

# Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales\*

Hermes Gilberto Cuastumal Canacuan\*\*, Brillitte Lizeth Valencia Murillo\*\*\*, Luis Eduardo Ordóñez Santos\*\*\*\*

## Resumen

**Introducción.** La vitamina C es conocida por sus propiedades antioxidantes, y el color superficial es un importante atributo sensorial que incide en la compra final del consumidor. **Objetivo.** Determinar el efecto de los tratamientos térmicos sobre la concentración de vitamina C y el color superficial en guayaba (*psidium guajava*), mango (*mangifera indica*) y tomate de árbol (*Solanum Betaceum Cav*). **Materiales y métodos.** 120 g de muestras cortados homogéneamente en triplicado se sometieron a los tratamientos de cocción con agua (92 °C durante 10 minutos), vapor saturado (92 °C durante 10 minutos), microonda (760 W durante dos minutos), y horno (250 °C durante 10 minutos); finalizado el tratamiento de calor las muestras se enfriaron rápidamente y se procedió a determinar las propiedades fisicoquímicas de pH, acidez, sólidos solubles, concentración de vitamina C, y las coordenadas colorimétricas CIE<sub>L\*a\*b\*</sub>. **Resultados.** Después de los tratamientos térmicos, el método de calor con horno registró la mayor reducción de vitamina C en los frutos de guayaba mientras que la cocción con vapor y microonda no afectó la concentración inicial de este micronutriente. Por otra parte los tratamientos de calor no afectaron el color superficial de los frutos de mango; por el contrario, en guayaba se reduce significativamente el valor de L\*, y en tomate de árbol todas las variables de color son afectadas significativamente. **Conclusión.** El método de cocción con microonda fue el tratamiento que menos afectó la concentración final de la vitamina C en las muestras analizadas.

**Palabras clave:** ácido ascórbico, luminosidad, cromaticidad, tono, índice de pardeamiento.

## Effects of heat treatment on the concentration of vitamin C and surface color in three tropicale fruits

### Abstract

**Introduction.** Vitamin C is known for its antioxidant properties and the surface color is an important sensory attribute that affects their purchase by the final consumer. **Objective.** To determine the effect of thermal treatments on the concentration of vitamin C and the surface color in guava (*Psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*) and tree tomatoes (*Solanum Betaceum Cav*). **Materials and methods.** 120 g of samples in triplicate and homogeneously cut, underwent baking treatments with water (92 °C for 10 minutes), saturated steam (92 °C for 10 minutes), microwave (760 W for two minutes) and oven (250 °C for 10 minutes). Once the heat treatment was completed, the samples were cooled rapidly and the physicochemical properties of pH, acidity, soluble solids, vitamin C concentration and CIELab colorimetric coordinates were determined. **Results.** After the thermal treatments were performed, the oven heat method registered the largest vitamin C reduction in the guavas, while the cooking with steam and microwave did not affect the original concentration of this micronutrient. On the other hand, the heat treatments did not affect the superficial color of the mangos. In guavas the value

\* Artículo 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". Trabajo de investigación realizado entre febrero y agosto de 2014, y financiado por el DIEPAL de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

\*\* Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Sede Palmira. A.A. 237. Carrera 32 N.° 12-00. Palmira. Valle del Cauca-Colombia.

\*\*\* Ingeniera Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Sede Palmira. A.A. 237. Carrera 32 N.° 12-00. Palmira. Valle del Cauca-Colombia.

\*\*\*\* Ingeniero Agroindustrial. Doctor de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ingeniería, Sede Palmira. A. A. 237. Carrera 32.°. 12-00. Palmira. Valle del Cauca-Colombia

Autor para correspondencia: Luis Eduardo Ordóñez Santos, email: leordonezs@unal.edu.do

Artículo recibido: 05/02/2014; Artículo aprobado: 29/02/2016

of L\*, was significantly reduced and in tree tomatoes all of the color variables were significantly affected. **Conclusion.** The method microwave cooking was the treatment less affected the final concentration of vitamin

**Keywords:** ascorbic acid, lightness, chromaticity, color tone, browning index.

## Efeitos dos tratamentos térmicos na concentração de vitamina C e cor superficial em três frutas tropicais

### Resumo

**Introdução.** A vitamina C é conhecida por suas propriedades antioxidantes, e a cor superficial é um importante atributo sensorial que incide na compra final do consumidor. **Objetivo.** Determinar o efeito dos tratamentos térmicos sobre a concentração de vitamina C e a cor superficial na goiaba (*Psidium guajava*), manga (*Mangifera indica*) e tomate de árvore ou Tamarilho (*Solanum Betaceum Cav*). **Materiais e métodos.** 120 g de amostras cortados

homogeneamente em triplicado se submeteram aos tratamentos de cocção com água (92 °C durante 10 minutos), vapor saturado (92 °C durante 10 minutos), microonda (760 W durante dois minutos), e forno (250 °C durante 10 minutos); finalizado o tratamento de calor as amostras se enfriaram rapidamente e se procedeu a determinar os propriedades físico-químicas de pH, acidez, sólidos solúveis, concentração de vitamina C, e as coordenadas colorimétricas CIE<sub>Lab</sub>. **Resultados.** Depois dos tratamentos térmicos, o método de calor com forno registrou a maior redução de vitamina C nos frutos de goiaba enquanto que a cocção com vapor e microonda não afetou a concentração inicial deste micronutriente. Por outra parte os tratamentos de calor não afetaram a cor superficial dos frutos de manga; pelo contrário, na goiaba se reduziu significativamente o valor de L\*, e no tomate de árvore todas as variáveis de cor são afetadas significativamente. **Conclusão.** O método de cocção com microonda foi o tratamento que menos afetou a concentração final da vitamina C nas amostras analisadas.

**Palavras chave:** ácido ascórbico, luminosidade, cromaticidade, tono, índice de envelhecimento.

---

## Introducción

Los tratamientos térmicos tienen como fin destruir o inactivar microorganismos que atenten contra la salud del consumidor; sin embargo, la temperatura puede desencadenar alteraciones que afectan el nivel nutricional y el color de las frutas al ser procesadas. La vitamina C comúnmente se utiliza como un indicador de la calidad nutricional, ya que es sensible a la degradación durante el procesamiento y el posterior almacenamiento (Verbeyst, Bogaerts, Van der Plancken, Hendrickx, y Van Loey, 2013). El valor nutricional de la vitamina C en la alimentación humana está asociado con la producción de colágeno, la fijación del hierro, el metabolismo de la tirosina, la conversión del ácido fólico a ácido folínico, el metabolismo de los hidratos de carbono, la síntesis de lípidos y proteínas (Suntornsuk, Gritsanapum, Nilkamhank, y Paochom, 2002). También se han demostrado los efectos benéficos de este antioxidante al reducir el riesgo de enfermedades pulmonares, cardiovasculares y cánceres no hormonales (Van Bree et al., 2012). Factores como la temperatura, el oxígeno, la

luz, los cambios de pH y los iones metálicos pueden degradar este micronutriente durante el procesamiento de los alimentos (Bineesh et al., 2005). El color es uno de los atributos más importantes de calidad que incide en la decisión final de compra del consumidor. En las frutas, los pigmentos como la clorofila, carotenoides y antocianinas son los principales responsables de este atributo de calidad, y su evaluación puede realizarse instrumentalmente al predecir la percepción visual de los alimentos en forma rápida y sencilla, 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) (Aamir, Ovissipour, Rasco, Tang, y Sablani, 2014).

Diferentes investigaciones han evaluado el efecto de los tratamientos térmicos sobre la vitamina C en frutas (Fernández et al., 2011; Georgé et al., 2011; Mercali, Jaeschke, Tessaro y Marczak, 2012; Mena, Martí, Saura, Valero, García-Viguera, 2013; Janzantti, Santos, Monteiro 2014). Otros estudios, han evaluado los cambios del color superficial después de los tratamientos térmicos en frutas (Avila and Silva

1999; Ahmend, Shivhare, y Sandhu, 2002; Ahmend, Shivhare, y Raghavan, 2004; Kara and Erçelebi 2013; y Summen and Erge 2014). Sin embargo, en la literatura científica 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 frutas tropicales 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 guayaba (*Psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*) y tomate de árbol (*Solanum Betaceum Cav*).

## Materiales y métodos

Frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica*, cv "Tommy Atkins") y tomate de árbol (*Solanum Betaceum Cav*), en estado de madurez de consumo, fueron 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. Los frutos se lavaron y se cortaron homogéneamente en rodajas: la guayaba, 0,7 cm de espesor y 6 cm de diámetro; el mango, 1,2 cm de espesor, y el tomate de árbol, 0,61cm de espesor y 4,8 cm de diámetro. Muestras de 120 g por triplicado de cada fruta se sometieron a los tratamientos de cocción con vapor saturado (92 °C durante 10 minutos), agua (92 °C durante 10 minutos), microonda (760 W durante dos minutos), y horno (250 °C durante 10 minutos). Finalizado el tratamiento de calor, las muestras se enfriaron rápidamente con agua a 5 °C e inmediatamente se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos.

El pH y la acidez expresada en porcentaje (%) ácido cítrico se llevó a acabo de acuerdo con el método descrito en la NTC 4592 y 4623, respectivamente. Los sólidos solubles (°Brix) se determinaron de acuerdo con la norma NTC 4624. La determinación de vitamina C en las muestras de estudio se realizó de acuerdo con la metodología descrita previamente por Ordóñez-Santos y Vásquez-Riascos (2010), 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 se 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 padrón estándar de ácido ascórbico (Merck), y se expresó la concentración en mg de ácido ascórbico/ 100 g fruta. Todos los análisis se realizaron por triplicado. Las coordenadas CIElab 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

$$\text{Croma} = [(a^2 + b^2)]^{0.5}, \text{ Ecuación 1}$$

$$\text{Tono (h)} = \tan^{-1}(b/a), \text{ Ecuación 2}$$

cambios de color ,

$$(\Delta E) = \sqrt{(L_0 - L_n)^2 + (a_0 - a_n)^2 + (b_0 - b_n)^2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Índice de pardeamiento

$$(BI) = \frac{100 \cdot (X - 0.31)}{0.17} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{donde } X = \frac{(a + 1.75 \cdot L)}{(5.645 \cdot L + a - 3.012 \cdot b)} \quad \text{Ecuación 5}$$

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 sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y se realizó la prueba Tukey. El análisis estadístico se apoyó con el software SPSS vs. 18.

## Resultados

En la tabla 1 se relacionan los valores medios de las propiedades fisicoquímicas de los frutos de guayaba en fresco y después de los tratamientos térmicos. Estadísticamente los procesos de calor solo afectaron a las variables de acidez, sólidos solubles, concentración de vitamina C y luminosidad (L\*) (Tabla 1). Todos los tratamientos de calor lograron reducir significativamente la acidez, la vitamina C y el valor de luminosidad. Los procesos de

coCCIÓN con agua y vapor son los tratamientos que más lograron reducir la acidez en las muestras evaluadas. En la concentración de vitamina C, el tratamiento con horno registró la mayor reducción con 50,80 %; le siguen en su orden: vapor, 48,16 %; microonda, 45,37 %, y coCCIÓN con agua, 38,33 % (tabla 1). En la variable de luminosidad los procesos de

coCCIÓN con agua y horno son los tratamientos que más incidieron en la reducción de esta variable. Respecto a los sólidos solubles, el procesamiento de coCCIÓN en horno no afectó esta variable, por el contrario los otros métodos sí reducen significativamente este atributo de calidad (tabla 1).

**Tabla 1. Cambios de las propiedades fisicoquímicas en guayaba durante los tratamientos de coCCIÓN**

Variable	Fresco	Agua	Vapor	Horno	Microondas	ANOVA
pH	4,05 ± 0,58 <sup>a</sup>	3,66 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,66 ± 0,15 <sup>a</sup>	3,57 ± 0,23 <sup>a</sup>	3,50 ± 1,11 <sup>a</sup>	NS
Acidez <sup>1</sup>	0,68 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,43 ± 0,014 <sup>c</sup>	0,58 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,50 ± 0,13 <sup>b</sup>	**
Sólidos solubles	8,17 ± 0,25 <sup>a</sup>	5,67 ± 0,76 <sup>b</sup>	5,20 ± 1,30 <sup>b</sup>	8,30 ± 0,10 <sup>a</sup>	6,73 ± 0,50 <sup>b</sup>	**
Vitamina C <sup>2</sup>	187,31±12,61 <sup>a</sup>	115,52 ± 18,70 <sup>b</sup>	97,10 ± 9,80 <sup>b</sup>	92,17 ± 3,15 <sup>b</sup>	102,34 ± 9,08 <sup>b</sup>	*
L*	51,55 ± 0,26 <sup>a</sup>	45,63 ± 2,55 <sup>b</sup>	47,58 ± 2,67 <sup>ab</sup>	44,83 ± 1,02 <sup>b</sup>	47,48 ± 1,85 <sup>ab</sup>	**
C*	37,69 ± 1,33 <sup>a</sup>	33,75 ± 4,39 <sup>a</sup>	33,65 ± 2,61 <sup>a</sup>	32,48 ± 1,57 <sup>a</sup>	35,293 ± 3,25 <sup>a</sup>	NS
h°	62,79 ± 0,12 <sup>a</sup>	63,89 ± 2,35 <sup>a</sup>	60,57 ± 4,62 <sup>a</sup>	62,26 ± 2,69 <sup>a</sup>	62,89 ± 4,19 <sup>a</sup>	NS
ΔE	-	7,76±6,07	7,06±3,54	8,68±2,50	5,88±4,32	NS
BI	84,61±4,00	84,03±13,84	84,50±11,18	84,56±8,43	84,66±8,02	NS

<sup>1</sup> % ácido cítrico, <sup>2</sup> mg de ácido ascórbico/100 g de fruta, No significativo (NS), \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01, \*\*\* = p < 0.001  
Fuente: elaborada por los autores

Los cambios en los atributos fisicoquímicos en fresco y después de los tratamientos de coCCIÓN en el fruto de mango se pueden observar en la tabla 2. Los procesos térmicos únicamente afectaron estadísticamente la acidez, los sólidos solubles y la concentración de vitamina C (tabla 2). Todos los tratamientos lograron reducir estadísticamente la acidez en las muestras y en los sólidos solubles; solo los tratamientos con agua y vapor afectaron significativamente esta variable al reducir su concentración (tabla 2). Los tratamientos térmicos que más afectaron estadísticamente la concentración de vitamina C en las muestras fue la coCCIÓN con agua y horno, que alcanzaron una reducción de 63,08 % y 15,91 %, respectivamente, mientras que la coCCIÓN con vapor y microonda no incidieron estadísticamente en la concentración de tan importante vitamina (tabla 2).

El efecto de los tratamientos térmicos en las características fisicoquímicas en los frutos

de tomate de árbol en fresco y después de los procesos de calor se relaciona en la tabla 3. Como se puede observar, el pH, y los índices de pardeamiento (IB) no cambian estadísticamente con los procesos de calor; por el contrario, el resto de atributos son afectados significativamente por los tratamientos de coCCIÓN (tabla 3). Los tratamientos con agua y vapor fueron los únicos que afectaron significativamente la acidez y los sólidos solubles al reducir los valores iniciales en los frutos de tomate de árbol (tabla 3). Todos los procesos calor evaluados reducen la concentración de vitamina C en las muestras evaluadas; el proceso con agua presentó la mayor pérdida de este antioxidante con un 36,50 %; le siguen en su orden: la coCCIÓN con horno, 22,17 %; el vapor, 19,60 %, y microonda, 14,93 %. (Tabla 3). Respecto a los atributos de color, la coordenada colorimétrica de luminosidad (L\*) se reduce significativamente al ser tratada térmicamente con agua, vapor

y microonda, mientras que el cambio de color ( $\Delta E$ ) aumenta en estos mismos tratamientos. (Tabla 3). En la variable cromaticidad ( $C^*$ ), las muestras sometidas a cocción con agua, vapor y microonda no afectaron estadísticamente

dicha variable de color (tabla 3). En el tono ( $h^\circ$ ) solo los tratamientos térmicos de vapor y microonda lograron reducir significativamente los valores iniciales de tan importante variable (tabla 3).

**Tabla 2. Cambios en las propiedades físico-químicas del mango durante los diferentes métodos de cocción**

Variable	Fresco	Agua	Vapor	Horno	Microondas	ANOVA
pH	3,46 ± 0,19	3,79±0,31	3,80±0,30	3,96 ± 0,29	3,87 ± 0,19	NS
%Acidez	0,70 ± 0,60 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,22 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,08 <sup>b</sup>	***
Sólidos solubles	11,10 ± 1,15 <sup>a</sup>	6,53 ± 0,81 <sup>c</sup>	9,17 ± 1,05 <sup>b</sup>	13,40 ± 2,43 <sup>a</sup>	11,57± 0,35 <sup>a</sup>	**
Vitamina C <sup>1</sup>	47,32 ± 3,10 <sup>a</sup>	17,47 ± 1,07 <sup>b</sup>	39,05 ± 3,34 <sup>a</sup>	39,79 ± 6,43 <sup>b</sup>	39,45 ± 18,99 <sup>a</sup>	*
L*	56,79 ± 2,96	54,25 ± 0,97	54,60 ± 3,45	54,57±1,07	55,90 ± 1,34	NS
C*	51,04±7,19	47,98±0,78	49,45±6,13	49,00±3,73	53,75±3,95	NS
h°	79,19 ± 0,23	82,64 ± 0,34	72,60± 4,84	85,18 ± 1,83	70,34 ± 4,20	NS
$\Delta E$	-	4,42±1,73	9,30±4,12	6,17±5,20	6,95±1,36	NS
BI	173,71±40,11	170,50±0,11	174,57±28,46	176,88±26,80	196,73±23,57	NS

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

Fuente: elaborada por los autores

**Tabla 3. Cambios en las propiedades físico-químicas en tomate de árbol durante los tratamientos de cocción**

Variable	Fresco	Agua	Vapor	Horno	Microondas	ANOVA
pH	3,46 ± 0,01	3,30 ± 0,11	3,30 ± 0,02	3,37 ± 0,06	3,49 ± 0,29	NS
%Acidez	1,99 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,74 ± 0,21 <sup>c</sup>	1,21 ± 0,21 <sup>b</sup>	1,87 ± 0,17 <sup>a</sup>	1,64 ± 0,16 <sup>a</sup>	***
Sólidos solubles	10,20 ± 0,42 <sup>a</sup>	3,43 ± 1,0 <sup>c</sup>	5,93 ± 1,42 <sup>b</sup>	10,17 ± 0,40 <sup>a</sup>	8,63 ± 1,82 <sup>a</sup>	***
Vitamina C	16,28 ± 1,21 <sup>a</sup>	10,34 ± 1,24 <sup>c</sup>	13,09 ± 1,31 <sup>b</sup>	12,67 ± 2,00 <sup>b</sup>	13,85 ± 3,71 <sup>b</sup>	**
L*	58,86 ± 1,09 <sup>a</sup>	48,71 ± 2,57 <sup>b</sup>	48,61 ± 1,43 <sup>b</sup>	60,23 ± 7,01 <sup>a</sup>	48,46 ± 1,43 <sup>b</sup>	**
C*	35,12 ± 2,27 <sup>b</sup>	33,55 ± 4,23 <sup>b</sup>	35,02 ± 4,98 <sup>b</sup>	39,10 ± 0,36 <sup>a</sup>	33,01 ± 5,02 <sup>b</sup>	*
h°	79,19 ± 0,16 <sup>a</sup>	82,64 ± 0,24 <sup>a</sup>	72,60± 3,71 <sup>b</sup>	85,18 ± 2,80 <sup>a</sup>	70,34 ± 1,45 <sup>b</sup>	*
$\Delta E$	-	11,30±3,96 <sup>a</sup>	12,48±0,59 <sup>a</sup>	8,99±1,42 <sup>b</sup>	12,21±2,84 <sup>a</sup>	*
BI	92,04±8,56	111,94±17,97	122,58±29,61	102,61±20,50	113,51±29,00	NS

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

## Discusión

En los frutos de guayaba en fresco, el pH, la acidez y los sólidos solubles (tabla 1)

se ajustan a los reportados previamente por Ordóñez-Santos y Velázquez-Riascos (2010), mientras que Soares, Pereira, Maio y Monteiro. (2007) y Ordóñez-Santos, Ospina-

Portilla, y Rodríguez-Rodríguez (2013) difieren de nuestros resultados. La concentración de vitamina C (mg/100 g muestra fresca) en las muestras analizadas concuerda con la reportada por Soares et al. (2007) (76-168,36), Rojas-Barquera, y Narváez-Cuenca (2008) (78,2-268,7), pero difiere de los valores establecidos por Valente, Albuquerque, Sanches y Costa (2011) (65,8), Ordóñez-Santos y Velázquez-Riascos (2010) (168,91) y Oliveira et al., (2010) (85,9). Es importante resaltar que los frutos de guayaba evaluados en este estudio son una importante fuente de vitamina C; la concentración registrada en la presente investigación excede en 127,31 mg a la Cantidad Diaria Recomendada (CDR) de 60 mg (Carr y Frei, 1999), y se observa que después de los tratamientos térmicos en las muestras, el nivel de retención de este antioxidante permite cumplir con los valores de CDR recomendados. En el caso del mango el pH, la acidez y los sólidos solubles son consistentes con los reportados por Franco, Cuastumal, Ordóñez-Santos (2014), mientras que los obtenidos por Kaushik et al. (2014) difieren de nuestros resultados. En cuanto a la concentración de la vitamina C (mg/100 g muestra fresca), los valores medios obtenidos en la presente investigación superan a los registrados Oliveira et al. (2010) (17,5) y son inferiores a los reportados por Kaushik, Kaur, Rao, y Mishra (2014) (120). Las características fisicoquímicas de pH, y sólidos solubles en los frutos de tomate de árbol en fresco evaluados en esta investigación se ajustan a los valores reportados previamente por Pantoja, Pinto, Lopes, Gandra, y Dos Santos (2009), mientras que la acidez supera a los valores reportados por Pantoja et al., (2009) y Acosta-Quezada et al., (2015). La concentración de vitamina C en las muestras evaluadas no supera los valores registrados por Torres (2012) (23,32 Mg/100 g muestra fresca).

Los cambios de la acidez, los sólidos solubles y la vitamina C en las muestras evaluadas después de los tratamientos de calor pueden estar asociados a los procesos de lixiviación y oxidación de los compuestos orgánicos cuando la matriz biológica es afectada por la temperatura. Los valores de reducción de vitamina C en frutos de guayaba después de los tratamientos térmicos están dentro del

rango reportado previamente por Ordóñez-Santos y Velázquez-Riascos (2010) y Ordóñez-Santos et al. (2013) (28,30-60 %). La reducción de este micronutriente en mango después de los métodos de cocción concuerda con los reportados previamente por Hiwilepo-van Hal, Bosschaart, Twisk, Verkerk, y Dekker, (2012) (45,45-60 %), quienes sometieron pulpa de mango a tratamientos térmicos. Mertz, Brat, Caris-Veyrat, y Gunata, (2010) obtienen valores de reducción de este antioxidante que oscilan entre 41,40 y 81,60 % en néctar de tomate de árbol después del proceso térmico, superando a los registrados en la presente investigación.

La disminución de la concentración de la vitamina C probablemente se debe a la capacidad de esta molécula de ser un eliminador eficaz de radicales que se producen durante el estrés oxidativo, lo que provoca el uso de la vitamina C para mantener la estabilidad interna, desencadenando reacciones químicas que oxidan la molécula a la forma de hidroascórbico (DHAA), hidrólisis del DHAA al ácido 2,3-dicetogulónico y la generación por polimerización de productos inactivos nutricionalmente (Chuah et al., 2008 y Cocetta, Baldassarre, Spinardi, & Ferrante, 2014). Unido a la temperatura, el oxígeno es otro factor decisivo en la degradación de este compuesto bioactivo, tal como lo expresan Verbeyst et al. (2013), quienes afirman que la relación molar entre el ácido ascórbico y el oxígeno desempeña un papel importante en la estabilidad de la vitamina C. Otro aspecto que pudo influir de la pérdida de vitamina C durante los tratamientos de cocción puede ser consecuencia de la baja concentración de otros antioxidantes como los carotenoides, compuestos fenólicos, y tocoferol, ya que estos compuestos pueden actuar directa o indirectamente en la oxidación de la vitamina C (Ornelas-Paz et al., 2013). Por otra parte, el nivel de retención presentada en los tratamientos con vapor y microonda en el presente estudio se debe posiblemente a que el L-ácido dehidroascórbico (DHA) es reversible a ácido ascórbico; el DHA se forma por la degradación parcial del ácido ascórbico; unida a esta reacción está la inactivación de la acción enzimática de la peroxidasa, enzima que comúnmente utiliza la vitamina C como cofactor en sus procesos (Toledo, Ueda, Imahori, & Ayaki 2003 y Hernández, Lobo, & González 2006).

En cuanto al color superficial en los frutos frescos analizados, en guayaba los valores de luminosidad, cromaticidad y tono superan a los registradas previamente por González, Osorio, Melendez, González, y Heredia (2011) ( $L^* = 53,23-55,44$ ;  $C^* = 33,38-35,60$ ;  $h^\circ = 24,82-31,75$ ), en pulpa del fruto de guayaba. En la investigación de Kaushik et al. (2014) los valores de colorimétricos observados en pulpa de mango ( $L^* = 44,88$ , y  $BI = 250$ ) superan a los obtenidos en la presente investigación. Respecto a los parámetros colorimétricos en el tomate de árbol en fresco, nuestros valores de luminosidad, saturación y cambio de color se ajustan a los reportados por Hurtado, Morales, González-Miret, Escudero-Gilete, & Heredia (2009) ( $L^* = 40,50-66,10$ ,  $C^* = 28,70-75,80$ , y  $\Delta E = 11,5-38,80$ ); por el contrario, el tono supera al valor registrado por el citado autor ( $h^\circ = 0,40-64,90$ ). El efecto de los tratamientos térmicos en el color superficial de las frutas ha sido evaluado previamente en otros estudios; por ejemplo, Ávila y Silva et al. (1999) reportan una reducción de los atributos colorimétricos ( $L^*$ ) y un aumento del cambio del color ( $\Delta E$ ) en pulpa de durazno después de los tratamientos de calor. Ahmed et al. (2002) en pulpa de mango obtienen una reducción de la coordenada luminosidad ( $L^*$ ) después de los tratamientos térmicos. Ndiaye, Xu, & Wang (2009) informan un incremento significativo en la mayoría de los coordenadas evaluadas ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ ,  $\Delta E$  y  $BI$ ) en mango después del tratamiento de escaldado con vapor. Ganjloo, Rahman, Osman, Bakar, Bimakr, (2011) informan una reducción del color superficial ( $L^*$ ) y un aumento del cambio del color ( $\Delta E$ ) en trozos de guayaba después de los procesos térmicos. La reducción de  $L^*$  en los frutos de guayaba y tomate de árbol, y el aumento de  $\Delta E$  en este último fruto, concuerdan los resultados obtenidos por los autores antes citados. Los cambios de color después de los tratamientos térmicos en las muestras estudiadas probablemente se deben a las reacciones de isomeración de los carotenoides, polimerización y degradación de las antocianinas, o a las reacciones de pardeamiento de Maillard, tales como condensación de hexosas y componentes de aminoácidos y oxidación del ácido ascórbico (Dadali, Apar, y Ozbek, 2007; Mena et al., 2013; Xu et al., 2014).

## Conclusión

En este estudio se puede concluir que los frutos de guayaba son una destacable fuente de vitamina C, siendo los únicos que alcanzan a cumplir con la Cantidad Diaria Recomendada (CDR) de vitamina C (60 mg). Los tratamientos térmicos afectaron significativamente a los sólidos solubles, la acidez y la concentración de vitamina C; por el contrario, el pH en las muestras no cambió significativamente. El método de cocción con microonda es el método térmico que menos afectó la concentración final de la vitamina C en las muestras analizadas. El seguimiento de las coordenadas colorimétricas ( $L^*$ ,  $h^\circ$  y  $\Delta E$ ) durante el procesamiento térmico de los frutos de guayaba y tomate de árbol, permitiría evaluar la intensidad del tratamiento térmico, información de gran interés en el diseño de productos, diseño de equipos, instalación de procesos térmicos e identificación de puntos críticos de proceso que garanticen la conservación final de tan importante atributo de calidad.

## 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 bibliográficas

- Acosta-Quezada, P.; Raigón, M.; Tania Riofrío-Cuenca, T.; García-Martínez, M.; Plazas, M.; Burneo, J.; Figueroa, J.; Vilanova, S.; Prohens, P. (2015). Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. *Food Chemistry* 169, 327-335.
- Carr, A.; y Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(6), 1086-1107.
- Chuah, A.; Lee, Y.; Yamaguchi, T.; Takamura, H.; Yin, L.; y Matoba, T. (2008). Effect of cooking on

- the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*, 111(1), 20-28.
- Cocetta, G.; Baldassarre, G.; Spinardi, A.; y Ferrante, A. (2014). Effect of curing on ascorbic acid oxidation and recycling in fresh-cut baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) *Postharvest Biology and Technology*, 88, 8-16.
  - 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.
  - Franco, W. Cuastumal H. y Ordoñez-Santos L. (20014). Efecto del Microondas en Concentración de Ácido Ascórbico y Color Superficial de Algunos Vegetales Durante la Cocción. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(2) S2, 31-33.
  - Ganjloo, A.; Rahman, R.; Osman, A.; Bakar, J.; Bimakr, M. (2011). Kinetics of crude peroxidase inactivation and color changes of thermally treated seedless guava (*psidium guajava* L.). *Food Bioprocess Technology*, 4, 1442–1449.
  - Georgé, S.; Tourniaire, F.; Gautier, H.; Goupy, P.; Rock, E. y 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., y 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.
  - Hernández, Y.; Lobo, M.; & González M. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Analytical Nutritional and Clinical Methods* 96(4), 654-664.
  - Hiwilepo-van Hal, P.; Bosschaart, C.; Twisk, C.; Verkerk, R.; y 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 (2), 188-191.
  - Hurtado, H.; Morales, A.; González-Miret, M.; Escudero-Gilete, M.; y Heredia, F. (2009). Colour, pH stability and antioxidant activity of anthocyanin rutosides isolated from tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry* 117, 88–93.
  - Kaushik, N.; Kaur, B.; Rao, S.; y Mishra, H. (2014). Efecto del procesamiento de alta presión en el color, bioquímicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica* cv. Amrapali). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22(4), 40-50.
  - Mena, P.; Martí, N.; Saura, D.; Valero, M.; y García-Viguera, C. (2013). Combinatory effect of thermal treatment and blending on the quality of pomegranate juices. *Food Bioprocess Technology*, 6:3186–3199
  - Mercali, G.; Jaeschke, B.; Tessaro, I. y 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.
  - Mertz, C.; Brat, P.; Caris-Veyrat, C.; Gunata, Z. (2009). Characterization and thermal lability of carotenoids and vitamin C of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry* 119, 653–659
  - NTC 4592. (1999). *Productos de frutas y verduras. Determinación del pH*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC.
  - NTC 4623. (1999). *Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC.
  - 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.
  - Oliveira, S.; Lobato A.; Rocha R.; Santana A.; Chaves, J.; y Pinheiro-Sant'Ana. H. (2010). Carotenoids and Vitamin C during Handling and Distribution of Guava (*Psidium guajava* L.), Mango (*Mangifera indica* L.), and Papaya (*Carica papaya* L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(10), 6166-6172.
  - Ordóñez-Santos, L.; y Vásquez-Riascos, 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(3), 280-284.
  - Ordóñez-Santos, L.; Ospina-Portilla, M.; y Rodríguez-Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Lasallista de Investigación*, 10, 44-51.
  - Rojas-Barquera, D.; y Narváez-Cuenca, CE. (2009) Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium*



- Guajava L.) cultivadas en Colombia. Quimica Nova*, 32(9), 2336-2340.
- Soares, F.; Pereira, T.; Maio, 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(1), 15-21,
  - Pantoja, L.; Pinto, N.; Lopes, C.; Gandra, R.; Dos Santos, A. (2009). Physical and physicochemical characterization of fruits of two varieties of tamarillo originated from the North of Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(3), 916-919.
  - Toledo, M.; Ueda, Y.; Imahori, Y.; y Ayaki M. (2003). L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea L.*) *Postharvest Biology and Technology*, 28(1); 47-57.
  - Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendtn. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(4), 381-388.
  - Valente, A.; Albuquerque, T.; Sánchez, A. y 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.