



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

Efecto del tratamiento con ozono gaseoso sobre la calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

Andrade-Cuvi, Maria Jose; Guijarro-Fuertes, Michelle; Jara-Gómez, Samantha; Narváez-López, Pamela; Moreno-Guerrero, Carlota; Concellón, Analía

Efecto del tratamiento con ozono gaseoso sobre la calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 19, núm. 2, 2018

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541004>

Efecto del tratamiento con ozono gaseoso sobre la calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

Effect of treatments with gaseous ozone on the physicochemical quality and antioxidant capacity in naranjilla (*Solanum quitoense* Lam)

*Maria Jose Andrade-Cuvi*¹
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
mjandradecuvi@ute.edu.ec

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541004>

*Michelle Guijarro-Fuertes*²
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

*Samantha Jara-Gómez*³
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

*Pamela Narváez-López*⁴
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

*Carlota Moreno-Guerrero*⁵
Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

*Analía Concellón*⁶
Universidad de La Plata, Argentina

Recepción: 25 Abril 2018
Aprobación: 30 Agosto 2018
Publicación: 10 Diciembre 2018

RESUMEN:

El objetivo fue evaluar el uso del ozono gaseoso como tratamiento poscosecha sobre la calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante en naranjilla. Frutos recién cosechados se dividieron en dos grupos: (1) tratamiento ozono gaseoso, 1.5 ppm y (2) frutos sin tratamiento, denominados controles. Los frutos se empacaron en bandejas tipo clamshell, a los 0,7,14 y 21 días de

NOTAS DE AUTOR

- 1 Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Av. Occidental y Mariana de Jesús, Quito-Ecuador. mjandradecuvi@ute.edu.ec
- 2 Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Av. Occidental y Mariana de Jesús, Quito-Ecuador.
- 3 Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Av. Occidental y Mariana de Jesús, Quito-Ecuador.
- 4 Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Av. Occidental y Mariana de Jesús, Quito-Ecuador.
- 5 Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Av. Occidental y Mariana de Jesús, Quito-Ecuador.
- 6 Grupo de Investigación en Tecnología Poscosecha (GITeP), Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA. CCT La Plata-CONICET, CIC PBA, UNLP), La Plata, Argentina.

Autora de correspondencia María José Andrade-Cuvi. E-mail: mjandradecuvi@ute.edu.ec

almacenamiento refrigerado (4°C) se analizó el índice de deterioro, pérdida de peso, pH, acidez, sólidos solubles, *ratio*, color (L* y b*), tasa respiratoria, firmeza y compuestos antioxidantes (ácido ascórbico, carotenoides, fenoles totales y capacidad antioxidante). Los frutos tratados y controles mantuvieron buenas características durante 14 días; para el final del almacenamiento (día 21) los frutos tratados presentaron un daño ligero a moderado mientras que los frutos control desarrollaron un daño moderado a severo siendo el desarrollo fúngico el principal síntoma de daño. No obstante el tratamiento con ozono produjo mayor pérdida de peso en relación a los frutos control. Por otro lado, el tratamiento redujo pérdidas de color y producción de etileno además de mantener mayor firmeza a lo largo del almacenamiento sin afectar parámetros de calidad como pH, acidez, sólidos solubles, *ratio* y tasa de respiración. En cuanto al contenido de compuestos antioxidantes, se observó un efecto positivo en fenoles, ácido ascórbico y capacidad antioxidante (excepto carotenoides) ya que se produjo un incremento inmediato una vez aplicado el tratamiento. Luego de 21 días de almacenamiento se produjo una acumulación de todos los antioxidantes analizados con una concentración mayor que en los frutos control. Probablemente esta condición habría permitido mantener la calidad del fruto aumentando su vida útil por 7 días respecto a los frutos no tratados, sin embargo son necesarios más estudios para conocer los mecanismos de respuesta del fruto al estrés producido por la acción del ozono y sus efectos fisiológicos.

PALABRAS CLAVE: atmósfera de ozono, naranjilla, postcosecha.

ABSTRACT:

The aim was to evaluate the use of gaseous ozone as postharvest treatment on the physicochemical quality and antioxidant capacity in naranjilla. Fresh fruits were divided into two groups: (1) gaseous ozone treatment, 1.5 ppm and (2) untreated fruits, called controls. Fruits were packed in clamshell trays. During refrigerated storage (4°C) at 0, 7, 14 and 21 days was evaluated: index of deterioration, weight loss, pH, acidity, soluble solids, *ratio*, color (L* and b*) of refrigerated storage (4°C), respiratory rate, firmness and antioxidant compounds (ascorbic acid, carotenoids, total phenols and antioxidant capacity). Treated and control fruits maintained good characteristics for 14 days; for the end of storage (day 21) the treated fruits presented slight to moderate damage while the control fruits developed moderate to severe damage, with fungal development being the main symptom of damage. However, the treatment with ozone produced greater weight loss in relation to the control fruits. On the other hand, the treatment reduced color losses and ethylene production in addition to maintaining greater firmness throughout the storage without affecting quality parameters such as pH, acidity, soluble solids, *ratio* and respiration rate. As for the antioxidant compounds content, a positive effect was observed in phenols, ascorbic acid and antioxidant capacity (except carotenoids), since an immediate increase occurred after treatment. After 21 days of storage its produced an accumulation of all the antioxidants analyzed with a higher concentration than in the control fruits. Probably this condition would have allowed to maintain the quality of the fruit increasing its useful life by 7 days with respect to control fruits, nevertheless more studies are necessary to know the mechanisms of response of the fruit to the stress produced by the action of ozone and its physiological effects.

KEYWORDS: naranjilla, gaseous ozone, postharvest treatment.

INTRODUCCIÓN

El ozono (O₃) es una molécula termodinámicamente inestable, alótropo del oxígeno, conformado por tres átomos de este elemento (Guzel-Seydim et al., 2004). Tanto en estado gaseoso y acuoso posee gran poder germicida ya que inactiva los microorganismos interviniendo rápidamente sobre enzimas intercelulares, materiales nucleicos y componentes de envoltura de las células; estos mecanismos fueron descritos desde hace más de tres décadas (Victorin, 1992). En la industria de frutas y hortalizas la ozonización se usa como alternativa para su conservación aplicada como tratamiento poscosecha tanto en la etapa de lavado (Lozowicka et al., 2016; Carletti et al., 2013) como con aplicación continua durante el almacenamiento (Concha-Meyer et al., 2016; Feliziani et al., 2014). El poder oxidativo del ozono es 1.5 más veces que el cloro y es efectivo para un espectro más amplio de microorganismos en comparación con otros desinfectantes. En el almacenamiento en frío se puede emplear en concentraciones muy bajas porque permite el control del crecimiento de bacterias y hongos en el aire y en las superficies de las frutas y verduras, además se utiliza como agente deodorizante (Liangji, 1999). Numerosos estudios han comprobado que el ozono retrasa en un 20 a 30% la maduración de los frutos debido a diferentes efectos, a su acción sobre el metabolismo del etileno prolongando así la vida útil de los productos (Ali et al., 2014; Minas et al., 2014; Han et al., 2017). Se ha estudiado el uso del ozono y su efecto sobre los atributos de calidad de zanahoria (Liew y Prange, 1994), frutilla (Pérez et al., 1999), uvas (Cayuela et al., 2009), entre otros, y como se ha mencionado

anteriormente, se ha comprobado su eficaz uso para el control de microorganismos como *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (Rodgers et al., 2004; Yuk et al., 2006; Alwi et al., 2014; Wani et al., 2015) y mohos causantes de pérdidas poscosecha como *Colletotrichum* (Ong y Ali, 2015), *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (Savi y Scussel, 2014) en diferentes frutas y hortalizas.

La principal limitación del uso del ozono en la industria frutihortícola es su efecto sobre compuestos volátiles (Pérez et al., 1999; Nadas et al., 2003). Se ha reportado disminución en el contenido de tioles que desempeñan un papel antioxidante en la dieta humana (Quiang et al., 2005), también se han estudiado los efectos sobre el contenido de compuestos bioactivos (nutrientes y antioxidantes) en diferentes productos frutihortícolas (Rozpądek et al., 2015; Chen et al., 2015; de Candia et al., 2015). Debido al alcance y las limitaciones de la ozonización es necesario que a cada producto se realice una evaluación previa a su uso ya que el efecto del ozono en la fisiología y calidad del producto varía según el tipo de producto, la composición química, el estado de madurez y la dosis aplicada (tiempo y concentración de ozono) (Bateller et al., 2010).

La naranjilla, lulo o nuqui (*Solanum quitoense*) es un fruto subtropical climatérico, originario de la región interandina, específicamente de Colombia, Ecuador y Perú. Este fruto es cultivado en la zona oriental ecuatoriana principalmente para su comercio interno y es utilizado para su consumo en fresco para la elaboración de jugos y pulpas. La fruta es de forma redonda y en su estado de madurez comercial su cáscara es de color amarillo o anaranjado y está cubierta de minúsculas espinas denominadas tricomas (figura 1a). Al cortarla se diferencia que está dividida por particiones membranosas en cuatro compartimentos que albergan a la pulpa de color verdoso cuyo sabor es ácido y a numerosas semillas de color blanco-cremosas (figura 1b). Es una fruta con alto contenido de vitamina C y minerales, además de buenas características antioxidantes (Mertz et al., 2009; Brito et al., 2011; Andrade-Cuvi et al., 2015).

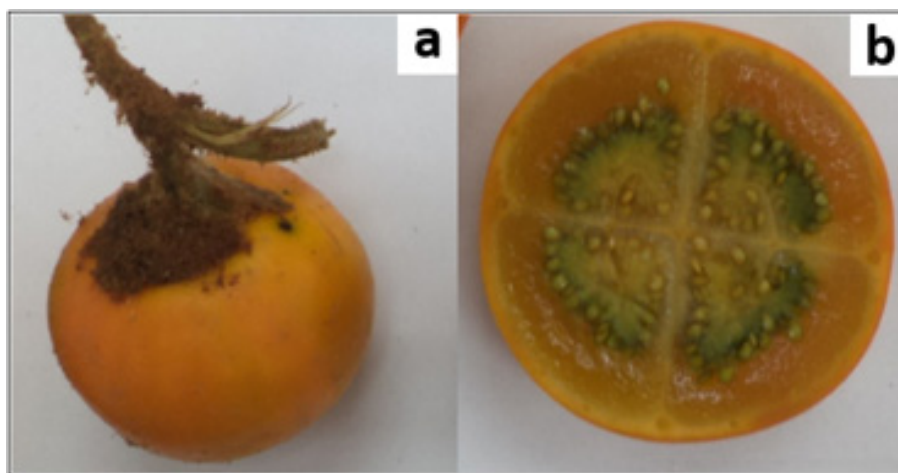


FIGURA 1

Apariencia externa (a) e interna (b) de frutos de naranjilla (*Solanum quitoense*)

Durante la etapa poscosecha es susceptible al ataque de plagas y debido a malas prácticas de manipulación se raja, se mancha y se descompone. En los comercios populares se mantiene a temperatura ambiente volviéndose altamente perecible mientras que en los supermercados se conserva en refrigeración y a temperatura ambiente almacenada en bandejas de poliestireno cubiertas con films PVC. Normalmente presentan una vida útil de hasta 8 días a temperatura ambiente y hasta 15 días en refrigeración según el grado de madurez en el que sea cosechado (García y García, 2001).

Este fruto tiene gran aceptación por su sabor agradable y aroma exquisito y tiene una gran demanda por ser considerada como una fruta exótica (Revelo et al., 2010). Se han realizado estudios sobre mejoramiento genético de cultivos (Medina et al., 2009; Ochoa y Gallardo, 2004) enfocados a obtener variedades resistentes a plagas como *Fusarium oxysporum* (Ochoa et al., 2001). No obstante son escasos los estudios realizados sobre la aplicación de tecnologías poscosecha en naranjilla (Andrade-Cuvi et al., 2013; Andrade-Cuvi et al., 2017),

principalmente se encuentran estudios sobre caracterización de diferentes variedades y estados de madurez (Gaviria et al., 2012) así como medición de actividad enzimática de polifenoloxidasas ya que es un fruto que tiene alta velocidad de pardeamiento una vez pelado y troceado (Caicedo e Higuera, 2007; Arias et al., 2012; Rodríguez et al., 2011).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la aplicación de ozono gaseoso sobre la calidad fisicoquímica y capacidad antioxidante de la naranjilla (*Solanum quitoense*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y diseño del experimento

Se utilizó naranjilla (*Solanum quitoense*) variedad Baeza, cosechada en la provincia de Napo, zona oriental del Ecuador, 0.4644° S, 77.8896° W. Los frutos se cosecharon con un desarrollo de 75 al 100% de color amarillo (grado de madurez entre 4 y 5) según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 303, (2009).

Los frutos se seleccionaron, limpiaron y dividieron en dos grupos: Control y Tratados. Los cuales fueron almacenados en bandejas plásticas cubiertas con papel film durante 21 días, bajo refrigeración (4°C). A los 0, 7, 14 y 21 días se realizaron los siguientes análisis: índice de deterioro (ID), pérdida de peso (PP), color superficial, pH, acidez total titulable (AT), sólidos solubles (SS) y *ratio*, firmeza, tasa respiratoria (TR) y producción de etileno (ET). Además se congelaron en nitrógeno líquido muestras de tejido (piel y pulpa) y se almacenaron a -20°C para realizar la determinación de fenoles totales (FT), carotenoides totales (CT), ácido ascórbico (AsA) y capacidad antioxidante. El experimento completo se realizó por triplicado.

Aplicación de ozono gaseoso: 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).

Propiedades fisicoquímicas

- **Índice de Deterioro:** Los frutos se evaluaron visualmente utilizando una escala subjetiva, considerando los parámetros de manchas, decaimiento, zonas blandas, firmeza al tacto y apariencia global; la evaluación se basó en una escala de 1 al 4 donde: 4=daño severo, 3=daño moderado, 2=daño ligero y 1=sin daño.
- **Pérdida de Peso:** Se pesó cada fruto al inicio y al término de cada periodo de almacenamiento. Se determinó la pérdida de peso como porcentaje del peso inicial.
- **Color:** Se midió el color superficial en 30 frutas de cada grupo. Se utilizó un colorímetro Konica Minolta CR400 con la escala Cie L*a*b*. Se determinaron los parámetros: L* y b*, según la metodología de Oz y Ulukanli (2014).
- **pH, AT, SS y *ratio*:** Se tomó 50 g de fruta y se homogenizó con una tritadora marca Oster y se filtró. Se utilizó el filtrado para la medición del pH (por inmersión de electrodo), AT (por neutralización de 5 ml del filtrado con NaOH 0.1N, los resultados fueron expresados como % de ácido cítrico) y SS donde 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.
- **Firmeza:** Se retiró la piel en la zona ecuatorial del fruto y se tomaron cuatro medidas en diferentes zonas. Se utilizó un penetrómetro o durómetro de frutas Penetrometer Firmness Tester; los resultados obtenidos fueron registrados en Newtons (N).

- **Tasa respiratoria (TR) y producción de etileno (ET):** Para estos análisis se utilizó la técnica de atmósfera confinada (Bartz y Brecht, 2003). Se tomaron 4 frutos previamente pesados y se colocaron en un sistema previamente adaptado, para la TR se tomó una medida inicial y después de una hora, utilizando un analizador de gases (CO₂ Meter Vitro GC-2028). Los resultados se expresaron en mg de CO₂ Kg⁻¹·h⁻¹. Para la determinación de ET se utilizó un medidor de etileno (Etileno Bioconservación ppm Ethylene) y los resultados se expresaron como ppm de etileno.

Contenido de compuestos antioxidantes

- **Determinación de AsA:** La muestra fue preparada pesando 1 g de muestra que fue disuelta en ácido metafosfórico 4.5%. El análisis fue realizado usando un equipo HPLC Modelo Agilent con un detector de absorbancia UV-Visible con una longitud de detección es de 245 nm. Los resultados se expresaron como mg AsA/100 g tej. seco.
- **Determinación de CT:** Se pesaron entre 0.3 y 0.5 g de tejido liofilizado y se añadieron 5 mL de hexano:acetona:etanol (2:1:1), la mezcla se mantuvo en agitación durante 1 min. A continuación, se añadió 1 mL de agua destilada para lograr la separación de fases. Finalmente se separó cuidadosamente la fase superior (hexano) que fue utilizada para la medición de absorbancia a 454 nm en el espectrofotómetro. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg de β-caroteno por kg de tejido seco empleando $\epsilon_{\beta\text{-caroteno}} = 1.39 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.
- **Fenoles totales y capacidad antioxidante:** El extracto se preparó a partir de 3 g de tejido congelado y triturado que se homogenizó con 10 mL de etanol. La mezcla se agitó y centrifugó a 5500 rpm en una centrifuga Hermle Labnet Z323K, durante 15 minutos. El sobrenadante se separó por filtración y se conservó en congelación hasta su uso. La preparación del extracto se realizó a 4 °C.

La determinación de FT se realizó usando el método colorimétrico de Singleton y Rossi (1965) con ligeras modificaciones. Una muestra de 100 μL de extracto fue transferido a un tubo de ensayo que contenía 1660 μL de agua bidestilada, se añadieron 200 μL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1N), se homogenizó, tapó y mantuvo a temperatura ambiente durante 3 min. Posteriormente se añadió 400 μL de Na₂CO₃ al 20 % P/V en NaOH 0.1N y se completó un volumen final de 2360 μL con agua bidestilada. La absorbancia de la solución fue medida a 760 nm al completar 60 min de reacción en un espectrofotómetro Thermo Spectronic Modelo Genesys 20. La concentración de FT fue calculada empleando una curva de calibración con ácido gálico de 2 a 14 μg en el volumen final de reacción. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg de ácido gálico por gramo de tejido seco.

La capacidad antioxidante se determinó de acuerdo a la metodología de Re et al. (1999) con ligeras modificaciones. El radical ABTS·+ se obtuvo tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2.45 mM) incubados a temperatura ambiente, sin agitación y en oscuridad durante de 16h. Una vez formado el radical ABTS·+ se diluyó con etanol hasta obtener una absorbancia de $0,700 \pm 0,050$ a 734 nm. Se colocaron 1000 μL de la dilución del radical ABTS·+ en tubos de ensayo, se añadió 20 μL de extracto y se homogenizó y se dejó reposar por 6 min a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 734 nm. Para la muestra blanco se sustituyó el extracto por etanol. La concentración de actividad antioxidante fue calculada empleando una curva de calibración con trolox (6-hidroxi-2,5,7,8 tetrametilcromo-2 ácido carboxílico) 0.5 mM tomando volúmenes de 0 μL a 20 μL (cada 5 μL) de solución de trolox. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como μmol de trolox por gramo de tejido seco.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron utilizando el paquete informático InfoStat versión 2010 (Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). Se utilizó un análisis de varianza (ANAVA) y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas: En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en los análisis de pérdida de peso, color, pH, acidez, sólidos solubles, ratio, firmeza, tasa de respiración y producción de etileno de frutos control y tratados con ozono gaseoso (1.5 ppm).

Los frutos tratados y controles mantuvieron buenas características durante 14 días (figura 2), para este tiempo los frutos presentaron síntomas de daño con un valor de ID de 1.6 y 1.8 (daño ligero) para muestras tratadas y controles, respectivamente. Para el final del almacenamiento (día 21) los frutos tratados presentaron un valor de ID = 2.8 (daño ligero a moderado) mientras que los frutos control desarrollaron un daño moderado a severo (ID = 3.5). El principal síntoma de daño en los frutos control fue el desarrollo fúngico iniciado en el pedúnculo a diferencia de los tratados en los que no se observó desarrollo visible de mohos durante el período de ensayo. Desde hace varios años se ha demostrado que la ozonización retrasa el crecimiento de hongos patógenos tanto en frutos enteros como en mínimamente procesados (Brodowska et al., 2017; Skog y Chu, 2001; Pérez et al., 1999) permitiendo mantener la calidad de los productos por más tiempo (Liew y Prangue, 1994).












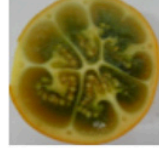




Almacenamiento a 4°C (días)	Frutos control		Frutos tratados con ozono (1.5 ppm)	
	Apariencia externa	Apariencia interna	Apariencia externa	Apariencia interna
0				
	ID = 1.0±0.0 ^d		ID = 1.0±0.0 ^d	
7				
	ID = 1.0±0.0 ^d		ID = 1.0±0.0 ^d	
14				
	ID = 1.7±0.1 ^c		ID = 1.6±0.3 ^{cd}	
21				
	ID = 3.5±0.4 ^a		ID = 2.8±0.5 ^b	

FIGURA 2
 Índice de deterioro (externo e interno) de naranjilla
 (*Solanum quitoense*) tratada con ozono gaseoso (1.5ppm)
 Letras distintas indican diferencias de acuerdo al test Tukey con un nivel de significancia de P<0.05

En todas las muestras se produjo la pérdida de peso progresiva a lo largo del almacenamiento (Tabla 1). Al igual que la aparición de síntomas de daño, se encontró diferencia significativa a partir del día 14 con valores cercanos al 1%, que se incrementó en el día 21 en frutos control y tratados. Estos últimos presentaron la mayor pérdida de peso con un valor de 5.9% en tanto los frutos control alcanzaron una pérdida de peso de 3.9%. Resultados similares se encontraron en caqui almacenado en atmósfera de ozono (Arnal et al., 2004). Este hecho puede generarse debido a una exposición prolongada al ozono que afecta a la a la cutícula del fruto, favoreciendo la pérdida de agua por evaporación (Crisosto et al., 1999). Por el contrario, en zuquini y pepino en los que se aplicó ozono con tratamiento poscosecha se produjo menor pérdida de peso en los frutos control (Glowzac et al., 2015). Según explican Ali et al. (2014), esta diferencia en los resultados se atribuye a factores como grosor de la piel del producto, tipo de cultivar y grado de madurez.

TABLA 1
Propiedades fisicoquímicas de naranjilla control (C) y tratada (T) con ozono gaseoso (1.5 ppm)

Parámetro	Muestra	Tiempo de Almacenamiento				
		0	7	14	21	
Pérdida de peso (%)	C	0.0 ^d	0.3 ^{cd}	0.8 ^{cd}	3.9 ^a	
	T	0.0 ^d	0.4 ^{cd}	0.9 ^c	5.6 ^b	
Color	L	C	64.9 ^a	61.1 ^{ab}	62.6 ^{ab}	55.4 ^c
		T	64.7 ^a	64.1 ^a	64.1 ^a	62.2 ^b
	b*	C	65.1 ^a	63.7 ^a	63.3 ^a	55.5 ^c
		T	64.8 ^a	66.4 ^a	67.1 ^a	64.8 ^a
pH	C	3.3 ^a	3.2 ^a	3.6 ^a	3.5 ^a	
	T	3.4 ^a	3.2 ^a	3.5 ^a	3.4 ^a	
Acidez (g ác. cítrico/100g)	C	4.2 ^a	2.3 ^b	1.9 ^c	1.8 ^c	
	T	2.1 ^{bc}	2.3 ^b	2.1 ^{bc}	1.9 ^c	
Sólidos Solubles (°Brix)	C	5.5 ^{de}	7.1 ^b	6.1 ^{cd}	8.3 ^a	
	T	5.1 ^e	6.8 ^{bc}	6.8 ^{bc}	8.2 ^a	
Ratio	C	1.3 ^d	3.1 ^b	3.2 ^b	4.8 ^a	
	T	2.5 ^c	3.1 ^{bc}	3.3 ^b	4.3 ^a	
Firmeza	C	14.3 ^a	2.6 ^d	0.4 ^e	0.6 ^e	
	T	10.1 ^b	4.9 ^c	1.6 ^{de}	1.2 ^{de}	
Tasa de Respiración (mg CO ₂ /kg h)	C	46.1 ^a	37.4 ^{ab}	18.4 ^{bc}	13.3 ^c	
	T	48.1 ^a	33.1 ^{ab}	19.2 ^{bc}	15.1 ^{bc}	
Producción Etileno (mg C ₂ H ₄ /kg h)	C	1.6 ^f	3.2 ^{cb}	5.2 ^b	11.8 ^a	
	T	2.2 ^{ef}	2.5 ^{de}	3.5 ^c	5.5 ^b	

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

El color de la piel de naranjilla cosechada con madurez comercial presentaron valores iniciales de L^* en un rango entre 64 y 66, correspondiente a color naranja. Durante el almacenamiento el valor de L^* de las muestras control se redujo alcanzando un valor de 55 en el día 21 (con un reducción del 14%), en tanto que las muestras tratadas se produjo una ligera reducción ($L^*=62$) y no presentaron diferencia significativa al inicio del experimento. En cuanto a las coordenadas de b^* (intensidad del color amarillo) se observó un comportamiento similar a lo ocurrido con L^* . Los valores iniciales de b^* fueron de 65 y 64 para muestras tratadas y controles, respectivamente. Este valor se mantuvo constante hasta el final del almacenamiento en las muestras tratadas en tanto que los controles mostraron una reducción del 14%. A diferencia de las muestras control, el tratamiento con ozono permitiría mantener estable el color de los frutos durante 21 días de almacenamiento así como las reacciones metabólicas asociadas a la pérdida de color, que según explican Reis et al. (2006) incluyen el aumento del pardeamiento enzimático (relacionado con L^*) y la fotodegradación de los pigmentos amarillos α y β carotenos (relacionado con b^+).

El pH tanto de frutos tratados y controles se mantuvo estable durante el almacenamiento con valores en un rango entre 3.2 y 3.6, sin encontrarse diferencia significativa entre las muestras. Por otro lado, los frutos tratados presentaron menor AT que los controles al inicio del almacenamiento (día 0) y se observó una disminución de la AT hasta el día 21 que fue en mayor proporción en las controles (2.4 unidades de pH) que en los frutos tratados (0.2 unidades de pH). En cuanto al contenido de SS, en relación al inicio del

experimento, este se vio incrementado tanto en las muestras control como tratadas en 2.8 y 3.1 unidades, respectivamente. En consecuencia el ratio se vio incrementado en frutos control y tratados; al igual que los parámetros anteriores no se encontró diferencia significativa entre las muestras. Resultados similares a los obtenidos en este estudio, se han reportado en productos como pimiento y pepino (Glowacz et al., 2015), tomate (Aguayo et al., 2006), banano (Rodrigues et al., 2013) papaya (Ali et al., 2014) y kiwi (Barboni et al., 2010), llegando a determinar que el uso de ozono como tratamiento poscosecha no afecta significativamente a atributos de calidad como pH, acidez, sólidos solubles y ratio.

La firmeza es considerada un importante parámetro de calidad en la frutas. En el presente estudio se observó una reducción gradual de la firmeza de los frutos control y tratados durante el almacenamiento; el tratamiento con ozono retrasó la pérdida de firmeza de los frutos por 7 días. En relación al inicio del experimento, se produjo una reducción de 13.7 y 8.9 N para las muestras control y tratadas, respectivamente. Datos similares se obtuvieron en fresas almacenadas en refrigeración y a temperatura ambiente (Nadas et al., 2003) y aguacate (Salvador et al., 2006). La firmeza de las frutas depende de diferentes factores como el contenido interno de agua y la rigidez de las paredes celulares; al igual que en el presente estudio, uvas tratadas con ozono presentaron menor pérdida de firmeza y mayor pérdida de peso que los frutos control (Horvitz y Cantalejo, 2014). Según Artés-Hernández et al. (2004) y Rodoni et al. (2010) estos resultados estarían asociados a cambios producidos en la pared celular como menor solubilización y depolimerización de polisacáridos pécticos.

En cuanto a la TR, una vez aplicado el tratamiento de ozono gaseoso los frutos tratados presentaron un ligero incremento (46.1 y 48.1 mgLCO₂/Kg*h para muestras control y tratadas, respectivamente). A medida que avanzó el tiempo de almacenamiento se produjo una reducción gradual de TR tanto en frutos control y tratadas, manteniéndose la relación inicial (TR de las muestras tratadas fue mayor que las controles), sin embargo no se encontró diferencia significativa entre las muestras. Al igual que la TR, la aplicación inicial de ozono produjo un incremento en la producción de etileno (control: 1.6 y tratadas: 2.2 mg C₂H₄/kgh) mientras que durante el almacenamiento la producción de etileno se incrementó gradualmente y en mayor proporción en los control alcanzando en el día 21 valores de 11.8 mg C₂H₄/kgh para los frutos control y 5.5 mg C₂H₄/kgh para los frutos tratados. Los efectos del uso de ozono como tratamiento poscosecha sobre la TR y la producción de etileno son diversos y depende de la exposición a tecnologías (solas o combinadas) que pueden producir estrés sobre el tejido. En arándanos (Song et al., 2003) no se produjeron cambios en TR y producción de etileno. En tomates se encontraron resultados similares a los reportados en el presente estudio en relación a disminución de la TR y la producción de etileno no se vio afectada por el tratamiento (Aguayo et al., 2006). Mientras que en zanahoria se ha asociado el incremento de la TR y producción etileno a la exposición del producto al ozono (Hassenberg et al., 2008)

Contenido de compuestos antioxidantes: Durante el almacenamiento, en general se encontró diferencia significativa en el contenido de ácido ascórbico, carotenoides, fenoles totales y la capacidad antioxidante de frutos control y tratados con ozono gaseoso (1.5 ppm), según se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2
 Contenido de compuestos antioxidantes de naranjilla control (C) y tratada (T) con ozono gaseoso (1.5 ppm)

Parámetro	Muestra	Tiempo de almacenamiento			
		0	7	14	21
AsA (mg de ac. ascórbico/100g tej.seco)	C	0.10 ^g	0.16 ^d	0.14 ^e	0.13 ^f
	T	0.21 ^a	0.20 ^b	0.18 ^c	0.09 ^h
Carotenoides totales (mg de β-caroteno/kg de tej.seco)	C	199.5 ^d	150.8 ^e	206.2 ^{cd}	217.7 ^{bd}
	T	168.3 ^c	239.9 ^a	222.2 ^{abc}	234.5 ^{ab}
FT (ug ác.gálico/g tej.seco)	C	427 ^f	422.5 ^f	461.3 ^f	514.1 ^e
	T	600.1 ^d	792.8 ^a	724.9 ^b	666.3 ^c
Capacidad antioxidante (umoles trolox/g tej.seco)	C	445.5 ^c	445.1 ^c	511.8 ^{bc}	589.7 ^b
	T	532.6 ^b	574.6 ^b	764.2 ^a	746.4 ^a

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

Al inicio del almacenamiento (día 0) se encontró un contenido 52% mayor de AsA en las muestras tratadas. Durante el almacenamiento se produjo un ligero incremento de AsA en los controles, en día 21 se determinó 20% mayor concentración de AsA respecto al día 0. En tanto que en las muestras tratadas se produjo una reducción del 42% de AsA en relación a los valores iniciales del experimento. Similares resultados fueron reportados por Glowzac et al. (2015) en pepino mientras que Beltrán (2005) y Hampson (1998) indican que la aplicación de ozono no habría influido sobre el contenido de AsA en lechuga y tomate.

En relación al contenido de CT, una vez aplicado el tratamiento, los frutos tratados presentaron 15% menos concentración de CT que los controles. A lo largo del almacenamiento el contenido de CT se incrementó en todas las muestras, siendo este incremento en mayor proporción en frutos tratados que en controles. Al final del almacenamiento se encontraron valores 8.2 y 28% mayores al día 0, para frutos control y tratados (respectivamente). En papaya (Ali et al., 2014), tomate (Tzortzakis et al. 2007) y kiwi (Minas et al., 2010) el tratamiento con ozono también produjo incremento en el contenido de CT durante el almacenamiento, en contraste a lo ocurrido en zanahoria (Chauhan et al., 2011) tratada con agua ozonizada con una concentración de 200 mg/h y posterior empaque en atmósfera controlada condujo a la reducción de CT. Según explican Seki et al. (2007) y Guoroung et al. (2009) la disminución de CT depende de la concentración y tiempo de exposición al ozono que induce estrés oxidativo en el tejido cuyo control junto con otros compuestos utilizaría compuestos carotenoides para reducir la concentración de especies reactivas de oxígeno (EROs).

Por otro lado, está comprobado que tecnologías poscosecha que incluyen al ozono y otras como almacenamiento refrigerado, radiación UV-C, microondas y campos pulsados pueden reducir la degradación o inducir la síntesis de compuestos fenólicos en productos frescos (Ong et al., 2014). En el presente estudio, la variación del contenido de FT presentó un comportamiento similar a lo ocurrido con el AsA. Inicialmente los frutos recién tratados presentaron valores 28% mayores a los controles. Se produjo un incremento del 16% en las muestras control en el día 21 mientras que en los frutos tratados los FT se incrementaron hasta el día 14 y luego disminuyeron alcanzando en el día 21 un valor 10% menor al día 0. Es importante indicar que para el final del almacenamiento los frutos control presentaron 23% mayor contenido de FT que las muestras tratadas. El aumento de FT asociado al tratamiento con ozono se ha reportado en pimiento y tomate (Sachadyn-Król et al., 2016 y Rodoni et al., 2010), este comportamiento puede atribuirse a diferentes tipos de respuesta como la activación de la enzima fenilalanina amonioliasa que induce la síntesis de compuestos fenólicos (Duarte-Sierra et al., 2016) o cambios producidos en la pared celular que produciría la liberación de compuestos fenólicos ligados a la membrana celular (Ali et al., 2014).

En cuanto a la capacidad antioxidante de la naranjilla evaluada según la prueba de ABTS los valores obtenidos a lo largo del almacenamiento oscilaron entre 445 y 883 μ moles Trolox/g. tejido seco. Inmediatamente después de la aplicación del tratamiento se encontró una diferencia del 16% entre muestras control y tratadas, siendo mayor en estas últimas. Durante el almacenamiento la capacidad antioxidante de los frutos control y tratados presentó un comportamiento similar a FT, se produjo un incremento gradual hasta alcanzar un valor 50% superior al día 0 en los controles, mientras que este incremento fue de 28% en los frutos tratados. En el día 21, las muestras tratadas presentaron 21% mayor capacidad antioxidante que las muestras control. Se ha encontrado una fuerte correlación entre FT y la capacidad antioxidante en diferentes productos frutihortícolas, por lo que es necesario conocer cuáles son los componentes responsables por la capacidad antioxidante total (Ali et al., 2014). Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio han sido reportados en papaya y semillas de cardamomo tratada con ozono gaseoso a diferencia de productos como lechuga y espinaca en los que el uso de ozono acuoso no afectó a la capacidad antioxidante (Karaca et al., 2014; Brodowska et al., 2014). Los cambios observados en el contenido de AsA, CT, FT y en consecuencia en la capacidad antioxidante total de la naranjilla responden a la estabilidad de estos compuestos frente a la fuerte actividad oxidante del ozono (Brodowska et al., 2017) durante el almacenamiento refrigerado. Por lo tanto, la capacidad del tejido de mantener el equilibrio entre la producción y eliminación de EROs debido a la participación de los sistemas antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos cuya actividad puede ser inducida por tratamientos como el ozono (aplicado en bajas concentraciones y cortos tiempos de exposición), puede influir positivamente en mantener la calidad y alargar la vida útil de productos frutihortícolas como se ha demostrado en numerosos trabajos de investigación.

CONCLUSIONES

El uso del ozono gaseoso (1.5 ppm) es una alternativa para el tratamiento poscosecha de naranjilla ya que reduce tanto la severidad de daño como pérdidas de color y producción de etileno además de mantener mayor firmeza a lo largo del almacenamiento refrigerado sin afectar parámetros de calidad como pH, acidez, sólidos solubles, *ratio* y tasa de respiración. Por otro lado, se produjo un efecto positivo sobre los antioxidantes predominantes en naranjilla (FT, AsA y de la capacidad antioxidante, excepto CT) al producirse un incremento inmediato una vez aplicado el tratamiento. Luego de 21 días de almacenamiento se produjo una acumulación de todos los antioxidantes analizados con una concentración mayor que en los frutos control. Probablemente esta condición habría permitido mantener la calidad del fruto aumentando su vida útil por 7 días respecto a los frutos no tratados, sin embargo son necesarios más estudios para conocer los mecanismos de respuesta del fruto al estrés producido por la acción del ozono y sus efectos fisiológicos.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Tecnológica Equinoccial. Dirección de Investigación y Transferencia de tecnologías, ITT. Proyecto de investigación: VI.UIO.ING.24. Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, FCII, Centro de Investigación de Alimentos, CIAL.

REFERENCIAS

- Aguayo, E., Escalona, V. H. y Artés, F. (2006). Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2), 169-177.
- Alwi, N. A. y Ali, A. (2014). Reduction of *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* sv. Typhimurium populations on fresh-cut bell pepper using gaseous ozone. *Food Control*, 46, 304-311.

- Ali, A., Ong, M. K. y Forney, C. F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry*, 142, 19-26.
- Andrade-Cuvi, M. J., Moreno-Guerrero, C., Concellón, A. y Chicaiza-Velez, B. (2013). Efecto hormético de la radiación UV-C sobre el desarrollo de *Rhizopus* y *Phytophthora* en naranjilla (*Solanum quitoense*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(1).
- Andrade-Cuvi, M. J., Moreno-Guerrero, C., Guijarro-Fuertes, M. y Concellón, A. (2015). Caracterización de la naranjilla (*Solanum quitoense*) común en tres Estados de Madurez. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 215-221.
- Andrade-Cuvi, M. J., Moreno, C., Zaro, M. J., Vicente, A. y Concellón, A. (2017). Improvement of the Antioxidant Properties and Postharvest Life of Three Exotic Andean Fruits by UV-C. Treatment. *Journal of Food Quality*, 1-10.
- Arias, D. G., Doria, C. M. M., Ramos, L. R. y Morocho, H. C. N. (2012). Molecular characterization of the polyphenol oxidase gene in lulo (*Solanum quitoense* Lam.) var. Castilla. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 24(4), 261-272.
- Arnal, L., Salvador, A. y Martínez-Jávega, J. (2004). Efecto del ozono en el mantenimiento de la calidad de caqui "rojo brillante". *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 6(2), 99-106.
- Artés-Hernández F., Artés, F. y Tomás-Barberán, F. (2003). Quality and enhancement of bioactive phenolics in Cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51(18), 5290-5295.
- Barboni, T., Cannac, M. y Chiaramonti, N. (2010). Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chem.*, 121, 946-951.
- Bartz, J. y Brecht, J. (2003). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. 2da Ed. Marcel Dekker, Inc. USA.
- Bateller, M., Santa, S. y García Pérez, M. (2010). El ozono una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 41(3), 155-164.
- Beltrán, D., Selma, M.V., Marin, A. y Gil, M.I. (2005). Ozonated water ex-tends the shelf life of fresh-cut lettuce. *J Agric Food Chem.*, (53), 5654-63.
- Brito, B., Espín, S., Vásquez, W., Viteri, P., López, P. y Jara, J. (2011). Manejo poscosecha, características nutricionales de la naranjilla para el desarrollo de pulpas y deshidratados. INIAP. Plegable No. 386. Quito, Ecuador.
- Brodowska, A., Nowak, A. y Śmigielski, K. (2017). Ozone in the Food Industry: Principles of Ozone Treatment, Mechanisms of Action, and Applications. An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (just-accepted).
- Caicedo, O. y Higuera, B. (2007). Inducción de polifenoloxidasas en frutos de lulo (*Solanum quitoense*) como respuesta a la infección con *Colletotrichum acutatum*. *Acta Biológica Colombiana*, 12.
- Carletti, L., Botondi, R., Moscetti, R., Stella, E., Monarca, D., Cecchini, M., y Massantini, R. (2013). Use of ozone in sanitation and storage of fresh fruits and vegetables. *J Food Agric Environ*, 11, 585-589.
- Cayuela, J., Vazquez, A., Perez, A. y García, J. (2009). Control of table grapes postharvest decay by ozone treatment and resveratrol induction. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 15(5), 495-502.
- Chan G. (2007). Effects of ozonated water on antioxidants and phytochemicals level on vegetables. *Sustainable Agri-Food Industry Use of Ozone and Relative Oxidants*. Valencia, España.
- Chauhan, O., Raju, P., Ravi, N., Singh, A. y Bawa, A. (2011). Effectiveness of ozone in combination with controlled atmosphere on quality characteristics including lignifications of carrot sticks. *Journal of Food Engineering*, 102, 43-48.
- Chen, J., Hu, Y., Wang, J., Hu, H. y Cui, H. (2016). Combined Effect of Ozone Treatment and Modified Atmosphere Packaging on Antioxidant Defense System of Fresh - Cut Green Peppers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 1145-1150.

- Cote, S. (2011). Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. Posgrado. Tecnología e Higiene de los Alimentos. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Concha-Meyer, A., Eifert, J., Williams, R., Marcy, J. y Welbaum, G. (2015). Shelf life determination of fresh blueberries (*Vaccinium corymbosum*) stored under controlled atmosphere and ozone. *International Journal of Food Science*, 1-10.
- Crisosto, C., Palou, L., Garner, D., Smilanick, J. y Teviotdale, B. (1999). Validación científica y tecnológica en EEUU del Sistema de ionización (Oxtomcav) para la conservación de frutas y alimentos. Informe Final de proyecto. 1-68
- De Candia, S., Yaseen, T., Monteverde, A., Carboni, C. y Baruzzi, F. (2015). Antimicrobial efficacy gaseous ozone on berries and baby leaf vegetables. *Multidisciplinary Approaches for Studying and Combating Microbial Pathogens*, Madrid-España.
- Duarte - Sierra, A., Aispuro - Hernández, E., Vargas - Arispuro, I., Islas - Osuna, M., González - Aguilar, G. y Martínez - Téllez, M. (2016). Quality and PR gene expression of table grapes treated with ozone and sulfur dioxide to control fungal decay. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6), 2018-2024.
- Feliziani, E., Romanazzi, G. y Smilanick, J. (2014). Application of low concentrations of ozone during the cold storage of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 38-48.
- Galvis, J. y Herrera, A. (1999). El Lulo *Solanum Quitoense* Lam Manejo Postcosecha. Sección Publicaciones SENA. Colombia.
- García, M. y García, H. (2001). Manejo Cosecha y Postcosecha de Mora, Lulo y Tomate de Árbol. Bogota-Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Gaviria, A., Rengifo, R. y Aguilar F. (2012). Physicochemical characterization of the lulo (*Solanum quitoense* Lam.) castilla variety in six ripening stages. *Vitae*, 19(2), 157-165.
- González, D., Ordóñez, L., Vanegas, P. y Vásquez, H. (2013). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo cosechados en tres grados de madurez. *Acta Agron.*, 63(1), 11-17.
- Guzel-Seydim, Z., Greene, A. y Seydim, A. (2004). Use of ozone in the food industry. *LWT-Food Science and Technology*, 37(4), 453-460.
- Guorong, D., Mingjun, L., Fengwang, M. y Dong, L. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in actinidia fruits. *Food Chemistry*, 113, 557-562.
- Hassenberg, K., Frohling, A., Geyer, M., Schluter, O. y Herppich, W. B. (2008). Ozonated wash water for inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on carrots and the effect on the physiological behaviour of produce. *Eur. J. Hortic Sci.*, 73, S37-S42.
- Hampson, B. y McLean M. (1998). Impact of ozonization on the nutritional quality and microbial load of fresh-market tomatoes. IOA/PAG Vancouver Conference. Vancouver, Canada.
- Han, Q., Gao, H., Chen, H., Fang, X. y Wu, W. (2017). Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. *Food chemistry*, 221, 1947-1953.
- Horvitz, S. y Cantalejo, M. J. (2014). Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(3), 312-339.
- Joanna, A., Śmigielski, K., Nowak, A., Brodowska, K., Catthoor, R. y Czyżowska, A. (2014). The impact of ozone treatment on changes in biologically active substances of cardamom seeds. *Journal of food Science*, 79(9), 1649-1655.
- Liangji, X. (1999). Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*. 53(10), 58-62.
- Liew, C. y Prange, R. (1994). Effect of ozone and storage temperature on postharvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 563-567.
- Lozowicka, B., Jankowska, M., Hrynko, I. y Kaczynski, P. (2016). Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1), 51.

- Medina, C. I., Lobo, M. y Martínez, E. (2009). Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 10(2). Corpoica-Colombia.
- Mertz, C., Gancel, A., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., Perez, A.M., Ruales, J. y Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. Journal of Food Composition and Analysis, 22, 381-387.
- Minas, I., Vicente, A., Dhanapal, A., Manganaris, G., Goulas, V., Vasilakakis, M., Crisosto C. y Molassiotis, A. (2014). Ozone-induced kiwifruit ripening delay is mediated by ethylene biosynthesis inhibition and cell wall dismantling regulation. Plant Science, 229, 76-85.
- Moreno, C., Márquez, L. y Vásquez, C. (2015). Gaseous ozone on quality characteristics of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). Pueblo cont., 405-418.
- Nadas, A., Olmo, M. y García, J.M. 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. J Food Sci., 68(5), 1798–1802.
- NTE INEN 2 303 (2009) Norma Técnica Ecuatoriana. Frutas frescas. Naranja. Requisitos. 1ra Ed. Quito-Ecuador.
- Ochoa, J., Yangari, B., Galarza, V., Fiallos, J. y Ellis, M. (2001). Vascular wilt of common naranjilla (*Solanum quitoense*) caused by *Fusarium oxysporum* in Ecuador. Plant Health Progress.
- Ochoa, J. y Gallardo, A. (2004). Estudio de la reacción de las accesiones de la sección *Lasiocarpa* de la familia Solanácea a *Fusarium oxysporum* f. sp. quitoense. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Departamento de Protección Vegetal, Quito, Ecuador, Informe anual, 22.
- Ong, M. y Ali, A. (2015). Antifungal action of ozone against *Colletotrichum gloeosporioides* and control of papaya anthracnose. Postharvest Biology and Technology, 100, 113-119.
- Ong, M., Ali, A., Alderson, P. G. y Forney, C. (2014). Effect of different concentrations of ozone on physiological changes associated to gas exchange, fruit ripening, fruit surface quality and defence-related enzymes levels in papaya fruit during ambient storage. Scientia Horticulturae, 179, 163-169.
- Oz, A. y Ulukanli, Z. (2014) The effects of calcium chloride and 1- Metylcyclopropene (1-MCP) on the shelf life of mulberries (*Morus alba* L.). Journal of Food Processing and Preservation, 38, 1279-1288.
- Parzanese, M. (2012). Ozono en Alimentos. Alimentos Argentinos - Ministerio de Agroindustria. Argentina. 14 p
- Pérez, A., Sanz, C., Ríos, J., Olias, R. y Olias, J. (1999). Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(4), 1652-1656.
- Quiang, Z., Demirkol, O., Ercal, N. y Adams, C. (2005). Impact of food disinfection using ozone and other oxidants on the beneficial antioxidant thiol content in vegetable. J. Agric. Food Chem. 53, 9830–9840.
- Re, R.; Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans, C. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, Free Radicals in Biology and Medicine: 26 (9/10), 1231–1237.
- Reis, R., Ramos, A., Regazzi, A., Minim, V. y Stringueta, P. (2006). Almacenamiento de mango secado: análisis fisicoquímico, microbiológico, color y sensorial. Cienc. Tecnol. Aliment., 5(3), 214–225.
- Revelo, J.; Viteri, P.; Vásquez, W.; Valverde, F.; León, J. y Gallegos, P. (2010) Manual del cultivo ecológico de la naranjilla. Manual Técnico No. 77. INIAP. Quito, Ecuador. 120p
- Rodgers, S. L., Cash, J. N., Siddiq, M. y Ryser, E. T. (2004). A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. Journal of food protection, 67(4), 721-731.
- Rodríguez, N., Marcela, J., Restrepo, S. y Patricia, L. (2011). Activity of pectic enzymes involved in the ripening process of lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Agronomía Colombiana, 29(1), 63-71.
- Rodrigues, E., Leda, R., Silva Pinto, M., Rodrigues, A. y Tales, A. (2013). Postharvest quality of ozonized "nanicao" cv. bananas. Ciencia Agronómica, 44(1), 107-114.
- Rozpadek, P., Nosek, M., Ślesak, I., Kunicki, E., Dziurka, M. y Miszalski, Z. (2015). Ozone fumigation increases the abundance of nutrients in Brassica vegetables: broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*). European Food Research and Technology, 240(2), 459-462.

- Sachadyn-Król, M., Materska, M., Chilczuk, B., Karaś, M., Jakubczyk, A., Perucka, I. y Jackowska, I. (2016). Ozone-induced changes in the content of bioactive compounds and enzyme activity during storage of pepper fruits. *Food Chemistry*, 211, 59-67.
- Salvador, A., Abad, I., Arnal, L. y Martínez - Jávega, J. (2006). Effect of ozone on postharvest quality of persimmon. *Journal of food science*, 71(6).
- Savi, G. y Scussel, V. (2014). Effects of ozone gas exposure on toxigenic fungi species from *Fusarium*, *Aspergillus*, and *Penicillium* genera. *Ozone: Science y Engineering*, 36(2), 144-152.
- Seki, M., Umezawa, T., Urano, K. y Shinozaki, K. (2007). Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology*, 10, 296-302
- Skog, C.L. y Chu, L. J. (2001). Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(4), 773-778.
- Singleton, V. y Rossi, Jr. J. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16, 144-158.
- Song, J., Fan, L., Forney, C., Jordan, M., Hildebrand, P., Kalt, W. y Ryan, D. (2003). Effect of ozone treatment and controlled atmosphere storage on quality and phytochemicals in highbush blueberries. *Acta Horticulturae*, 417-424.
- Victorin, K. (1992). Review of the genotoxicity of ozone. *Mutation Research*, 277, 221-238.
- Wani, S., Maker, J., Thompson, J. R., Barnes, J. y Singleton, I. (2015). Effect of Ozone Treatment on Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria sp.* on Spinach. *Agriculture*, 5(2), 155-169.
- Yuk, H. G., Yoo, M. Y., Yoon, J. W., Moon, K. D., Marshall, D. L. y Oh, D. H. (2006). Effect of combined ozone and organic acid treatment for control of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* on lettuce. *Journal of Food Science*, 71(3).