

# Efecto de la atmósfera modificada en la conservación del tomate (*solanum lycopersicum*) larga vida mínimamente procesado

**Recibido:** 28 de marzo de 2012

**Aceptado:** 8 de noviembre de 2012

## Resumen

El tomate es un fruto rico en nutrientes como la vitamina C y carotenoides, los cuales son importantes para la salud. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento del color de la pulpa, de la resistencia a la compresión y al corte y del contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) durante el almacenamiento en atmósfera modificada del fruto mínimamente procesado. Rodajas de tomate larga vida fueron empacadas en dos tipos de atmósferas modificadas dentro de dos tipos de empaques y almacenadas a  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 15 días para prevenir el deterioro del fruto. Los análisis realizados durante el almacenamiento fueron el color (expresado por medio de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), la firmeza (por medio de la resistencia a la compresión y al corte) y los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa). Se hizo seguimiento de las variaciones de estas propiedades en los días 1, 5, 10 y 15. El diseño experimental fue completamente al azar con estructura de diseño 2 x 2 más un testigo. Las rodajas de los tratamientos 1 (5% O<sub>2</sub> 5% CO<sub>2</sub> 90% N<sub>2</sub> Película PET) y 3 (2% O<sub>2</sub> 10% CO<sub>2</sub> 88% N<sub>2</sub> Película PET) fueron las que presentaron la menor degradación respecto a los parámetros evaluados.

**Palabras clave:** almacenamiento, productos mínimamente procesados, vida útil, firmeza, conservación.

## **Effect of modified atmosphere on the conservation of minimally processed tomatoes (*solanum lycopersicum*) long life variety**

## Abstract

The tomato is a fruit rich in nutrients like vitamin C and carotenoids, which are important for health. The aim of this research was to evaluate the behavior of flesh color, resistance to compression and shear and the content of sugars (sucrose, glucose and fructose) over the modified atmosphere storage of minima-

.....

<sup>1</sup> Ingeniera de alimentos, Grupo Conservación de Frutas y Hortalizas, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria. correalangela@hotmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero agrícola, PhD. en Ciencias Agropecuarias, Grupo Conservación de Frutas y Hortalizas, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria. galvis.jesus@uniagraria.edu.co

lly processed fruit. Slices of long life tomatoes were packed in two different modified atmospheres in two types of package and stored at  $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  for a period of 15 days, to prevent deterioration of the fruit. The analyzes conducted during storage were color (expressed by the parameters  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), firmness (through resistance to compression and shear) and sugars (sucrose, glucose and fructose). There was monitoring for variations of these properties on days 1, 5, 10 and 15. The experimental design was completely randomized with design structure  $2 \times 2$  plus a control. The slices of treatment 1 (5%  $\text{O}_2$  5%  $\text{CO}_2$  90%  $\text{N}_2$  PET film) and 3 (2%  $\text{O}_2$  10%  $\text{CO}_2$  88%  $\text{N}_2$  PET film) were those that showed the least degradation through the parameters evaluated.

**Key words:** Storage, minimally processed products, shelf life, firmness, conservation.

## Introducción

El tomate es una de las hortalizas más difundidas a nivel mundial dado que forma parte de la dieta de la población, su principal uso es en la preparación de ensaladas; presenta alta demanda debido a sus propiedades nutricionales. Es una fuente de licopeno y compuestos que le confieren una importante actividad antioxidante (Hernández *et al.*, 2008). Es rico en ácido cítrico y otros ácidos orgánicos, contiene azúcares simples y cerca de 400 compuestos volátiles que le confieren sabor y aroma (Thybo *et al.*, 2006). La demanda de esta hortaliza ha generado aumento en la producción nacional, pasando de 393.318 ton en el año 2003 a aproximadamente 550.000 ton en el año 2009 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2010).

El aumento en la producción hace necesario buscar nuevos canales de comercialización e innovar diferentes presentaciones del fruto que faciliten su consumo. Las hortalizas mínimamente procesadas constituyen una buena alternativa de comercialización; sin embargo, este proceso puede generar cambios en algunas características del alimento.

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son más percederas que los productos enteros debido principalmente al estrés mecánico a que son sometidas. El estrés altera la integridad de los tejidos, induce la pérdida de compatimentalización celular y provoca interacción directa

entre enzimas y sustratos (Soliva *et al.*, 2003; Laminkamra *et al.*, 2001). El procesamiento mínimo (pelado, cortado) de los frutos puede afectar el contenido, la composición, la actividad y la biodisponibilidad de los compuestos antioxidantes, además de incrementar la susceptibilidad al ataque microbiológico (Gil *et al.*, 2006; Sahlin *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2009).

En la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas se han utilizado diferentes métodos: tratamientos térmicos, químicos (uso de antioxidantes), refrigeración y atmósferas modificadas. También se han usado combinaciones de estos métodos. Sin embargo, debe considerarse que la eficiencia de cada tratamiento por aplicar depende del fruto, razón por la cual no siempre resultan exitosos.

El almacenamiento de tomates frescos a  $5^{\circ}\text{C}$  inhibe el desarrollo del licopeno, aunque mejora la actividad antioxidante del fruto. También se ha encontrado que el corte y el almacenamiento en atmósfera normal a  $5^{\circ}\text{C}$  disminuye la actividad antioxidante respecto a tomates enteros (Odrisola *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 1999).

El ácido ascórbico es susceptible a la degradación en presencia de la luz y del oxígeno (Odrisola *et al.*, 2008; Gil *et al.*, 2002). El ascorbato es oxidado por la interacción con las enzimas oxidasa ascorbato, polifenol oxidasa, citocromo oxidasa y la peroxidasa. Los daños por el corte resultan en la mezcla de la enzima y el sustrato que debe ser compartimentalizado en un tejido sano (Gil *et al.*, 2002). El efecto de las atmósferas modificadas y

Tabla 1. Tratamientos de atmósferas modificadas y empaques utilizados durante el almacenamiento de tomate larga vida

| Tratamientos | Concentración de atmósfera                               | Tipo de empaque                            |
|--------------|--|--|
| T1           | 5% O <sub>2</sub> 5% CO <sub>2</sub> 90% N <sub>2</sub>  | Caja BOPS + Película coextruido PET        |
| T2           | 5% O <sub>2</sub> 5% CO <sub>2</sub> 90% N <sub>2</sub>  | Caja BOPS + Película polietileno calibre 2 |
| T3           | 2% O <sub>2</sub> 10% CO <sub>2</sub> 88% N <sub>2</sub> | Caja BOPS + Película coextruido PET        |
| T4           | 2% O <sub>2</sub> 10% CO <sub>2</sub> 88% N <sub>2</sub> | Caja BOPS + Película polietileno calibre 2 |
| T5           | Testigo (atmósfera normal)                               | Caja BOPS                                  |

Fuente: elaboración propia.

controladas al reducir el contenido de O<sub>2</sub> y elevar el de CO<sub>2</sub> es aumentar la retención del ácido ascórbico.

El uso combinado de bajas temperaturas y de atmósferas modificadas favorece el almacenamiento y la conservación de frutas y hortalizas mínimamente procesadas, permitiendo mantener la calidad comercial por un tiempo mayor. Las películas plásticas de diversa permeabilidad a los gases y los avances logrados en aspectos relacionados con el control de la atmósfera han permitido difundir esta técnica (Granado *et al.*, 2008; Muratore *et al.*, 2005; Lana *et al.*, 2005).

El empleo de atmósfera modificada reduce la incidencia de los desórdenes fisiológicos, alteraciones microbiológicas y deterioros bioquímicos, los cuales producen cambios en las características organolépticas afectando el valor comercial del producto envasado. Esta técnica disminuye el metabolismo y por consiguiente la producción de etileno que promueve la maduración y la senescencia de frutas y hortalizas (Granado *et al.*, 2008; Gony *et al.*, 2002; Artés *et al.*, 1999).

El objetivo de este estudio fue prolongar la vida útil del tomate (*Solanum Lycopersicum*), variedad larga vida mínimamente procesado mediante la aplicación de atmósferas modificadas.

## Materiales y métodos

Los frutos de tomate larga vida fueron cosechados de un cultivo de invernadero localizado en el

municipio de Fusagasugá en grado de madurez de consumo (totalmente rojos pero de consistencia firme), posteriormente fueron transportados a la planta de alimentos de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, localizada en la ciudad de Bogotá, donde fueron sometidos a selección, clasificación, lavado y desinfección, y cortados en rodajas de aproximadamente 4 mm de espesor, sometidas a diferentes atmósferas modificadas, como se indica en la tabla 1. Posteriormente fueron almacenadas en cámara de refrigeración a 4 °C ± 1 °C, por un tiempo de 15 días.

El diseño estadístico fue completamente al azar con estructura de diseño 2 x 2 (dos tipos de atmósferas, dos tipos de empaques) más un testigo, el cual se almacenó a la misma temperatura, en envase rígido y atmósfera normal. El tamaño de la muestra para cada análisis dentro de cada tratamiento estuvo constituido por cuatro rodajas. Cada tratamiento fue repetido tres veces. Se realizó análisis de varianza y la media de los parámetros analizados fue sometida a la prueba de comparación de contrastes ortogonales para establecer si hubo diferencias significativas entre tratamientos. Cada cinco días se realizaron los siguientes análisis:

**Color:** mediante la medición de los parámetros L\* (brillo), a\* (rojo), b\* (amarillo), a través del Método de Imágenes, el cual transforma a través de un software los valores obtenidos a los valores de L\*, a\*, y b\*.

**Firmeza:** se midió con el analizador de textura (LFRA Texture) Brookfield, se determinó la resistencia a la compresión y al corte.

**Azúcares:** se cuantificó el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa por cromatografía líquida de alta eficiencia – HPLC. El cromatógrafo utilizado fue marca Shimatsu. Fue utilizada una columna empacada con una resina microparticulada cálcica marca Waters. La fase móvil utilizada fue agua bidestilada; el detector empleado fue de tipo refractométrico.

## Resultados y discusión

### Cambios de color

El brillo ( $L^*$ ) presentó disminución durante los 15 días de almacenamiento en las rodajas de todos los tratamientos (figura 1). La mayor pérdida la presentaron los frutos testigo, seguidos por los tomates provenientes del tratamiento 2. La menor pérdida la presentaron los frutos provenientes del tratamiento 3. Gil *et al.* (2006) encontraron en tomates precortados que los parámetros del color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) disminuyen tres veces más rápido cuando el almacenamiento se hace en atmósfera

normal comparado con el almacenamiento en atmósferas modificadas. El Anova indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos al igual que la interacción atmósfera-empaque. El contraste testigo frente a factorial mostró diferencias significativas al final del almacenamiento. En los tratamientos en atmósfera modificada hubo diferencias significativas entre las rodajas del tratamiento 2 y las provenientes de los tratamientos 1, 3 y 4.

El color rojo ( $a^*$ ), al igual que el brillo, presentó disminución en la pulpa de los tomates de todos los tratamientos. Las menores pérdidas las presentaron las rodajas de los tratamientos 1 y 3 (figura 2), resaltando la influencia de la película PET, en la cual se mantuvo el color en las dos mezclas de gases utilizadas. En los tratamientos 2 y 4, en los cuales el empaque utilizado fue polietileno de baja densidad, calibre 2, la pérdida del color rojo fue mayor debido a que la permeabilidad de esta película es menor que la del coextruido PET. En el día 15 de almacenamiento el Anova indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El contraste testigo frente a factorial mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Los tomates de todos los tratamientos mostraron disminución en el parámetro  $b^*$  (amarillo)

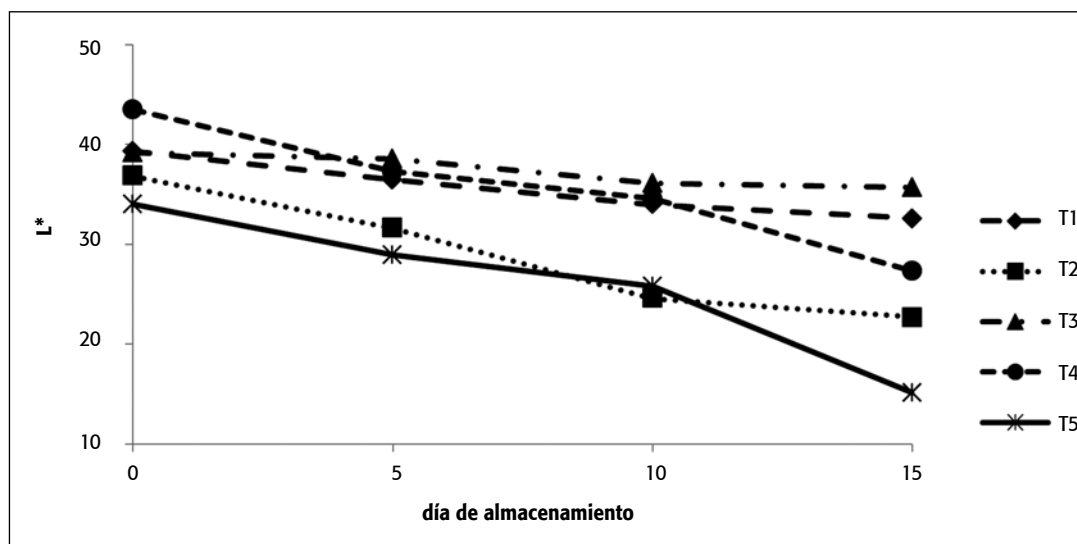


Figura 1. Variación del brillo  $L^*$  durante el almacenamiento

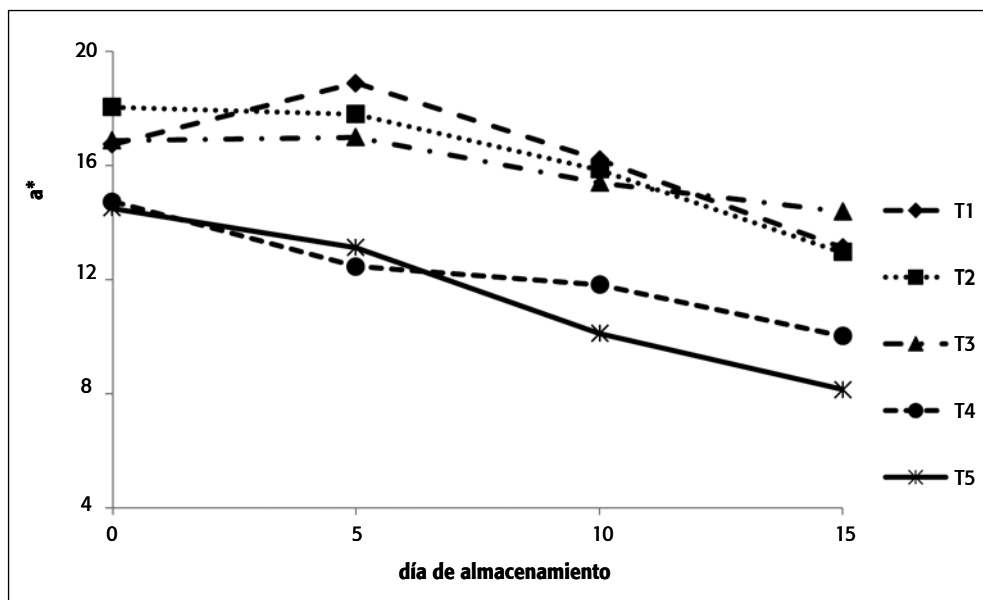


Figura 2. Variación del color rojo (a\*) durante el almacenamiento

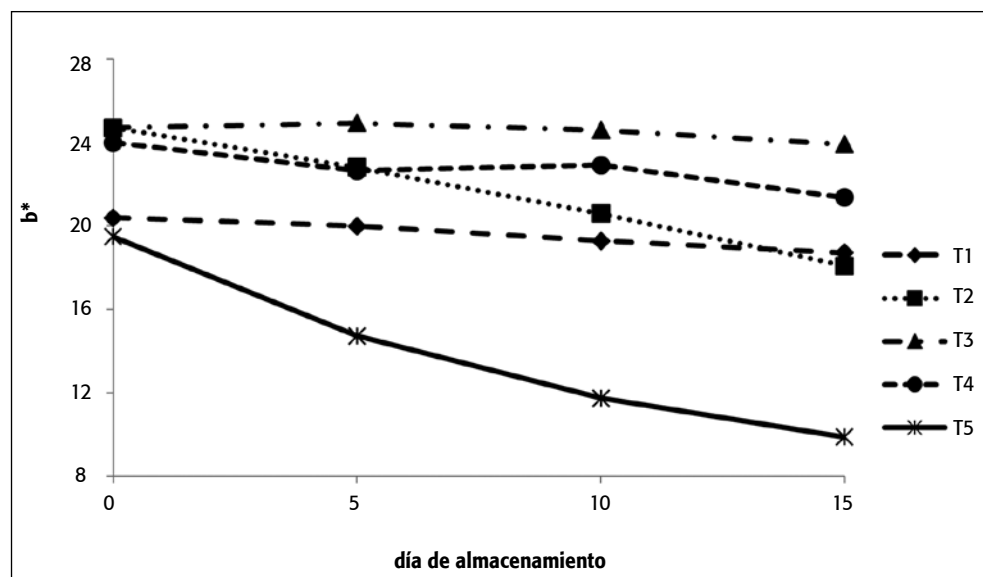


Figura 3. Variación del color amarillo (b\*) durante el almacenamiento

a lo largo del almacenamiento (figura 3). Se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La menor pérdida ocurrió en los tomates del tratamiento 1, seguida por los

frutos del tratamiento 3. El contraste testigo frente a factorial mostró diferencias significativas. No se presentaron diferencias significativas entre los tomates colocados en atmósferas modificadas.

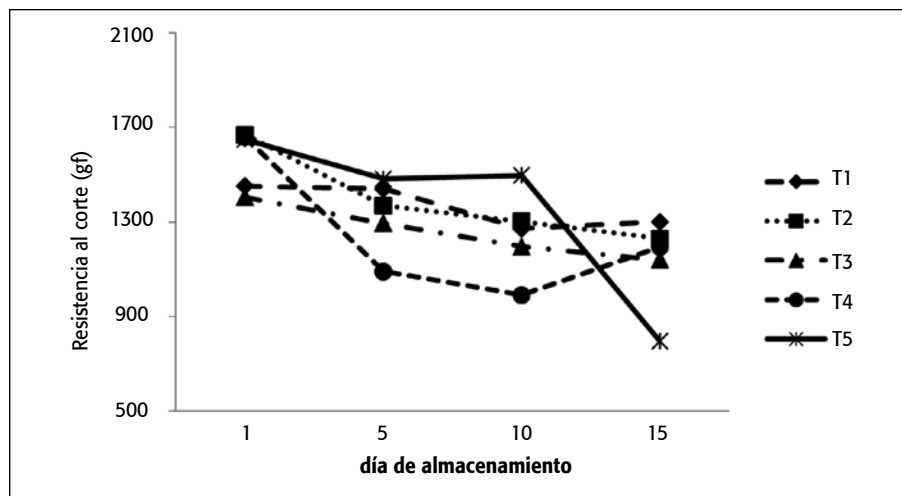


Figura 4. Variación de la resistencia al corte durante el almacenamiento

### Resistencia a la compresión

Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos respecto a esta propiedad. En los frutos de todos los tratamientos se presentó disminución de la resistencia a la compresión (tabla 2). Las menores pérdidas las presentaron los tomates provenientes del tratamiento 3 (16,4%). Este comportamiento fue similar al encontrado en tomates variedad Diva donde se halló que en los frutos sometidos a bajas concentraciones de oxígeno durante el almacenamiento, el color y la firmeza se degradan más lentamente (Gómez *et al.*, 2002). En mango (cv Yulima) se encontró que entre más baja sea la concentración de O<sub>2</sub> dentro de la atmósfera de almacenamiento la degradación de los compuestos de la pared celular del fruto es menor (Galvis, 2009). Ello puede ser debido a que las enzimas que degradan los componentes de la pared celular (poligalacturonasas y pectinesterasas) son ávidas de oxígeno, por lo que su actividad disminuye con la disminución del nivel de este elemento. La mayor pérdida la presentaron las rodajas del tratamiento testigo (55%). En el día 15, los contrastes ortogonales mostraron diferencias significativas entre los frutos de los tratamientos 1 y 3 y los tomates de los demás tratamientos.

Tabla 2. Resistencia a la compresión de las rodajas de tomate almacenadas en atmósfera modificada

| Día | Tratamiento      |                  |                  |                  |                  |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|     | T1               | T2               | T3               | T4               | T5               |
| 1   | 565 <sup>a</sup> | 440 <sup>b</sup> | 488 <sup>a</sup> | 556 <sup>a</sup> | 548 <sup>a</sup> |
| 5   | 493 <sup>a</sup> | 315 <sup>c</sup> | 445 <sup>a</sup> | 404 <sup>b</sup> | 305 <sup>c</sup> |
| 10  | 417 <sup>a</sup> | 286 <sup>b</sup> | 381 <sup>a</sup> | 367 <sup>a</sup> | 262 <sup>b</sup> |
| 15  | 395 <sup>a</sup> | 274 <sup>b</sup> | 359 <sup>a</sup> | 335 <sup>a</sup> | 246 <sup>b</sup> |

Letras iguales en la misma fila indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de contrastes ortogonales a un nivel de confianza del 95%.

Fuente: elaboración propia.

### Resistencia al corte

La resistencia de las rodajas respecto al corte fue similar al comportamiento de la compresión. Los frutos provenientes de todos los tratamientos presentaron disminución a la resistencia al corte (figura 4). Hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos. La mayor pérdida la presentaron los tomates testigo (51,6%), seguidos de las rodajas provenientes de los tratamientos 2 y 4 con pérdidas de 26 y 28% respectivamente. Las rodajas provenientes de los tratamientos en el coextruido PET fueron las que presentaron el

menor porcentaje de pérdidas, independientemente del tipo de atmósfera aplicada inicialmente, lo cual resalta la importancia de la permeabilidad del empaque, ya que el PET es menos permeable al paso del oxígeno que el polietileno calibre 2 y, por tanto, presenta mayor resistencia al paso del O<sub>2</sub> y del CO<sub>2</sub>, manteniendo bajos niveles de oxígeno y altos de anhídrido carbónico en el interior del empaque. Esto ocasionó una disminución de la actividad de las enzimas degradadoras de la pared celular.

Gil *et al.* (2002), indican que las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y al corte) de los tomates precortados conservados en atmósfera modificada a temperaturas de refrigeración se conserva por mayor tiempo comparada con los tomates precortados almacenados en atmósfera normal, debido a que se disminuye la actividad de las enzimas degradadoras de la pared celular.

### Contenido de azúcares

El azúcar predominante en las rodajas de todos los tratamientos fue la fructosa, mientras que la sacarosa fue la que presentó el menor nivel. Una composición similar respecto a los azúcares en tomates mínimamente procesados fue encontrada por Odrisola *et al.* (2008) y Gómez *et al.* (2002). Las rodajas de todos los tratamientos presentaron disminución de los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) a lo largo del almacenamiento como se observa en la tabla 3, la mayor disminución de sacarosa la presentaron las rodajas del tratamiento testigo seguida por los tomates de los tratamientos 2 y 4. La menor pérdida de fructosa la presentaron los tomates provenientes de los tratamientos 3 y 1; por el contrario, la mayor pérdida de este azúcar la presentaron las rodajas del tratamiento testigo. La pérdida de la glucosa fue similar entre los tratamientos testigo, T4 y T2, esto se explica debido a la baja permeabilidad de la película de polietileno calibre 2, que permitió el paso de O<sub>2</sub> hacia el interior del empaque.

### Conclusiones

Las rodajas de los tratamientos 1 (5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 90% N<sub>2</sub>, película PET) y 3 (2% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub>, 88% N<sub>2</sub>, película PET) fueron las que sufrieron la menor degradación respecto a los parámetros evaluados (color, resistencia a la compresión y al corte y contenido de azúcares). El comportamiento de los tomates provenientes del tratamiento 2 con relación a la pérdida de azúcares y degradación del color fue similar, indicando que independientemente de la película (polietileno calibre 2), la composición de la atmósfera influyó en el comportamiento de los frutos.

Tabla 3. Contenido de sacarosa, glucosa y fructosa de rodajas de tomate mínimamente procesado durante el almacenamiento

| Tratamiento | Azúcar   | Día 1 | Día 5 | Día 10 | Día 15 |
|-------------|----------|-------|-------|--------|--------|
| T1          | Sacarosa | 0.26  | 0.21  | 0.18   | 0.15   |
|             | Glucosa  | 1.48  | 1.43  | 1.37   | 1.15   |
|             | Fructosa | 1.58  | 1.49  | 1.49   | 1.30   |
| T2          | Sacarosa | 0.28  | 0.23  | 0.21   | 0.15   |
|             | Glucosa  | 1.65  | 1.55  | 1.47   | 0.95   |
|             | Fructosa | 1.76  | 1.65  | 1.54   | 1.31   |
| T3          | Sacarosa | 0.26  | 0.25  | 0.20   | 0.17   |
|             | Glucosa  | 1.65  | 1.60  | 1.51   | 1.27   |
|             | Fructosa | 1.71  | 1.66  | 1.59   | 1.42   |
| T4          | Sacarosa | 0.24  | 0.21  | 0.19   | 0.15   |
|             | Glucosa  | 1.49  | 1.29  | 1.06   | 0.67   |
|             | Fructosa | 1.57  | 1.37  | 1.21   | 1.15   |
| T5          | Sacarosa | 0.25  | 0.19  | 0.15   | 0.10   |
|             | Glucosa  | 1.45  | 1.09  | 0.85   | 0.58   |
|             | Fructosa | 1.59  | 1.12  | 1.02   | 0.64   |

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia su apoyo en el desarrollo de esta investigación, la cual forma parte del Proyecto “Desarrollo tecnológico para la optimización en la conservación de lechuga, tomate y zanahoria precortadas (alimentos mínimamente procesados)”.

## Referencias bibliográficas

- Artés, F., Canessa, M. A., Hernández, S., Gil, M. I. (1999). Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 153-162.
- Galvis, J. A. (2009). Efecto de inhibidores de pardeamiento y la atmósfera modificada en la conservación del mango (*Manguiфера indica*), variedad Yulima, mínimamente procesado. *Memorias III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 316-319
- Gil, M. I., Aguayo, E., Kader, A. A. (2006). Quality Changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruit during storage. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 54, 4284-4296.
- Gil, M. I., Conesa, M. A., Artés, F. (2002). Quality changes in fresh-cut Tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 199-207.
- Gómez, P. A. y Camelo, A. F. (2002). Calidad poscosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileira*, 20, 38-43.
- Gony, J. R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R. A., & Kader, A. A. (2002). Quality changes in fresh-cut pears slices as affected by controlled atmosphere and chemical treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 271-278.
- Granado, F., Begoña, O., Herrero Martínez, J. (2008). Modified atmosphere packaging (MAP) does not affect the bioavailability of tocopherol and carotenoids from broccoli in humans: A cross-over study. *Food chemistry*, 106, 1070-1076.
- Hernández, M., Rodríguez, E. M. y Díaz, C. (2008). Chemical composition of Tomato (*Lycopersicum esculentum*) from Tenerife, The Canary Island. *Food Chemistry*, 106, 1040-1056.
- Lamikanra, O., & Watson M. A. (2001). Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 66, 1283-1286.
- Lana, M. M., Tigsken, L. M., Kooten, O. (2005). Effects of storage temperature and fruits ripening of firmness of fresh cut Tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 35, 87-957.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2010). *Estadísticas del sector agropecuario en Colombia*. Bogotá: Editorial Minagricultura.
- Muratore, G., Del Nobile, M. A., Buonocore, G. G., Lanza, C. M., Asmundo, N. (2005). The influence of using biodegradable packaging films on the quality decay kinetic of plum Tomato (Pomodoro Datterino). *Postharvest Biology and Technology*, 69, 393-399.
- Odrisola, I., Soliva, R. F., Martín Belloso, O. (2008). Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut Tomatoes. *LWT Food Science and Technology*, 41, 217-226.
- Pérez, D., García, A., García, V., Iniestra, K. (2009). Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of Tomato pure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 179-188.
- Sahlin, E., Savaje, G. P., Lister, C. E. (2004). Investigation of the antioxidant properties of Tomatoes after processing. *Journal of Food composition and analysis*, 17, 635-647.
- Silva, F., Chau, K., Brecht, J., Sargent, S. (1999). Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 1-9.
- Soliva-Fortuny, R. C., Martín-Belloso, O. (2003). News advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruit: a review. *Trends Food Science Technology*, 14, 341-353.
- Thybo, A. K., Edilebos, L. P., Christensen, J. N., Sorensen, A. & Thrørup K. (2006). Effect of Organic growing systems on sensory quality and chemical composition of Tomatoes. *LWT Food Science and Technology*, 39, 835-843.