

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS COMBINADOS CON OZONO PARA LA DESINFECCIÓN DE EPAZOTE Y VERDOLAGA MÍNIMAMENTE PROCESADOS

María Andrea Trejo- Márquez

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,
Laboratorio de Postcosecha de Productos
Vegetales. Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0003-0377-3781>

Elizabeth Granados Becerril

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,
Laboratorio de Postcosecha de Productos
Vegetales. Edo. de México, México

Jorge Guerra González

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,
Laboratorio de Postcosecha de Productos
Vegetales Edo. de México, México

Selene Pascual-Bustamante

Universidad Nacional Autónoma de México,
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,
Laboratorio de Postcosecha de Productos
Vegetales Edo. de México, México

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: La verdolaga y epazote son hortalizas endémicas de México con un amplio volumen de producción, existen pocos o nulos productos industrializados y su consumo es limitado debido a la alta carga microbiana y su complejidad de su preparación como un platillo cotidiano. Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de métodos de desinfección en combinación con ozonificación en agua sobre los parámetros de calidad, microbiológicos y químicos de verdolaga y epazote mínimamente procesados. Para la obtención del producto mínimamente procesado la verdolaga y el epazote fueron sometidos a las operaciones de: selección, limpieza, lavado, desinfección, pesado, envasado y almacenamiento. Los tiempos de desinfección con radiación UV-C, método químico (Microdyn), ultrasonido y ozono en gas fueron 15, 25 y 35 minutos, su influencia se evaluó en los parámetros microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) y químicos (fenoles totales, capacidad antioxidante y cuantificación de clorofila). El método de desinfección por radiación UV-C combinado con ozono fue el que mostró tener mayor efectividad en el control de microorganismos con una disminución de dos escalas logarítmicas de estos, además de que preservó la calidad de los productos mínimamente procesados.

Palabras clave: Radiación UV-C, ozono, ultrasonido, desinfección.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas los hábitos de alimentación humana han cambiado. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y dispuestos para consumirse, como son los

productos mínimamente procesados (PMP), denominados comercialmente de la “cuarta gama”. En la actualidad ha sido necesario desarrollar nuevas tecnologías emergentes y sostenibles para garantizar la calidad e inocuidad de los productos mínimamente procesados (Ibarzabal, 2006).

En el proceso industrial de un PMP, es de suma importancia la etapa que consigue disminuir la carga microbiana inicial tal es el caso del lavado-desinfección, el cual suele hacerse con desinfectantes químicos; para el caso de desinfección en hogares se utiliza el método químico de plata coloidal (Mycrodin); sin embargo, el constante uso de estos métodos químicos de desinfección en dosis elevadas causa daños a la salud (Secretaría de Salud, 2015).

Por otra parte, el desarrollo de PMP ha contribuido a fomentar el consumo de frutas y hortalizas que no son consumidos cotidianamente debido al tiempo y complejidad que lleva desinfectarlos o prepararlos, tal es el caso del epazote y las verdolagas, hortalizas endémicas de México. Estas hortalizas cuentan con un gran aporte nutrimental y beneficios a la salud con una producción anual de 2 y 6 Ton respectivamente, debido a que ambas son plantas rastreras tienen una elevada carga microbiana haciéndolas no aptas para su consumo en fresco (Aberoumand, 2009; SAGARPA, 2018). Dicha problemática se atribuye a que en México el agua de riego es no potable (Vega, 2005). Actualmente distintos métodos de desinfección como la irradiación UV-C, el uso de Ozono, el ultrasonido, entre otros están siendo aplicados para la desinfección de PMP con propósito de sustituir métodos químicos. Este proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto en parámetros de calidad y microbiológicos de diferentes métodos de desinfección: Ozono en gas, irradiación UV-C, ultrasonido y plata coloidal en combinación con Ozono en agua

durante el proceso de epazote y verdolaga mínimamente procesados.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

Las dos hortalizas fueron adquiridas en el mercado del Carmen ubicado en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Estas hortalizas fueron transportadas al Laboratorio de Postcosecha de productos vegetales de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

ELABORACIÓN DE PRODUCTO MÍNIMAMENTE PROCESADO

Para la elaboración de los PMP de ambas hortalizas fueron sometidas a varios procesos, la primera etapa fue la selección donde se separaron las hojas y después se realizó un lavado con agua potable durante 3 minutos a temperatura ambiente. Una primera desinfección con ozono en agua durante 6 minutos se realizó utilizando una relación de 3 L por cada 150 g de verdolaga y 1.5 L por cada 50 g para epazote. Una vez concluido la primera desinfección se procedió a realizar una segunda con cada uno de los diferentes tratamientos: método químico (Mycrodin) 1-5 mL por cada litro de agua, irradiación UV-C con una longitud de onda 235.91 MW/cm², ultrasonido con una frecuencia de 20 kHz y ozono en gas con una concentración de 150 mg/h en un espacio de 2-20 m³. Todos estos tratamientos fueron aplicados durante: 15, 25 y 35 minutos. Para concluir con la elaboración después de la segunda desinfección se procedió a llevar a cabo un escurrido, pesado, envasado y finalmente su almacenamiento a temperatura de refrigeración 4 °C.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO DE DESINFECCIÓN EN LOS PARÁMETROS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA VERDOLAGA Y EPAZOTE MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Una vez obtenidos los productos mínimamente procesados de verdolaga y epazote, se evaluó el efecto de cada tratamiento en los parámetros químicos: contenido de fenoles totales (Singleton, 1999), la capacidad antioxidante (Borrelli et al., 2002) y el contenido de clorofila (Jeffrey y Humphrey 1975). Así como en los parámetros microbiológicos: recuento en placa de coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994), mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994) y hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994) para seleccionar el método que reduzca en mayor medida la carga microbiana de las hortalizas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron tratados con el programa estadístico SPSS aplicando un nivel de significancia del 95% y pruebas de rango múltiple Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las operaciones unitarias de proceso, así como la manipulación del producto procesado previo al envasado y almacenamiento, influyen significativamente en los distintos mecanismos de alteración al provocar cambios fisiológicos, desencadenando estos en procesos físicos y bioquímicos. Los cambios fisiológicos van acompañados de un aumento en la velocidad de respiración y producción de etileno, una pérdida de color, de sabor y de vitaminas, acelerándose también los procesos de oscurecimiento y ablandamiento del tejido, con la consecuente pérdida de calidad y reducción de la vida de anaquel de las hortalizas.

EFFECTO EN EL CAMBIO DE COLOR DE VERDOLAGAS Y EPAZOTE MÍNIMAMENTE PROCESADOS

El aspecto visual es uno de los factores principales utilizados por el consumidor al momento de comprar un producto; y el color es una parte importante de éste, que además se utiliza en muchos estándares de clasificación como criterio de calidad, factor por el cual el consumidor determine su consumo o no (Pereira y León, 2012). En el caso de productos hortofrutícolas el color depende de la presencia de pigmentos, tales como carotenoides, antocianinas, clorofilas y compuestos fenólicos, los cuales pueden cambiar durante el procesado y almacenamiento. Cuando el deterioro del color es visualmente extenso el producto resulta inaceptable, por lo que industrialmente, el color puede ser una característica determinante para el éxito comercial de innumerables productos.

La medición del color se ve afectada por muchos factores tales como: la iluminación, el observador, la naturaleza y características de la propia superficie (tamaño de la muestra, su textura y brillo) (Contreras, 2006).

En la Figura 1A se muestra la variación de color en verdolaga (A) mínimamente procesada en donde se observa que hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto al cambio de color entre tratamientos, donde el tratamiento O_3 + Ultrasonido mostró tener un 75.20 % más de variación de color con respecto a tratamiento O_3 + Químico, 53 % más que tratamiento O_3 + UV-C y 26.60 % O_3 + Ozono, dicho efecto se atribuye a que en el tratamiento de O_3 + Ultrasonido la hortaliza libera pigmentos al sufrir un estrés por las vibraciones del tratamiento. Con respecto al tiempo solo se muestra efecto significativo ($p \leq 0.05$) a los 15 minutos en cada tratamiento.

En epazote (Figura 1B) ocurre el mismo efecto, puesto que hay diferencia significativa

($p \leq 0.05$) con respecto al cambio de color entre tratamientos, donde el tratamiento de O_3 + Ultrasonido mostró tener un 43.9 % más de variación de color con respecto a tratamiento O_3 + Químico, 27.48 % más que tratamiento de O_3 + UV-C y 19.55 % O_3 + Ozono, así mismo dicho efecto se atribuye a que en el tratamiento de O_3 + Ultrasonido la hortaliza libera pigmentos al sufrir un estrés por las vibraciones del tratamiento. Con respecto al tiempo tampoco mostró efecto significativo ($p \leq 0.05$) a los 15 minutos en cada tratamiento.

Por otra parte, uno de los parámetros más importantes en la calidad de un alimento es su color, está relacionado con la presencia de pigmentos en los tejidos, la clorofila es uno de ellos (Breinholt *et al.*, 1995).

En la Figura 2A se muestra que en la verdolaga mínimamente procesada ninguno de los tratamientos de desinfección tuvo efecto significativo ($p \geq 0.05$) en el contenido de clorofila ni por tiempo de aplicación. El incremento de clorofilas encontrados puede responder al aumento en la producción de metabolitos secundarios que permiten disminuir la penetración de radiación UV, y proteger a las proteínas asociadas al aparato fotosintético, evitando la degradación de sus pigmentos e incluso aumentar su síntesis (Jansen *et al.*, 1998).

La clorofila, es el pigmento responsable del característico color verde de frutas y verduras, es altamente susceptible a la degradación durante el procesamiento, lo que resulta en cambios de color en los alimentos. Mientras que en el caso del epazote (Figura 2B) se observó que hubo efecto significativo ($p \leq 0.05$) solamente en el tratamiento de O_3 + Químico aumentó 0.89 % y O_3 + Ozono aumentó 6.92 % con respecto al epazote control, el tiempo no mostro tener diferencia significativa.

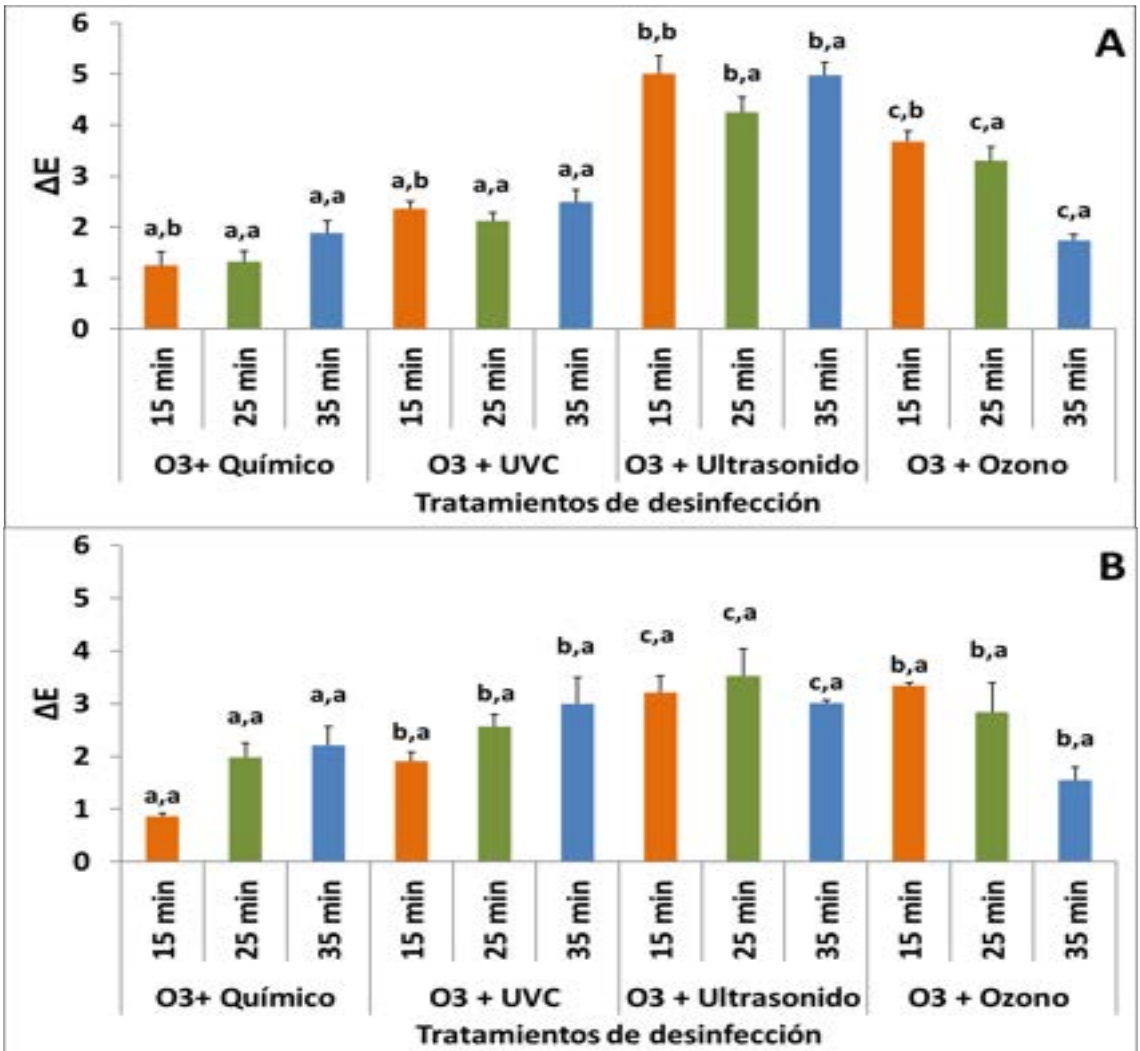


Figura 1. Diferencia de color en verdolaga (A) y epazote (B) mínimamente procesados con la aplicación de diferentes métodos de desinfección. Las letras minúsculas diferentes representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$). La primera letra corresponde a los tratamientos y la segunda corresponde a los tiempos. Las barras verticales representan la desviación estándar.

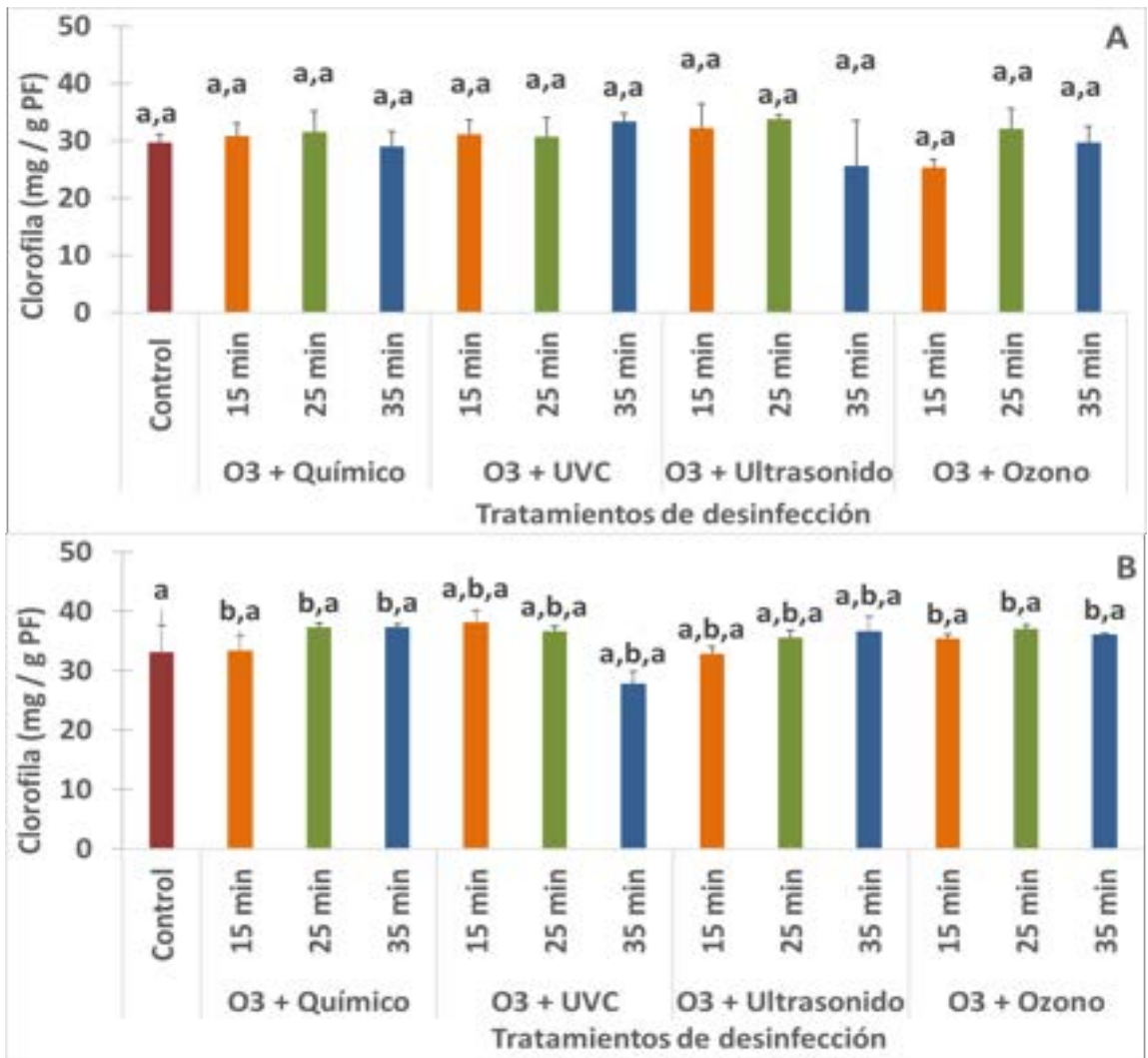


Figura 2. Contenido de clorofila en verdolaga (A) y epazote (B) mínimamente procesados con la aplicación de diferentes métodos de desinfección. Las letras minúsculas diferentes representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$). La primera letra corresponde a los tratamientos y la segunda corresponde a los tiempos. Las barras verticales representan la desviación estándar.

EFFECTO EN FENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE VERDOLAGAS Y EPAZOTE MÍNIMAMENTE PROCESADOS

La variación de compuestos fenólicos en hortalizas irradiadas puede estar dado debido a la síntesis de la enzima fenilalanina que da lugar a la formación de fenoles, fitoalexinas y ligninas con capacidad antifúngica (Ryalls *et al.*, 1996). La cantidad de compuestos fenólicos en verdolaga (Figura 3A) aumentó en cada uno de los tratamientos en comparación con

el control debido a que tal como lo reporta Zapata *et al.* (2014), cuando una hortaliza es sometida a operaciones de procesamiento (lavado, desinfección, cortado etc.) esta tiende a aumentar sus compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en respuesta al estrés que se le ha generado.

Mientras que en el epazote (Figura 3B) se observa que todos los tratamientos tuvieron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en comparación con el control solo en el tiempo de 25 minutos en todos los métodos

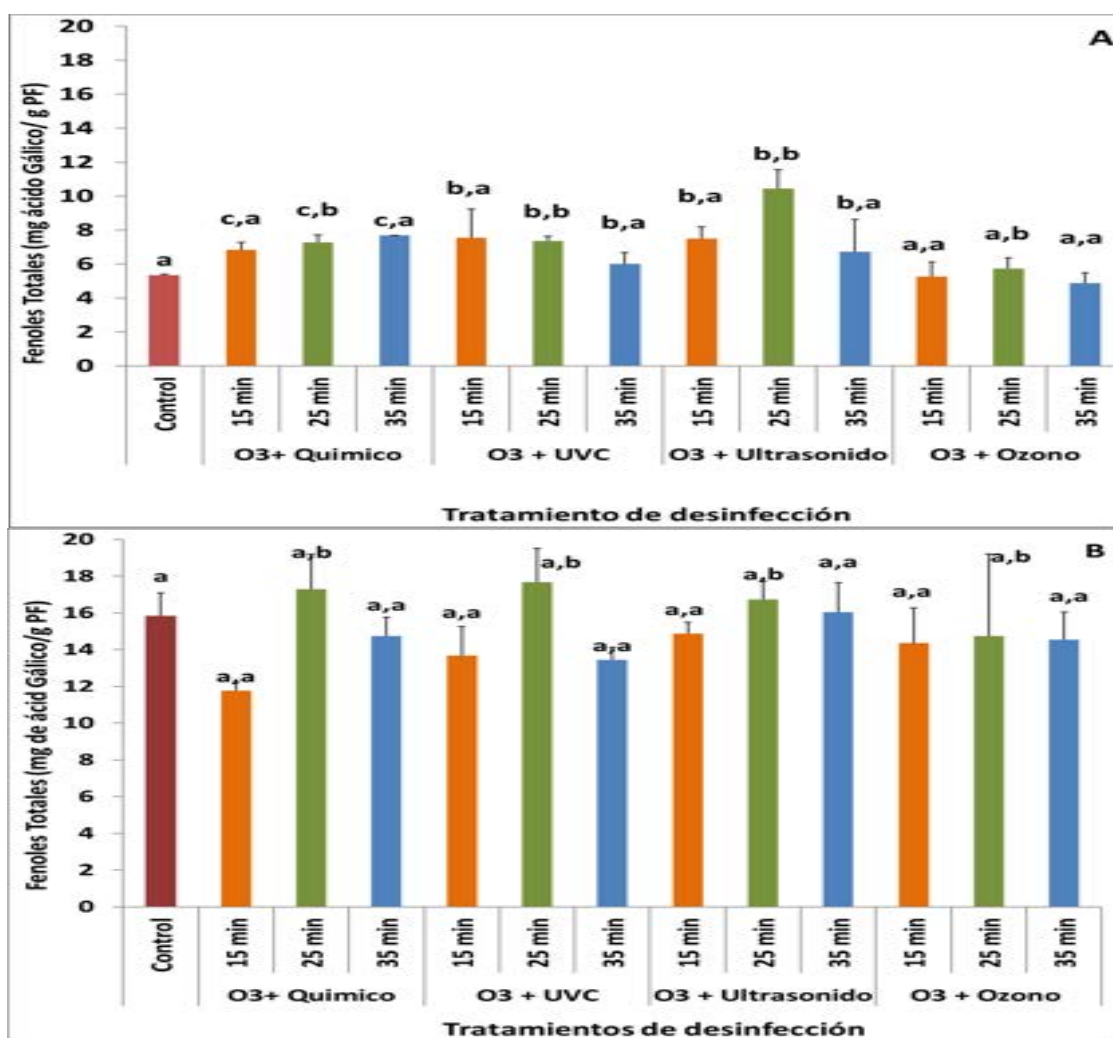


Figura 3. Contenido de fenoles totales en verdolaga (A) y epazote (B) mínimamente procesados con la aplicación de diferentes métodos de desinfección. Las letras minúsculas diferentes representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$). La primera letra corresponde a los tratamientos y la segunda corresponde a los tiempos. Las barras verticales representan la desviación estándar.

de desinfección aplicados, es decir, O_3 + Ultrasonido aumentó un 5.49 %, O_3 + Químico 9.15 %, O_3 + UV-C 11.48 %, mientras que O_3 + Ozono disminuyó 8.20 %. Dicho efecto puede llegar a presentar mejoras en la resistencia al ataque de ciertos microorganismos tales como mohos y levaduras, dado que puede estimular la producción de fenilalanina amonio-liasa, que induce la formación de compuestos fenólicos que llega a producir efectos tóxicos para ellos (Domínguez y Parzanese, 2011).

Dentro de los compuestos antioxidantes más importantes presentes en los vegetales se encuentra el grupo conformado por los carotenoides y los fenoles, especialmente los flavonoides y los antocianos, los cuales muestran una gran capacidad para captar radicales libres causantes del estrés oxidativo, atribuyéndoseles a su vez un efecto beneficioso en la prevención de enfermedades tales como: cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas (Robles *et al.*, 2007).

En verdolaga (Figura 4A) todos los tratamientos mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en cuanto a los valores de capacidad antioxidante, con excepción de ultrasonido, es decir O_3 + Químico disminuyó 15.05 %, O_3 + UV-C 28.04 %, O_3 + Ozono 9.89 % todo esto en el tiempo de 15 minutos puesto que este fue el único en mostrar un efecto significativo ($p \leq 0.05$) en comparación de los otros dos tiempos de tratamiento de 25 y 35 minutos.

En epazote (Figura 4B) todos los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($p \leq 0.05$) respecto al control, causando una disminución en la capacidad antioxidante; se observó que el tratamiento con O_3 + Químico disminuyó en un intervalo de 17.89 - 21.21 %, así como los tratamientos con O_3 + UV-C de 13.13-26.26%, O_3 + Ozono de 2.88-46.17% y O_3 + Ultrasonido de 6.34-26.98 % intervalos con respecto a los tiempos de 15, 25 y 35 minutos; los cuales mostraron diferencias significativas.

Dicho comportamiento coincide con el trabajo de Lemoine *et al.*, (2010) quienes han observado que la exposición de vegetales a tratamientos de irradiación UV-C puede incrementar la capacidad antioxidante, pues se observó que tanto los compuestos fenólicos se incrementaron con el tratamiento. La irradiación UV-C también actúa de manera indirecta al inducir mecanismos de resistencia por acumulación de compuestos fungicidas como fenoles, flavonoides y poliamidas (Erkan y Wang, 2001).

Los tratamientos con UV-C poseen un efecto germicida, también pueden alterar algunas de las propiedades como, la actividad y los compuestos antioxidantes y el contenido de terpenos de algunos alimentos (Carrasco, 2009). La variación de capacidad antioxidante con respecto al resto de los tratamientos se atribuye a que de igual manera que los compuestos fenólicos, tienden a cambiar al someter a operaciones de estrés de la hortaliza, esto dependiendo a sus características fisiológicas.

EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE DESINFECCIÓN EN LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

La actividad microbiana es la principal causa de deterioro de los alimentos mínimamente procesados y, en la mayoría de los casos, es la responsable de la pérdida de calidad y salubridad (Márquez y Pretell, 2013).

El medio ambiente (suelo, agua, aire) está lleno de microorganismos que de forma natural llegan al producto vegetal y que son parte de su microflora normal, muy pocos de ellos representan un riesgo para la salud, la verdadera contaminación ocurre cuando estos tienen contacto directo con contaminación fecal o industrial o por contaminación cruzada del personal, insectos o roedores.

La principal razón de pérdidas poscosecha es la incidencia de enfermedades causadas

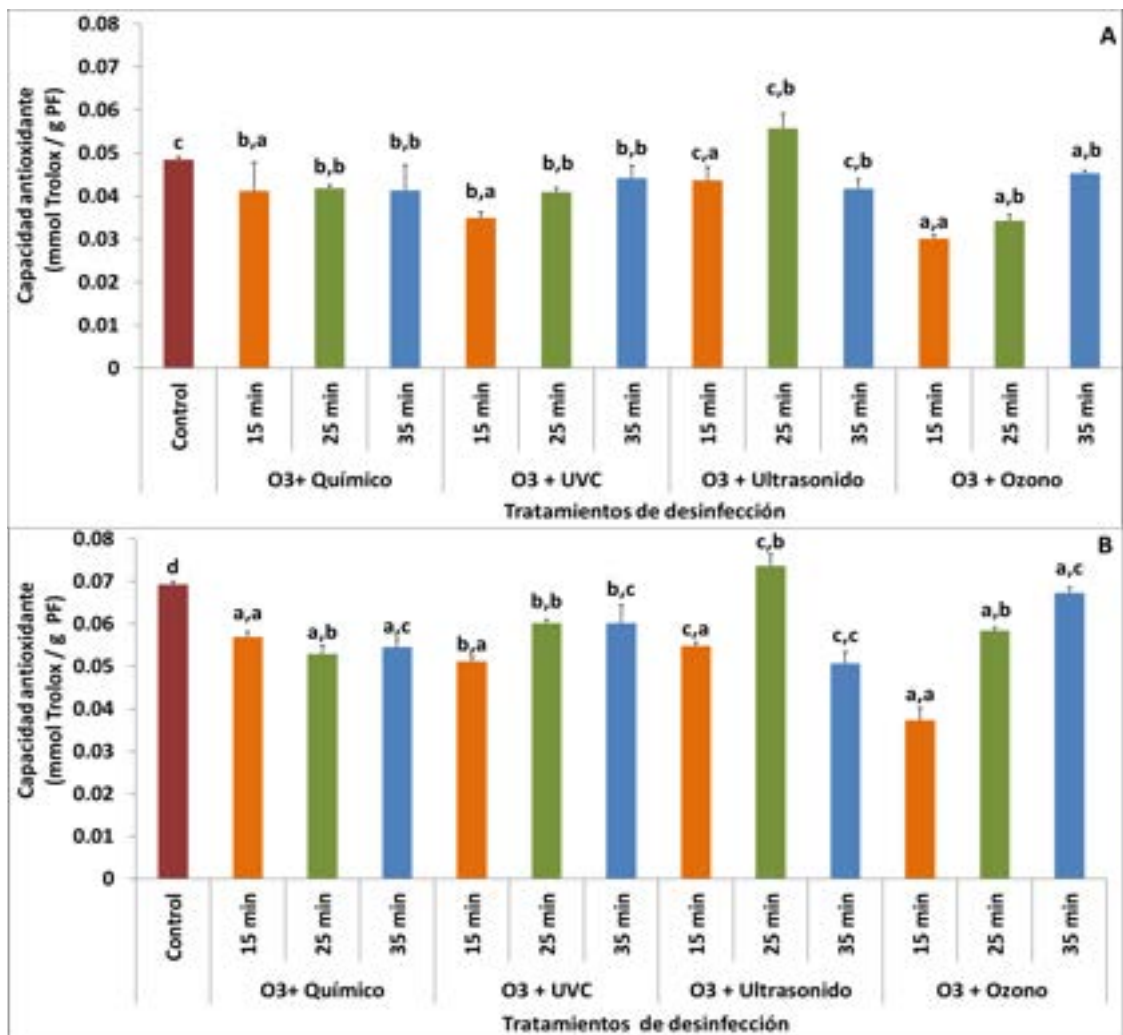


Figura 4. Capacidad antioxidante en verdolaga (A) y epazote (B) mínimamente procesados con la aplicación de diferentes métodos de desinfección. Las letras minúsculas diferentes representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$). La primera letra corresponde a los tratamientos y la segunda corresponde a los tiempos. Las barras verticales representan la desviación estándar.

principalmente por hongos de diversos géneros. Por otro lado, los productos contaminados por bacterias tales como: *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* y *Listera monocytogenes*, pueden causar enfermedades graves a los humanos ocasionando hasta la muerte si no son tratados a tiempo (Ramos-García *et al.*, 2010).

En la tabla 1 se muestra la presencia de coliformes totales, mesófilos aerobios y mohos y levaduras en las verdolagas y el epazote mínimamente procesado aplicando los diferentes métodos de desinfección. El tratamiento de desinfección que mostró tener un efecto mayor en cuanto a la disminución de unidades logarítmicas de dichos microorganismos fue el tratamiento combinado de O₃+UV-C con tiempos de 15 minutos.

Los resultados que concuerdan con los trabajos de Manzocco *et al.* (2011) quienes afirman que se logró aumentar la resistencia al deterioro microbiano, mediante la reducción de 1 a 2 ciclos logarítmicos en hortalizas al aplicar UV-C; sin embargo, al

aumentar el tiempo de exposición y por ende la dosis de radiación, encontraron una menor reducción, ya que los microorganismos desarrollaron resistencia. Dicho efecto se le atribuye a que la radiación UV-C afecta el ADN de los microorganismos, causando mutaciones mediante la separación de la doble hélice, evitando de esta manera su reproducción (Gardner y Shama, 2000). Deduciendo así que es el mejor método de desinfección, ya que disminuyó valores cercanos a dos escalas logarítmicas su carga microbiana de coliformes totales, mesófilos aerobios y mohos y levaduras. La radiación UV-C es la causa principal de muerte de microorganismos en el ambiente, donde la velocidad de mortalidad varía entre patógenos, dosis aplicadas y tiempos de exposición; el tiempo puede variar de unos segundos a minutos para producir la muerte de 90 a 99 % de virus o bacterias. Algunas bacterias ambientales y esporas suelen ser más resistentes y sobrevivir a exposiciones mayores (Maharaj *et al.*, 1999; Allende y Artés, 2003a; Yaun *et al.*, 2004).

Verdolaga				
Microorganismo log [UFC/g]	O ₃ + Químico	O ₃ + UV-C	O ₃ + Ultrasonido	O ₃ + Ozono
Coliformes Totales	0.87	1.33	0.44	0.32
mesófilos Aerobios	1.93	2.13	1.04	0.25
Mohos y Levaduras	1.43	2.41	0.08	0.03
Epazote				
	O ₃ + Químico	O ₃ + UV-C	O ₃ + Ultrasonido	O ₃ + Ozono
Coliformes Totales	0.41	1.75	0.74	1.38
mesófilos Aerobios	0.53	2.49	0.49	0.42
Mohos y Levaduras	0.52	2.44	0.47	1.8

Tabla 1. Reducción de microorganismos (log UFC/g) en verdolaga y epazote mínimamente procesados con respecto al control aplicando métodos combinados de desinfección.

Estos datos confirman la eficacia de desinfección con tratamientos de luz UV-C, además indican la capacidad de promover una mayor estabilidad microbiana durante el almacenamiento, lo que lleva una vida útil más larga. En este sentido, algunos países europeos han adoptado criterios microbiológicos específicos. En particular, España, Francia y Alemania han establecido 7 log UFC/g en forma de un límite máximo para el recuento de mesófilos aerobios en frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Manzocco *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El procesamiento mínimamente de la verdolaga y el epazote puede ayudar a fomentar su consumo, así como facilitar su uso. Un buen proceso de desinfección es clave en el

desarrollo de un producto mínimamente procesado, dentro de los resultados obtenidos se observó que el tratamiento combinado de ozono con UV-C, fue el que inhibió en mayor medida la presencia de microorganismos coliformes y mesófilos en las hortalizas estudiadas, observándose también que no hubo un efecto en función al tiempo de aplicación y que el tratamiento no afectó de forma significativa la composición química de la verdolaga ni del epazote.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por la DGAPA-UNAM el proyecto (IT202419) Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México.

REFERENCIAS

- Aberoumand, A. 2009. Nutritional Evaluation of Edible *Portulaca oleracea* as Plant Food. *Food Annals Methods* 2:204-207.
- Allende, A., y Artés, F. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Food Sci. Technol.* 36:739-746.
- Ban D., Sircelj H. 2011. Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries. *Food Chemistry.* 129:1164-1168
- Bakhshi D, O Arakawa. 2006. Effects of UV-B irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature, and maturation. *J. Food Agric. Env.* 4:75-79
- Belitz H. D., Grosh W., Schieberle P. 2009. *Química de los alimentos.* Heidelberg, Alemania, Springer-Verlag GmbH
- Borrelli, R., Viscotu, A., Menella, C., Anese, M., y Foglian, V. 2002. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *Journal of agricultural and Food Chemistry.* 22:6527-6533.
- Carrasco, L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta B en plantas. *IDESIA (Chile)*,27 (3): 59-75.
- Contreras, J. 2014. Conservación de verdolaga mínimamente procesada proveniente del suelo e hidropónica, desinfectada con un agente a base de compuestos bioactivos. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Domínguez, L., y Parzanese, M. 2011. Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. *Alimentos Argentinos*, 52: 70-76.
- Erkan, M., y Wang, D.T. 2001. UV-C irradiation reduces microbial population and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. *Environ. Exp. Bot.* 45: 1-9.
- Gardner, D.W.M., y Shama, G. 2000. Modeling UV-C induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection*, 63: 63-70.
- González-Aguilar G A, C Y Wang, G J Buta, D T Krizek. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *Internatl. J. Food Sci. Technol.* 36:767-773.

Ibarzabal, U. 2006. Tecnología de la IV Gama: Hortalizas de los nuevos tiempos. *Revista Agropesquera* 75: 42-47.

Jeffrey S.W. y Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae, and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen*. 167:191-194.

Lemoine, L., Civello, M., Chaves, R. y Martínez, A. 2010. Influence of a combined hot air and UV-C treatment on quality parameters of fresh-cut broccoli florets at 0°C. *International Journal of Food Science and Technology* 45:1212-1218.

Maharaj, R., Arul, J., y Nadeau, P. 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. 'Capello') by delaying senescence. *Postharv. Biol. Technol.* 15: 13-23.

Manzoco, L., Da-Pieve, S., Bertolini, A., Bartolomeoli, I., Maifreni, M., Vianello, A. y Nicoli, M. C. 2011. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, color, and sensory properties. *Postharvest Biology and Technology*. 61(23):165- 171.

Márquez, L., y Pretell, C. 2013. Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas. *Scientia Agropecuaria*, 4: 147-161.

Pereira, C.A., y León, G.M. 2012. Determinación del color en epicarpios de mango (*Mangifera* sp.) y Plátano (*Musa* AAB) en maduración mediante sistema de visión computarizada. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3: 302-318.

Ramos-García, M.L., Bautista-Baños S., Barrera-Necha, L.L., Bosquez-Molina E., Alia-Tejcal I., Estrada-Carrilo M. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortifrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 1(28): 44-57.

Ryalls, J., Neuenschwander, U., Willits, M., Molina, A., Steiner, H.Y., y Hunt, M. 1999. Systemic acquired resistance. *Plant Cell*, 8: 1809-1819.

Robles, R.M., Gorinstein, S., Astiazarán, H., González, G., y Cruz, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*. 32: 227-232.

SAGARPA. (20 de JUNIO de 2018). Gobierno Mexicano. Obtenido de <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/hierba-olorosa-y-sabrosa-es-el-epazote?idiom=es>

Secretaría de Salud (02 de octubre de 2015). Plata coloidal, características, peligros y aplicación. Gobierno Mexicano, obtenido de <https://www.gob.mx/salud/articulos/plata-coloidal-caracteristicas-peligros-y-aplicacion>

Secretaría de Salud. 1994. NOM-110-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Preparación y Dilución de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico. Norma Oficial Mexicana. México.

Secretaría de Salud. 1994. NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana. México.

Secretaría de Salud. 1994. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. México.

Singleton, V.L.R. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 152-178.

Vega, M. J. 2005. Determinación de bacterias de origen fecal en hortalizas cultivadas en Xochimilco de octubre de 2003 a marzo de 2004. Ciudad de México, México.

Yuan, Y., Hu, Y., Yue, T., Chen, T., y Lo, Y. 2009. Effect of ultrasonic treatments on thermoacidophilic *Alicyclobacillus acidoterrestris* in apple juice. *J Food Process*, 33:370-383.

Zapata, S., Piedrahita, A., y Rojano, B. 2014. Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en nutrición humana*, 17: 25-36.