

## **Efecto de irradiación UV-C en combinación con ozono en agua en epazote y verdolaga envasados en PET y PS**

J. Guerra-González<sup>1</sup>, E. Granados-Becerril<sup>1</sup>, M. A. Trejo-Márquez<sup>\*1</sup>, S. Pascual- Bustamante<sup>1</sup>, A. A. Lira-Vargas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica, Jiménez Cantú s/n, San Juan Atlámica, C.P. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. De México, México. Autor responsable: [andreatrejo@unam.mx](mailto:andreatrejo@unam.mx)

**RESUMEN:** La verdolaga y epazote son hortalizas endémicas de México, sin embargo existen pocos productos industrializados y su consumo es limitado debido a la alta carga microbiana. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos tipos de envase en el almacenamiento de verdolaga y epazote mínimamente procesados desinfectados con tratamientos de irradiación UV-C en combinación con ozono sobre los parámetros microbiológicos y nutricionales del producto. Para la obtención del producto mínimamente el tiempo de desinfección con radiación UV-C fue 15 minutos y con Ozono fue de 6 minutos, se envasaron en recipientes de PET y PS, almacenados a 4°C durante 12 días. Se evaluó en los parámetros microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) y químicos (fenoles totales, capacidad antioxidante y cuantificación de clorofila). Los resultados obtenidos el proceso de desinfección disminuyen la presencia de microorganismos en el epazote y verdolagas desinfectadas, sin embargo, no se logró llegar a límite máximo permitido indicado por norma, mientras que en los resultados de los parámetros químicos no hubo efecto por el tipo de envase en la conservación de las hortalizas. Se concluye que las condiciones propuestas son poco funcionales para la conservación de epazote y verdolaga mínimamente procesada.

**Palabras clave:** desinfección, ozono, radiación UV-C.

**ABSTRACT:** The purslane and epazote are endemic vegetables of Mexico, however there are few industrialized products and their consumption is limited due to the high microbial load. The objective of this study was to evaluate the effect of two types of packaging in the storage of minimally processed purslane and epazote disinfected with UV-C irradiation treatments in combination with ozone on the product's microbiological and nutritional parameters. To obtain the product minimally the disinfection time with UV-C radiation was 15 minutes and with Ozone was 6 minutes, they were packed in PET and PS containers, stored at 4°C for 12 days. It was evaluated in microbiological parameters (total coliforms, aerobic mesophiles, molds and yeasts) and chemicals (total phenols, antioxidant capacity and quantification of chlorophyll). The results obtained by the disinfection process decreases the presence of microorganisms in the epazote and disinfected purslane, however, it was not possible to reach the maximum limit allowed by norm, while in the results of the chemical parameters there was no effect due to the type of container in the conservation of vegetable. Is concluded that the proposed conditions are not very functional for the conservation of epazote and purslane minimally processed.

**Keywords:** disinfection, ozone, UV-C radiation.

**Área:** Frutos y hortalizas

### **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, principalmente en países industrializados 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 de un PMP así como la seguridad alimentaria (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 hipoclorito sódico;

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 y o prepararlos tal es el caso de epazote y verdolaga, 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. Actualmente distintos métodos de desinfección como Irradiación UV-C, el uso de Ozono, Ultrasonido, entre otros están siendo aplicados en PMP con propósito de sustituir métodos químicos. Este proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto de irradiación UV-C en combinación con ozono en agua en epazote y verdolaga envasados en PET y PS sobre los parámetros microbiológicos y químicos de verdolaga y epazote mínimamente procesados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Vegetal

Ambas hortalizas fueron adquiridas en el mercado del Carmen ubicado en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Transportadas al Laboratorio de Postcosecha ubicado en el Centro de Asimilación Tecnológica.

### Elaboración de producto mínimamente procesado

Para la elaboración de un PMP ambas hortalizas fueron sometidas a varios procesos, la primer etapa fue la selección donde se separaron hojas después se realizó un lavado con agua potable durante 3 min a temperatura ambiente. Se continuo con una primera desinfección con ozono en agua durante 6 minutos y 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 radiación UV-C con una longitud de onda 235.91 MW/cm<sup>2</sup>, durante 15 minutos de aplicación. Para concluir con la elaboración después de la segunda desinfección de sometieron los productos a un escurrido, pesado, envasado en recipientes de PET y PS y finalmente se almacenaron a 4°C.

### Evaluación del efecto de los envases parámetros microbiológicos y químicos de la verdolaga y epazote mínimamente procesado

Una vez obtenidos los productos mínimamente procesados se evaluó el efecto de la combinación de los tratamientos con recuento en placa de coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994), mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994), y con ello evaluar el efecto de la desinfección y la reducción de la carga microbiana de las hortalizas. Del mismo modo a los productos mínimamente procesados se les evaluó los parámetros de fenoles totales (Singleton, 1999), capacidad antioxidante (Borrelli *et al.*, 2002) y clorofila (Jeffrey y Humphrey, 1975).

### 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

### Evaluación del efecto de la combinación de los métodos de desinfección en los parámetros microbiológicos de la verdolaga y epazote mínimamente procesados.

En el epazote envasado en PET hubo un crecimiento de 0.6826 log UFC g<sup>-1</sup> de coliformes totales mientras que para epazote envasado en PS hubo un crecimiento de 0.738 log UFC g<sup>-1</sup> de coliformes totales. Este crecimiento se llevó a cabo durante 9 días, para el día 12 la carga microbiana ya era

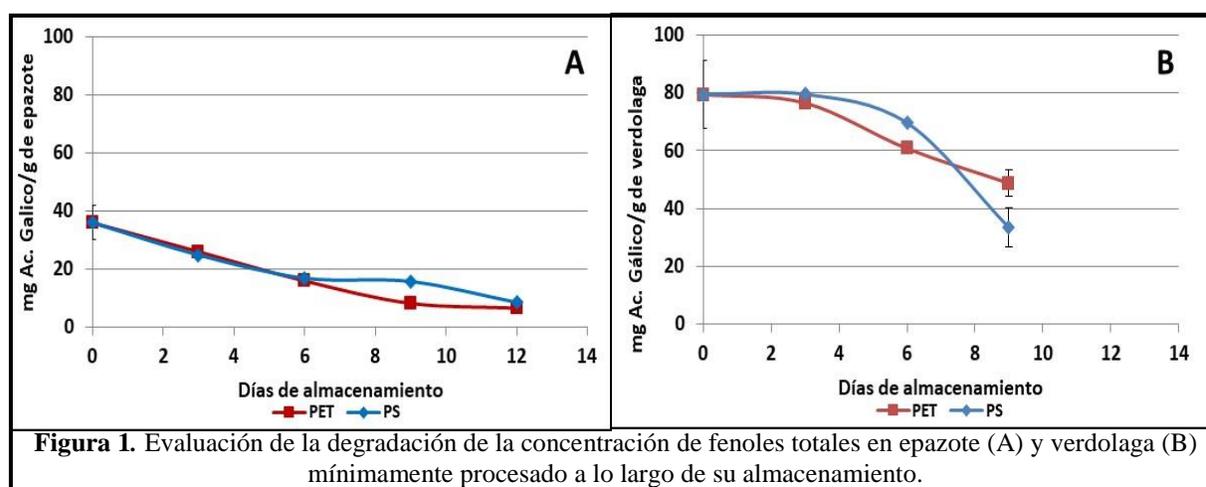
incontable debido a que el epazote ya se encontraba en su punto más elevado de senescencia. Mientras que en mesófilos aerobios se tuvo un incremento de  $0.2816 \log \text{ UFC g}^{-1}$  en PET en el periodo de 3 días y  $0.1145 \log \text{ UFC g}^{-1}$  para PS donde cabe mencionar que para el día 3 hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) mostrando un menor crecimiento microbiológico en el envase PS. En cuanto hongos y levaduras el envase PET hubo un crecimiento de  $1.1908 \log \text{ UFC g}^{-1}$  durante el periodo de 9 días mientras que el envase PS hubo un crecimiento de  $1.1804 \log \text{ UFC g}^{-1}$  durante el periodo de 6 días en el epazote mínimamente procesado. El epazote envasado en PET permitió una mayor durabilidad respecto a la presencia de microorganismos en el producto.

Para el caso de verdolaga envasada en PET en el periodo de 3 días hubo un crecimiento de  $1.4812 \log \text{ UFC g}^{-1}$  y para el caso de verdolaga envasada en PS fue de  $2.6362 \log \text{ UFC g}^{-1}$  de coliformes totales durante el periodo de 9 días. Para mesófilos aerobios el crecimiento microbiológico en PET fue de  $0.8352 \log \text{ UFC g}^{-1}$  durante los primeros 3 días de almacenamiento y para PS fue de  $0.8845 \log \text{ UFC g}^{-1}$  en el periodo de 6 días. El desarrollo de Hongos y levaduras en PET fue de  $1.1883 \log \text{ UFC g}^{-1}$  en un periodo de 3 días y en PS de  $2.0807$  en un periodo de 6 días. En el caso de la verdolaga, su tiempo de vida útil es menor en comparación con el epazote, mostrando que ninguno de los dos envases tuvo un efecto que prolongara dicha vida de anaquel.

Las razones que explican este comportamiento, se podrían atribuir a condiciones genotípicas de los microorganismos; por ejemplo, la mayoría de la flora de tipo mesófilo puede también ser psicrótrofo, es decir, que pueden desarrollarse a temperaturas de refrigeración (Camacho *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2006). El método de desinfección resultó tener buen efecto debido a la reducción de 2 escalas logarítmicas en cuentas microbiológicas pero no resultó suficiente para adaptar estas hortalizas a un producto mínimamente procesado bajo estas condiciones de estudio.

#### Evaluación del efecto de la combinación de los métodos de desinfección de la verdolaga y epazote mínimamente procesados sobre parámetros químicos

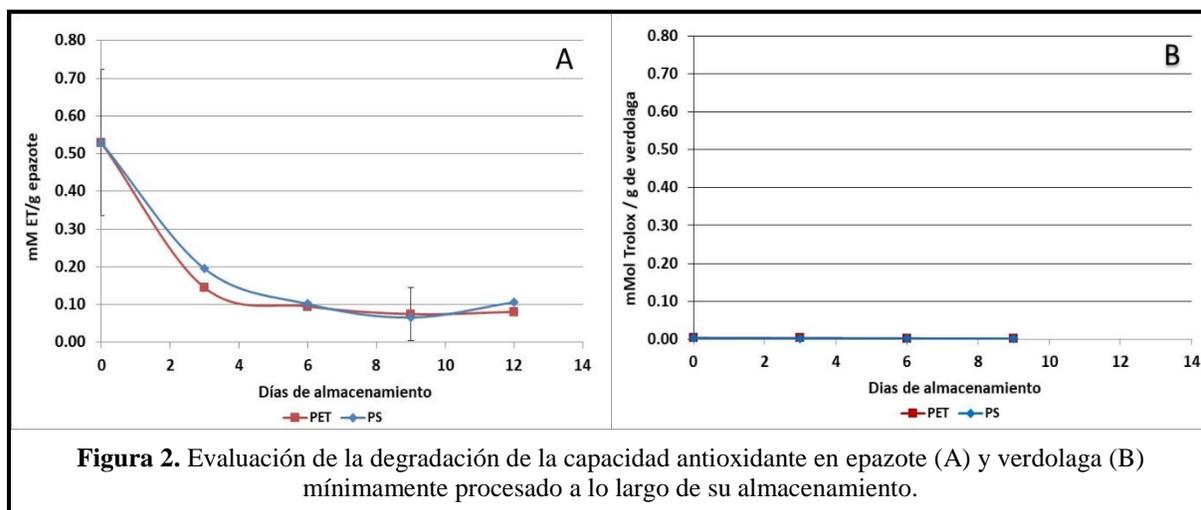
En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos para la verdolaga mínimamente procesada, en donde se observa que con respecto a la comparación de envase PET y PS el contenido de fenoles totales de verdolaga no existe diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) solo en el día 9, mientras que en epazote solo en el día 12 hay diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el contenido de fenoles, resaltando que con ambos envases la tendencia del contenido de fenoles totales disminuye a lo largo del tiempo.



En la Figura 1 se observa una mayor concentración de fenoles totales en el epazote desinfectado con el tratamiento de UV-C, esto puede estar dado a que la síntesis de la enzima fenilalanina amonio-lyasa, que es clave en la síntesis de fenilpropanoides, y dado lugar a la formación de fenoles, fitoalexinas y

ligninas con capacidad antifúngica (Ryalls *et al.*, 1996). Otro ejemplo de la activación de esta ruta es la biosíntesis de quercetinas (flavonoles), que se ve estimulada por la irradiación UV-B en el pericarpio de manzana cv. 'Jonathan' y se presenta una correlación positiva entre la síntesis de antocianinas y quercetina, lo cual sugiere que el metabolismo de ambas sustancias es un proceso foto-dependiente (Bakhshi y Arakawa, 2006).

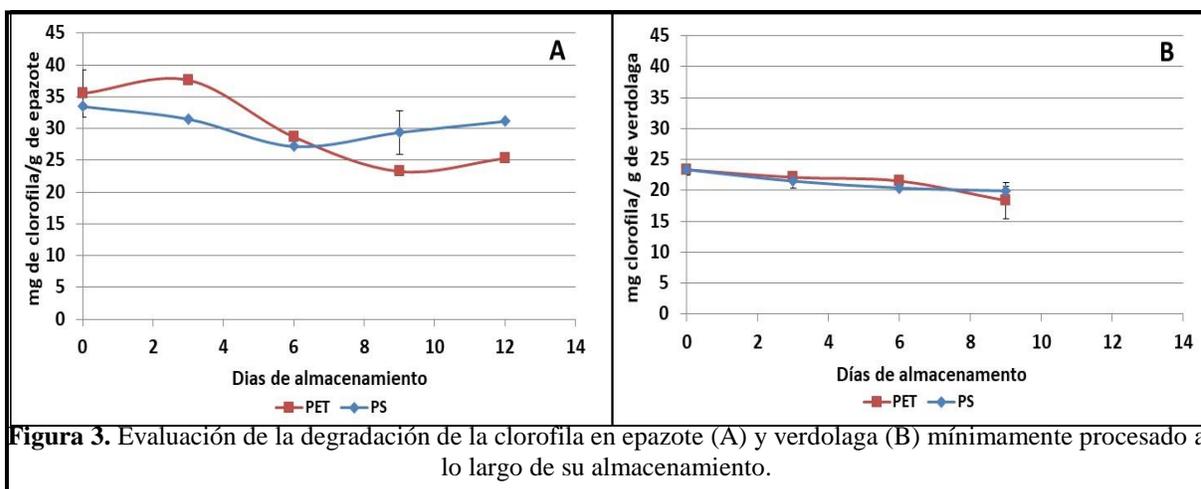
Los fenoles son compuestos con propiedades como la de fungir como antioxidantes, debido a que hay presencia de estos en los productos vegetales, es necesario evaluar el efecto sobre esta característica dada por los diferentes envases en los productos mínimamente procesados.



A lo largo del tiempo de almacenamiento de ambas hortalizas es posible observar una degradación de la capacidad antioxidante esto está relacionado con la disminución de los compuestos fenólicos que también se observa y se comentó anteriormente, aunque con respecto a epazote (Figura 2A) no existe diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre envase de PET y PS para los días 3 y 9. Para verdolaga (Figura 2B) solo existe diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre envases en el día 6. Algunos autores observaron que la exposición de vegetales a radiación UV-C puede incrementar la concentración de ésta. La irradiación UV-C también actúa de manera indirecta al inducir mecanismos de resistencia por acumulación de compuestos fungicidas como fenoles, flavonoides y poliaminas. 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 amonía-liasa, que induce la formación de compuestos fenólicos que llega a producir efectos tóxicos para ellos (Domínguez & Parzanese, 2015).

Las hortalizas contienen, además de los carotenoides y antocianos, otros pigmentos de gran importancia, como las clorofilas. El color verde de las hojas se debe a las clorofilas a (verde azulado) y b (verde amarillento) que se encuentran en proporción 3:1 aproximadamente (Berlitz *et al.*, 2009) es importante la cuantificación de las clorofilas porque tienen un papel importante en la prevención de enfermedades asociadas con estrés oxidativo como cáncer y enfermedades cardiovasculares (Ban y Sircelj, 2011).

En la verdolaga mínimamente procesada (Figura 3B) se observa que al paso del tiempo de almacenamiento la cantidad de clorofila en las hortalizas ha disminuido. En epazote (Figura 3A) existe diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el día 6 y 9 al comparar efecto del envase, mientras que para verdolaga (Figura 3B) solo en el día 6 hay diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).



## CONCLUSIONES

Dentro de los resultados obtenidos, se observó que la combinación de los métodos de desinfección disminuyeron de forma significativa la carga microbiana de las hortalizas estudiadas, sin embargo no lo suficiente para lograr cargas que se encuentren en lo establecido por las normas, mientras que no hubo efecto por el envase de empaque en ambos productos, observándose que con el paso del tiempo hay una disminución en los componentes químicos presentes en las hortalizas.

**AGRADECIMIENTOS.** El presente trabajo fue financiado por el proyecto IT202419 Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aberoumand, A. 2009. Nutritional Evaluation of Edible *Portulaca oleracea* as Plant Food. *Food Annals Methods* 2:204-207.
- 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.
- Breinholt, Schimerlik, Dashwood, Bailey. 1995. Mechanisms of Chlorophyllin Anticarcinogenesis against Aflatoxin B1: Complex Formation with the Carcinogen. *Chem. Res. Toxicol.* 506-514.
- Camacho, C., B. Alfonso, L. Ortiz, D. Bertorelli y F.D. Venanzi. 2001. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz súper dulce. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51, 180-186.
- Domínguez, L., Parzanese, M. 2005. Fluidos supercríticos. *Aliment. Argentino*. 1,1-12.
- 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.
- Ryalls, J., Neuenschwander, U., Willits, M., Molina, A., Steiner, H.Y. and Hunt, M. 1996. Systemic acquired resistance. *Plant Cell*, 8, 1809-1819.
- 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.

## Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

- 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.
- 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>