

# Vitamina C y color superficial en tomate y pimentón verde: efecto de los tratamientos térmicos<sup>1</sup>

## Vitamin C and surface color in tomato and green pepper: effect of heat treatments

## Vitamina C e cor superficial em tomate e pimentão verde: efeito dos tratamentos térmicos.

H. G. Cuastumal, M. A. Ledesma, L. E. Ordoñez

Recibido Noviembre 12 de 2015 – Aceptado Mayo 30 de 2016

**Resumen**— El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los tratamientos térmicos en la concentración de ácido ascórbico y color superficial en frutos de tomate y pimentón. Muestras de 100 g se sometieron a la cocción con microondas (800 w durante 2 minutos), horno (200°C) vapor (97 °C) y agua (98 °C) durante 10 minutos, se enfriaron rápidamente a 5 °C y se procedió a determinar la concentración de ácido ascórbico, y las coordenadas colorimétricas CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>. El tratamiento con horno presentó estadísticamente la mayor reducción de ácido ascórbico al registrar pérdidas del 80% de este antioxidante, y en pimentón verde, el tratamiento de cocción con agua redujo en un 51,73% la concentración de este micronutriente. Por otra parte, los tratamientos térmicos no afectaron el color superficial de los frutos de tomate y pimentón.

**Palabras clave**—CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>, cocción, pH, sólidos solubles, tono.

**Abstract**—The aim of this research was to determine the effect of heat treatment on the concentration of ascorbic acid and surface color in tomato and peppers. 100 g samples subjected to microwave cooking (800 w for 2 minutes), oven (200 °C) steam (97 °C) and water (98 °C) for 10 minutes, rapidly they cooled to 5 °C and we proceeded to determine the concentration

of ascorbic acid, and the colorimetric coordinates CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>. Treatment with oven statistically showed the highest reduction of ascorbic acid to record losses of 80% of this antioxidant, and in green pepper, the cooking treatment with water method decreased the concentration of this micronutrient in 51.73%. On the other hand, thermal treatments did not affect the surface color of peppers and tomato fruits.

**Key words**— CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>, cooking, pH, soluble solids, tone.

**Resumo**—O objetivo desta pesquisa foi determinar o efeito dos tratamentos térmicos na concentração de ácido ascórbico e cor superficial em frutos de tomate e pimentão. Amostras de 100 g se submeteram a cocção com micro-ondas (800 w durante 2 minutos), forno (200°C) vapor (97 °C) e água (98°C) durante 10 minutos, se esfriaram rapidamente a 5 °C e se procedeu a determinar a concentração de ácido ascórbico e as coordenadas colorimétricas CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>. O tratamento com forno apresentou estatisticamente a maior redução de ácido ascórbico ao registrar perdas de 80% deste antioxidante, e no pimentão verde, o tratamento de cocção com água reduziu 51,73% a concentração deste micronutriente. Por outra parte os tratamentos de térmicos não afetaram a cor superficial dos frutos de tomate e pimentão.

**Palavras chave**- CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>, cocção, pH, sólidos solúveis, tom.

<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación “Efecto de los métodos de cocción en la concentración de vitamina C en algunas frutas y hortalizas consumidas en el Valle del Cauca”. Presentado por el Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales, de la Universidad Nacional de Colombia.

H. G. Cuastumal, Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira (Colombia),

M. A. Ledesma, Ingeniera Agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira (Colombia).

L. E. Ordoñez, docente del Departamento de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira (Colombia).

### I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de hortalizas en 2013 alcanzó aproximadamente 1135,70 millones de toneladas, convirtiendo este tipo de alimento en uno de los más importantes después de los cereales en la alimentación humana [1]. Estos vegetales son alimentos ricos en micronutrientes tales como el ácido ascórbico, carotenoides, y compuestos fenólicos, que poseen actividad antioxidante

o son precursores de vitaminas [2, 3]. Autores como Azizah et al. [4] y Robles-Sánchez et al. [5] informan que los compuestos bioactivos en los alimentos están asociados a la reducción del riesgo de enfermedades oncológicas, especialmente cáncer del aparato respiratorio y el tracto gastrointestinal (pulmón, esófago, colon y el estómago).

El procesamiento térmico de las hortalizas puede degradar parte de los micronutrientes afectando la calidad final de este tipo de alimentos, es así como Hiwilepo-van Hal et al. [6] informan que la pérdida de la vitamina C puede ser considerada como una de las principales causas de los cambios en la calidad y el color de los alimentos procesados. Van Bree et al. [7] recomiendan evaluar este micronutriente, como parámetro de calidad, durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos. Aamir et al. [8] reportan que los cambios de color, se pueden evaluar instrumentalmente al establecer el espacio de color en función de las tres coordenadas colorimétricas  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  (brillo, color verde a rojo, azul y amarillo, respectivamente). Autores como Bineesh et al. [9], indican que la degradación de la vitamina C, es consecuencia de la acción de factores como la temperatura, el oxígeno, la luz, los cambios de pH y los iones metálicos.

Diversos estudios reportan la degradación de la vitamina C durante los tratamientos térmicos en hortalizas [9-12]. Otras investigaciones han evaluado los cambios del color superficial después de los tratamientos térmicos en hortalizas [13-16]. Sin embargo, aún son escasos los trabajos de investigación tendientes a evaluar el efecto del procesamiento térmico en la vitamina C y los cambios de color superficial en hortalizas cultivadas en Colombia. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los tratamientos térmicos sobre la concentración de vitamina C y el color superficial en tomate (*solanum lycopersicum*) y pimentón verde (*capsicum annum, l*).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron frutos de tomate (*solanum lycopersicum*), y pimentón verde (*capsicum annum, l*), adquiridos en el mercado local de la ciudad de Palmira, Valle del Cauca. Se trasladaron al laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira para su respectivo procesamiento. Las hortalizas se lavaron y se cortaron en rodajas de 0,7 cm de espesor sobre el plano ecuatorial. Muestras de 100 g por triplicado se sometieron a cuatro tratamientos térmicos; microondas (800 w durante 2 minutos), horno (200°C durante 10 minutos), vapor (97 °C durante 10 minutos) y agua (98 °C durante 10 minutos); al concluir los tratamientos las muestras se enfriaron rápidamente con agua a 5 °C e inmediatamente se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos.

### A. Análisis fisicoquímico

El pH y la acidez expresada en % ácido cítrico se llevó a cabo de acuerdo al protocolo descrito previamente por NTC 4592 y NTC 4623 [17, 18] respectivamente. Los sólidos solubles (°Brix) se determinaron de acuerdo a la

metodología establecida previamente por NTC 4624 [19]. La determinación de vitamina C en las muestras de estudio, se realizó de acuerdo a la metodología descrita previamente por Ordoñez-Santos y Vásquez-Riascos [20], donde 5 g de muestra se llevan a agitación durante 15 minutos con 100 mL de agua, y se extraen 10 mL del extracto para ser mezclados con 25 mL de una solución de ácido acético glacial al 20 % (Merck). La nueva solución se tituló contra una solución estandarizada de 2,6-dicloroindofenol (0,05 g 100 mL<sup>-1</sup>) (Merck). La calibración externa se efectuó con un patrón estándar de ácido ascórbico (Merck), y se expresó la concentración en mg de ácido ascórbico/ 100 g de peso fresco. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Las coordenadas  $CIE_{L^*a^*b^*}$  se determinaron en un colorímetro Minolta CR-400, empleando un iluminante D65, un observador de 2° y valores de calibración  $Y=89,5$ ;  $x=0,3176$ ;  $y=0,3347$ . Se calculó la saturación y el tono con las ecuaciones:

$$(C)= [(a^{*2}+b^{*2})]^{0.5} \quad (1)$$

$$(h)= \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (2)$$

donde C es la saturación, h es el tono,  $a^*$  es la coordenada que representa los colores rojo y verde, y  $b^*$  es la coordenada que representa los colores amarillo y azules en el espacio del color  $CIE_{L^*a^*b^*}$

### B. Análisis estadístico

El análisis estadístico correspondió a un diseño aleatorizado simple de cinco tratamientos (fresco, cocción con agua, cocción con vapor, cocción con horno y cocción con microondas), y cada tratamiento contó con tres repeticiones. Las variables de respuesta se analizaron por un análisis de varianza (ANOVA) y se realizó la prueba Tukey, utilizándose para esto el software SPSS vs. 18.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se observan los valores medios de las propiedades fisicoquímicas en las muestras de tomate antes y después de cada uno de los métodos de cocción, y el respectivo análisis de ANOVA. Otros autores evaluaron las propiedades fisicoquímicas en frutos de tomate fresco, es el caso de Ordoñez-Santos y Ledezma-Realpe [3] quienes reportan valores similares en cuanto a pH, acidez y sólidos solubles. La concentración de vitamina C reportada por Odriozola-Serrano et al. [21] superan a las registradas en el presente estudio. Ruiz et al. [22] al evaluar el color superficial (L, C y h) concuerdan con los valores de luminosidad, por el contrario la cromaticidad y el tono difieren totalmente de los obtenidos en la presente investigación.

TABLA I  
CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN TOMATE DURANTE LOS  
TRATAMIENTOS DE COCCIÓN.

Tratamiento térmico	pH	Acidez (%)	Sólidos solubles	Vitamina C <sup>1</sup>
Fresco	4,49 ± 0,07	0,32 ± 0,002 <sup>a</sup>	4,70 ± 0,17 <sup>a</sup>	16,70 ± 1,13 <sup>a</sup>
Agua	4,36 ± 0,32	0,13 ± 0,011 <sup>b</sup>	2,06 ± 0,06 <sup>c</sup>	7,92 ± 2,28 <sup>b</sup>
Vapor	4,30 ± 0,26	0,15 ± 0,52 <sup>b</sup>	2,56 ± 0,45 <sup>c</sup>	8,80 ± 2,18 <sup>b</sup>
Horno	4,06 ± 0,21	0,29 ± 0,023 <sup>a</sup>	3,10 ± 0,60 <sup>b</sup>	3,39 ± 1,92 <sup>c</sup>
Microonda	4,11 ± 0,29	0,31 ± 0,03 <sup>a</sup>	3,53 ± 0,11 <sup>b</sup>	7,22 ± 1,08 <sup>b</sup>
ANOVA	NS	***	***	***

TABLA I (CONTINUACIÓN)

Tratamiento térmico	L*	C	h
Fresco	43,82 ± 2,40	25,32 ± 1,60	89,36 ± 0,45
Agua	41,38 ± 4,27	18,62 ± 2,45	89,16 ± 0,62
Vapor	47,23 ± 0,67	20,02 ± 3,83	89,81 ± 0,06
Horno	44,57 ± 5,71	24,92 ± 4,05	89,22 ± 0,36
Microonda	43,85 ± 10,67	23,51 ± 4,40	89,22 ± 0,11
ANOVA	NS	NS	NS

1= mg de ácido ascórbico/100 g de peso fresco, No significativo (NS), \*= $p < 0.05$ , \*\*= $p < 0.01$ , \*\*\*= $p < 0.001$

Los tratamientos de calor sólo afectaron estadísticamente la acidez, los sólidos solubles, y la concentración de vitamina C, por el contrario, el pH y el color superficial no fueron afectados después de los tratamientos térmicos, tal como puede verse en la Tabla I. La acidez y los sólidos solubles en los frutos de tomate presentaron significativamente la mayor reducción al ser procesadas con agua y vapor. Respecto a la vitamina C, la mayor pérdida se registró en el tratamiento con horno con un 80%, mientras que la cocción con microondas, agua y vapor alcanzaron niveles de reducción entre el 47,30 y 56,77%. Estos resultados coinciden con los trabajos de Dewanto et al. [23], Ghaleer et al. [24] y Sahlin et al. [25] quienes informan pérdidas de este antioxidante en frutos de tomate después de los tratamientos térmicos.

Los valores medios de las propiedades fisicoquímicas analizadas al pimentón verde tanto en fresco como procesado y el análisis de ANOVA se relacionan en la Tabla II. Quipo-Muñoz et al. [26] reportan valores cercanos de pH y concentración de vitamina C en frutos frescos de pimentón; sin embargo la acidez registrada por los autores citados es menor a la obtenida en la presente investigación, tal como se puede observar en la anterior tabla. Respecto a los atributos de color, los valores de luminosidad concuerdan con los registrados por Quipo-Muñoz et al. [26] mientras que la cromaticidad y el tono difieren de los resultados obtenidos en la citada investigación.

Como se observa el pH, acidez, y el color superficial en las muestras de pimentón no se afectaron estadísticamente por los tratamientos térmicos, sin embargo, los sólidos solubles, y la concentración de vitamina C cambian en forma significativa, como se puede inferir en la tabla anterior. El tratamiento con agua y vapor logran reducir significativamente los sólidos solubles y la concentración de vitamina C en las muestras de pimentón verde, por el contrario, el tratamiento con horno aumentó significativamente la concentración de los sólidos solubles y la vitamina C en las muestras de estudio. Las diferencias en la concentración de los sólidos solubles y la vitamina C en las muestras con agua frente a

los otros métodos de cocción, probablemente se deben a los fenómenos de lixiviación que permitieron extraer los compuestos hidrosolubles (ácidos orgánicos, carbohidratos de bajo peso molecular y compuestos fenólicos) de las vacuolas. La reducción de la vitamina C después de los tratamientos térmicos en frutos de pimentón igualmente ha sido reportada en los trabajos de Castro et al. (2008), Chuah et al. [27] y Quipo-Muñoz et al. [26]

TABLA II  
CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN TOMATE DURANTE LOS  
TRATAMIENTOS DE COCCIÓN.

Tratamiento térmico	pH	Acidez (%)	Sólidos solubles	Vitamina C <sup>1</sup>
Fresco	5,19 ± 0,01	2,17 ± 0,07	5,95 ± 0,21 <sup>b</sup>	152,91 ± 1,37 <sup>a</sup>
Agua	5,18 ± 0,10	1,65 ± 0,43	3,37 ± 0,06 <sup>d</sup>	73,80 ± 24,2 <sup>c</sup>
Vapor	4,97 ± 0,02	1,67 ± 0,41	5,03 ± 0,15 <sup>c</sup>	144,15 ± 5,15 <sup>b</sup>
Horno	5,09 ± 0,09	1,53 ± 1,75	6,67 ± 0,61 <sup>a</sup>	160,96 ± 16,87 <sup>a</sup>
Microonda	4,85 ± 0,28	1,73 ± 0,09	6,07 ± 0,20 <sup>a</sup>	159,08 ± 8,99 <sup>a</sup>
ANOVA	NS	NS	***	***

TABLA II (CONTINUACIÓN)

Tratamiento térmico	L*	C	h
Fresco	36,89 ± 1,91	11,81 ± 3,06	91,7 ± 46,50
Agua	33,50 ± 0,19	13,15 ± 4,59	73,37 ± 19,92
Vapor	33,39 ± 3,01	11,86 ± 4,51	65,01 ± 13,92
Horno	33,25 ± 1,68	9,51 ± 0,84	99,08 ± 12,32
Microonda	34,86 ± 3,63	9,02 ± 1,66	96,95 ± 32,90
ANOVA	NS	NS	NS

1= mg de ácido ascórbico/100 g de peso fresco, No significativo (NS), \*= $p < 0.05$ , \*\*= $p < 0.01$ , \*\*\*= $p < 0.001$

La reducción de la vitamina C en los frutos de tomate y pimentón verde después de los métodos de cocción se deben principalmente a la ruptura de la estructura natural de las células, que permitió la reacción con el oxígeno y la enzima ácido ascórbico oxidasa, desencadenando reacciones químicas que oxidan la molécula a la forma de hidroascórbico (DHAA), hidrólisis del DHAA al ácido 2,3-dicetogulónico, perdiendo así su valor nutricional [27, 28]. La ecuación (3) resume la degradación de la vitamina C al ácido 2,3-dicetogulónico, la citada ecuación ha sido previamente descrita por Serra and Cafaro [29]:



donde AA es el ácido ascórbico, AH representa al monoanión ascorbato, ADA es el ácido dehidroascórbico, y DCG es el ácido 2,3-dicetogulónico.

Unido a lo anterior, autores como Ornelas-Paz et al. [30] afirman que la baja concentración de otros antioxidantes como los carotenoides, compuestos fenólicos, y tocoferol, pueden haber facilitado la degradación de la vitamina C, ya que estos compuestos pueden actuar directamente o indirectamente en la oxidación de tan importante vitamina. Por otra parte, el nivel de retención o aumento de este micronutriente en las matrices de estudio se debe a la ausencia de fenómenos de lixiviación o a la conversión del L-ácido dehidroascórbico (DHA) que es reversible a ácido ascórbico; el DHA se forma por la degradación parcial del ácido ascórbico [31, 32].

#### IV. CONCLUSIONES

En el presente estudio se puede concluir que el tratamiento térmico con microondas es el método de cocción que retiene la mayor concentración de vitamina C y el color superficial de las muestras no logra ser afectado después de los métodos de cocción. Es necesario adelantar otras investigaciones que permitan estudiar la acción de la concentración del oxígeno, la iluminación, el contenido de humedad, el pH, y la geometría de las muestras en la concentración de la vitamina C y el color superficial en los frutos de tomate y pimentón verde.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Convocatoria del Programa Nacional de Semilleros de Investigación, Creación e Innovación de La Universidad Nacional de Colombia 2013 – 2015, y al Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería y Administración de la Universidad Nacional de Colombia

#### REFERENCIAS

- [1] JFAOSTAT (2015). [http://faostat3.fao.org/download/Q/\\*E](http://faostat3.fao.org/download/Q/*E). Citado el 21 de octubre de 2015
- [2] R. P. Guiné, and M. J Barroca, (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, vol. 90, no. 1, pp. 58-63. 2012.
- [3] L. E. Ordoñez-Santos, and D. P. Ledezma-Realpe, Lycopene Concentration and Physico-Chemical Properties of Tropical Fruits. *Food and Nutrition Sciences*, vol. 4 no. 7, pp. 758-762. 2013.
- [4] A. H. Azizah, K. C. Wee, O. Azizah, and M. Azizah, Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*). *International Food Research Journal*, vol. 16 no. 1, pp.45-51, 2009.
- [5] R. M. Robles-Sánchez, M. A. Rojas-Graü, I., Odriozola-Serrano, G A. González-Aguilar, and O. Martín-Belloso, Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, vol. 51 no. 3, pp. 384-390, 2009.
- [6] P. Hiwilepo-van Hal, C. Bosschaart, C. van Twisk, R. Verkerk, and M. Dekker, 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*, vol. 49, no. 2, pp. 188-191, 2012.
- [7] I. Van Bree, J. M. Baetens, S. Samapundo, F. Devlieghere, R. Laleman, I. Vandekinderen, B. Nosedá, R. Xhaferi, B. De Baets, and B De Meulenaer, Modelling the degradation kinetics of vitamin C in fruit juice in relation to the initial headspace oxygen concentration. *Food Chemistry*, Vol. 134, no. 1, pp.207-214, 2012.
- [8] M. Aamir, M. Ovissipour, B. Rasco, J. Tang, and S. Sablani, Seasonality of the Thermal Kinetics of Color Changes in Whole Spinach (*Spinacia Oleracea*) Leaves Under Pasteurization Conditions. *International Journal of Food Properties*, vol.17, no. 9, pp. 2012-2024, 2014.
- [9] N. Bineesh, R. S. Singhal, and A. Pandit, A study on degradation kinetics of ascorbic acid in drumstick (*Moringa olifera*) leaves during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 85, pp.1953-1958, 2005.
- [10] R. Blasco, M. J. Esteve, A. Frigola, and M. Rodrigo, Ascorbic acid degradation kinetics in mushrooms in a high-temperature short-time process controlled by a thermoresistometer. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 37, no. 2, pp.171-175, 2004.
- [11] A. W. Munyaka, E. E. Makule, I. Oey, A. Van Loey, and M. Hendrickx, Thermal Stability of l Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journal of food science*, vol. 75, no. 4, pp. C336-C340, 2010.
- [12] A.F. Pighin, and A.L Rossi. *Espinaca fresca, supercongelada y en conserva: contenido de vitamina C pre y post cocción*. *Revista chilena de nutrición*, vol. 37, no. 2, pp. 201-207, 2010.
- [13] J. Ahmed, U. S. Shivhare, and S. Debnath, Colour degradation and rheology of green chilli puree during thermal processing. *International journal of food science & technology*, Vol. 37, no. 1, pp. 57-63, 2002.
- [14] J. Ahmed, U.S. Shivhare, and P. Singh, Colour kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics of the paste. *Food Chemistry*, Vol. 84, no. 4, pp.605-611, 2004.
- [15] D. Dutta, A. Dutta, U. Raychaudhuri, and R. Chakraborty, Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of food engineering*, Vol. 76, no. 4, pp. 538-546, 2006.
- [16] A.K. Jaiswal, and N. Abu-Ghannam, Degradation kinetic modelling of color, texture, polyphenols and antioxidant capacity of York cabbage after microwave processing. *Food Research International*, Vol. 53 no. 1, 125-133, 2013.
- [17] NTC 4592. (1999). *Productos de frutas y verduras. Determinación del pH*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC.
- [18] NTC 4623. (1999). *Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC.
- [19] NTC 4624. (1999). *Jugos de Frutas y Hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método refractómetro*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC.
- [20] L.E. Ordoñez-Santos, and A. Vásquez-Riascos, 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*, Vol. 60, no. 3, pp. 280-284, 2010.
- [21] I. Odriozola-Serrano, R. Soliva-Fortuny, and O. Martín-Belloso, Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 41, no. 2, pp. 217-226, 2008.
- [22] J.J. Ruiz, N. Martínez, García Martínez S, M. Serrano, M. Valero, and R. Moral, Micronutrient composition and quality characteristics of traditional tomato cultivars in southeast Spain. *Communications in soil science and plant analysis*, Vol. 36, no. 4-6, pp. 649-660, 2005.
- [23] V. Dewanto, X. Wu, K. K. Adom, and R.H. Liu, Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 50, no. 10, pp. 3010-3014, 2002.
- [24] S. Gahler, K. Otto, and V. Böhm, Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 51, no. 27, pp. 7962-7968, 2003.
- [25] E. Sahlin, G. P. Savage, and C. E. Lister, Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 17, no 5, pp. 635-647, 2004.
- [26] F.E. Quiro Muñoz, A.M. Ramírez Muñoz, J.A. Rojas Pérez y L.E. Ordoñez-Santos, Changes in Vitamin C and Color during Cooking Of Green Peppers (*Capsicum Annuum* L). *Tecno. Lógicas.*, No. 31, pp. 141-150, 2013.
- [27] A. M. Chuah, Y. C. Lee, T. Yamaguchi, H. Takamura, L. J. Yin, and T. Matoba, Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*, Vol. 111 no. 1, pp. 20-28, 2008.
- [28] G. Cocetta, V. Baldassarre, A. Spinardi, and A. Ferrante, Effect of cutting on ascorbic acid oxidation and recycling in fresh-cut baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 88, pp. 8-16, 2014.
- [29] H. M., Serra, Cafaro, T. A, Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, Vol 4, no. 4, pp. 525-532, 2007.
- [30] D.J. Ornelas-Paz, L. A. Cira-Chávez, A. A. Gardea-Béjar, J. C. Guevara-Arauz, D. R. Sepúlveda, J. Reyes-Hernández, and S. Ruiz-Cruz, Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent peppers. *Food Research International*, Vol. 50, no. 2, pp. 519-525, 2013.
- [31] M. E. A, Toledo, Ueda, Y., Imahori, Y., Ayaki, M, L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during postharvest storage in light and dark. *Postharvest biology and technology*, Vol. 28, no. 1, pp. 47-57, 2003.

- [32] Y. Hernández, Lobo, M. G., & González, M, Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. Food chemistry, Vol 96, no. 4, pp. 654-664, 2006.

**Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan**, es Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira

**Maira Alejandra Ledesma Sarria**, es Ingeniera Agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira

**Luis Eduardo Ordoñez Santos**, es Ingeniero Agroindustrial egresado de la Universidad la Gran Colombia, Sede Armenia. PhD. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Santiago de Compostela, Lugo, España. Líder e investigador del Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales. Actualmente es Profesor Asociado en dedicación exclusiva del Departamento de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería y Administración de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira.