



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha  
ISSN: 1665-0204  
rbaz@ciad.mx  
Asociación Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha, S.C.  
México

## Calidad fisicoquímica y microbiológica de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) mínimamente procesado tratado con radiación UV-C y ozono gaseoso

**Arcentales-Oña, Bryan; Padilla-Torres, Carlo; Guijarro-Fuertes, Michelle; Andrade-Cuvi, María Jose**  
Calidad fisicoquímica y microbiológica de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) mínimamente procesado tratado  
con radiación UV-C y ozono gaseoso  
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 19, núm. 1, 2018  
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México  
**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612008>

## Calidad fisicoquímica y microbiológica de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) mínimamente procesado tratado con radiación UV-C y ozono gaseoso

Physicochemical and microbiological quality of tree tomato (*Solanum betaceum*) minimally processed with UV-C radiation and gaseous ozone

Bryan Arcentales-Oña  
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612008>

Carlo Padilla-Torres  
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

Michelle Guijarro-Fuertes  
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

María Jose Andrade-Cuvi  
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador  
[mjandradecuvi@ute.edu.ec](mailto:mjandradecuvi@ute.edu.ec)

Recepción: 19 Marzo 2018  
Aprobación: 07 Mayo 2018  
Publicación: 30 Junio 2018

### RESUMEN:

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el uso de la radiación UV-C y atmósfera de ozono sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica de tomate de árbol producto mínimamente procesado. Se utilizaron frutos variedad puntón cosechados en madurez comercial que se sometieron a dos tipos de pelado: químico (inmersión en NaOH 8%/1.5min) y escaldado (inmersión en agua 95°C/1.5min). Posteriormente se cortaron en octavos y se dividieron en tres grupos: (1) radiación UV-C, dosis: 6.02 KJ/m<sup>2</sup>; (2) exposición a atmósfera de ozono de concentración 1.5 mg/L y (3) frutos sin tratamiento, denominados controles. Se empacaron en bandejas tipo clamshell, a los 0,4 y 8 días de almacenamiento refrigerado (4°C) se realizaron análisis fisicoquímicos (pérdida de peso, color, pH, acidez, sólidos solubles, *ratio* y firmeza) y microbiológicos (enterobacterias, bacterias ácido lácticas –BAL-, bacterias psicrófilas, mohos y levaduras). Todas las muestras escaldadas presentaron mayor pérdida de peso al final del almacenamiento, en tanto que los frutos con pelado químico y tratados tuvieron menor pérdida de peso que los controles. Se encontró un ligero incremento de sólidos solubles y *ratio*, se redujo la acidez y la firmeza, no obstante, no se encontró diferencia significativa entre las muestras. Los frutos con pelado químico presentaron mayor luminosidad manteniendo mayores valores de los parámetros de color analizados. La combinación del pelado químico y posterior aplicación luz UV-C y ozono redujeron sustancialmente el crecimiento de enterobacterias, BAL y bacterias psicrófilas. Los mohos y levaduras fueron los microorganismos más resistentes a los tratamientos. Los resultados muestran que la posterior aplicación de radiación UV-C y ozono gaseoso constituyen métodos efectivos para inhibir el crecimiento de microorganismos en tomate mínimamente procesado refrigerado asegurando la calidad microbiológica del producto sin alterar su calidad fisicoquímica durante 8 días constituyendo una alternativa para el consumidor con una nueva presentación comercial del fruto.

**PALABRAS CLAVE:** tomate de árbol, tamarillo, mínimamente procesado, UV-C, ozono.

### ABSTRACT:

The aim was evaluate use of UV-C radiation and ozone atmosphere on the physicochemical and microbiological of minimally processed tree tomato. Fruits were harvested at commercial maturity and were subjected to two types of peeling: chemical (immersion in NaOH 8%/1.5min) and blanching (immersion in water 95°C/1.5min). Then were cut into octaves and divided in

---

### NOTAS DE AUTOR

\* Autor de correspondencia: María José Andrade-Cuvi. E-mail: [mjandradecuvi@ute.edu.ec](mailto:mjandradecuvi@ute.edu.ec)

three groups: (1) UV-C radiation, dose: 6.02 KJ/m<sup>2</sup>; (2) exposure to ozone atmosphere, concentration 1.5 mg/L and (3) untreated fruits, called controls. After were packed in trays type clamshell; at 0, 4 and 8 days of refrigerated storage (4°C) physicochemical (pH, acidity, soluble solids, *ratio*, weight loss, color, firmness) and microbiological (enterobacteria, lactic acid bacteria - BAL-, psychrophilic bacteria, molds and yeasts) analyzes were performed. Blanched fruits presented the greatest weight loss at the end of storage. Treatments reduced weight loss compared to control samples. A slight increase in soluble solids and *ratio* was found. Acidity and firmness were reduced, however, the difference significative between the samples was not found. Fruits with chemical peeling presented higher luminosity maintaining higher values of the analyzed color parameters. Combination of chemical peeling and subsequent application of UV-C and ozone substantially reduced the growth of enterobacteria, BAL and psychrophilic bacteria. Molds and yeasts were the most resistant microorganisms to the treatments. Results showed that chemical peeling and the subsequent application of UV-C radiation and gaseous ozone are effective methods to inhibit the growth of microorganisms in minimally processed tomatoes, ensuring the microbiological quality of the product without altering its physicochemical quality for 8 days, and they are an alternative new of commercial fruit presentation.

**KEYWORDS:** tree tomato, tamarillo, UV-C radiation, ozone.

## INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*) o tamarillo es una planta endémica de América del Sur, considerado como un fruto andino exótico (Acosta-Quezada et al, 2015). Su pulpa es jugosa, de color anaranjado claro a excepción de la variedad “tomate mora” que es de color morado y pulpa rojiza. Este fruto tiene sabor agrí dulce lo que la hace apetecida principalmente en Europa (Flores, 2007). Su consumo se ha asociado a la capacidad de reducir el colesterol y se caracteriza por un alto contenido de fibra (cáscara), vitaminas A y C, minerales como Ca, Fe, P y antioxidantes, además de un bajo poder calórico. Se consume principalmente en fresco en forma de jugo y debido a su alto contenido de pectina se utiliza para elaborar mermeladas (Lucas et al., 2011).

Por otro lado, los productos mínimamente procesados (IV gama) son frutas frescas o vegetales que han sido modificadas físicamente de su forma original por procesos como pelado, deshojado, lavado y cortado, para obtener un producto enteramente consumible para su consecuente empaclado y almacenado en refrigeración (Andrade-Cuvi et al., 2010). Existen dos tipos principales de deterioro en los productos mínimamente procesados, de naturaleza fisiológica y microbiológica. La intensidad de estos daños estarán definidos por la especie y variedad, estado de madurez, grado de compartimentación, concentración de sustratos, actividad de enzimas y disponibilidad de oxígeno (Artés et al., 1998; Artés et al., 2011). Las propiedades intrínsecas (pH, actividad de agua, acidez, composición nutricional) de las frutas mínimamente procesadas favorecen al crecimiento de levaduras, mohos y en algunos casos bacterias ácido lácticas. En tanto que las propiedades extrínsecas (humedad y temperatura almacenamiento, tipo de atmósfera) también son parte del comportamiento de deterioro, debido a que establecen el tipo de microorganismos que alteren el producto, pueden inducir reacciones químicas o logran turbar el metabolismo del tejido vegetal. Por otro lado, microorganismos patógenos pueden estar presentes en las frutas o vegetales mínimamente procesados debido a la contaminación cruzada que puede ocurrir durante el procesamiento (Ramos-Villaroel et al., 2011), es por esto que el estudio de la alteración y contaminación microbiológica de productos mínimamente procesados es primordial (Jay et al., 2005; Díaz-Sobac y Vermon-Cartes, 1999).

El rápido crecimiento del mercado de los productos mínimamente procesados ha llevado a que el sector industrial aumente su inversión en el desarrollo e investigación para la aplicación de tecnologías que permitan extender la vida útil de este tipo de productos (Allende et al., 2006). Se ha estudiado el uso de atmósferas modificadas (Cortellino et al., 2015; Caleb et al., 2013), tratamientos térmicos (Rodoni et al, 2016; Aguayo et al., 2015), radiación UV-C (Gutiérrez et al., 2015; Manzocco et al., 2016), ozono (Pandiselvam et al., 2017), entre otros.

La radiación UV-C es considerada como una tecnología que tiene la potencialidad de prolongar la vida poscosecha de frutas y hortalizas enteras o mínimamente procesadas (Li et al., 2010; Rivera-Pastrana, Béjar, Martínez-Téllez, & González-Aguilar, 2007; Fonseca y Rushing, 2006). Es un método de conservación

con el que se ha obtenido buenos resultados en el incremento de la vida útil en el almacenamiento de los productos tratados frenando alteraciones microbiológicas y manteniendo la calidad del producto, tomando en cuenta que la eficacia de esta metodología depende también del cuidado higiénico en el procesamiento para disminuir la carga microbiana y evitar su desarrollo (Domínguez & Parzanese, 2011). Las propiedades antimicrobianas y de mejoramiento de la concentración de antioxidantes son muy apreciadas ya que se atribuyen al retraso de la maduración, siendo una potencial reducción de pérdidas económicas por deterioro. Además la formación de compuestos fenólicos bioactivos que responde al estrés inducido por la radiación UV-C, efecto conocido como hormesis (Luckey, 1980). Compuestos como ácidos fenólicos, flavonoides entre otros, se caracterizan por presentar propiedades antiinflamatorias, antihistamínicas y antitumorales que incrementan el valor nutricional de productos tratados con UV-C (Rodríguez & Narciso, 2012). El tipo de polifenoles, así como su acumulación y menores pérdidas durante el almacenamiento es estrechamente dependiente del cultivo y dosis UV-C utilizados (Alothman et al., 2009; González-Aguilar et al., 2007).

El ozono tiene un amplio rango de aplicaciones en la industria alimenticia, desde descontaminación de superficies, sanitación de equipos hasta tratamiento de aguas. Se caracteriza por su alto potencial oxidante lo que le confiere propiedades bactericidas, ya que inactiva los microorganismos mediante la oxidación; el ozono residual se descompone espontáneamente en derivados no tóxicos, convirtiéndolo en un agente antimicrobiano amigable ambientalmente para ser utilizado en la industria alimentaria (Rodríguez & Narciso, 2012). Se ha probado su uso en frutos como papaya (Yeoh et al., 2014), pepino (Liang et al., 2017), melón (Toti et al., 2017), entre otros. Se ha estudiado como una tecnología aplicada para inmersión en agua ozonificada (de Almeida Monaco et al., 2016; Karaka y Velioglu, 2014) u ozono gaseoso (Han et al., 2017; Shynkaryk et al., 2016; Tzortzakis 2014).

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el uso de radiación UV-C y ozono gaseoso sobre la calidad físicoquímica y microbiológica de tomate de árbol mínimamente procesado bajo dos técnicas de pelado (químico y escaldado).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal y diseño del experimento

Se utilizó tomate de árbol (*Solanum betaceum*) de variedad puntón (común). Los frutos se adquirieron en el mercado local con un grado de madurez pintón, según la norma técnica ecuatoriana INEN 1909:2015. Como parte del procesamiento mínimo se aplicaron dos tipos de pelado: químico (inmersión en NaOH 8%/1.5 min) y escaldado (inmersión en agua 95°C/1.5 min). Una vez pelados los frutos se sumergieron en una solución de ácido cítrico (1%) y ácido ascórbico (1%) por un minuto, con el objetivo de reducir el pardeamiento enzimático. Posteriormente los frutos pelados se cortaron en octavos y se dividieron en tres grupos: (1) radiación UV-C; (2) exposición a una atmósfera de ozono y (3) frutos sin tratamiento, denominados controles. Estos últimos se colocaron directamente en bandejas tipo clamshells con un peso aproximado de 300 g y se almacenaron por 8 días a 4°C. A los 0, 4 y 8 días de almacenamiento se realizaron análisis físicoquímicos y microbiológicos. El ensayo completo se realizó por triplicado.

**Tratamiento con radiación UV-C:** Se utilizó una cámara equipada con 4 lámparas (Philips, TUV G30T8, 30 W, USA; pico de emisión 254 nm) a una distancia de 30 cm y se aplicó una dosis de 6.02 kJ/m<sup>2</sup> medida con un radiómetro digital (UVP, UVX Radiometer, USA). Inmediatamente después del tratamiento los frutos se almacenaron asépticamente en bandejas plásticas y se refrigeraron.

**Tratamiento con ozono:** Se utilizó un sistema discontinuo diseñado por el Centro de Investigación de Mecatrónica CIMETICS, FCII, UTE, Ecuador. Se generó el ozono por el método de descarga corona y se aplicó una concentración de 1.5 mg/L con un tiempo de exposición de 5 minutos y un flujo controlado

manualmente al 30%. La concentración de ozono fue medida con un sensor Aeroqual EQZ 03-GSE (0-10 mg/L). Los frutos se colocaron en bandejas plásticas abiertas, una vez alcanzado el tiempo de exposición se cerraron las bandejas y se refrigeraron.

## Análisis fisicoquímicos

**a. Pérdida de peso.-** Se pesó cada bandeja al inicio y al término de cada período de almacenamiento. La pérdida de peso se expresó en porcentaje mediante la diferencia de peso con relación al día o tratamiento.

**b. Color.-** Se determinó utilizando un colorímetro Konica Minolta CR-400. Las medidas se tomaron en zonas diferentes del fruto como superficie externa y en la placenta. Se obtuvieron coordenadas de cromaticidad amarilla ( $b^*$ ) y el valor de luminosidad ( $L^*$ ). Se calculó la diferencia de color ( $\#E^*$ ) usando los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  entre el día inicial y en cada día de análisis:  $\#E^* = [(\#L^*)^2 + (\#a^*)^2 + (\#b^*)^2]^{1/2}$

**c. pH, acidez total (AT), sólidos solubles (SS) y ratio.-** Se tomó 150 g de fruta y se homogenizó con un trituradora manual marca Oster, se filtró usando gasa estéril. El filtrado se utilizó para la medición del pH (por inmersión de electrodo en el filtrado), AT (por neutralización de 10 ml del filtrado con NaOH 0.1N hasta alcanzar un pH: 8,1-8,3. Los resultados fueron expresados como % de ácido cítrico) y SS (se usó un refractómetro digital marca Boeco BOE 32195, los resultados se expresaron como %p/p). El *ratio* se calculó mediante la relación entre SS/AT.

**d. Firmeza.-** Se midió en la zona central externa de cada muestra. Se utilizó un penetrómetro o durómetro de frutas Penetrometer Firmness Tester; los resultados obtenidos fueron registrados en Newtons (N).

## Análisis microbiológicos

**a. Preparación de la muestra.-** Se colocaron aproximadamente 25 g de frutas enteras en un recipiente estéril por medio de guantes estériles y se agregó 225 ml de agua peptonada estéril hasta cubrir completamente los frutos agitando suavemente para desprender los microorganismos de la superficie y se dejó transcurrir aproximadamente 2 minutos (dilución  $10^{-1}$ ), a partir de ésta se realizaron dos diluciones sucesivas ( $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ ).

**b. Recuentos.-** De cada dilución se tomó una alícuota de 1 ml y se inoculó en placas Compact Dry para recuento de enterobacterias (incubación: 37°C/48 horas), bacterias psicrófilas totales (5°C/10 días), mohos y levaduras (incubación: 25°C/5 días). Para el recuento de bacterias ácido lácticas (BAL) se utilizó la técnica de vertido y se inoculó 1 ml en agar MRS, las muestras se incubaron a 37°C/3 días en anaerobiosis. Los resultados se expresaron como el logaritmo del número de unidades formadoras de colonias por gramo de tejido (Log UFC/g).

## Análisis estadístico

Se utilizó un diseño factorial A x B para cada grupo de muestra sometido a diferente técnica de pelado. Los resultados se analizaron utilizando el paquete informático InfoStat versión 2010 (Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina) con una análisis de varianza (ANAVA). Las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comparó el tratamiento con radiación UV-C y ozono gaseoso sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica de tomate de árbol mínimamente procesado bajo dos técnicas de pelado (químico y escaldado).

**Análisis fisicoquímicos:** Como se observa en la tabla 1, a lo largo del almacenamiento se produjo un incremento en la pérdida de peso en todas las muestras. Los frutos escaldados alcanzaron el mayor porcentaje de pérdida de peso (aproximadamente 10%) en tanto que aquellos en los que se utilizó el pelado químico alcanzaron valores cercanos al 6%. En cuanto a los tratamientos poscosecha aplicados, la radiación UV-C ( $6.02 \text{ kJ/m}^2$ ) produjo menor pérdida de peso en relación a los tratados con ozono ( $1.5 \text{ mg/L}$ ) mostrando valores de 5.8 y 3.9% para escaldado y pelado químico, respectivamente. Se ha comprobado que el tratamiento de productos mínimamente procesados con radiación UV-C (Moreno et al., 2017; Chen et al., 2016) y ozono (Concha-Meyer et al., 2014; Glowacz y Rees, 2015) favorecen a reducir la pérdida de peso durante el almacenamiento. Tanto la radiación UV-C como el ozono permitirían mantener la integridad de membranas evitando la pérdida de agua, electrolitos y sustancias como ácidos o azúcares, lo que conduce a retrasar el daño del tejido y consecuentemente mantener su calidad por más tiempo tal como señalan diversos trabajos de investigación (Karaca y Veloiglu, 2014; Bermúdez-Aguirre, et al., 2013).



TABLA 1  
Efecto de la técnica de pelado (escaldado y pelado químico) y de la aplicación de radiación UV-C y atmósfera de ozono como tratamientos poscosecha sobre la calidad fisicoquímica de tomate de árbol mínimamente procesado.

| Medida               | Día | Técnica de pelado   |                                  |                     |                     |                                  |                      |
|----------------------|-----|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|
|                      |     | Escaldado           |                                  |                     | Pelado químico      |                                  |                      |
|                      |     | Control             | UV-C<br>(9.5 kJ/m <sup>2</sup> ) | Ozono<br>(1.5 mg/L) | Control             | UV-C<br>(9.5 kJ/m <sup>2</sup> ) | Ozono<br>(1.5 mg/L)  |
| Pérdida de peso (%)  | 0   | 0.00 <sup>a</sup>   | 0.00 <sup>a</sup>                | 0.00 <sup>a</sup>   | 0.00 <sup>a</sup>   | 0.00 <sup>a</sup>                | 0.00 <sup>a</sup>    |
|                      | 4   | 3.49 <sup>ab</sup>  | 3.05 <sup>ab</sup>               | 3.47 <sup>ab</sup>  | 2.39 <sup>ab</sup>  | 1.78 <sup>ab</sup>               | 3.14 <sup>ab</sup>   |
|                      | 8   | 10.96 <sup>c</sup>  | 5.82 <sup>b</sup>                | 6.34 <sup>b</sup>   | 6.03 <sup>c</sup>   | 3.99 <sup>ab</sup>               | 5.56 <sup>b</sup>    |
|                      |     | Tukey = 3.51        |                                  |                     | Tukey = 4.83        |                                  |                      |
| pH                   | 0   | 3.70 <sup>d</sup>   | 3.67 <sup>cd</sup>               | 3.70 <sup>d</sup>   | 3.73 <sup>a</sup>   | 3.70 <sup>ab</sup>               | 3.67 <sup>abc</sup>  |
|                      | 4   | 3.47 <sup>ab</sup>  | 3.37 <sup>a</sup>                | 3.57 <sup>bcd</sup> | 3.53 <sup>abc</sup> | 3.50 <sup>abc</sup>              | 3.47 <sup>bc</sup>   |
|                      | 8   | 3.57 <sup>bcd</sup> | 3.57 <sup>bcd</sup>              | 3.53 <sup>bc</sup>  | 3.43 <sup>c</sup>   | 3.57 <sup>abc</sup>              | 3.53 <sup>abc</sup>  |
|                      |     | Tukey = 0.15        |                                  |                     | Tukey = 0.24        |                                  |                      |
| AT (% ácido cítrico) | 0   | 2.19 <sup>cd</sup>  | 2.19 <sup>cd</sup>               | 2.27 <sup>cd</sup>  | 3.43 <sup>a</sup>   | 3.15 <sup>a</sup>                | 3.29 <sup>a</sup>    |
|                      | 4   | 1.82 <sup>ab</sup>  | 2.11 <sup>bcd</sup>              | 1.67 <sup>a</sup>   | 2.10 <sup>b</sup>   | 2.01 <sup>b</sup>                | 2.12 <sup>b</sup>    |
|                      | 8   | 1.97 <sup>abc</sup> | 2.12 <sup>bcd</sup>              | 2.39 <sup>d</sup>   | 1.99 <sup>b</sup>   | 2.05 <sup>b</sup>                | 1.92 <sup>b</sup>    |
|                      |     | Tukey = 0.32        |                                  |                     | Tukey = 0.36        |                                  |                      |
| SS                   | 0   | 9.83 <sup>ab</sup>  | 9.77 <sup>a</sup>                | 9.90 <sup>a</sup>   | 9.77 <sup>c</sup>   | 9.80 <sup>c</sup>                | 9.80 <sup>c</sup>    |
|                      | 4   | 10.07 <sup>bc</sup> | 10.17 <sup>c</sup>               | 10.30 <sup>cd</sup> | 10.47 <sup>a</sup>  | 9.70 <sup>c</sup>                | 9.83 <sup>ab</sup>   |
|                      | 8   | 10.87 <sup>f</sup>  | 10.70 <sup>ef</sup>              | 10.47 <sup>de</sup> | 10.17 <sup>ab</sup> | 9.93 <sup>bc</sup>               | 10.17 <sup>ab</sup>  |
|                      |     | Tukey = 0.23        |                                  |                     | Tukey = 0.34        |                                  |                      |
| Ratio                | 0   | 4.50 <sup>ab</sup>  | 4.46 <sup>a</sup>                | 4.28 <sup>a</sup>   | 2.85 <sup>a</sup>   | 3.11 <sup>a</sup>                | 2.98 <sup>a</sup>    |
|                      | 4   | 5.62 <sup>cd</sup>  | 4.82 <sup>abc</sup>              | 6.19 <sup>d</sup>   | 4.99 <sup>b</sup>   | 4.82 <sup>b</sup>                | 4.67 <sup>b</sup>    |
|                      | 8   | 5.51 <sup>bcd</sup> | 5.04 <sup>abc</sup>              | 4.38 <sup>a</sup>   | 5.10 <sup>b</sup>   | 4.84 <sup>b</sup>                | 5.30 <sup>b</sup>    |
|                      |     | Tukey = 1.02        |                                  |                     | Tukey = 0.72        |                                  |                      |
| Firmeza (N)          | 0   | 2.02 <sup>bc</sup>  | 2.30 <sup>c</sup>                | 2.07 <sup>bc</sup>  | 2.08 <sup>abc</sup> | 2.50 <sup>a</sup>                | 2.30 <sup>ab</sup>   |
|                      | 4   | 2.48 <sup>c</sup>   | 2.52 <sup>c</sup>                | 2.38 <sup>c</sup>   | 2.50 <sup>a</sup>   | 2.27 <sup>ab</sup>               | 1.98 <sup>abcd</sup> |
|                      | 8   | 1.55 <sup>ab</sup>  | 1.17 <sup>a</sup>                | 1.55 <sup>ab</sup>  | 1.31 <sup>cd</sup>  | 1.55 <sup>bcd</sup>              | 1.25 <sup>d</sup>    |
|                      |     | Tukey = 0.58        |                                  |                     | Tukey = 0.81        |                                  |                      |

Letras distintas indican diferencias de acuerdo al test de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Fuente: elaboración propia.

Todas las muestras presentaron una ligera reducción en el pH sin encontrarse diferencia significativa entre los días de almacenamiento así como entre tratamientos, tampoco influyó la técnica de pelado. En cuanto a la AT, los frutos pretratados con escaldado, presentaron una ligera reducción luego de la aplicación de los tratamientos (UV-C y ozono) y se mantuvieron constantes durante el almacenamiento. Los frutos con pelado químico presentaron un similar mostrando una mayor reducción de la AT al final del almacenamiento. Un comportamiento contrario se observó en la cuantificación de SS; en todas las muestras se observó un ligero incremento en el contenido de SS sin encontrarse diferencia significativa. La técnica de pelado y los tratamientos no influyeron sobre este parámetro. El tomate mínimamente procesado mostró un ligero incremento en el ratio durante el almacenamiento sin encontrarse diferencia significativa entre las muestras, cabe resaltar que aquellas tratadas con ozono presentaron valores mayores que las muestras controles y las tratadas con radiación UV-C. En general se observa disminución de la AT e incremento de

SS, pH y ratio durante la maduración que se asocia a cambios organolépticos (Andrade-Cuvi et al., 2016; González-Loaiza et al 2013); no obstante son ligeras las variaciones encontradas en estos parámetros debido a la aplicación de tratamientos poscosecha como radiación UV-C y ozono (Moreno et al., 2017; Glowzac et al., 2015; Li et al., 2014; Barboni et al., 2010; Aguayo et al., 2006).

La firmeza inicial del tomate mínimamente procesado osciló entre 2.0 y 2.5 N, estos valores disminuyeron durante el almacenamiento en todas las muestras. En el día 8 las muestras escaldadas y tratadas con ozono así como las que fueron sometidas al pelado químico y tratadas con radiación UV-C presentaron la mayor firmeza (1.5 N). Según explica Chen et al. (2016), el proceso de cortado conduce a la pérdida de firmeza del fruto debido a la acción de enzimas pectinolíticas además se disminuye la cristalinidad de la celulosa y el grosor de la pared celular. El uso de radiación UV-C y ozono puede reducir la pérdida de firmeza como se ha comprobado en arándanos (Concha-Meyer et al., 2014), frutillas (Li et al., 2014), pepino y zuquini (Glowzac et al., 2015), entre otros.

Las muestras sometidas a pelado químico y posterior tratamiento una dosis de 6.02 kJ/m<sup>2</sup> de radiación UV-C y 1.5 mg/L de ozono gaseoso presentaron mejor apariencia visual que las muestras escaldadas (figura 1). Al evaluar los parámetros de color L\* y b\* se pudo observar que los pretratamientos de pelado produjeron efectos contrarios (tabla 2). Los frutos controles presentaron un valor inicial de L\* = 47 y 62; y, b\* = 45 y 46 para las muestras escaldadas y con pelado químico, respectivamente. La posterior aplicación de los tratamientos en las muestras escaldadas produjo el aumento de la luminosidad (L\*) y de b\*, es decir una pérdida del color naranja observándose un amarillamiento de la superficie. Mientras que en las muestras con pelado químico se observó el efecto contrario, el valor de L\* y b\* disminuyó y en consecuencia los frutos presentaron una apariencia más brillante. Durante el almacenamiento se observó la reducción de L\* y b\* en todas las muestras, esto sugiere una pérdida de color amarillo-naranja. Los principales cambios de estos parámetros se presentaron en las muestras escaldadas y tratadas a diferencia de los frutos con pelado químico que presentaron mayor variación de color en las muestras control que en las tratadas tanto con radiación UV-C como con ozono. El valor de ( $\Delta E^*$ ) mostró que la principal variación de color se presenta en las muestras escaldadas y tratadas con luz UV-C en tanto que el resto de tratamientos presentaron valores similares. Estas diferencias están dadas debido a la forma irregular de los octavos de fruta resultado del corte durante el procesado mínimo, al tratarse de una fruta ovoide el contacto entre octavos así como la exposición a la luz y al oxígeno hace que las alteraciones de color sean irregulares en toda la superficie de las muestras. Resultados similares a los encontrados en el presente estudio fueron reportados por Glowzac et al. (2015) y Bermúdez-Aguirre et al. (2013). Se puede decir entonces que, tal como propone Manzocco et al. (2016), los cambios en la apariencia en productos mínimamente procesados durante el almacenamiento podrían atribuirse a la variabilidad intrínseca de los frutos más que por efecto de los tratamientos poscosecha aplicados.



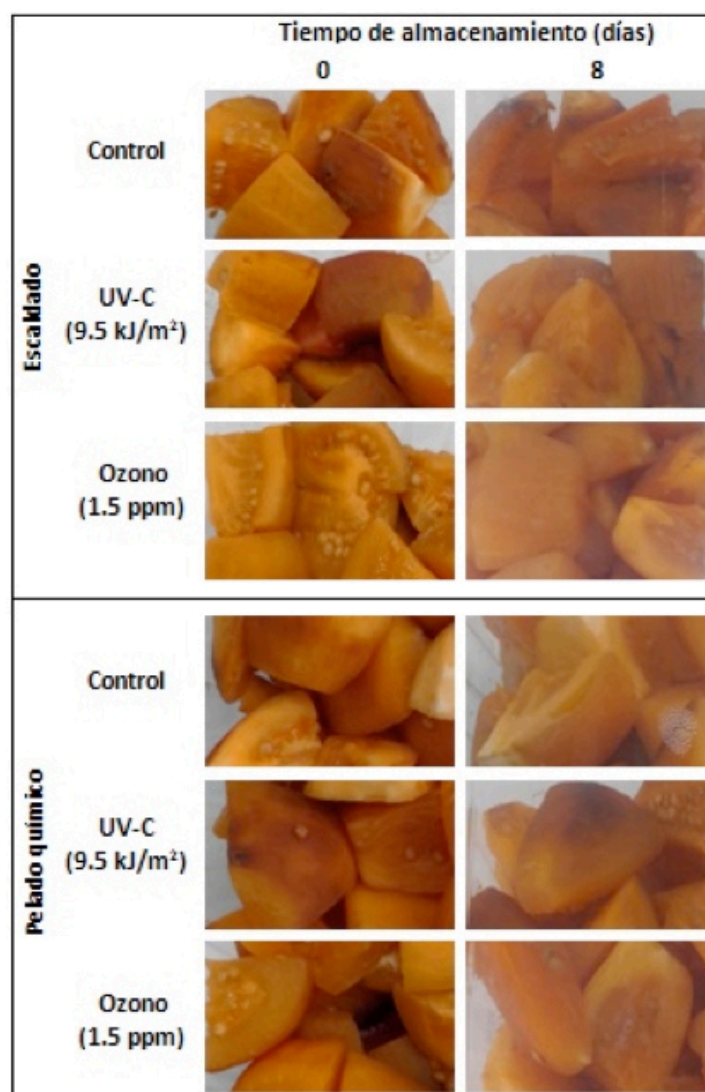


FIGURA 1

Tomate de árbol mínimamente procesado pretratado con diferentes técnicas de pelado (escaldado y pelado químico) y posterior aplicación de radiación UV-C y atmósfera de ozono.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2

Efecto de la técnica de pelado (escaldado y pelado químico) y de la aplicación de radiación UV-C y atmósfera de ozono como tratamientos poscosecha sobre el color superficial ( $L^*$  y  $b^*$ ) y la variación de color ( $\Delta E^*$ ) de tomate de árbol mínimamente procesado.

| Parámetro de color       | Día | Técnica de pelado    |                                  |                     |                      |                                  |                      |
|--------------------------|-----|----------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
|                          |     | Escaldado            |                                  |                     | Pelado químico       |                                  |                      |
|                          |     | Control              | UV-C<br>(9.5 kJ/m <sup>2</sup> ) | Ozono<br>(1.5 mg/L) | Control              | UV-C<br>(9.5 kJ/m <sup>2</sup> ) | Ozono<br>(1.5 mg/L)  |
| Luminosidad<br>( $L^*$ ) | 0   | 47.12 <sup>bc</sup>  | 54.88 <sup>a</sup>               | 52.62 <sup>a</sup>  | 62.62 <sup>a</sup>   | 56.70 <sup>ab</sup>              | 56.31 <sup>ab</sup>  |
|                          | 4   | 45.81 <sup>bc</sup>  | 42.40 <sup>c</sup>               | 47.60 <sup>b</sup>  | 46.68 <sup>bc</sup>  | 50.88 <sup>bc</sup>              | 51.76 <sup>bc</sup>  |
|                          | 8   | 44.77 <sup>bc</sup>  | 45.21 <sup>bc</sup>              | 44.91 <sup>bc</sup> | 51.48 <sup>bc</sup>  | 48.51 <sup>bc</sup>              | 45.07 <sup>c</sup>   |
|                          |     | Tukey = 4.75         |                                  |                     | Tukey = 10.02        |                                  |                      |
| $b^*$                    | 0   | 40.42 <sup>c</sup>   | 54.74 <sup>a</sup>               | 48.74 <sup>b</sup>  | 56.44 <sup>a</sup>   | 51.74 <sup>ab</sup>              | 46.77 <sup>abc</sup> |
|                          | 4   | 35.81 <sup>de</sup>  | 34.57 <sup>e</sup>               | 39.16 <sup>cd</sup> | 37.21 <sup>c</sup>   | 40.80 <sup>bc</sup>              | 45.86 <sup>abc</sup> |
|                          | 8   | 37.36 <sup>cde</sup> | 37.13 <sup>cde</sup>             | 35.70 <sup>de</sup> | 45.57 <sup>abc</sup> | 43.62 <sup>abc</sup>             | 38.28 <sup>bc</sup>  |
|                          |     | Tukey = 3.76         |                                  |                     | Tukey = 14.20        |                                  |                      |
| $\Delta E^*$             | 0-8 | 4.88                 | 21.48                            | 15.90               | 15.57                | 12.29                            | 14.09                |

Letras distintas indican diferencias de acuerdo al test de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Fuente: elaboración propia.

**Análisis microbiológicos.**- Los resultados de los análisis microbiológicos se resumen en la tabla 3. Como se esperaba todas las poblaciones analizadas se incrementaron durante el almacenamiento encontrándose diferencias según el pretratamiento de pelado y posterior tratamiento poscosecha aplicado. Se realizó el recuento de enterobacterias como un grupo de microorganismos indicador de contaminación mientras que el análisis de BAL, bacterias psicrófilas, mohos y levaduras son grupos de microorganismos que producen alteración de productos mínimamente procesados. El pretratamiento de pelado y posterior aplicación de los tratamientos (UV-C y ozono) redujeron sustancialmente el crecimiento de enterobacterias inmediatamente luego de aplicados (día 0); en todas las muestras el crecimiento de enterobacterias se observó a partir del día 4 con valores comprendidos entre 0.9 y 1.5 unidades log para muestras tratadas y 3 unidades log para muestras control variando según el tipo de técnica de pelado. Al final del almacenamiento (día 8) los frutos tratados (luz UV-C y ozono) presentaron menor población que las muestras control, sin encontrarse diferencias entre los pretratamientos aplicados para el pelado de la fruta. Se ha comprobado la efectividad del uso de radiación UV-C y ozono gaseoso para la reducción de población de enterobacterias en rúcula (Gutiérrez et al., 2017; Gutiérrez et al., 2015), similar a lo encontrado en cilantro tratado con agua ozonificada (Tzortzakakis y Antonios, 2017). Por otro lado, al inicio del experimento únicamente las muestras control escaldadas presentaron crecimiento de BAL (1.8 log UFC/g). Al igual que ocurrió con las enterobacterias, el crecimiento de BAL se produjo a partir del día 4 siendo menor el crecimiento en las muestras tratadas (UV-C y ozono) manteniéndose esta tendencia hasta el día 8. Resultados similares han sido reportados por Manzocco et al. (2016) y Scherm et al. (1993) en ananá mínimamente procesada tratada con radiación UV-C (200 J/m<sup>2</sup>) y olivas tratadas con ozono (3.63 mg/L), respectivamente.

TABLA 3

Efecto de la técnica de pelado (escaldado y pelado químico) y de la aplicación de radiación UV-C y atmósfera de ozono como tratamientos poscosecha sobre la calidad microbiológica de tomate de árbol mínimamente procesado.

| Log <sub>10</sub><br>UFC/g | Día | Técnica de pelado   |                                  |                     |                    |                                  |                     |
|----------------------------|-----|---------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|
|                            |     | Escaldado           |                                  |                     | Pelado químico     |                                  |                     |
|                            |     | Control             | UV-C<br>(9.5 kJ/m <sup>2</sup> ) | Ozono<br>(1.5 mg/L) | Control            | UV-C<br>(9.5 kJ/m <sup>2</sup> ) | Ozono<br>(1.5 mg/L) |
| Enterobac-<br>terias       | 0   | <10 <sup>a</sup>    | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    | <10 <sup>a</sup>   | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    |
|                            | 4   | 3.05 <sup>c</sup>   | 1.79 <sup>b</sup>                | 2.80 <sup>c</sup>   | 1.48 <sup>bc</sup> | 1.25 <sup>b</sup>                | 0.97 <sup>b</sup>   |
|                            | 8   | 3.25 <sup>c</sup>   | 2.19 <sup>b</sup>                | 1.65 <sup>b</sup>   | 2.55 <sup>d</sup>  | 2.09 <sup>cd</sup>               | 2.27 <sup>cd</sup>  |
|                            |     | Tukey = 0.54        |                                  |                     | Tukey = 0.84       |                                  |                     |
| BAL                        | 0   | 1.80 <sup>b</sup>   | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    | <10 <sup>a</sup>   | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    |
|                            | 4   | 2.07 <sup>b</sup>   | 2.04 <sup>b</sup>                | 1.48 <sup>b</sup>   | 2.09 <sup>d</sup>  | 1.39 <sup>bc</sup>               | 1.0 <sup>b</sup>    |
|                            | 8   | 3.49 <sup>c</sup>   | 3.31 <sup>c</sup>                | 2.94 <sup>c</sup>   | 2.86 <sup>e</sup>  | 1.66 <sup>cd</sup>               | 1.70 <sup>cd</sup>  |
|                            |     | Tukey = 0.65        |                                  |                     | Tukey = 0.52       |                                  |                     |
| Bacterias<br>psicrófilas   | 0   | 0.70 <sup>a</sup>   | 0.70 <sup>a</sup>                | <10 <sup>a</sup>    | <10 <sup>a</sup>   | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    |
|                            | 4   | 1.89 <sup>b</sup>   | 1.80 <sup>b</sup>                | 2.09 <sup>b</sup>   | <10 <sup>a</sup>   | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    |
|                            | 8   | 3.47 <sup>c</sup>   | 3.38 <sup>c</sup>                | 2.37 <sup>b</sup>   | 3.27 <sup>d</sup>  | 2.79 <sup>c</sup>                | 1.39 <sup>b</sup>   |
|                            |     | Tukey = 0.93        |                                  |                     | Tukey = 0.23       |                                  |                     |
| Mohos y<br>levaduras       | 0   | 2.65 <sup>ab</sup>  | 2.32 <sup>a</sup>                | 2.31 <sup>a</sup>   | 1.15 <sup>b</sup>  | <10 <sup>a</sup>                 | <10 <sup>a</sup>    |
|                            | 4   | 2.99 <sup>bcd</sup> | 2.84 <sup>bc</sup>               | 2.87 <sup>bc</sup>  | 1.78 <sup>c</sup>  | 1.86 <sup>c</sup>                | 1.94 <sup>c</sup>   |
|                            | 8   | 3.98 <sup>e</sup>   | 3.35 <sup>d</sup>                | 3.14 <sup>cd</sup>  | 3.20 <sup>d</sup>  | 2.97 <sup>d</sup>                | 2.83 <sup>d</sup>   |
|                            |     | Tukey = 0.47        |                                  |                     | Tukey = 0.37       |                                  |                     |

Letras distintas indican diferencias de acuerdo al test de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Fuente: elaboración propia.

El principal grupo de microorganismos alterantes de productos mínimamente procesados refrigerados son las bacterias psicrófilas (Montville et al., 2012). El pelado químico junto con los tratamientos (UV-C y ozono) redujeron significativamente la población de bacterias psicrófilas hasta el día 4 ( $<0.1$  log UFC/g) en tanto que al final del almacenamiento (día 8) las muestras tratadas con ozono presentaron una población 50% menos que las muestras control y en muestras tratadas con luz UV-C esta reducción fue del 14%. Resultados diferentes se observaron en las frutas escaldadas, en este grupo únicamente aquellas tratadas con ozono no presentaron crecimiento tras la aplicación del tratamiento. A lo largo del almacenamiento la población de bacterias psicrófilas aumentó alcanzando valores similares entre las muestras control y tratadas con UV-C (con un rango entre 3 y 3.5 log UFC/g) mientras que las muestras tratadas con ozono presentaron menor crecimiento (1.4 log UFC/g). Respecto a estos microorganismos se ha encontrado diversos resultados, Gutiérrez et al. (2017) reportaron un efecto inmediato de control de crecimiento por aplicación de radiación UV-C y ozono gaseoso en rúcula mientras que Gómez et al. (2015) no encontraron efecto de la radiación UV-C en melón mínimamente procesado.

En cuanto a la población de mohos y levaduras, esta se vio reducida significativamente con el pelado químico junto con los tratamientos (luz UV-C y ozono) con diferencias entre 1 y 2 unidades logarítmicas respecto a las muestras escaldadas (control y tratadas) que presentaron mayores valores a aquellas sometidas al pelado químico sin encontrarse diferencia significativa. Durante el almacenamiento se observó un incremento de mohos y levaduras en todas las muestras alcanzando una población entre 3 y 4 unidades logarítmicas mientras que las muestras pretratadas con pelado químico y tratadas con radiación UV-C

(6.02 kJ/m<sup>2</sup>) y ozono (1.5 g/L) presentaron valores menores a 3 log UFC/g. Los mohos y levaduras son microorganismos más resistentes (Alexopoulos et al., 2013) que las bacterias a los diferentes tratamientos poscosecha, si bien se logra su reducción inicial en muchos casos al final del almacenamiento se alcanzan poblaciones similares a muestras control de diferentes productos frutihortícolas (Gómez et al., 2015; Kyng y Ali, 2016; Gutiérrez et al., 2017; Concha-Meyer et al., 2014).

## CONCLUSIONES

La inmersión del tomate de árbol en NaOH (8%/1.5 min) es una técnica de pelado que permite obtener frutos con mayor luminosidad y su combinación con la posterior aplicación de radiación UV-C (6.02 kJ/m<sup>2</sup>) y ozono gaseoso (1.5 mg/L) constituyen métodos de sanitización que son efectivos para inhibir el crecimiento de microorganismos en tomate mínimamente procesado refrigerado asegurando la calidad microbiológica del producto sin alterar su calidad fisicoquímica durante 8 días. Sin embargo, son necesarios estudios sobre la aplicación de tecnologías combinadas o el uso de empaques además de evaluar su efecto sobre compuestos como vitaminas y otros antioxidantes que caracterizan al tomate de árbol con el fin de dar una alternativa de productos con presentación innovadora y buenas características nutricionales para el consumidor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Quezada, P. G., Raigón, M. D., Riofrío-Cuenca, T., García-Martínez, M. D., Plazas, M., Burneo, J. I., Figueroa, J.G., Vilanova, S. & Prohens, J. (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.
- Aguayo, E., Escalona, V.H., Artes, F. (2006). Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.*, 39, 169–177.
- Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R. & Woolf, A. (2015). Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 158-165.
- Alexopoulos, A., Plessas, S., Ceciu, S., Lazar, V., Mantzourani, I., Voidarou, C., ... & Bezirtzoglou, E. (2013). Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capiscum annuum*). *Food control*, 30(2), 491-496.
- Allende, A., Artés F., Tomas-Barberan, F.A. y Gil, M.I. (2006). Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(9), 513-519.
- Alothman, M., Bhat, R., & Karim, A. (2009). UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative food science & emerging technologies*, 10(4), 512-516.
- Andrade-Cuvi, M. J., et al. (2010). Influencia de la radiación UV-C como tratamiento poscosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 11(1), 18-27.
- Artés, F., Castañer, I & Gil M. (1998). Revisión: El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas Review: Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 4(6) 377-389.
- Artés, F., et al. (2011). Innovaciones en el mantenimiento de la calidad y seguridad alimentaria de los productos hortícolas mínimamente procesados. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1).
- Barboni, T., Cannac, M., Chiaramonti, N. (2010). Effect of cold storage and ozonetreatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chem*, 121, 946–951.
- Bermúdez-Aguirre, D. & Barbosa-Cánovas, G. (2013). Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control*, 29(1), 82-90.



- Caleb, O. J., Opara, U. L., Mahajan, P. V., Manley, M., Mokwena, L. & Tredoux, A. G. (2013). Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of minimally-processed pomegranate arils (*cvs. 'Acco' and 'Herskowitz'*). *Postharvest Biology and Technology*, 79, 54-61.
- Chen, C., Hu, W., He, Y., Jiang, A. & Zhang, R. (2016). Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 126-131.
- Concha-Meyer, A., Eifert, J. D., Williams, R. C., Marcy, J. E. & Welbaum, G. E. (2014). Shelf life determination of fresh blueberries (*Vaccinium corymbosum*) stored under controlled atmosphere and ozone. *International journal of food science*, (2015), 1-9.
- Cortellino, G., Gobbi, S., Bianchi, G. & Rizzolo, A. (2015). Modified atmosphere packaging for shelf life extension of fresh-cut apples. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 320-330.
- de Almeida Monaco, K., Costa, S. M., Minatel, I. O., Correa, C. R., Calero, F. A., Vianello, F. & Lima, G. P. P. (2016). Influence of ozonated water sanitation on postharvest quality of conventionally and organically cultivated mangoes after postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 69-75.
- Díaz-Sobac, R. & Vernon-Carter, J. (1999). Inocuidad microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas microbiological safety of fresh and minimum-processed fruits inocuidade microbiológica de frutas frescas e mínimamente procesadas. *CYTA-Journal of Food*, 2(3), 133-136.
- Domínguez, L. & Parzanese, M. (2011). Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. en *Alimentos argentinos*, 52(2) 70-76.
- Flores, P. (2007). Proyecto para la producción de tomate de árbol en San Gabriel, Provincia del Carchi y su comercialización en los principales mercados de la Ciudad De Quito. Pregrado, Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador.
- Fonseca, J. M. & Rushing, J. W. (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*, 40(3), 256-261.
- Glowacz, M., Colgan, R., & Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest biology and technology*, 99, 1-8.
- Gómez, P. A., Robles, P. A., Tomás-Callejas, A., Otón, M., Artés, F. & Artés-Hernández, F. (2015). UV-C light preserves quality of minimally processed watermelon cylinders. In *V International Symposium on Cucurbits* 1151, p. 279-286.
- González-Aguilar, G.A.; Zavaleta-Gatica, R. y Tiznado-Hernández, M.E. (2007) Improving postharvest quality of mango "Haden" by UV-C treatment. *Postharvest Biology and Technology*. 45 (1) 108-116
- Gutiérrez, D. R., Char, C., Escalona, V. H., Chaves, A. R., & Rodríguez, S. D. C. (2015). Application of UV-C Radiation in the Conservation of Minimally Processed Rocket (*Eruca sativa Mill.*). *Journal of food processing and preservation*, 39(6), 3117-3127.
- Gutiérrez, D., Chaves, A. & Rodríguez, S. (2017). Use of UV-C and Gaseous Ozone as Sanitizing Agents for Keeping the Quality of Fresh-Cut Rocket (*Eruca sativa mill.*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3).
- Han, Q., Gao, H., Chen, H., Fang, X. & Wu, W. (2017). Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. *Food chemistry*, 221, 1947-1953.
- Jay J. M., et al. (2005). *Modern Food Microbiology*. 7ma ed. Springer, New York, p 125
- Karaca, H. & Velioglu, Y. (2014). Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 46-53.
- Kying, O. & Ali, A. (2016). Effect of Ozone Exposure on Microbial Flora and Quality Attributes of Papaya (*Carica Papaya L*) Fruit. *J Agr Agri Aspect*. 2016(1), JAAA-104
- Li, J., Zhang, Q., Cui, Y., Yan, J., Cao, J., Zhao, Y. & Jiang, W. (2010). Use of UV-C Treatment to Inhibit the Microbial Growth and Maintain the Quality of Yali Pear. *Journal of food science*, 75(7).
- Li, D., Luo, Z., Mou, W., Wang, Y., Ying, T. & Mao, L. (2014). ABA and UV-C effects on quality, antioxidant capacity and anthocyanin contents of strawberry fruit (*Fragaria ananassa Duch.*). *Postharvest Biology and Technology*, 90, 56-62.

- Liang, Y., Ji, L., Chen, C., Wu, H., Jing, L., Pan, Y. & Wang, C. (2017). Effects of ozone treatment on the storage quality of postharvest cucumber. *Journal of Food Safety and Quality*, 8(5), 1559-1564.
- Lucas, K., Maggi, J. & Yagual, M. (2011). Creación de una Empresa de Producción, Comercialización y Exportación de Tomate de Árbol en el área de Sangolquí, Provincia de Pichincha. Pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Fac. De Economía y Negocios. Quito, Ecuador.
- Luckey, T. D. (1980). Hormesis with ionizing radiation. Boca Raton, FL: CRC Press. 1-122 pp.
- Manzocco, L., Plazzotta, S., Maifreni, M., Calligaris, S., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2016). Impact of UV-C light on storage quality of fresh-cut pineapple in two different packages. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 1138-1143.
- Montville, T., Matthews, K. & Kniel, K. (2012) Food microbiology an introduction. Third edition. ASM press. Washington
- Moreno, C., Andrade-Cuvi, M. J., Zaro, M. J., Darre, M., Vicente, A. R., & Concellón, A. (2017). Short UV-C Treatment Prevents Browning and Extends the Shelf-Life of Fresh-Cut Carambola. *Journal of Food Quality*, 2017.
- Pandiselvam, R., Sunoj, S., Manikantan, M. R., Kothakota, A., & Hebbar, K. B. (2017). Application and Kinetics of Ozone in Food Preservation. *Ozone: Science & Engineering*, 39(2), 115-126.
- Ramos-Villarroel, A. Y., Martín-Belloso, O. & Soliva-Fortuny, R. (2011) Bacterial inactivation and quality changes in fresh-cut avocado treated with intense light pulses. *European Food Research and Technology*, 233.3, 395-402.
- Rivera-Pastrana, D., Gardea Bejar, A., Martinez-Tellez, M., Rivera-Dominguez, M. & Gonzalez-Aguilar, G. (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la radiación UV-C en frutas y hortalizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30, 361-372.
- Rodoni, L., Hasperué, J., Ortiz, C., Lemoine, M., Concellón, A., & Vicente, A. (2016). Combined use of mild heat treatment and refrigeration to extend the postharvest life of organic pepper sticks, as affected by fruit maturity stage. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 168-176.
- Rodríguez, S. & Narcisso, F. (2012). *Advances in Fruit Processing Technologies*. 1era Ed. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Ratón-Estados Unidos.
- Scherm, H., Pryor, B., Van Bruggen, A. (1993) Effects of ozonated water on sporangial germination of *Bremia lactucae* in vitro an in vivo. *Ann. Appl. Biol.* 1993(14), 40-41.
- Shynkaryk, M. V., Pyatkovskyy, T. I., Yousef, A. E. & Sastry, S. K. (2016). Gaseous ozone treatment of baby spinach within the existing production chain for inactivation of *Escherichia coli* O157: H7. *Journal of Food Engineering*, 191, 10-18.
- Toti, M., Carboni, C., & Botondi, R. (2017). Postharvest Gaseous Ozone Treatment Enhances Quality Parameters and Delays Softening in Cantaloupe Melon during Storage At 6° C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Tzortzakis, N. (2014). Gaseous Ozone-Enrichment for the Preservation of Fresh Produce. en V International Conference Postharvest, pp. 273-278.
- Tzortzakis, N., & Antonios C. (2017) Postharvest ozone application for the preservation of fruits and vegetables. *Food Reviews International* 33.3, 2017, 270-315.
- Yeoh, W. K., Ali, A., & Forney, C. F. (2014). Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. *Postharvest biology and technology*, 89, 56-58.