314). 2nd rev. ed. New York, U.S: Aspen Publishers.
 - Toralles, R.; Vendruscolo, J.; Vendruscolo, C.; Del Pino, F. & Antunes, P. (2008). Determination of reaction rate constants for ascorbic acid degradation in peach puree: Effect of temperature and concentration. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 18-23.
 - USDA. (2012). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. Recuperado de <https://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR25/nutrlist/sr25w401.pdf>
 - Valente, A.; Albuquerque, T.; Sanches, A. & Costa, H. (2011). Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. *Food Research International*, 44, 2237–2242.