

Evaluation of the antimicrobial activity of cinnamaldehyde in the preservation of edible dahlia flowers, under different storage conditions

Evaluación del antimicrobiano cinamaldehído en la conservación de flores de dalia comestibles, bajo condiciones diferentes de almacenamiento

Estrella Lara-Cortés¹; Rosalba Troncoso-Rojas²; Mónica Hernández-López¹; Silvia Bautista-Baños^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Carretera Yautepec-Jojutla km 6, col. San Isidro, CEPROBI 8, Yautepec, Morelos, C. P. 62531, MÉXICO. sbautis@ipn.mx, tel.: 735 394 20 20 ext. 82571, fax: 735 394 18 96 (*Corresponding author)

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera a la Victoria km 0.6, Hermosillo, Sonora, C. P. 83304, MÉXICO.

Abstract

Dahlias, in addition to their use as ornamental flowers, are consumed in a wide variety of foods. However, once harvested their shelf life is less than three days. The aim of this study was to evaluate the antimicrobial effect of 0.25 % cinnamaldehyde on edible dahlias held in polyethylene terephthalate (PET) and low-density polyethylene (LDPE) packages stored at 8 and 25 °C. Also, the ripening and quality of treated flowers were evaluated. The total population of yeasts and molds, mesophilic aerobic bacteria and psychrophilic bacteria increased during storage. Both packaging materials and cinnamaldehyde influenced the microbial count; however, microbial development was not totally controlled. The lowest weight loss was observed with PET, regardless of storage temperature. The lowest respiration rate was obtained in dahlias stored at 8 °C, regardless of packaging material. Ethylene production was not influenced by packaging material or storage temperature. In general, phenolic compounds and antioxidant capacity remained unchanged during storage. However, further studies are needed to improve control of pathogenic microorganisms in this commodity.

Keywords: *Dahlia* spp., spoilage microorganisms, ripening, quality.

Resumen

Las dalias, además de su uso como flores de ornato, se consumen en gran variedad de alimentos; no obstante, una vez que se cosechan su vida útil es menor a tres días. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto antimicrobiano del cinamaldehído a 0.25 % en dalias comestibles, en empaques de tereftalato de polietileno (PET) y polietileno de baja densidad (LDPE) almacenadas en 8 y 25 °C. Además, se evaluó la maduración y calidad de las flores tratadas. La población total de hongos y levaduras, bacterias mesofílicas aerobias y bacterias psicofílicas se incrementó durante el almacenamiento. Ambos materiales de empaque y el cinamaldehído influyeron en la cuenta microbiana; sin embargo, no se controló totalmente el desarrollo microbiano. La pérdida menor de peso se observó con el PET, independientemente de la temperatura de almacenamiento. La menor tasa de respiración se obtuvo en dalias almacenadas a 8 °C, independientemente del empaque. La producción de etileno no se vio influenciada por el empaque ni por la temperatura de almacenamiento. En general, los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante se mantuvieron durante el almacenamiento. Es necesario llevar a cabo otros estudios que aumenten el control de microorganismos en este producto.

Palabras clave: *Dahlia* spp., microorganismos deterioradores, maduración, calidad.



Introduction

Edible flowers add aroma, flavor and visual appeal to many dishes. In addition to all the qualities that can be added to gastronomy, they are also a potential source of compounds with biological activity such as antioxidants, which have gained importance in the prevention of degenerative diseases (Lara-Cortés, Osorio-Díaz, Jiménez-Aparicio, & Bautista-Baños, 2013). However, even with all the qualities they possess, edible flowers have not yet received the same attention as fresh fruit and vegetables. To date, no guidelines have been established regarding their storage, due to the limited information on factors that limit their quality. In general, edible flowers should be used within two to five days of being cut; therefore, they require suitable postharvest technology in order to extend their shelf life.

The dahlia (*Dahlia* spp.) is a flower known for its consumption as food and its nutritional and functional properties. Lara-Cortés et al. (2014) found that purple dahlia flowers, in particular, are an important source of compounds with biological activity, such as antioxidants, and therefore could be a functional food. However, despite its qualities, its use in food is limited since it is highly perishable; once cut, its shelf life is less than three days due to the presence of spoilage microorganisms which place limits on its preservation.

In this regard, it is known that one of the requirements that flowers must meet for consumption is to be free of pathogenic microorganisms that can cause health problems, added to which some microorganisms, without being pathogenic, can also alter the sensory characteristics of flowers. Therefore, control alternatives, such as antimicrobial compounds derived from essential oils found in spices, have been investigated. One such example is cinnamon oil, which contains cinnamaldehyde. Lara-Cortés et al. (2015) have shown that cinnamaldehyde has considerable *in vitro* bactericidal action against gram-negative bacteria isolated from edible dahlias.

On the other hand, modified atmosphere (MA) packaging has been widely used to maintain quality, extend shelf life and reduce microbial growth in lettuce, broccoli, spinach and many other products (Luo, 2007). Likewise, this technology also extends the shelf life of horticultural products due to the oxygen (O_2) concentration and increased carbon dioxide (CO_2) in the atmosphere of the packaged product (Wills, Mcglasson, Graham, & Joyce, 2004). Moreover, polymeric materials that are used for packaging fresh products have numerous benefits such as water loss control, mechanical damage protection and reduced contamination of the product during handling (del Nobile et al., 2009). Another important aspect to consider is temperature control since it mainly affects various physiological factors and the quality of

Introducción

Las flores comestibles añaden aroma y sabor, además de ser un atractivo visual en los platillos. Aunado a todas las características que pueden sumar a la gastronomía, también son fuente potencial de compuestos con actividad biológica como los antioxidantes; los cuales actualmente han cobrado importancia en la prevención de enfermedades degenerativas (Lara-Cortés, Osorio-Díaz, Jiménez-Aparicio, & Bautista-Baños, 2013). Sin embargo, aún con todas las cualidades que poseen, las flores comestibles no han recibido la misma atención que las frutas y vegetales frescos. A la fecha, no se han establecido directrices para su almacenamiento debido a la escasa información sobre los factores que limitan su calidad. En general, las flores comestibles deben utilizarse dentro de los dos y cinco días después de la cosecha; por ello, requieren de tecnología postcosecha adecuada con la finalidad de extender su vida de anaquel.

La dalia (*Dahlia* spp.) es una flor de la cual se tiene conocimiento de su consumo como alimento y propiedades nutricionales y funcionales. En estudios generados por Lara-Cortés et al. (2014) se observa que, en especial, las flores de dalia color púrpura resultan ser una fuente importante de compuestos con actividad biológica, como la antioxidante, y por tanto pudieran ser un alimento funcional. No obstante, a pesar de sus cualidades, su uso en la alimentación se ve limitado debido a que es altamente perecedera; lo anterior debido a que una vez cortada su vida útil es de tan sólo tres días, siendo la presencia de microorganismos deterioradores un factor limitante para su conservación.

Al respecto, se sabe que una de las características que deben cumplir las flores para su consumo es estar libre de microorganismos patógenos que pueden causar daños a la salud; aunado a que algunos microorganismos, sin ser patógenos, también pueden alterar las características sensoriales de las flores. Por lo anterior, se han investigado alternativas de control, como los compuestos antimicrobianos derivados de aceites esenciales de especias. Un ejemplo de ello es el aceite de canela, el cual contiene cinamaldehído. Lara-Cortés et al. (2015) han demostrado que principalmente el cinamaldehído posee una acción bactericida notable *in vitro* contra bacterias gram negativas aisladas de dalias comestibles.

Por otro lado, la tecnología de envasado en atmósfera modificada (AM) se ha utilizado ampliamente para mantener la calidad, extender la vida útil y disminuir el crecimiento microbiano en lechuga, brócoli, espinacas y muchos otros productos (Luo, 2007). Asimismo, esta tecnología prolonga la vida útil de los productos hortícolas debido a la concentración de oxígeno (O_2) y el aumento de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera del producto empacado (Wills, Mcglasson, Graham, &

the packaged product, such as respiration rate, water loss, color conservation, turgor, etc. (Ščetar, Kurek, & Galić, 2010).

The aim of this study was to evaluate the antimicrobial effect of cinnamaldehyde application on edible dahlias stored under different temperatures (8 and 25 °C) and in two types of packaging materials (polyethylene terephthalate and low-density polyethylene), in terms of safety and quality conservation aspects.

Materials and methods

Plant material

Purple dahlia var. Pompom flowers were provided by the Mexican Dahlia Association (Xochitla, Ecological Park, Tepotzotlán, Mexico, 19° 43' 4" NL and 99° 12' 1" WL). During the growing period, irrigation, fertilization and pest and disease control practices suitable for dahlia were followed (Jiménez-Mariña, 2015). Flowers were selected on the basis of being free of mechanical damage, insects and signs of deterioration.

Experiment and treatments

Dahlia flower samples of 50 ± 5 g were placed in polyethylene terephthalate (PET [330 μ m thick]) containers with snap-on lids and in low-density polyethylene (LDPE [thickness 220 μ m thick]) resealable bags. The antimicrobial compound cinnamaldehyde (CIN) (Sygma, Aldrich) at a concentration of 0.25 % was pipetted onto a filter paper (2×3 cm²) and placed inside each packaging material during the storage period. Containers were stored at 8 and 25 °C. Control samples were processed similarly, with exception of the volatile CIN compound which was replaced with water. The treatment design corresponded to the combinations of two temperature levels (8 and 25 °C), two types of packaging materials (PET and LDPE) and the absence and presence of the application of 0.25 % CIN, giving a total of eight treatments: T1 = PET + 8 °C + 0.25% CIN, T2 = PET + 8 °C + water, T3 = LDPE + 8 °C + 0.25 % CIN, T4 = LDPE + 8 °C + water, T5 = PET + 25 °C + 0.25 % CIN, T6 = PET + 25 °C + water, T7 = LDPE + 25 °C + 0.25% CIN, and T8 = LDPE + 25 °C + water. Except for respiration rate and ethylene production, the variables for treatments T1-T4 (8 °C) and T5-T8 (25 °C) were evaluated at eight and three days of storage, respectively.

Microbiological analysis

Microbiological stability was evaluated by determining mesophilic aerobic bacteria (MAB), yeasts and molds (Y/M) and psychrophilic (PSY) bacteria. The 10-g samples of three flowers were homogenized separately for 2 min with 90 mL of sterile peptone solution. Serial

Joyce, 2004). Por otra parte, los materiales poliméricos se usan para envasar productos frescos, cuentan con numerosos beneficios incluyendo el control de pérdida de agua, protección contra el daño mecánico y reducción de la contaminación del producto durante la manipulación (del Nobile et al., 2009). Otro aspecto importante a considerar es el control de temperatura, ya que influirá principalmente en diversos factores fisiológicos y de calidad del producto envasado como la tasa de respiración, pérdida de agua, conservación del color, turgencia, etc. (Ščetar, Kurek, & Galić, 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación del antimicrobiano cinamaldehído en dalias comestibles bajo diferentes temperaturas (8 y 25 °C) y empaques (tereftalato de polietileno y polietileno de baja densidad), en aspectos de inocuidad y conservación de la calidad durante un periodo de almacenamiento.

Materiales y métodos

Material vegetal

Las flores de dalia var. Pompom color púrpura fueron proporcionadas por la Asociación Mexicana de la Dalia (Xochitla, Parque Ecológico, Tepotzotlán, México, 19° 43' 4" latitud norte y 99° 12' 1" longitud oeste). Para el cultivo se siguieron los cuidados en riego, fertilización, control de plagas y enfermedades propios de la dalia (Jiménez-Mariña, 2015). La selección de las flores se realizó en aquellas libres de daños mecánicos, insectos y signos de deterioro.

Experimentos y tratamientos

Las muestras de flores de dalia de aproximadamente 50 ± 5 g se colocaron en contenedores de tereftalato de polietileno (PET, por sus siglas en inglés [330 μ m de grosor]) con tapas cerradas a presión y en bolsas con cierre de polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés [220 μ m de grosor]). El compuesto antimicrobiano cinamaldehído (CIN) (Sygma, Aldrich) a 0.25 % de concentración se vertió sobre papel filtro (2×3 cm²), el cual se colocó dentro de cada empaque durante el periodo de almacenamiento. Los contenedores se almacenaron a 8 y 25 °C. Las muestras control se manejaron de manera similar, con excepción del compuesto volátil CIN que se sustituyó por agua. El diseño de tratamientos correspondió a las combinaciones de dos niveles de temperaturas (8 y 25 °C), dos tipos de empaque (PET y LDPE) y ausencia y presencia de la aplicación de 0.25 % de CIN, lo que generó un total de ocho tratamientos: T1 = PET + 8 °C + CIN 0.25 %, T2 = PET + 8 °C + agua, T3 = LDPE + 8 °C + CIN 0.25 %, T4 = LDPE + 8 °C + agua, T5 = PET + 25 °C + CIN 0.25 %, T6 = PET + 25 °C + agua, T7 = LDPE + 25 °C + CIN 0.25% y T8 = LDPE + 25 °C + agua. Excepto por la tasa de respiración y producción

dilutions (1 mL) of each mixture were plated on Petri dishes containing potato dextrose agar for Y/M and tryptic soy agar for MAB and PSY, respectively. Once the medium gelled, it was incubated at 35 ± 2 °C for 48 h for MAB, and at 8 °C for seven days for PSY and three to five days for Y/M. Each microbiological evaluation was performed in triplicate and the values were averaged. The results were expressed in $\log \text{cfu} \cdot \text{g}^{-1}$.

Physiological response

Weight loss

A Sartorius balance was used to determine the weight loss of the flowers, which were evaluated at eight and three days for samples stored at 8 and 25 °C, respectively. For the evaluation, three flowers per treatment were taken and their initial and final weight (at the end of the storage period) was recorded. The results were averaged and expressed in percentage of weight loss.

CO₂ and ethylene production

Respiration rate and ethylene production were determined according to Watada and Massie (1986) and Troncoso-Rojas, Sánchez-Estrada, Ruelas, García, and Tiznado-Hernández (2005). Air samples (1 mL) were taken from each package and injected into a Varian 3400 cx gas chromatograph equipped with a HayeSep N column (2 m x 3.17 mm inside diameter, Supelco, Inc.) coupled to a thermal conductivity detector (for CO₂) and a flame ionization detector (for ethylene). The parameters were: 100 °C injection temperature, 170 °C thermal conductivity detector, and 120 °C flame ionization detector. Nitrogen was used as a carrier gas with a flow rate of 25 mL·min⁻¹. The evaluations were carried out daily in three flowers per treatment for three and eight days at 25 and 8 °C, respectively. Data obtained from each day were averaged. Respiration rate and ethylene production were expressed in mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ and μL ethylene·kg⁻¹·h⁻¹, respectively.

Quality evaluation of the treated flowers

Color analysis

Color (CIE L*, a*, b*) was determined with a ColorQuest® XE colorimetric-spectrophotometer (Hunter Associates Lab, Reston, Virginia, USA), using as reference the typical color of the purple flowers used. The spectrophotometer was calibrated using a standard trap light and a white ceramic plate (L* = 93.50, a* = -0.89 and b* = 1.01) with D65/10° (illuminant geometry / display). Three packages with flowers were used and three readings of each ligule were taken, using a total of three flowers per treatment. The hue and chroma

de etileno, las variables para los tratamientos T1-T4 (8 °C) y T5-T8 (25 °C) se evaluaron a los ocho y tres días de almacenamiento, respectivamente.

Análisis microbiológico

La estabilidad microbiológica se evaluó a través de la determinación de bacterias mesofílicas aerobias (BMA), hongos y levaduras (H/L) y bacterias psicofílicas (PSI). Las muestras de 10 g de tres flores se homogenizaron por separado durante 2 min con 90 mL de solución de peptona estéril. Las diluciones seriadas (1 mL) de cada mezcla se vertieron en cajas de Petri que contenían agar papa dextrosa para H/L y agar soya tripticásina para BMA y PSI. Una vez gelificado el medio se incubó a 35 ± 2 °C durante 48 h para BMA y a 8 °C durante siete días para PSI y de tres a cinco días para H/L. Cada evaluación microbiológica se realizó por triplicado y los valores se promediaron. Los resultados se expresaron en $\log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$.

Respuesta fisiológica

Pérdida de peso

Para determinar la pérdida de peso de las flores se utilizó una balanza Sartorius y se evaluaron a los ocho y tres días, para muestras almacenadas a 8 y 25 °C, respectivamente. Para la evaluación se tomaron tres flores por tratamiento, de las cuales se registró el peso inicial y final (al término del almacenamiento). Los resultados se promediaron y se expresaron en porcentaje de pérdida de peso.

Producción de CO₂ y etileno

La tasa respiratoria y producción de etileno se determinó de acuerdo con Watada y Massie (1986) y Troncoso-Rojas, Sánchez-Estrada, Ruelas, García, y Tiznado-Hernández (2005). Se obtuvieron muestras de aire (1 mL) de cada empaque y se inyectaron en un cromatógrafo de gases Varian 3400 cx equipado con una columna HayeSep N (2 m x 3.17 mm de diámetro interior, Supelco, Inc.) acoplado a un detector de conductividad térmica (para CO₂) y un detector de llama de ionización (para etileno). Los parámetros fueron: temperatura de inyección, 100 °C; detector de conductividad térmica, 170 °C, y detector de ionización de llama, 120 °C. Se utilizó nitrógeno como gas portador con caudal de 25 mL·min⁻¹. Las evaluaciones se realizaron diariamente en tres flores por tratamiento durante tres y ocho días para 25 y 8 °C, respectivamente. Los datos que se obtuvieron de cada día se promediaron. La tasa respiratoria y producción de etileno se expresaron en mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ y μL etileno·kg⁻¹·h⁻¹, respectivamente.

values were calculated with the following equations: $\text{hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ and $\text{chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$. The evaluations corresponding to 8 and 25 °C were carried out at three and eight days, respectively. Data were averaged and expressed as color difference (ΔE).

Total phenolic compounds

Total phenolic compounds were determined following the Folin-Ciocalteu method as modified by Dastmalchi, Damien-Dorman, Laakso, and Hiltunen (2007). Extracts were diluted with 40 % ethanol and the dilution factor was taken into account in the calculations. A 0.5-mL aliquot of extract (diluted) was transferred to a test tube, to which 500 μL of Folin-Ciocalteu reagent, 10 mL of a Na_2CO_3 solution (200 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) and distilled water to a volume of 25 mL were added. After 1 h of reaction at room temperature, absorbance was determined at 725 nm and compared with a calibration curve made with gallic acid as the reference compound at eight different concentrations (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Each analysis of total phenolic compounds, based on three flowers per treatment, was performed in triplicate and the solvent was considered as reference. The evaluations corresponding to 8 and 25 °C were carried out at three and eight days, respectively. The results were averaged and expressed in mg of gallic acid (GA) per g of ligule ($\text{mg GA}\cdot\text{g ligule}^{-1}$).

Antioxidant capacity

Antioxidant capacity was evaluated using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) reagent, according to the method followed by Brand-Williams, Cuvelier, and Berset (1995), with the following modifications: DPPH along with the samples were dissolved in 100 % ethanol, which was also used as reference. The samples of three flowers per treatment were prepared in triplicate and the absorbance was read at a wavelength of 515 nm. The evaluations corresponding to 8 and 25 °C were performed at three and eight days, respectively. Data were averaged and expressed as inhibition percent of radical DPPH (% IDPPH).

Statistical analysis

An analysis of variance was performed based on a factorial treatment design in a completely randomized arrangement. Treatment means were compared using the Tukey test ($P \leq 0.05$) to consider significant differences among treatments. Data were presented as the mean $\pm$ standard deviation and were processed using the JMP statistical software, version 4.04 (Lara-Cortés et al., 2014).

Evaluación de la calidad en las flores tratadas

Análisis de color

El color (CIE L^* , a^* , b^*) se determinó con un espectrofotómetro-colorimétrico ColorQuest® XE (Hunter Associates Lab, Reston, Virginia, EE.UU.), tomando como referencia el color típico de las flores púrpuras utilizadas. El espectrofotómetro se calibró con el uso de la trampa de luz estándar y una placa de cerámica blanca ($L^* = 93.50$, $a^* = -0.89$ y $b^* = 1.01$) con D65/10° (geometría iluminante / visualización). Se utilizaron tres empaques con flores y se tomaron tres lecturas de cada ligula; usando un total de tres flores por tratamiento. Los valores tonales y cromáticos se calcularon a partir de las siguientes ecuaciones: $\text{hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ y $\text{croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$. Las evaluaciones correspondientes a 8 y 25 °C se realizaron a los tres y ocho días, respectivamente. Los datos se promediaron y se expresaron como diferencia de color (ΔE).

Compuestos fenólicos totales

La determinación se llevó a cabo con el método Folin-Ciocalteu modificado de acuerdo con el procedimiento descrito por Dastmalchi, Damien-Dorman, Laakso, y Hiltunen (2007). Los extractos se diluyeron con etanol al 40 %, y el factor de dilución se tomó en cuenta en los cálculos. Se transfirió una alícuota de 0.5 mL de extracto (diluida) a un tubo de ensayo, se añadieron 500 μL del reactivo Folin-Ciocalteu, se agregaron 10 mL de una solución de Na_2CO_3 (200 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) y agua destilada hasta un volumen de 25 mL. Después de 1 h de reacción a temperatura ambiente, se determinó la absorbancia a 725 nm y se comparó con una curva de calibración realizada con ácido gálico como compuesto de referencia en ocho concentraciones diferentes (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Cada determinación, de tres flores por tratamiento, se realizó por triplicado y el disolvente fue considerado como blanco. Las evaluaciones correspondientes a 8 y 25 °C se realizaron a los tres y ocho días, respectivamente. Los resultados se promediaron y se expresaron en mg de ácido gálico (AG) por g de ligula ($\text{mg AG}\cdot\text{g ligula}^{-1}$).

Capacidad antioxidante

La evaluación de la capacidad antioxidante se realizó usando el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), de acuerdo con el método seguido por Brand-Williams, Cuvelier, y Berset (1995), con las siguientes modificaciones: se disolvieron el DPPH y las muestras en etanol al 100 %, el cual también se utilizó como blanco. Las muestras de tres flores por tratamiento se prepararon por triplicado y se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 515 nm. Las evaluaciones correspondientes a 8 y 25 °C se realizaron a los tres y ocho días, respectivamente. Los

Results and discussion

Microbiological analysis

Results of the microbiological analysis of the different evaluated treatments are shown in Table 1. The number of MAB, Y/M, and PSY increased in all treatments compared to the initial microbial count. There were significant differences among treatments ($P \leq 0.05$) in the three microbial groups studied. The highest coefficient of variation was obtained by Y/M (19.3 %), followed by PSY (14.2 %) and MAB (11.8 %), respectively. The interaction between storage temperature, antimicrobial application and

datos se promediaron y se expresaron como porcentaje de inhibición del radical DPPH' (% IDPPH).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de acuerdo con un diseño de tratamientos factorial en un arreglo completamente al azar, comparando las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para considerar diferencias significativas entre tratamientos. Los datos se presentan como la media $\pm$ desviación estándar y fueron procesados utilizando el *software* estadístico JMP, versión 4.04 (Lara-Cortés et al., 2014).

Table 1. MAB, Y/M, and PSY contents in edible dahlia flowers with the use of packages (PET and LDPE) and stored at 8 and 25 °C with/without cinnamaldehyde for eight and three days, respectively. The results are expressed in log CFU·g ligule⁻¹.

Cuadro 1. Contenido de BMA, H/L y PSI en flores de dalia comestibles con el uso de empaques (PET y LDPE) y almacenadas a 8 y 25 °C con/sin cinamaldehydo durante ocho y tres días, respectivamente. Los resultados se expresan en log CFU·g lígula⁻¹.

Treatment/ Tratamiento	Initial MAB/ BMA inicial	Final MAB/ BMA final	Δ MAB/ Δ BMA	Initial Y/M/ H/L inicial	Final Y/M/ H/L final	Δ Y/M/ Δ H/L	Initial PSY/ PSI inicial	Final PSY/ PSI final	Δ PSY/ Δ PSI
T1	1.9 $\pm$ 0.4	5.5 $\pm$ 0.1	3.5 c ^z	1.7 $\pm$ 0.04	6.1 $\pm$ 0.1	4.3 b	2.9 $\pm$ 0.1	4.4 $\pm$ 0.1	1.5 a
T2	3.3 $\pm$ 0.1	6.2 $\pm$ 0.2	2.9 b	1.3 $\pm$ 0.08	5.7 $\pm$ 0.1	4.4 b	2.9 $\pm$ 0.0	5.7 $\pm$ 0.1	2.8 c
T3	2.3 $\pm$ 0.1	4.8 $\pm$ 0.1	2.5 a	1.6 $\pm$ 0.01	5.0 $\pm$ 0.1	3.3 a	3.0 $\pm$ 0.1	5.0 $\pm$ 0.1	2.0 b
T4	2.3 $\pm$ 0.1	5.3 $\pm$ 0.2	3.0 b	1.6 $\pm$ 0.00	4.7 $\pm$ 0.1	3.1 a	3.0 $\pm$ 0.1	5.9 $\pm$ 0.1	2.9 c
T5	1.9 $\pm$ 0.1	7.0 $\pm$ 0.2	5.0 d	1.7 $\pm$ 0.04	5.1 $\pm$ 0.1	3.3 a	2.8 $\pm$ 0.1	5.9 $\pm$ 0.2	3.1 c
T6	2.7 $\pm$ 0.1	7.8 $\pm$ 0.1	5.1 d	1.1 $\pm$ 0.1	4.3 $\pm$ 0.2	3.1 a	3.4 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.2	3.7 d
T7	2.3 $\pm$ 0.1	7.5 $\pm$ 0.3	5.1 d	1.3 $\pm$ 0.03	6.2 $\pm$ 0.2	4.8 c	2.9 $\pm$ 0.1	4.4 $\pm$ 0.1	1.5 a
T8	2.3 $\pm$ 0.4	7.5 $\pm$ 0.1	5.1 d	1.6 $\pm$ 0.01	6.7 $\pm$ 0.2	5.0 c	3.0 $\pm$ 0.1	4.4 $\pm$ 0.1	1.4 a
C.V. (%)			11.8			19.3			14.2
HSD/DMSH			0.6			0.4			0.2
Interaction: Packaging material x Temp. x CIN/ Interacción: Empaque x Temp. x CIN			0.01			0.05			0.05

T1 = PET + 8 °C + 0.25 % CIN, T2 = PET + 8 °C + water, T3 = LDP + 8 °C + 0.25 % CIN, T4 = LDPE + 8 °C + water, T5 = PET + 25 °C + 0.25 % CIN, T6 = PET + 25 °C + water, T7 = LDPE + 25 °C + 0.25 % CIN, T8 = LDPE + 25 °C + water

Data of the initial and final counts are presented as the mean $\pm$ deviation standard of three measurements.

^zMeans with the same letter within columns are not statistically different (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = coefficient of variation. HSD = honest significant difference

T1 = PET + 8 °C + CIN 0.25 %, T2 = PET + 8 °C + agua, T3 = LDP + 8 °C + CIN 0.25 %, T4 = LDPE + 8 °C + agua, T5 = PET + 25 °C + CIN 0.25 %, T6 = PET + 25 °C + agua, T7 = LDPE + 25 °C + CIN 0.25 %, T8 = LDPE + 25 °C + agua

Los datos del conteo inicial y final se presentan como la media $\pm$ la desviación estándar de tres mediciones.

^zMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = coeficiente de variación. DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

packaging material influenced the development of the microbial groups.

In MAB a lower increase in microbial count was observed in flowers stored at 8 °C. At this temperature, the presence of microorganisms was lower in flowers packaged in LDPE with CIN, whereas at 25 °C, in addition to the development of the microbial count, there was obvious deterioration and fungal growth on the surface of the ligules. Concerning the Y/M and PSI microbial groups, a defined pattern among treatments was not determined; however, regardless of CIN application, the microbial count of Y/M was lower compared to the other treatments ($P \leq 0.05$) with LDPE and PET at 8 and 25 °C, respectively. On the other hand, for PSI, flowers packaged in PET + CIN at 8 °C and in LDPE at 25 °C also had a lower microbial count ($P \leq 0.05$).

It can be inferred that the results were possibly due to the initial microbial count of the product, which was high and thus explains why the CIN was not very effective in controlling microbial development during storage. Added to this, it has a documented history of volatilization (Olivares-Cruz & López-Malo, 2013). In this regard, Matos-Chamorro, Quispe-Condori, Quito-Vidal, and Beltrán-Cárdenas (2010) mention that some antimicrobial substances, such as essential oils or derivatives thereof, may present difficulties in their use as preservatives due to their impregnation in the foodstuff or rapid volatilization.

On the other hand, microbiological safety is one of the most important factors to consider in preserving any plant product (Bico, Raposo, Morais, & Morais, 2009). As set out in Appendix B of the Official Mexican Standard NOM-093-SSA1-1994 (1994), raw salads should not exceed MAB microbiological limits of $5.1 \log \text{CFU} \cdot \text{g}^{-1}$, which are sometimes higher or equal to the results obtained in most of the treatments evaluated in this investigation.

Similarly, high microbial counts also affect the nutritional and sensory characteristics of the product. This is because within the microorganisms evaluated (MAB, Y/M and PSI) we could find some microorganisms that although they are not pathogens themselves they alter and accelerate the senescence process in stored flowers, as has been shown by Piagentini, Pirovani, and Güemes (2004) and Rawat (2015).

Physiological response of treated flowers

Weight loss

In the results, significant differences among quality variables ($P \leq 0.05$) were observed (Table 2). The coefficient of variation for the percentage of weight

Resultados y discusión

Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico con los diferentes tratamientos evaluados se muestran en el Cuadro 1. Se observó que el número de BMA, H/L y PSI aumentó en todos los tratamientos con respecto de la carga inicial microbiana. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$) en los tres grupos microbianos estudiados. El coeficiente de variación mayor se obtuvo en H/L (19.3 %), seguido de PSI (14.2 %) y BMA (11.8 %). La interacción entre temperatura de almacenamiento, aplicación del antimicrobiano y empaque influyeron en el desarrollo de los grupos microbianos.

En BMA se observó un incremento menor de la carga microbiana en las flores almacenados a 8 °C. A esta temperatura, la presencia de microorganismos fue inferior en las flores empacadas en LDP con CIN. Mientras que a 25 °C, además del desarrollo de la carga microbiana, hubo deterioro evidente y crecimiento de hongos en la superficie de las lígulas. Referente a los grupos microbianos H/L y PSI, no se determinó un patrón definido entre los tratamientos; sin embargo, la carga microbiana de H/L fue menor respecto de los demás tratamientos ($P \leq 0.05$) con LDPE y PET a 8 y 25 °C, respectivamente, independientemente de la aplicación de CIN. Por otro lado, para PSI, las flores empacadas en PET + CIN a 8 °C y en LDP a 25 °C presentaron también menor cuenta microbiana ($P \leq 0.05$).

Se puede inferir que los resultados obtenidos se debieron, posiblemente, a la carga microbiana inicial del producto, la cual fue elevada; razón por la cual el CIN no fue muy eficaz para controlar el desarrollo microbiano durante el almacenamiento. Aunado a esto, existen antecedentes de su volatilización (Olivares-Cruz & López-Malo, 2013). Al respecto, Matos-Chamorro, Quispe-Condori, Quito-Vidal, y Beltrán-Cárdenas (2010) mencionaron que algunos compuestos antimicrobianos, como los aceites esenciales o sus derivados, pueden presentar dificultades en su uso como conservadores debido a su impregnación en el producto alimenticio o volatilización rápida.

Por otro lado, la seguridad microbiológica es uno de los factores más importantes a considerar en la conservación de cualquier producto vegetal (Bico, Raposo, Morais, & Morais, 2009). Según lo establecido en el Apéndice Informativo B de la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994 (1994), las ensaladas crudas no deben exceder los límites microbiológicos de BMA de $5.1 \log \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$; los cuales son superiores o iguales en algunas ocasiones a los resultados que se obtuvieron en la mayoría de los tratamientos evaluados en este trabajo.

loss was 15.7 %. The treatments in which the flowers had higher weight loss ($P \leq 0.05$) were observed in those stored in PET. As mentioned in the materials and methods section, the thickness of each material was 220 and 330 μm for LDPE and PET, respectively; however, sealing the LDPE bags with heat ensured the tightness of the package. In this regard, Liping, Turner, and Luo (2012) evaluated weight loss in carnation flowers and observed that the tightness of the packaging material used had an influence on this variable.

Weight loss is the main cause of deterioration in minimally processed vegetables since it affects the overall appearance of the product (Torales, Chaves, & Rodríguez, 2010). This is explained by the composition of such products, approximately 80-90 % of which is water. In dahlia flowers 88 to 92 % of its composition is

Igualmente, las altas cuentas microbianas también afectan las características nutrimentales y sensoriales del producto. Esto debido a que dentro de los microorganismos evaluados (BMA, H/L y PSI) podríamos encontrar algunos deterioradores que aunque no son patógenos sí alteran y aceleran el proceso de senescencia de las flores almacenadas, como lo han evidenciado Piagentini, Pirovani, y Güemes (2004) y Rawat (2015).

Respuesta fisiológica de las flores tratadas

Pérdida de peso

En los resultados de las variables de calidad se observaron diferencias significativas entre ellas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2). El coeficiente de variación para el porcentaje

Table 2. Evaluation of percentage of weight loss, color, total phenolic compound concentration and percentage of antioxidant capacity in edible dahlia flowers packaged in PET and LDPE and stored at 8 and 25 ° C, with/without cinnamaldehyde for eight and three days, respectively.

Cuadro 2. Evaluación del porcentaje de pérdida de peso, color, concentración de compuestos fenólicos totales y porcentaje de la capacidad antioxidante en flores de dalia comestibles empaquetadas en PET y LDPE y almacenadas a 8 y 25 ° C, con/sin cinamaldehído durante ocho y tres días, respectivamente.

Treatment / Tratamiento	Weight loss %/ Pérdida de peso %	ΔE	Total phenolic compounds ¹ (mg GA·g ligule ⁻¹)/ Compuestos fenólicos totales ¹ (mg AG·g ligula ⁻¹)	IDPPH ² (%)
T1	4.1 ± 0.4 b ^z	22.4 b	10.2 a	2.6 a
T2	4.3 ± 0.1 c	28.1 e	15.3 b	6.2 b
T3	2.4 ± 0.6 a	25.5 d	21.0 c	10.4 d
T4	2.2 ± 0.1 a	28.2 e	20.0 c	7.7 b
T5	4.4 ± 0.2 c	24.2 c	31.4 d	10.8 d
T6	4.6 ± 0.3 c	24.1 c	32.0 d	9.9 c
T7	2.4 ± 0.7 a	21.0 a	20.1 c	11.9 e
T8	2.3 ± 0.2 a	21.0 a	20.2 c	10.8 d
C.V. (%)	15.7	7.8	13.9	17.8
HSD/DMSH	0.3	17.3	14.8	5.7
Interaction: Packaging material x Temp. x CIN/ Interacción: Empaque x Temp. x CIN	0.01	ns	0.05	0.05

T1 = PET + 8 ° C + 0.25 % CIN, T2 = PET + 8 ° C + water, T3 = LDP + 8 ° C + 0.25 % CIN, T4 = LDPE + 8 ° C + water, T5 = PET + 25 ° C + 0.25 % CIN, T6 = PET + 25 ° C + water, T7 = LDPE + 25 ° C + 0.25 % CIN, T8 = LDPE + 25 ° C + water

Average Initial content = 25 mg GA·g ligule⁻¹, ²Average initial content = 15 %. Data are presented as the mean ± deviation standard of three measurements.

^zMeans with the same letter within columns are not statistically different (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = coefficient of variation. HSD = honest significant difference, ns = not significant, ΔE = final color.

T1 = PET + 8 ° C + CIN 0.25 %, T2 = PET + 8 ° C + AGUA, T3 = LDP + 8 ° C + CIN 0.25 %, T4 = LDPE + 8 ° C + agua, T5 = PET + 25 ° C + CIN 0.25 %, T6 = PET + 25 ° C + agua, T7 = LDPE + 25 ° C + CIN 0.25 %, T8 = LDPE + 25 ° C + agua

¹Contenido promedio inicial = 25 mg AG·g ligula⁻¹; ²contenido promedio inicial = 15 %. Los datos se presentan como la media ± la desviación estándar de tres mediciones.

^zMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

C.V. = coeficiente de variación, DMSH = diferencia mínima significativa honesta, ns = no significativo, ΔE = color final.

water (Lara-Cortés et al. 2014). Among the characteristics that were affected by the weight loss in the dahlia ligules, little turgor and firmness were observed.

CO₂ and ethylene production

CO₂ production is shown in Figure 1a. Low CO₂ production was observed in treatments stored at 8 °C, regardless of the packaging material and CIN application. However, the best treatments were those where the dahlias were stored in PET with or without the antimicrobial agent, because with this packaging material and at 8 °C the production of CO₂ was minimal during the eight days of storage. By contrast, at 25 °C the respiratory rate increased significantly in a range of 385 to 520 mL CO₂·kg⁻¹·h⁻¹. In general, at 25 °C, the difference was mainly observed in those flowers packed with the antimicrobial CIN.

Mapeli et al. (2011) reported that storage temperature affected the respiratory rate of star orchid (*Epidendrum ibaguense*) flowers, since in their experiments the CO₂ rate increased when flowers were stored at 30 °C, which coincides with the results shown in this study. On the other hand, temperature is an important factor that controls the enzymatic, respiratory and metabolic activities of horticultural products. Wiley (1997) mentions that proper temperature control during storage of fruit and vegetables can inactivate or slow some physiological effects such as respiration.

de pérdida de peso fue 15.7 %. Se observó que los tratamientos en los cuales las flores presentaron mayor pérdida de peso ($P \leq 0.05$) fue en las flores almacenadas en PET. Como se mencionó en la sección de materiales y métodos, el grosor de cada material fue de 220 y 330 μm para LDPE y PET, respectivamente; sin embargo, las bolsas LDPE al sellarse con calor aseguraron la hermeticidad del empaque. Al respecto, Liping, Turner, y Luo (2012) evaluaron la pérdida de peso en flores de clavel y observaron que la hermeticidad del empaque utilizado tuvo influencia en esta variable.

La pérdida de peso es la principal causa del deterioro de vegetales mínimamente procesados dado que afecta la apariencia general del producto (Torales, Chaves, & Rodríguez, 2010). Lo anterior se explica por la composición de este tipo de productos, ya que aproximadamente entre el 80 - 90 % es agua. En flores de dalia del 88 al 92 % de su composición es agua (Lara-Cortés et al. 2014). Entre las características que se vieron afectadas por la pérdida de peso en las ligulas de las dalias se observó poca turgencia y firmeza.

Producción de CO₂ y etileno

La producción de CO₂ se reporta en la Figura 1a. Se observó que durante el almacenamiento, la producción de CO₂ fue menor en los tratamientos a 8 °C, independientemente del empaque y de la aplicación de CIN. Sin embargo, los tratamientos sobresalientes

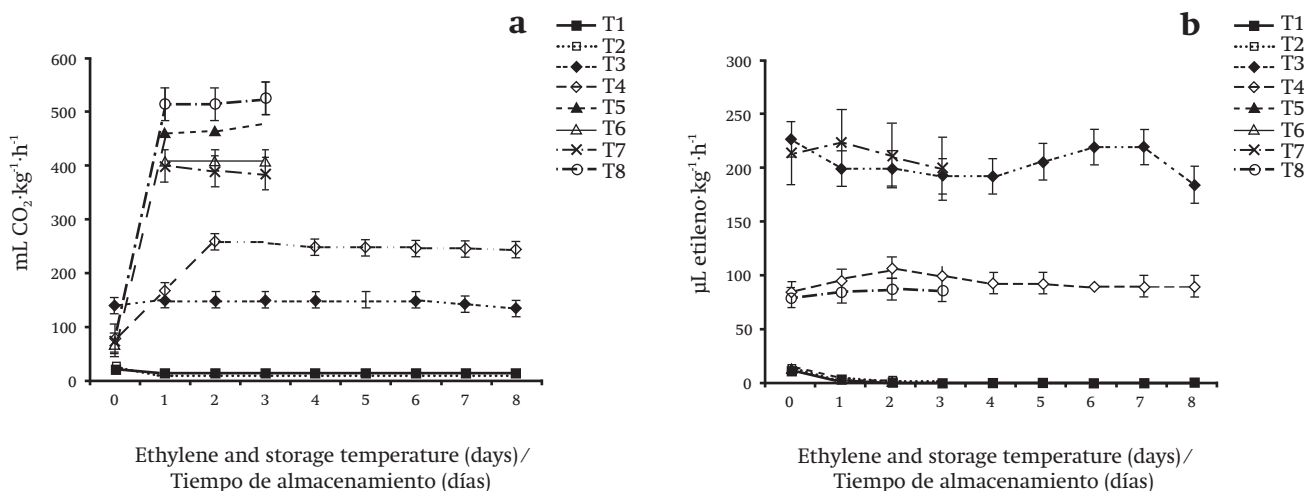


Figure 1. Production of a) CO₂ and b) ethylene in edible dahlia flowers in packages (PET and LDPE) and stored at 8 and 25 °C with/without cinnamaldehyde for eight and three days, respectively. T1 = PET + 8 °C + 0.25 % CIN, T2 = PET + 8 °C + water, T3 = LDP + 8 °C + 0.25 % CIN, T4 = LDPE + 8 °C + water, T5 = PET + 25 °C + 0.25 % CIN, T6 = PET + 25 °C + water, T7 = LDPE + 25 °C + 0.25 % CIN, T8 = LDPE + 25 °C + water.

Figura 1. Producción de a) CO₂ y b) etileno en flores de dalia comestibles en empaques (PET y LDPE) y almacenadas a 8 y 25 °C con/sin cinamaldehído durante ocho y tres días, respectivamente. T1 = PET + 8 °C + CIN 0.25 %, T2 = PET + 8 °C + agua, T3 = LDP + 8 °C + CIN 0.25 %, T4 = LDP + 8 °C + agua, T5 = PET + 25 °C + CIN 0.25 %, T6 = PET + 25 °C + agua, T7 = LDPE + 25 °C + CIN 0.25 % y T8 = LDPE + 25 °C + agua.

Figure 1b shows the evolution of ethylene production. Reduced ethylene production was observed when flowers were packaged in PET, regardless of storage temperature and CIN application. In PET, as storage time progressed, ethylene concentrations of the dahlias decreased until the values were almost not detected. In LDPE, ethylene concentrations were higher in comparison to PET; however, it was mostly observed that the concentration would increase during the storage period.

Reid and Wu (1992) demonstrated that there is a close relationship between maximum production of climacteric respiration and ethylene production in carnation flowers, which is considered to be climacteric. This did not occur in dahlia flowers, since ethylene production did not coincide with the highest respiratory rate. In this case, ethylene concentrations in the flower decreased as storage time increased, even when deterioration signs were evident in the flower, which indicates that dahlias are non-climacteric.

Quality assessment of the treated flowers

Color analysis

It was observed that the treatments with the highest color change values were those where dahlias were stored at 25 °C and water was used instead of cinnamaldehyde (Table 2). For this variable, the coefficient of variation was 7.8 %. According to CIE Lab coordinates, the treatment that showed the least color change ($P \leq 0.05$) with respect to time zero was T1, which also had the lowest brightness value ($L = 12.4$) (data not shown), a parameter which indicates the darkness of the evaluated sample. Considering these results, it can be inferred that the packaging material, temperature, and antimicrobial compound had an effect on color deterioration because this attribute was less affected when PET + 8 °C + CIN was used. The color change during flower storage may be related to the degradation of compounds, such as total polyphenols to quinones, which give a dark or brownish color to the damaged area of the plant sample.

There are numerous changes in pigment content during development and maturation of plant products. Some of these continue after harvest and may be desirable or undesirable. In the case of edible dahlia flowers these color changes are part of the senescence process, as well as the decrease in shelf life, and therefore are considered undesirable. Color and its uniformity are two of the main characteristics that determine the quality of a plant product (Mercado-Silva & Aquino-Bolaños, 2005). Although this condition is not generalized to all plant products, the color in edible flowers is one of the most important attributes in selecting and using it as food.

fueron aquellos donde las dalias se almacenaron en PET con o sin el antimicrobiano, ya que con este empaque y a 8 °C la producción de CO_2 fue mínima durante los ocho días de almacenamiento. Por el contrario, a 25 °C se incrementó notoriamente la tasa respiratoria en un rango de 385 a 520 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. En general, a 25 °C la diferencia se observó principalmente en aquellas flores empacadas con el antimicrobiano CIN.

Mapeli et al. (2011) observaron que la tasa respiratoria de flores de orquídea estrella (*Epidendrum ibaguense*) se afectó por la temperatura de almacenamiento; ya que en sus experimentos la tasa de CO_2 aumentó cuando las flores se almacenaron a 30 °C, lo cual coincide con los resultados aquí mostrados. Por otro lado, la temperatura es un factor importante que controla las actividades enzimáticas, respiratorias y metabólicas de los productos hortofrutícolas. Wiley (1997) menciona que el adecuado control de la temperatura durante el almacenamiento de frutas y hortalizas puede inactivar o retardar algunos efectos fisiológicos como la respiración.

En la Figura 1b se muestra la evolución de la producción de etileno. Se observó que hubo producción menor de etileno cuando las flores se empacaron en PET, independientemente de la temperatura de almacenamiento y de la aplicación de CIN. En PET, a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, las concentraciones de etileno de las dalias fueron menores hasta que los valores casi no se detectaron. En LDPE, las concentraciones de etileno fueron mayores en comparación con el PET; sin embargo, en su mayoría no se observó que la concentración aumentara durante el tiempo de almacenamiento.

Reid y Wu (1992) demostraron que existe una estrecha coincidencia entre la máxima producción de respiración climaterica y la producción de etileno en flores de clavel, la cual se considera climaterica. Lo anterior no ocurrió en las flores de dalia, ya que la producción de etileno no coincidió con su mayor tasa respiratoria. En este caso, las concentraciones de etileno por parte de la flor disminuyeron a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, aun cuando los signos de deterioro en la flor fueron evidentes; lo que indica que la dalia es una flor no climaterica.

Evaluación de la calidad en las flores tratadas

Análisis de color

Se observó que los tratamientos que presentaron valores mayores de cambio de color fueron donde las dalias se almacenaron a 25 °C y se usó agua en lugar de cinamaldehído (Cuadro 2). En esta variable el coeficiente de variación fue de 7.8 %. De acuerdo con las coordenadas CIE Lab, el tratamiento que mostró el

Total phenolic compounds and antioxidant capacity

In this study, significant differences among treatments ($P \leq 0.05$) were observed. The factors temperature, packaging material and the CIN antimicrobial had an influence on the content of phenolic compounds and percentage of DPPH. The respective coefficients of variation were 13.9 and 17.8 %. Results indicated that the flowers in PET + 25 °C, with or without CIN, had approximately three times more phenolic compound content than the treatment in PET + 8 °C + CIN (Table 2). On the other hand, in relation to the radical DPPH, the values corresponding to the treatment with PET + 8 °C + CIN were lower (2.6 %) compared to all other treatments ($P \leq 0.05$). In this case, the maximum DPPH percentages (11.9 %) were obtained in LDP + 25 °C + CIN. Thus, in this study, the phenolic content did not directly correlate the antioxidant capacity with the use of the radical DPPH method, being unspecific to perform this correlation.

The development and evolution of phenolic compounds affects the quality of products and is partly regulated by polyphenol oxidase activity. This enzyme is involved in the degradation of polyphenols to quinones, which produce the dark or brownish coloration in damaged areas (by oxidation, cutting, etc.) of the plant product. Likewise, Friedman et al. (2007), in studies on *Tropaeolum* and *Begonia* flowers, reported that as in dahlia flowers the use of packages in combination with temperatures helped to maintain antioxidant concentrations, including total phenolic compounds. The main difference with this research was the application of the antimicrobial compound; however, in general, no adverse effects on the preservation of dahlias because of its application were observed.

Conclusions

The interaction of the factors packaging material, storage temperature and presence of cinnamaldehyde influenced the preservation quality of edible dahlias. At 8 °C, significant influence on extending the shelf life of edible dahlias was observed. Except for water loss, the PET and LDPE packages generally provided an appropriate level of preservation for dahlias during storage at 8 and 25 °C. The antimicrobial cinnamaldehyde did not control the development of spoilage microorganisms in the flowers, probably due to the high initial microbial count.

cambio de color menor ($P \leq 0.05$) respecto del tiempo cero fue el T1; el cual también resultó con el valor de luminosidad menor ($L = 12.4$) (datos no mostrados), parámetro que nos indica que tan oscura es la muestra evaluada. Considerando estos resultados, se infiere que el material de empaque, la temperatura y el compuesto antimicrobiano tuvieron efecto sobre el deterioro del color, ya que este atributo se vio menos afectado cuando se utilizó PET + 8 °C + CIN. El cambio de color durante el almacenamiento de las flores se puede relacionar con la degradación de compuestos; como los polifenoles totales a quinonas, las cuales proporcionan coloración oscura o parduzca en la zona dañada de la muestra vegetal.

Existen cambios numerosos en el contenido de pigmentos durante el desarrollo y la maduración del producto vegetal. Algunos de estos continúan después de la cosecha y pueden ser deseables o indeseables. En el caso de las flores comestibles de dalia estos cambios en el color forman parte de la senescencia de las mismas, así como la disminución del tiempo de la vida de anaquel, y por lo tanto se consideran indeseables. El color y su uniformidad son dos de las principales características que determinan la calidad de un producto vegetal (Mercado-Silva & Aquino-Bolaños, 2005). Aunque esta condición no es generalizada para todos los productos vegetales, en flores comestibles el color es uno de los atributos más importantes en la elección y su utilización como alimento.

Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

En este estudio se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). Los factores temperatura, tipo de empaque y el antimicrobiano CIN influyeron en el contenido de compuestos fenólicos y el porcentaje de DPPH. Los coeficientes de variación respectivos fueron 13.9 y 17.8 %. Los resultados indicaron que las flores en PET + 25 °C, con o sin CIN tuvieron aproximadamente tres veces mayor contenido de compuestos fenólicos que el tratamiento en PET + 8 °C + CIN (Cuadro 2). Por otra parte, en relación con el radical DPPH, los valores correspondientes al tratamiento con PET + 8 °C + CIN fueron menores (2.6 %) respecto a todos los demás ($P \leq 0.05$). En este caso, los porcentajes máximos de DPPH (11.9 %) correspondieron a las dalias en LDP + 25 °C + CIN. De tal manera que en el presente estudio, el contenido fenólico no correlacionó directamente la capacidad antioxidante con el uso del método radical DPPH, siendo poco específico para realizar dicha correlación.

El desarrollo y evolución de los compuestos fenólicos incide sobre la calidad de los productos, y está en parte regulado por la actividad de la polifenol oxidasa. Dicha enzima interviene en la degradación de polifenoles a quinonas, las cuales proporcionan coloración oscura o parduzca en la zona dañada (por oxidación, corte, etc) del

End of English version

References / Referencias

- Bico, S. L. S., Raposo, M. F. J., Morais, R. M. S. C., & Morais, A. M. B. (2009). Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*, 20(5), 508-514. doi: 10.1016/j.foodcont.2008.07.017
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Dastmalchi, K., Damien-Dorman, H. J., Laakso, I., & Hiltunen, R. (2007). Chemical composition and antioxidative activity of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 40(9), 1655-1663. doi: 10.1016/j.lwt.2006.11.013
- Del Nobile, M. A., Conte, A., Scrocco, C., Brescia, I., Speranza, B., Sinigaglia, M., Perniola, R., & Antonacci, D. (2009). A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 21-26. doi: 10.1016/j.postharvbio.2008.06.004
- Friedman, H., Rot, I., Agami, O., Vinokur, Y., Rodov, V., Reznick, N., Umiel, N., Dori, I., Ganot, L., Shmuel, D., & Matan, E. (2007). Edible flowers: new crops with potential health benefits. *Acta Horticulturae*, 755, 283-290. doi: 10.17660/ActaHortic.2007.755.36
- Jiménez-Mariña, L. (2015). El cultivo de la Dalia. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 107-115. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193237111014.pdf>
- Lara-Cortés, E., Osorio-Díaz, P., Jiménez-Aparicio, A., & Bautista-Baños, S. (2013). Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(3), 197-208. Retrieved from <http://www.alanrevista.org/ediciones/2013/3/?i=art2>
- Lara-Cortés, E., Martín-Belloso, O., Osorio-Díaz, P., Barrera-Necha, L., Sánchez-López, A., & Bautista-Baños, S. (2014). Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de Dalia. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 20(1), 101-116. doi: 10.5154/r.rchsh.2013.07.024
- Lara-Cortés, E., Sánchez, E., García, S., Heredia, N., León-Rodríguez, R., Barrera-Necha, L. L., & Bautista-Baños, S. (2015). Morphological and physiological response of *Pantoea vagans* bacterium to four antimicrobial compounds. *Acta Microscopica*, 24(2), 79-90. Retrieved from <http://www.actamicroscopica.org/index.php/home/verarchivo/id/BIO0211/tipo/5>
- Liping, K., Turner, E. R., & Luo, Y. (2012). Extending the shelf life of edible flowers with controlled release of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*, 77(5), 188-193. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02683.x
- Luo, Y. (2007). Challenges facing the industry and scientific community in maintaining quality and safety of fresh-cut produce. *Acta Horticulturae*, 746, 131-8. doi: 10.17660/ActaHortic.2007.746.23
- producto vegetal. En coincidencia con esta investigación, Friedman et al. (2007), en estudios realizados en flores de *Tropaeolum* y *Begonia*, reportaron que al igual que en flores de dalia el uso de empaques en combinación con temperaturas ayudaron a mantener las concentraciones de antioxidantes, entre los que podemos encontrar a los compuestos fenólicos totales. La diferencia principal con esta investigación fue la aplicación del compuesto antimicrobiano; sin embargo, en general no se observaron efectos negativos en la conservación de las dalias debido a su aplicación.

Conclusiones

La interacción de los factores, tipo de empaque, temperatura de almacenamiento y presencia de cinamaldehído, influyeron en la calidad de conservación de las dalias comestibles. A 8 °C se observó influencia notable en la extensión de la vida de anaquel de las dalias. Excepto por la variable de pérdida de agua, los empaques PET y LDP proporcionaron, en general, un nivel apropiado de conservación de las dalias durante su almacenamiento a 8 y 25 °C. El antimicrobiano cinamaldehído no controló el desarrollo de los microorganismos deterioradores en las flores debido, probablemente, a la alta carga microbiana inicial.

Fin de la versión en español

- Mapeli, A. M., Luiz-Finger, F., Geraldo-Barbosa, J., Santos-Barros, R., Silva-Oliveira, L., & Bastos-Segatto, F. (2011). Influence of storage temperature on *Epidendrum ibaguense* flowers. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33(1), 111-115. doi: 10.4025/actasciagron.v33i1.6365
- Matos-Chamorro, A., Quispe-Condori, S., Quito-Vidal, M. R., & Beltrán-Cárdenas, S. (2010). Evaluación de la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) microencapsuladas en β-ciclodextrina aplicados en cultivos microbianos. *Revista Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 18-24. Retrieved from <http://investigacion.upeu.edu.pe/images/Journal/RVCITAL01/Beltran-Susy.pdf>
- Mercado-Silva, E., & Aquino-Bolaños, E. N. (2005). Enzimas involucradas en el deterioro. In: González-Aguilar, G. A., Gardea, A. A., & Cuamea-Navarro, F. (Eds), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados* (pp. 558). Sonora, México: CIAD AC. Retrieved from https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjK7b_qyL3JAhUDYj4KHd2HB6IQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ciad.mx%2Fpublicaciones%2F114-publicaciones%2F752-nuevas-tecnologias-de-conservacion-de-productos-vegetales-frescos-cortados

- html&usg=AFQjCNECyapse6qX_w7L1J7myJ5bwGyjOw&sig2=Ifs2C2MX6WlUpH_PDqv7lg
- Norma Oficial Mexicana. (1994). NOM-093-SSA1-1994, bienes y servicios. *Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos*. México: Author. Retrieved from <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/093ssa14.html>
- Olivares-Cruz, M. A., & López-Malo, A. (2013). Potencial antimicrobiano de mezclas que incluyen aceites esenciales o sus componentes en fase vapor. *Temas Selectos de Ingeniería*, 7(1), 78-86. Retrieved from web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-71-Olivares-Cruz-et-al-2013.pdf
- Piagentini, A. M., Pirovani, M. E., & Güemes, D. R. (2004). Cinética de deterioro de la calidad de repollo fresco cortado. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(3), 169-176. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/724/72440304.pdf>
- Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(4), 47-56. Retrieved from <http://pelagiaresearchlibrary.com/asian-journal-of-plant-science/vol5-iss4/AJPSR-2015-5-4-47-56.pdf>
- Reid, S., & Wu, M. J. (1992). Ethylene in flower senescence. *Plant growth regulation*, 11(1), 37-47. Retrieved from <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00024431>
- Ščetar, M., Kurek, M., & Galić, K. (2010). Trends in fruit and vegetable packaging—a review. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 5(3-4), 69-86. Retrieved from <http://hrcak.srce.hr/file/95967>
- Torales, A. C., Chaves, A. R., & Rodríguez, S. C. (2010). Cambios en la calidad de Rúcula mínimamente procesada. Efecto de distintos envases. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11, 196-203. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315809012>
- Troncoso-Rojas, R., Sánchez-Estrada, A., Ruelas, C., García, H. S., & Tiznado-Hernández, M. E. (2005). Effect of benzyl isothiocyanate on tomato fruit infection development by *Alternaria alternata*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1427-1434. doi: 10.1002/jsfa.2129
- Watada, A. E., & Massie, P. R. (1986). A compact automatic system of ethylene biosynthesis in avocado fruit during ripening. *Plant Physiology*, 81, 130-135.
- Wills, R., Mcglasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (2004). *Postharvest. An Introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals* (4a ed.). Adelaide, South Australia: CAB International. Retrieved from www.cabi.org/bookshop/book/9781845932275
- Wiley, R. (1997). *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Zaragoza, España: Editorial Acribia. Retrieved from <http://www.editorialacribia.com/Shop/Detail.asp?Id=1514&Section=>