

## Herbal extracts and alcohol increase vase life of *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy'

### Los extractos herbales y el alcohol prolongan la vida en florero de *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy'

Davood Hashemabadi<sup>1\*</sup>; Hassan Abedini Aboksari<sup>2</sup>;  
Donya Hedayat Rad<sup>1</sup>; Behzad Kaviani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, IRAN

<sup>2</sup>Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, IRAN

\*Corresponding author: [davoodhashemabadi@yahoo.com](mailto:davoodhashemabadi@yahoo.com),  
[hashemabadi@iaurasht.ac.ir](mailto:hashemabadi@iaurasht.ac.ir), tel. 0098 91 11 38 05 51.

#### Abstract

Some chemicals such as 8-HQS used for prolonging the vase life of cut flowers are harmful to human health. Therefore, it is necessary to identify natural compounds to delay senescence and the deterioration of cut flower tissues. Essential oils with antimicrobial properties can have a significant effect on the vase life of cut flowers. The objective was to compare the effect of essential oils (geranium [*Pelargonium graveolens*], caraway [*Cuminum cyminum*] and dill [*Anethum graveolens*]) against 8-HQS and alcohol on postharvest life, bacterial control and some qualitative characteristics of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy') flowers. Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) analysis of the essential oils showed that the highest percentage of essences in geranium (13.03 %), caraway (26.05 %) and dill (52.23 %) were geraniol, methyl-3-phenyl-2-propenal and linalool, respectively. Vase life increased to 15.43 and 15.11 days when using 100 mg·L<sup>-1</sup> dill and 50 mg·L<sup>-1</sup> geranium, respectively. Solution uptake (2.18 mL·g<sup>-1</sup> FW) and the activity of catalase (1.78 µg·g<sup>-1</sup> FW) were also highest in 100 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil solution compared to distilled water (1.07 mL·g<sup>-1</sup> FW and 0.90 µg·g<sup>-1</sup> FW, respectively). The 2 % alcohol, 100 mg·L<sup>-1</sup> dill, 50 mg·L<sup>-1</sup> geranium, and 100 mg·L<sup>-1</sup> caraway induced the longest vase life, with dill essential oil being the most suitable, effective and safest treatment.

#### Keywords:

carnation, stem end blockage, water relations, vase life, enzymatic activity, secondary metabolites.

#### Resumen

Algunas sustancias químicas, como la 8-HQS, utilizadas para prolongar la vida en florero de flores de corte son perjudiciales para la salud humana. Por ello, es necesario identificar compuestos naturales para retrasar la senescencia y el deterioro de los tejidos de las flores de corte. Los aceites esenciales con propiedades antimicrobianas pueden tener un efecto significativo sobre la vida en florero. El objetivo fue comparar el efecto de aceites esenciales (geranio [*Pelargonium graveolens*], comino [*Cuminum cyminum*] y eneldo [*Anethum graveolens*]) contra 8-HQS y alcohol, sobre la vida poscosecha, el control bacteriano y algunas características cualitativas de las flores de corte de clavel (*Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy'). El análisis por cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/EM) de los aceites mostró que el mayor porcentaje de esencias en geranio (13.03 %), comino (26.05 %) y eneldo (52.23 %) fue el geraniol, el metil-3-fenil-2-propenal y el linalool, respectivamente. La vida en florero aumentó a 15.43 y 15.11 días al utilizar 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo y 50 mg·L<sup>-1</sup> de geranio, respectivamente. La absorción de solución (2.18 mL·g<sup>-1</sup> PF) y la actividad de la catalasa (1.78 µg·g<sup>-1</sup> PF) también fueron las más altas con 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo, en comparación con el agua destilada (1.07 mL·g<sup>-1</sup> PF y 0.90 µg·g<sup>-1</sup> PF, respectivamente). El alcohol al 2 %, 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo, 50 mg·L<sup>-1</sup> de geranio y 100 mg·L<sup>-1</sup> de comino indujeron la mayor vida en florero, siendo el aceite esencial de eneldo el tratamiento más adecuado, eficaz y seguro.

#### Palabras clave:

clavel, bloqueo del extremo del tallo, relaciones hídricas, vida en florero, actividad enzimática, metabolitos secundarios.



## Introduction

Carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) is one of the most popular cut flowers in the world, and after rose (*Rosa* spp.), is the second best-selling cut flower in the world (Jawaharlal, Ganga, Padmadevi, Jegadeeswari, & Karthikeyan, 2009; Villanova et al., 2017). In 2014, this cut flower ranked 14<sup>th</sup> among the 25 best-selling ornamental plants in a Dutch auction with a turnover of 25 million euros (Niyokuri, Nyalala, & Mwangi, 2017).

Carnation's short postharvest life is one of the main challenges facing the cut flower industry, since it only lives for 7 days after harvest (Amini, Arab, Rahemi, Rahimi, & Daraei-Garmakhni, 2016; Teixeira-da Silva, 2003). Aging and quality of cut flowers are affected by various factors such as water stress, microorganism activity and carbohydrate deficiency (Amini et al., 2016; Hunter, Yi, Xu, & Reid, 2004). Various chemical compounds such as 8-hydroxyquinoline sulfate (8-HQS), silver thiosulfate (STS), 1-methylcyclopropene (1-MCP), ethanol, methanol, and others delay aging and extend vase life (Farokhzad, Khalighi, Mostofi, & Naderi, 2005; Muraleedharan, 2020).

One of the most commonly used commercial salts for the preservation of cut flowers is 8-HQS, which has a strong bactericidal effect (Dong, Seaton, & Singh, 2017). Pun, Rowarth, Barnes, and Heyes (2001) reported that, in cut carnation flowers, sucrose treatment with 8-HQS prevented microbial activity and extended flower lifetime after harvest. In an experiment on cut rose flowers, it was found that 8-HQS increased vase life (Liao, Lin, Huang, Chen, & Cheng, 2000).

Alcohols are among the preservatives for cut flowers and inhibitors of ethylene synthesis, by preventing the synthesis of 1-amino-cyclopropanol-1-carboxylic acid (ACC) (van Doorn, 2002). In *Eustoma grandiflora*, the use of 2 % ethanol with 2.5 % sucrose had the greatest effect on increasing the vase flowering life of this cut flower (Farokhzad et al., 2005). It has been shown that 4 % ethanol in a vase solution is an effective ingredient in postharvest preservation of *Dianthus* and that it prevents ethylene activity (Pun et al., 2001). This treatment significantly increased vase life by 10 days. Petridou, Voyiatzi, and Voyiatzis (2001) and Yaghoubi-Kiaseh and Yadegari (2016) observed an approximately 5-day increase in vase life in chrysanthemum and *Alstroemeria* due to the use of 2 % ethanol.

Despite the role of the aforementioned chemicals in prolonging postharvest life, there is a problem with their use, as most of them are harmful to human health and that of other organisms. For this reason, it is necessary to identify and use natural compounds to maintain the postharvest quality of cut flowers (Amini et al., 2016; Teixeira-da Silva, 2003).

## Introducción

El clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) es una de las flores más populares del mundo y, después de la rosa (*Rosa* spp.), es la segunda flor de corte más vendida (Jawaharlal, Ganga, Padmadevi, Jegadeeswari, & Karthikeyan, 2009; Villanova et al., 2017). En 2014, esta flor ocupó el decimocuarto puesto entre las 25 plantas ornamentales más vendidas en una subasta holandesa, con un valor de 25 millones de euros (Niyokuri, Nyalala, & Mwangi, 2017).

La corta vida en poscosecha del clavel es uno de los principales desafíos en la industria de la flor de corte, ya que sólo vive 7 días después de la cosecha (Amini, Arab, Rahemi, Rahimi, & Daraei-Garmakhni, 2016; Teixeira-da Silva, 2003). El envejecimiento y la calidad de las flores de corte se ven alterados por factores como el estrés hídrico, la actividad microbiana y la deficiencia de carbohidratos (Amini et al., 2016; Hunter, Yi, Xu, & Reid, 2004). Varios compuestos químicos, como la 8-hidroxiquinoleína sulfato (8-HQS), el tiosulfato de plata (STS), el 1-metilciclopropano (1-MCP), el etanol, el metanol y otros, retrasan el envejecimiento y prolongan la vida en florero (Farokhzad, Khalighi, Mostofi, & Naderi, 2005; Muraleedharan, 2020).

Una de las sales comerciales más utilizadas para la conservación de las flores de corte es la 8-HQS, la cual tiene un fuerte efecto bactericida (Dong, Seaton, & Singh, 2017). Pun, Rowarth, Barnes, y Heyes (2001) señalan que, en las flores de corte de clavel, el tratamiento de sacarosa con 8-HQS impidió la actividad microbiana y prolongó la vida de la flor después de la cosecha. En un experimento con flores de corte de rosas, se observó que la 8-HQS aumenta la vida en florero (Liao, Lin, Huang, Chen, & Cheng, 2000).

Los alcoholes también se encuentran entre los agentes conservantes de las flores de corte y los inhibidores de la síntesis del etileno, ya que impiden la síntesis del ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) (van Doorn, 2002). En *Eustoma grandiflora*, el uso de etanol al 2 % con sacarosa al 2.5 % tuvo el mayor efecto en el aumento de la floración en florero (Farokhzad et al., 2005). Se ha demostrado que el etanol al 4 % es un ingrediente eficaz en la conservación poscosecha del clavel y evita la actividad del etileno (Pun et al., 2001). Dicha concentración prolongó significativamente la vida en florero en 10 días. Petridou, Voyiatzi, y Voyiatzis (2001) y Yaghoubi-Kiaseh y Yadegari (2016) observaron un incremento de la vida en florero (de aproximadamente 5 días) en crisantemo y *Alstroemeria* debido al uso de etanol al 2 %.

A pesar del rol de los productos químicos mencionados en la prolongación de la vida después de la cosecha, existe un problema con el uso de estos materiales, ya

Essential oils are effective, safe and degradable natural compounds produced by some plants (Solgi, Kafi, Taghavi, & Naderi, 2009; Hashemabadi, Abedini-Aboksari, Sedaghatthoor, & Kaviani, 2016). Due to high concentrations of phenol compounds, these compounds have antimicrobial properties which reduce the amount of bacteria in the vase solution and stem base, preventing vessel obstruction (Bounatirou et al., 2007; Solgi & Ghorbanpour, 2014). They also have antioxidant properties (Solgi et al., 2009).

Recent experiments have shown that the use of herbal essences improves quality and vase life due to their antimicrobial and antioxidant properties (Bounatirou et al., 2007; Hashemabadi et al., 2016). Oraee, Asgharzadeh, Kiani, and Oraee (2011) found that the use of thymol prolongs the vase life of *Gerbera* by 5 days compared to the control. Jalili-Marandi, Hassani, Abdollahi, and Hanafi (2011) stated that the effect of essential oils of *Carum copticum* and *Satureja hortensis* can be attributed to their anti-bacterial property, which reduced bacterial replication in the rose flower vessels. Considering the above, the objective of this study was to compare the effect of the essential oil of geranium, caraway and dill against chemical 8-HQS treatments and alcohol on postharvest life, bacterial control and some qualitative characteristics of cut *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy' flowers.

## Materials and methods

Cut *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy' flowers were obtained from a greenhouse located in Tehran, Iran, and transferred to the postharvest laboratory at Islamic Azad University, Rasht, Iran, immediately after harvest. Five flowering stems, cut to 40 cm in height, were placed in 500 mL vases, which were placed in a room with a temperature of  $20 \pm 2$  °C and relative humidity of  $65 \pm 5$  %. Light intensity in the room was  $15\text{-}20 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  with a light period of 12 h, which was supplied from a white fluorescent light source.

The experiment was carried out using a completely randomized design with 14 treatments: 8-HQS at three concentrations (100, 200 and 400  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), geranium, caraway and dill essential oils at three concentrations (50, 100 and 150  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), a control solution with alcohol (2 %) and a control solution with distilled water (Table 1). The trial was conducted in triplicate, which generated 42 experimental plots with five cut flowers each (210 flowers in total). Distilled water was utilized to prepare essential oils from geranium, caraway and dill; the compounds were analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) (Tables 2, 3 and 4).

After drying the samples, 50 g of the samples were extracted using the water distillation method and Clevenger apparatus. The extraction time of essential

que la mayoría son perjudiciales para la salud humana y para otros organismos. Por ello, es necesario identificar y utilizar compuestos naturales para mantener la calidad poscosecha de flores de corte (Amini et al., 2016; Teixeira-da Silva, 2003).

Los aceites esenciales son compuestos naturales eficaces, seguros y degradables que son producidos por algunas plantas (Solgi, Kafi, Taghavi, & Naderi, 2009; Hashemabadi, Abedini-Aboksari, Sedaghatthoor, & Kaviani, 2016). Debido a las altas concentraciones de compuestos fenólicos, los aceites esenciales tienen propiedades antimicrobianas que reducen la cantidad de bacterias en la solución de florero y la base del tallo, lo cual evita la obstrucción de los tallos en los recipientes (Bounatirou et al., 2007; Solgi & Ghorbanpour, 2014). Además, tienen propiedades antioxidantes (Solgi et al., 2009).

Experimentos recientes han mostrado que el uso de esencias herbales mejora la calidad y la vida en florero debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Bounatirou et al., 2007; Hashemabadi et al., 2016). Oraee, Asgharzadeh, Kiani, y Oraee (2011) señalan que el uso de timol prolonga la vida en florero de *Gerbera* en 5 días, en comparación con el testigo. Jalili-Marandi, Hassani, Abdollahi, y Hanafi (2011) mencionan que el efecto de los aceites esenciales de *Carum copticum* y *Satureja hortensis* se puede atribuir a su propiedad antibacteriana, ya que reducen la proliferación de bacterias en floreros de rosas. Considerando lo anterior, el objetivo de este estudio fue comparar el efecto del aceite esencial de geranio, comino y eneldo contra tratamientos químicos de 8-HQS y alcohol, sobre la vida poscosecha, el control bacteriano y algunas características cualitativas de las flores de corte de *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy'.

## Materiales y métodos

Las flores de corte de *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy' se obtuvieron de un invernadero ubicado en Teherán, Irán, y se transfirieron al laboratorio de poscosecha de la Universidad Islámica de Azad, Rasht, Irán, inmediatamente después de la cosecha. Cinco tallos en floración, cortados a 40 cm de altura, se depositaron en floreros de 500 mL y se colocaron en una habitación a  $20 \pm 2$  °C y humedad relativa de  $65 \pm 5$  %. La intensidad lumínica en la habitación fue de  $15 \text{ a } 20 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , con un periodo de luz de 12 h, la cual se suministró con una fuente de luz fluorescente blanca.

El experimento se llevó a cabo mediante un diseño completamente al azar con 14 tratamientos: 8-HQS en tres concentraciones (100, 200 y 400  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), aceites esenciales de geranio, comino y eneldo en tres concentraciones (50, 100 y 150  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), una solución testigo con alcohol (2 %) y una solución testigo con agua

Table 1. Concentrations of essential oils and chemical treatments.

Cuadro 1. Concentraciones de aceites esenciales y tratamientos químicos.

Symbol / Símbolo	Treatments / Tratamientos
Control / Testigo	500 mL distilled water / 500 mL de agua destilada
A <sub>2</sub> %	Alcohol (2 %)
8-HQS <sub>100</sub>	8-Hydroxyquinoline sulfate (100 mg·L <sup>-1</sup> ) / 8-hidroxiquinoleína sulfato (100 mg·L <sup>-1</sup> )
8-HQS <sub>200</sub>	8-Hydroxyquinoline sulfate (200 mg·L <sup>-1</sup> ) / 8-hidroxiquinoleína sulfato (200 mg·L <sup>-1</sup> )
8-HQS <sub>400</sub>	8-Hydroxyquinoline sulfate (400 mg·L <sup>-1</sup> ) / 8-hidroxiquinoleína sulfato (400 mg·L <sup>-1</sup> )
DEO <sub>50</sub> / AEE <sub>50</sub>	Dill essential oil (50 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de eneldo (50 mg·L <sup>-1</sup> )
DEO <sub>100</sub> / AEE <sub>100</sub>	Dill essential oil (100 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de eneldo (100 mg·L <sup>-1</sup> )
DEO <sub>150</sub> / AEE <sub>150</sub>	Dill essential oil (150 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de eneldo (150 mg·L <sup>-1</sup> )
GEO <sub>50</sub> / AEG <sub>50</sub>	Geranium essential oil (50 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de geranio (50 mg·L <sup>-1</sup> )
GEO <sub>100</sub> / AEG <sub>100</sub>	Geranium essential oil (100 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de geranio (100 mg·L <sup>-1</sup> )
GEO <sub>150</sub> / AEG <sub>150</sub>	Geranium essential oil (150 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de geranio (150 mg·L <sup>-1</sup> )
CEO <sub>50</sub> / AEC <sub>50</sub>	Caraway essential oil (50 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de comino (50 mg·L <sup>-1</sup> )
CEO <sub>100</sub> / AEC <sub>100</sub>	Caraway essential oil (100 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de comino (100 mg·L <sup>-1</sup> )
CEO <sub>150</sub> / AEC <sub>150</sub>	Caraway essential oil (150 mg·L <sup>-1</sup> ) / Aceite esencial de comino (150 mg·L <sup>-1</sup> )

Table 2. Analysis of geranium essential oil.

Cuadro 2. Análisis del aceite esencial de geranio.

Number / Número	Compounds / Compuestos	Percentage / Porcentaje	KI index / Índice K
1	Spathulenol / Espatulénol	0.67	1656
2	6-octen-1-ol,3,7-dimethyl / 6-octeno-1-ol,3,7-dimetil	0.15	1543
3	Alpha-pinene / Alfa-pineno	0.12	955
4	Beta-citronellol / Beta-citronelal	2.90	1358
5	1H-cycloprop[e]azulene / 1H-Cicloprop[e]azuleno	0.12	1459
6	1H-cyclopropa[a]naphthalene / 1H-Ciclopropa[a]naftaleno	0.10	1597
7	Beta-bourbonene / Beta-bourboneno	0.94	1447
8	Beta-cubebene / Beta-cubebeno	0.78	1534
9	Cadina-1,4-diene / Cadina-1,4-diene	0.15	1590
10	cis-2,6-dimethyl-2,6-octadiene / 2,6-dimetil-2,6-octadieno (cis)	4.81	2019
11	Germacrene-D / Germacreno-D	2.87	1549
12	cis-rose oxide / Óxido rosa, rosa cis	0.81	1128
13	Delta cadinene / Delta cadineno	0.42	1495
14	Epizonarene / Epizonareno	0.84	1583

Table 2. Analysis of geranium essential oil. (cont.)

Cuadro 2. Análisis del aceite esencial de geranio. (cont.)

Number / Número	Compounds / Compuestos	Percentage / Porcentaje	KI index / Índice K
15	6-octen-1-ol,3,7-dimethyl-(R) / 6-octeno-1-ol,3,7-dimetil-(R)	0.16	1266
16	Cycloundecatriene-4,7,10 / Cicloundecatrieno-4,7,10	1.64	1520
17	Gamma-elemene / Gamma-elemenó	1.17	1647
18	Delta-cadinene naphthalene / Delta-cadineno naftaleno	0.44	1563
19	Citral	0.61	1305
20	Naphthalene / Naftaleno	1.20	1610
21	3,7-guaiadiene / 3,7-guaiadieno	0.32	1495
22	Geraniol	<b>13.03</b>	1293
23	Linalool	1.60	1114
24	Cyclohexanone / Ciclohexanona	5.50	1202
25	Butanoic acid / Ácido butírico	4.70	2064
26	6-octen-1-ol / 6-octen-1-ol	8.50	1455
27	Alpha-amorphene / Alfa-amorfeno	1.77	1528
28	Geranyl tiglate / Tiglato de geraniol	3.24	1202
29	Isoaromadendrene epoxide / Isoaromadendreno epóxido	0.19	1743
30	Caryophyllene oxide / Óxido de carifileno	2.32	1668
31	Geranyl propionate / Propionato de geranilo	0.26	1965
32	L-(-)-methyl / L-(-)-metil	0.10	1222
33	1,6-octadien-3-ol,3,7-dimethyl / 1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil	0.65	1275
34	1,6-octadien-3-ol,3,7-dimethyl (R) / 1,6-octadien-3-ol, 3,7-dimetil (R)	7.93	1293
35	E-citral 2,6-octadienal, 3,7 / E-citral 3,7-2,6-octadienal	0.67	1305
36	Alpha-copaene / Alfa-copaeno	1.10	1427
37	4,7,10-cycloundecatriene / 4,7,10-cicloundecatrieno	1.64	1520
38	1,2 benzenedicarboxylic acid / Ácido 1,2 benzenedicarboxílico	0.32	2006
39	Citronella	0.51	1167
40	Trans-rose oxide / Óxido rosa, rosa trans	0.30	1149
41	Alpha-amorphene / Alfa-amorfeno	0.77	1528

Table 3. Analysis of caraway essential oil.

Cuadro 3. Análisis del aceite esencial de comino.

Number / Número	Compounds / Compuestos	Percentage / Porcentaje	KI index / Índice K
1	$\alpha$ -Phellandrene / $\alpha$ -Felandreno	0.27	950
2	Alpha-pinene / Alfa-pineno	0.74	883
3	Sabinene / Sabineno	0.75	1006
4	Beta-pinene / Beta-pineno	1.32	1003
5	Beta-myrcene / Beta-mirceno	0.56	1076
6	$\alpha$ -Terpinene / $\alpha$ -Terpineno	0.25	1207
7	<i>p</i> -Cymene / <i>p</i> -Cimeno	7.11	1249
8	Limonene / Limoneno	3.53	1269
9	1,8 cineol / 1,8 Cineol	0.10	1282



Table 3. Analysis of caraway essential oil. (cont.)

Cuadro 3. Análisis del aceite esencial de comino. (cont.)

Number / Número	Compounds / Compuestos	Percentage / Porcentaje	KI index / Índice K
10	Gamma-terpinene / Gamma-terpineno	21.86	1416
11	$\alpha$ -Terpineol / $\alpha$ -Terpinenol	0.38	1534
12	trans-sabinene hydrate / Hidrato de trans-sabineno	0.14	1618
13	Linalool	0.10	1608
14	4-terpineol / 4-terpinenol	0.86	2035
15	Thymol / Timol	0.10	2081
16	Cyclopentane / Ciclopentano	2.20	2108
17	Methyl-3-phenyl-2-propenal / Metil-3-fenil-2-propenal	26.05	2073
18	Felandral / Felandral	0.17	1913
19	$\alpha$ -Thujenal / $\alpha$ -Thujeno	11.66	2065
20	Phenyl-1-butanol-4 / Fenil-1-butanol-4	20.72	2095
21	1,4 Ciclohexanodimetanol	0.10	1272

Table 4. Analysis of dill essential oil.

Cuadro 4. Análisis del aceite esencial de eneldo.

Number / Número	Compounds / Compuestos	Percentage / Porcentaje	KI index / Índice K
1	Linalool	52.23	1096
2	Alpha-pinene / Alfa-pineno	19.96	1210
3	Limonene / Limoneno	4.83	1032
4	p-Cymene / p-Cimeno	4.72	1089
5	Gamma-terpinene / Gamma-terpineno	4.59	1055
6	$\alpha$ -Terpinene / $\alpha$ -Terpineno	4.01	1123
7	p-Cymene / p-Cimeno	1.52	1210
8	Limonene / Limoneno	1.10	1099
9	1,8 Cineol	0.92	938
10	Gamma-terpinene / Gamma-terpineno	0.72	1024
11	$\alpha$ -Terpinene / $\alpha$ -Terpineno	0.40	1325
12	Trans-sabinene hydrate / Hidrato de trans-sabineno	0.35	1245
13	$\alpha$ -Terpinene / $\alpha$ -Terpineno	0.27	1015

oil was the same for all samples, which was 3 h. After dehydration with sodium sulfate, the percentage and amount of essential oil were determined. A GC/MS gas chromatograph 5773 connected to a mass spectrometer equipped with an HPS column with a length of 30 cm, an inner diameter of 250  $\mu$ m and a thickness of 25 mm of stationary phase layer was used to identify the essential oil compounds. The oven temperature increased from 45 to 250  $^{\circ}$ C at 5  $^{\circ}$ C $\cdot$ min $^{-1}$  and then reached 280 at 20  $^{\circ}$ C $\cdot$ min $^{-1}$ . Helium gas with ionization energy of 70 electron volts was used. The obtained spectra were identified by comparison with the mass spectra of standard compounds.

destilada (Cuadro 1). El ensayo se realizó por triplicado, lo cual generó 42 parcelas experimentales con cinco flores de corte cada una (210 flores en total). Se utilizó agua destilada para preparar los aceites esenciales de geranio, comino y eneldo. Los compuestos se analizaron por cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/EM) (Cuadros 2, 3 y 4).

Después de secar las muestras, se extrajeron 50 g por el método de destilación de agua y el aparato de Clevenger. El tiempo de extracción de los aceites esenciales fue el mismo para todas las muestras (3 h). Después de la deshidratación con sulfato de sodio, se

GC-MS analysis was carried out on a GC-HP-6890 with an HP-5MS automatic injector and a non-polar Elite-5 fused silica capillary column (30 m, 0.35 mm [i.d.]). Mass spectra were obtained by EI at 70 Ev. Oven temperature was 60 °C for 3 min and increased to 220 °C at the rate of 7 °C min. Injection volume was 0.5 µL at 1:200 split, and injector and detector temperature was 220 °C. The gas speed in column was 1 mm·min<sup>-1</sup> and the type of carrier gas was He (99.999 %). Given the retention time of each combination, the components of the essential oils were identified by comparison of their mass spectra with those of digital library (Adams, 2007) and confirmed by their retention indices with data published in the literature.

The variables considered were vase life, solution absorption, stem end bacteria population, dry matter percentage, leaf chlorophyll content, petal carotenoids and malondialdehyde (MDA) content. In addition, peroxidase (POD) and catalase (CAT) activity was evaluated.

### Vase life

The vase life of cut flowers from the beginning of treatment to flower aging (wilting and discoloration of petals) was evaluated daily. The average life of flowers was considered as their vase life until the first sign of wilting. Of the five flowers, three were used to measure pigments and enzymes, and two were used to assess vase life.

### Absorption of the solution

This parameter was calculated using the following formula:

Absorption of solution (mL · g<sup>-1</sup> P.F.) =

$$\frac{500 - (\text{Residual solution at the end of flower life} + \text{Average room evaporation})}{\text{Average fresh weight of five cut flowers}}$$

Four pots containing 500 mL of vase solution (without flowers) were placed in different parts of the room. At the end of the experiment (the end of the vase life of the last flower), the volume reduction of all four vessels was measured with a graduated cylinder and averaged.

### Bacterial counting at the stem end

Bacterial sampling at the stem end was performed 24 h after the start of the test. Bacteria were counted using the method of Liu et al. (2009). The stem was cut off about 2 cm from the bottom. The samples were washed 3 times with deionized water until the germ level at the surface was reduced. Then the samples

determinaron el porcentaje y la cantidad de aceite esencial. Se utilizó un cromatógrafo de gas 5773 de CG/EM conectado a un espectrómetro de masas equipado con una columna HPS de 30 cm de largo, 250 µm de diámetro interno y 25 mm de grosor de cubierta de la fase estacionaria para identificar los compuestos del aceite esencial. La temperatura del horno incrementó de 45 a 250 °C (5 °C·min<sup>-1</sup>) y luego alcanzó 280 °C (20 °C·min<sup>-1</sup>). Se usó helio con energía de ionización de 70 eV. Los espectros obtenidos se definieron por comparación con el espectro de masas de compuestos estándar.

El análisis por CG-EM se realizó en un cromatógrafo CG-HP-6890 con inyector automático HP-5MS y columna capilar de sílice fundida no polar Elite-5 (30 m, 0.35 mm de diámetro interno). Los espectros de masas se obtuvieron por EI a 70 Ev. La temperatura del horno fue de 60 °C durante 3 min y se incrementó a 220 °C a razón de 7 °C·min<sup>-1</sup>. El volumen de inyección fue de 0.5 µL con una división de 1:200; la temperatura del inyector y del detector fue de 220 °C. La velocidad del gas en la columna fue de 1 mm·min<sup>-1</sup>, y el tipo de gas portador fue He (99.999 %). Dado el tiempo de retención de cada combinación, los componentes de los aceites esenciales se identificaron por comparación de sus espectros de masas con los de la biblioteca digital (Adams, 2007), y se confirmaron por sus índices de retención con datos publicados en la literatura.

Las variables evaluadas fueron: vida en florero, absorción de la solución, población de bacterias en el extremo del tallo, porcentaje de materia seca, contenido de clorofila en las hojas, carotenoides de los pétalos, contenido de malondialdehído (MDA), y actividad de la peroxidasa (POD) y de la catalasa (CAT).

### Vida en florero

La vida en florero se evaluó diariamente desde el inicio del experimento hasta el envejecimiento de la flor (marchitez y decoloración de los pétalos). La vida promedio de las flores se consideró como su vida en florero hasta la primera señal de marchitez. De las cinco flores, tres se usaron para medir pigmentos y enzimas, y dos se utilizaron para evaluar la vida en florero.

### Absorción de la solución

Este parámetro se determinó a partir de la siguiente fórmula:

Absorción de solución (mL · g<sup>-1</sup> P.F.) =

$$\frac{500 - (\text{Solución residual al final de la vida de la flor} + \text{Evaporación ambiental promedio})}{\text{Peso fresco promedio de cinco flores de corte}}$$

were completely pulverized and diluted with 0.9 saline solution. Then 0.1 mL of the above solution was placed on nutrient agar and the colonies were counted 24 h after incubation at 37 °C.

#### Percentage of dry matter

At the end of vase life, the fresh weight (FW) of the flowers was measured; after that, the flowers were dried at 105 °C for 24 h to ensure complete drying. Cut flowers were weighed and then their dry matter percentage was calculated according to the following formula:

$$\text{Dry matter (\%)} = \frac{\text{Dry weight}}{\text{F. W. at the end of vase life}} \times 100$$

#### Leaf chlorophyll content

On the last day of vase life of the control treatment, a cut flower from each plot was extracted to measure chlorophyll and total chlorophyll content was calculated based on the following equations (Mazumdar & Majumder, 2003):

$$\text{Chlorophyll a} = 9.93(A_{663}) - 0.777(A_{645})$$

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9(A_{645}) - 4.86(A_{633})$$

$$\text{Total chlorophyll} = \text{chlorophyll a} + \text{chlorophyll b}$$

where A is light absorbance at a wavelength of 663 and 645 nm.

#### Petal carotenoids

Petal carotenoid content was determined by extracting the petals with 80 % acetone and using the Mazumdar and Majumder (2003) method. They were then measured by means of a spectrophotometer at a wavelength of 665, 660, and 645 nm, and using the following formula the carotenoid value of petals was obtained. Petal carotenoids were measured as soon as the first signs of wilting were observed.

$$\text{Carotenoid } (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ F. W.}) = 4.69A_{660} - 0.268(20.2A_{645}) + 8.02A_{665}$$

#### Malondialdehyde (MDA)

The concentration of MDA was measured using the Heath and Parker (1986) method. First, 1,000 µL 20 % TCA containing 0.5 % TBA was added to 500 µL of the extract. The resulting mixture was placed in a boiling water bath at 95 °C for 30 min and then immediately cooled in ice. The samples were then centrifuged at 10,500 g for 10 min. The red material containing MDA-TBA was measured at 532 nm with a spectrophotometer

Para la evaporación ambiental promedio, se colocaron cuatro macetas con 500 mL de solución para florero (sin flores) en diferentes partes de la habitación. Al final del experimento (fin de la vida en florero de la última flor), la reducción del volumen de las cuatro macetas se midió con un recipiente volumétrico y se promedió.

#### Conteo de bacterias en el extremo del tallo

El muestreo de bacterias en el extremo del tallo se realizó 24 h después del inicio de la prueba. Las bacterias se contaron mediante el método de Liu et al. (2009), para lo cual se removieron, aproximadamente, 2 cm desde la base del tallo. Las muestras se lavaron tres veces con agua desionizada para reducir el nivel de gérmenes en la superficie, se pulverizaron completamente y se diluyeron en solución salina al 0.9 %. Posteriormente, se colocó 0.1 mL de esta solución en agar nutritivo y las colonias se contaron 24 h después de la incubación a 37 °C.

#### Porcentaje de materia seca

El peso fresco (PF) se midió al final de la vida en florero. Las flores se secaron a 105 °C durante 24 h. Para asegurar el secado completo, las flores se pesaron y su porcentaje de materia seca se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{P. F. al final de la vida en florero}} \times 100$$

#### Contenido de clorofila en las hojas

El último día de la vida en florero del tratamiento testigo, se extrajo una flor de cada parcela para medir la clorofila, y el contenido total de clorofila se calculó con base en las siguientes ecuaciones (Mazumdar & Majumder, 2003):

$$\text{Clorofila a} = 9.93(A_{663}) - 0.777(A_{645})$$

$$\text{Clorofila b} = 22.9(A_{645}) - 4.86(A_{633})$$

$$\text{Clorofila total} = \text{clorofila a} + \text{clorofila b}$$

donde A es la absorbancia de la luz en la longitud de onda de 663 y 645 nm.

#### Carotenoides de los pétalos

Para determinar el contenido de carotenoides de los pétalos, se realizó una extracción con acetona al 80 % y se utilizó el método de Mazumdar y Majumder (2003). Posteriormente, los carotenoides se midieron en un espectrofotómetro a diferentes longitudes de onda (665, 660 y 645 nm), y mediante la siguiente fórmula se obtuvo el valor de los carotenoides de los pétalos. Los



and the absorption of other specific pigments was read at 600 nm, after which this value was reduced. The concentration of MDA was expressed in  $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ .

### Peroxidase enzyme activity (POD)

To measure the activity of POD ( $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ ), the petals were isolated as soon as the first signs of wilting were observed and the enzyme was measured using the In, Motomura, Inamoto, Doi, and Mori (2007) method.

### Catalase activity (CAT)

The activity of this enzyme was measured using the Chance and Maehly (1955) method with some changes. Measuring the activity of the CAT enzyme ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ ) was performed as soon as the first signs of wilting were observed by measuring the hydrogen peroxide destruction with a spectrophotometer (Aplle-PD-330V) at 240 nm.

### Data analysis

To evaluate the effect of the treatments, analysis of variance and comparison of means were performed using the least significant difference (LSD,  $P \leq 0.05$ ) test. Data were analyzed using MSTAT-C statistical software.

## Results

Figure 1 shows the comparison of carnation flower condition at the beginning and end of the experiment.

### Vase life

The results of analysis of variance showed that there was a significant difference between the effect of treatments and most of the measured parameters (Table 5). Flower longevity increased in all treatments compared to the control (Table 6). The longest vase life (15.72 days) was observed in cut flowers treated with 2 % alcohol. In herbal essential oil treatments, 100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  dill essential oil (15.43 days), 50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  geranium essential oil (15.11 days), and 100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  caraway essential oil (14.51 days) had the best performance. Also, the 8-HQS treatment with a concentration of 400  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  with an average of 14.82 days had a greater effect on vase life compared to the other concentrations of herbal essential oils (Table 6). Although there is no significant difference between these treatments, 50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  geranium essential oil is recommended due to the fact that this compound has less active ingredient and is more economical.

### Solution uptake

The means comparison of the data showed that all treatments had better performance compared to the control (Table 6). Flowers treated with 2 % alcohol

carotenoides se midieron en cuanto se observaron las primeras señales de marchitez.

$$\text{Carotenoides } (\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ P.F.}) = 4.69A_{660} - 0.268(20.2A_{645}) + 8.02A_{665}$$

### Malondialdehído (MDA)

La concentración de MDA se midió utilizando el método de Heath y Parker (1986). Inicialmente, se agregaron 1,000  $\mu\text{L}$  de TCA al 20 %, el cual contenía 0.5 % de TBA, a 500  $\mu\text{L}$  del extracto. La mezcla resultante se colocó en baño de agua hirviendo a 95 °C durante 30 min, e inmediatamente después se enfrió en hielo. La muestra se centrifugó a 10,500 g por 10 min. El material rojo que contenía MDA-TBA se midió a 532 nm con un espectrofotómetro y se leyó la absorción de otros pigmentos específicos a 600 nm, después de lo cual se redujo este valor. La concentración de MDA se expresó en  $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$ .

### Actividad de la enzima peroxidasa (POD)

Para medir la actividad de la POD ( $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$ ), los pétalos se aislaron a las primeras señales de marchitez y la enzima se midió por el método de In, Motomura, Inamoto, Doi, y Mori (2007).

### Actividad de la catalasa (CAT)

La actividad de esta enzima se obtuvo con el método de Chance y Maehly (1955), con algunas modificaciones. La determinación de la actividad de la CAT ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{PF}$ ) se realizó en cuanto se observaron las primeras señales de marchitez, a partir de la medición de la descomposición del peróxido de hidrógeno con un espectrofotómetro (Aplle-PD-330V) a 240 nm.

### Análisis de datos

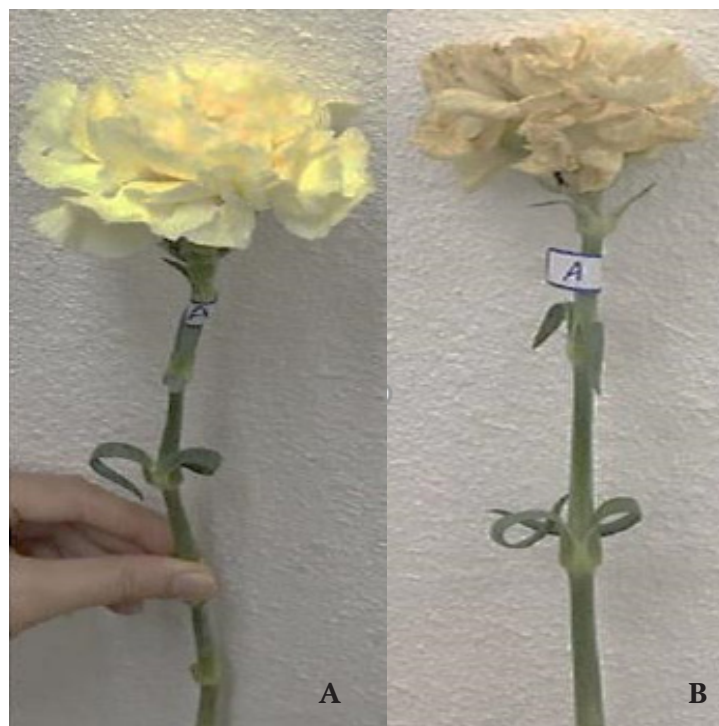
Para evaluar el efecto de los tratamientos, se realizaron análisis de varianza y comparación de medias mediante la diferencia mínima significativa (LSD,  $P \leq 0.05$ ). Los datos se analizaron con el programa estadístico MSTAT-C.

## Resultados

La Figura 1 muestra la comparación de la condición de la flor de clavel al inicio y al final del experimento.

### Vida en florero

Los resultados del análisis de la varianza mostraron que hubo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en la mayoría de los parámetros medidos (Cuadro 5). La longevidad de las flores aumentó en todos los tratamientos en comparación con el testigo



**Figure 1.** Comparison of cut flower of *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy': A) first day of the experiment and B) last day of the experiment.

**Figura 1.** Comparación de la flor de corte de *Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy': A) primer día del experimento y B) último día del experimento.

and 100 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil (with an average of 2.26 and 2.18 mL·g<sup>-1</sup> FW, respectively) had the most solution uptake (Table 6). However, the essential oils of geranium (50 mg·L<sup>-1</sup>), dill (150 mg·L<sup>-1</sup>) and cumin (100 mg·L<sup>-1</sup>) had no significant difference with the best treatments. In addition, flowers treated with 100 and 400 mg·L<sup>-1</sup> 8-HQS also showed no significant difference in solution uptake compared to the other treatments (Table 6).

#### Bacterial populations of stem

All treatments reduced the bacterial population compared to the control. The best treatments were those of 200 and 400 mg·L<sup>-1</sup> 8-HQS, with a mean of 70 and 73.33 log<sub>10</sub> CFU·mg·L<sup>-1</sup>, respectively. Among the essential oils, dill and geranium, at a concentration of 150 mg·L<sup>-1</sup>, had the lowest bacterial population (153.30 and 156.6 log<sub>10</sub> CFU·mg·L<sup>-1</sup>, respectively); however, the treatment with 50 mg·L<sup>-1</sup> caraway oil showed no significant difference with the previous ones (166.6 log<sub>10</sub> CFU·mg·L<sup>-1</sup>) (Table 6).

#### Percentage of dry matter

Caraway essential oil (150 mg·L<sup>-1</sup>) with an average of 26.81 % had the lowest amount of dry weight compared to the control. Plants treated with 200 mg·L<sup>-1</sup> 8-HQS with an average of 38.16 % had the highest dry matter,

(Cuadro 6). La vida en florero más larga (15.72 días) se observó en las flores tratadas con 2 % de alcohol. En los tratamientos con aceites esenciales, 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo (15.43 días), 50 mg·L<sup>-1</sup> de geranio (15.11 días) y 100 mg·L<sup>-1</sup> de comino (14.51 días) tuvieron el mejor desempeño. Asimismo, el tratamiento con 400 mg·L<sup>-1</sup> de 8-HQS tuvo un mayor efecto sobre la vida en florero (14.82 días), en comparación con las otras concentraciones de aceites esenciales (Cuadro 6). Aunque no hay diferencias significativas entre estos tratamientos, se recomienda el uso de 50 mg·L<sup>-1</sup> de aceite de geranio, ya que éste tiene menos ingrediente activo y es más económico.

#### Absorción de la solución

La comparación de medias de los datos mostró que todos los tratamientos tuvieron un mejor desempeño en comparación con el testigo (Cuadro 6). Las flores tratadas con alcohol al 2 % y 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo (con un promedio de 2.26 y 2.18 mL·g<sup>-1</sup> PF, respectivamente) tuvieron la mayor absorción de la solución (Cuadro 6). Sin embargo, los tratamientos con 50 mg·L<sup>-1</sup> de geranio, 150 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo y 100 mg·L<sup>-1</sup> de comino no presentaron diferencias significativas con los mejores tratamientos. Adicionalmente, las flores tratadas con 100 y 400 mg·L<sup>-1</sup> de 8-HQS tampoco mostraron diferencias significativas en la absorción de la solución en comparación con los otros tratamientos (Cuadro 6).

**Table 5. Analysis of variance for the effect of different treatments on the measured traits of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy') flowers.****Cuadro 5. Análisis de varianza del efecto de los diferentes tratamientos en las características evaluadas en flores de clavel (*Dianthus caryophyllus* cv 'Yellow Candy').**

Source of variations/ Fuentes de variación	DF/ GL	Vase life/ Vida en florero	Solution absorption/ Absorción de la solución	Bacteria in the stem end/ Bacterias en el extremo del tallo	Dry matter/ Materia seca	Chlorophyll content/ Contenido de clorofila	Petal carotenoid/ Carotenoides del pétalo	Malondialdehyde/ Malondialdehído	Peroxidase/ Peroxidasa	Catalase/ Catalasa
Treatments/ Tratamientos	13	8.92*	1.72**	1.85**	30.28**	10.20**	2.22**	5.52**	0.10**	0.20**
Error	28	3.52	0.57	3.48	9.48	0.16	0.08	1.22	0.01	0.51
CV (%)		14.05	22.07	22.53	9.46	0.18	0.23	5.38	9.34	15.49

DF = degrees of freedom; CV = coefficient of variation; \*, \*\* = significant at  $P \leq 0.05$  and  $P \leq 0.01$ , respectively.

GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; \*, \*\* = significativo con  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$ , respectivamente.

although plants treated with 2 % alcohol, 400 mg·L<sup>-1</sup> 8-HQS, and 100 and 150 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil did not show significant difference (Table 6).

### Total chlorophyll

Different treatments had a significant effect on total chlorophyll content in cut flowers at the 1 % level (Table 5). Flowers treated with 400 mg·L<sup>-1</sup> 8-HQS (11.30 mg·g<sup>-1</sup> FW) and 150 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil (12.6 mg·g<sup>-1</sup> FW) had the highest and the lowest leaf chlorophyll content, respectively (Table 6).

### Carotenoids of petals

Different treatments had a significant effect on carotenoids in petals (Table 5). According to the means comparison of the data, the carotenoid value of petal was increased in all treatments except for 150 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil, which showed the lowest amount compared to the control (2.27 µg·g<sup>-1</sup> FW) (Table 6). The application of 100 mg·L<sup>-1</sup> caraway essential oil had the highest carotenoid content of petals (54.5 µg·g<sup>-1</sup> FW). The treatments with the longest vase life also showed the highest values in carotenoids in petals (Table 5).

### Malondialdehyde (MDA)

Analysis of variance showed that there was a significant difference in the amount of MDA in cut flowers ( $P < 0.01$ ) (Table 5). Means comparison showed that the control flowers had the highest amount of MDA (24.22 nmol·g<sup>-1</sup> FW) and caraway essential oil treatment with the concentration of 50 mg·L<sup>-1</sup> had the lowest amount (18.23 nmol·g<sup>-1</sup> FW). However, the use of essential oils of dill, geranium and caraway with a concentration of 100 mg·L<sup>-1</sup> did not show any significant difference (Table 6).

### Población de bacterias del tallo

Todos los tratamientos redujeron la población bacteriana en comparación con el testigo. Los mejores tratamientos fueron los de 200 y 400 mg·L<sup>-1</sup> de 8-HQS, con una media de 70 y 73.33 log<sub>10</sub> UFC·mg·L<sup>-1</sup>, respectivamente. Entre los aceites esenciales, el eneldo y el geranio, a una concentración de 150 mg·L<sup>-1</sup>, tuvieron la población bacteriana más baja (153.30 y 156.6 log<sub>10</sub> UFC·mg·L<sup>-1</sup>, respectivamente); aunque, el tratamiento con 50 mg·L<sup>-1</sup> de aceite de comino no mostró diferencia significativa con los anteriores (166.6 log<sub>10</sub> UFC·mg·L<sup>-1</sup>) (Cuadro 6).

### Porcentaje de materia seca

El aceite esencial de comino (150 mg·L<sup>-1</sup>), con un promedio de 26.81 %, tuvo el peso seco más bajo comparado con el testigo. Las plantas tratadas con 200 mg·L<sup>-1</sup> de 8-HQS tuvieron la materia seca más alta (38.16 %), aunque las plantas tratadas con 2 % de alcohol, 400 mg·L<sup>-1</sup> de 8-HQS, y 100 y 150 mg·L<sup>-1</sup> de aceite de eneldo no mostraron diferencias significativas (Cuadro 6).

### Clorofila total

Los diferentes tratamientos tuvieron un efecto altamente significativo sobre el contenido total de clorofila en las flores de corte (Cuadro 5). Las flores tratadas con 400 mg·L<sup>-1</sup> de 8-HQS (11.30 mg·g<sup>-1</sup> PF) y 150 mg·L<sup>-1</sup> de aceite de eneldo (12.6 mg·g<sup>-1</sup> PF) tuvieron el mayor y el menor contenido de clorofila en las hojas, respectivamente (Cuadro 6).

### Carotenoides de los pétalos

Los diferentes tratamientos tuvieron un efecto altamente significativo sobre los carotenoides de los

Table 6. Means comparison for the effect of different treatments on the measured traits of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy') flowers.  
Cuadro 6. Comparación de medias del efecto de los tratamientos sobre las características medidas en flores de clavel (*Dianthus caryophyllus* L. cv 'Yellow Candy')

Treatments/ Tratamientos	Vase life (day)/ Vida en florero (días)	Solution absorption (mL·g <sup>-1</sup> FW)/ Absorción de la solución (mL·g <sup>-1</sup> PF)	Bacteria in the vase solution (log <sub>10</sub> CFU·mg <sup>-1</sup> )/ Bacterias en la solución para florero (log <sub>10</sub> UFC·mg <sup>-1</sup> )	Dry matter (%)/ Materia seca (%)	Chlorophyll content (mg·g <sup>-1</sup> FW)/ Contenido de clorofila (mg·g <sup>-1</sup> PF)	Petal carotenoid (μg·g <sup>-1</sup> FW)/ Carotenoides de los pétalos (μg·g <sup>-1</sup> PF)	Malondialdehyde (nmol·g <sup>-1</sup> FW)/ Malondialdehído (nmol·g <sup>-1</sup> PF)	Peroxidase (nmol·g <sup>-1</sup> FW)/ Peroxidasa (nmol·g <sup>-1</sup> PF)	Catalase (μg·g <sup>-1</sup> FW)/ Catalasa (μg·g <sup>-1</sup> PF)
Control/ Testigo	9.73 ± 1.75 e <sup>z</sup>	1.07 ± 0.30 e	888.30 ± 132.28 a	30.61 ± 2.56 cdef	6.68 ± 0.01 g	2.67 ± 0.01 m	24.02 ± 1.33 a	0.96 ± 0.11 e	0.90 ± 0.14 e
A <sub>2</sub> %	15.72 ± 1.52 a	2.26 ± 1.04 a	776.60 ± 152.75 a	36.05 ± 3.73 ab	7.27 ± 0.01 e	3.98 ± 0.01 e	20.76 ± 0.23 b	1.02 ± 0.05 d	1.67 ± 0.01 ab
8-HQS <sub>100</sub>	13.74 ± 0.28 abcd	2.06 ± 0.73 ab	88.30 ± 26.45 ef	29.62 ± 3.97 ef	6.12 ± 0.01 h	4.96 ± 0.01 b	20.12 ± 1.63 bc	1.15 ± 0.01 cd	1.64 ± 0.17 ab
8-HQS <sub>200</sub>	13.55 ± 1.32 abcd	1.52 ± 0.34 bcde	70.00 ± 29.88 f	38.16 ± 7.34 a	8.44 ± 0.01 c	4.49 ± 0.01 c	20.25 ± 0.39 bc	1.27 ± 0.02 bc	1.32 ± 0.15 bcd
8-HQS <sub>400</sub>	14.82 ± 0.76 abc	2.02 ± 0.68 ab	73.33 ± 26.45 f	36.55 ± 6.21 ab	11.30 ± 0.02 a	3.34 ± 0.01 j	21.29 ± 0.83 b	0.91 ± 0.01 c	1.09 ± 0.11 de
DEO <sub>30</sub> /AEE <sub>50</sub>	12.08 ± 1.11 cde	1.53 ± 0.59 bcde	220.00 ± 25.16 cd	32.13 ± 1.30 bcde	5.95 ± 0.01 i	3.55 ± 0.01 i	20.24 ± 0.55 bc	1.45 ± 0.53 ab	1.14 ± 0.09 cde
DEO <sub>100</sub> /AEE <sub>100</sub>	15.43 ± 3.77 ab	2.18 ± 0.84 a	173.30 ± 15.27 cde	34.90 ± 7.12 abc	9.95 ± 0.02 b	3.71 ± 0.01 g	19.73 ± 2.07 bcd	1.15 ± 0.12 cd	1.78 ± 0.40 a
DEO <sub>150</sub> /AEE <sub>150</sub>	12.56 ± 3.58 bcde	1.79 ± 0.40 abcd	153.30 ± 25.16 def	34.78 ± 2.10 abcd	4.12 ± 0.01 i	2.27 ± 0.01 n	21.17 ± 1.23 b	1.34 ± 0.27 ab	1.65 ± 0.32 ab
GEO <sub>50</sub> /AEG <sub>50</sub>	15.11 ± 3.46 abc	1.88 ± 1.21 abc	206.60 ± 28.88 cd	32.87 ± 4.35 bcde	7.44 ± 0.01 d	4.32 ± 0.01 d	20.95 ± 1.73 b	0.99 ± 0.22 de	1.58 ± 0.04 ab
GEO <sub>100</sub> /AEG <sub>100</sub>	12.48 ± 1.73 bcde	1.65 ± 0.78 de	266.60 ± 45.09 c	29.68 ± 4.00 def	6.72 ± 0.01 f	3.68 ± 0.01 h	19.88 ± 2.36 bcd	1.06 ± 0.16 de	1.58 ± 0.26 ab
GEO <sub>150</sub> /AEG <sub>150</sub>	12.31 ± 3.17 bcde	1.26 ± 0.82 cde	156.60 ± 36.05 def	32.01 ± 2.17 bcde	6.66 ± 0.01 g	3.86 ± 0.01 f	21.11 ± 0.93 b	1.05 ± 0.25 de	1.57 ± 0.42 ab
CEO <sub>50</sub> /AEC <sub>50</sub>	12.64 ± 2.38 bcde	1.48 ± 0.47 bcde	166.60 ± 191.39 def	30.61 ± 2.62 cdef	5.88 ± 0.01 j	3.29 ± 0.01 k	18.23 ± 0.77 d	1.07 ± 0.32 de	1.50 ± 0.02 abc
CEO <sub>100</sub> /AEC <sub>100</sub>	14.51 ± 1.80 abc	1.71 ± 0.68 abcd	210.00 ± 11.87 cd	30.80 ± 8.25 cdef	4.91 ± 0.01 k	5.54 ± 0.01 a	18.68 ± 1.57 cd	1.34 ± 0.34 ab	1.65 ± 0.21 ab
CEO <sub>150</sub> /AEC <sub>150</sub>	11.10 ± 2.29 de	1.44 ± 1.04 bcde	226.60 ± 25.16 cd	26.81 ± 3.84 f	6.12 ± 0.01 h	3.23 ± 0.01 l	20.86 ± 1.08 b	1.51 ± 0.13 a	1.34 ± 0.12 bcd

<sup>a</sup>Means with the same letters within each column do not differ statistically (LSD, P ≤ 0.05).

<sup>a</sup>Medias con las mismas letras dentro de cada columna no difieren estadísticamente (LSD, P ≤ 0.05).



### Peroxidase enzyme activity (POD)

According to means comparison, the highest activity of the POD ( $1.51 \text{ nmol}\cdot\text{g}^{-1} \text{ FW}$ ) was observed with  $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  caraway essential oil. Dill essential oil ( $50$  and  $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  cumin and  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  8-HQS had no significant difference with the superior treatment. The lowest amount of enzyme activity was observed in the control and  $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  8-HQS ( $0.96$  and  $0.91 \text{ nmol}\cdot\text{g}^{-1} \text{ FW}$ , respectively) (Table 6). The effect of different treatments on peroxidase activity of cut flowers was significant at the 1 % level (Table 5).

### Catalase enzyme activity (CAT)

All treatments had a significant effect on catalase activity of cut flowers (Table 5). Control flowers had the least amount of catalase enzyme ( $0.92 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ FW}$ ). The  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  dill essential oil and  $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  8-HQS did not differ significantly compared with control flowers (Table 6). Dill essential oil ( $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) had the greatest effect on catalase activity ( $1.78 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ FW}$ ), but did not have a significant difference with other treatments (Table 6).

### Discussion

Carnation stems treated with alcohol (2 %) had the longest vase life compared to the other treatments. The use of alcohol in a vase solution as a disinfectant and anti-ethylene improves water conduction and reduces vessel obstruction (Farokhzad et al., 2005). Alcohol-treated flowers had more water content than the control, indicating improved water transfer in the stem vessel of the flower and their vase life increased significantly compared to the control. On the other hand, alcohol prevents the transfer of carbohydrates from petals to the ovary, respiratory carbohydrates remain in the petals and they are used for petal metabolism (Podd & van Staden, 1998; Sharif-Hossain, Boyce, & Osman, 2007). By opening the vessels and controlling the microbial population, the water status of the petals improves and the percentage of plant dry matter increases due to the presence of sugar in the water. Therefore, enough sugar replaces the sugar consumed during respiration.

Increasing the vase life with the use of essential oils is due to the antimicrobial and anti-bacterial properties found in essential oils (Blokhina, Virolainen, & Fagerstedt, 2003). The positive effects of various plant essential oils for increasing the longevity of cut flowers have been reported (Amini et al., 2016; Kavosiv, Mirzakhani, & Hakimi, 2013; Mirdehghan & Aghamolayi, 2016; Mallahi, Ramezani, Saharkhiz, Javanmardi, & Iraj, 2018).

pétalos (Cuadro 5). De acuerdo con la comparación de medias, el valor de carotenoides aumentó en todos los tratamientos, excepto en el tratamiento con  $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de aceite de eneldo, el cual presentó la menor cantidad en comparación con el testigo ( $2.27 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ) (Cuadro 6). La aplicación de  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de comino tuvo el mayor contenido de carotenoides en los pétalos ( $54.5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ). Los tratamientos con la vida en florero más larga también mostraron los valores más altos en carotenoides (Cuadro 5).

### Malondialdehído (MDA)

El análisis de varianza mostró que existe una diferencia altamente significativa en la cantidad de MDA en las flores de corte (Cuadro 5). En la comparación de medias, se observó que las flores testigo tuvieron la mayor cantidad de MDA ( $24.22 \text{ nmol}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ), y el tratamiento con  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de aceite de comino tuvo la menor cantidad ( $18.23 \text{ nmol}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ). No obstante, el uso de aceites esenciales de eneldo, geranio y comino, con una concentración de  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , no mostró diferencias significativas (Cuadro 6).

### Actividad de la enzima peroxidasa (POD)

De acuerdo con la comparación de medias, la mayor actividad de la POD ( $1.51 \text{ nmol}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ) se observó con  $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de aceite de comino. El aceite esencial de eneldo ( $50$  y  $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de comino y  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de 8-HQS no presentaron diferencias significativas con el tratamiento superior. La menor actividad enzimática se observó en el testigo y en el tratamiento con  $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de 8-HQS ( $0.96$  y  $0.91 \text{ nmol}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ , respectivamente) (Cuadro 6). El efecto de los diferentes tratamientos sobre la actividad de la POD de las flores de corte fue altamente significativo (Cuadro 5).

### Actividad de la enzima catalasa (CAT)

Todos los tratamientos tuvieron un efecto altamente significativo sobre la actividad de la CAT de las flores de corte (Cuadro 5). Las flores testigo tuvieron la menor cantidad de CAT ( $0.92 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ). Los tratamientos con  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de aceite de eneldo y  $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de 8-HQS no difirieron significativamente en comparación con las flores testigo (Cuadro 6). El aceite esencial de eneldo ( $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) tuvo el mayor efecto sobre la actividad de la CAT ( $1.78 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \text{ PF}$ ), pero no fue significativamente diferente a otros tratamientos (Cuadro 6).

### Discusión

Los tallos de clavel tratados con alcohol (2 %) tuvieron la vida en florero más larga en comparación con los otros tratamientos. El uso de alcohol en una solución para



In a vase solution, microorganisms cause stem obstruction and accelerate the aging of petals (de Witte, Harkema, & van Doorn, 2014). Microorganisms and their toxic products restrict water uptake by blocking the ends of the stem (Liu et al., 2009). Water balance is an important factor in maintaining the quality and longevity of cut flowers and the inability to absorb water is the main cause of senescence. Disinfectants in the vase solution prevent the growth of microbes, protecting the vessels from obstruction and promoting healthy flowering (Kim & Lee, 2002). Shanan (2012) found that application of herbal essential oils improved water absorption in cut rose flowers by preventing vessel obstruction. The above results are similar to the results of this study.

Treatment with 8-HQS increased water absorption by acidifying the environment and preventing vessel obstruction (Li et al., 2017). In this regard, Zadeh-Bagheri, Namayandeh, Soulati, and Javanmardi (2011) stated that the use of chemical disinfectants such as 8-HQS led to an increase in soluble absorption in cut flowers. Several factors play a role in increasing the vase life of cut flowers, which include reducing the number of microorganisms, especially bacteria (Hashemabadi et al., 2016).

The 8-HQS antimicrobial properties can inhibit the growth of bacteria, thereby increasing the absorption of the vase solution by the plant and extending the life of the cut flowers (Kavosiv et al., 2013; van Doorn, 1997). The results of this study also emphasize the importance of the use of non-toxic compounds such as anti-bacterial herbal essential oil in preservative solutions to reduce bacterial populations at the stem end, obstruction, and limitations in water absorption. Adding herbal extracts to the preservative solution prevents the growth and activity of microbes and vessel obstruction due to the antimicrobial properties of these compounds and, as a result, water absorption is increased without interruption. Also, the activity of enzymes such as CAT and POD is controlled due to the antioxidant properties of plant essential oils, which are associated with the aging of cut flowers (Shanan, 2012; Hashemabadi et al., 2016). These conditions induce freshness and prolonged longevity of cut flowers.

The results of this study indicate that all treatments significantly reduced the bacterial population as compared to the control except for 2 % alcohol. The antimicrobial, anti-bacterial and anti-fungal properties of the herbal essential oils depend on chemical compounds (alcohols, phenols, aldehydes, ketones, etc.). As the amount of these phenolic and alcoholic compounds increased so did these properties.

floreros como desinfectante y anti-etileno mejora la conducción del agua y reduce la obstrucción de los vasos (Farokhzad et al., 2005). Las flores tratadas con alcohol presentaron un mayor contenido de agua que las testigo, lo cual indica una mejor conducción del agua; además, su vida en florero incrementó significativamente en comparación con las testigo. Por otra parte, el alcohol impide la transferencia de carbohidratos de los pétalos al ovario, por lo que los carbohidratos respiratorios permanecen en los pétalos y son utilizados para el metabolismo de los mismos (Podd & van Staden, 1998; Sharif-Hossain, Boyce, & Osman, 2007). Al abrir los recipientes y controlar la población microbiana, el estado hídrico de los pétalos mejora y el porcentaje de materia seca de la planta aumenta debido a la presencia de azúcares en el agua. Por lo tanto, suficiente de azúcar reemplaza el azúcar consumido durante la respiración.

El aumento de la vida en florero mediante el uso de aceites esenciales se debe a las propiedades antimicrobianas y antibacterianas propias de estos aceites (Blokhina, Virolainen, & Fagerstedt, 2003). Varias investigaciones han demostrado los efectos positivos de los aceites esenciales para aumentar la longevidad de flores de corte (Amini et al., 2016; Kavosiv, Mirzakhani, & Hakimi, 2013; Mirdehghan & Aghamolayi, 2016; Mallahi, Ramezani, Saharkhiz, Javanmardi, & Iraji, 2018).

En una solución para floreros, los microorganismos provocan la obstrucción del tallo y aceleran el envejecimiento de los pétalos (de Witte, Harkema, & van Doorn, 2014). Los microorganismos y sus productos tóxicos restringen la absorción de agua al bloquear los extremos del tallo (Liu et al., 2009). El balance hídrico es un factor importante para mantener la calidad y la longevidad de las flores de corte, y la incapacidad de absorber agua es la principal causa de senescencia. Los desinfectantes en la solución para floreros impiden el crecimiento de microorganismos, lo cual protege a los vasos de los tallos de la obstrucción y facilita que la floración sea saludable (Kim & Lee, 2002). Shanan (2012) observó que la aplicación de aceites esenciales mejora la absorción de agua en las flores de rosales al evitar obstrucción de los vasos. Estos resultados son similares a los de este estudio.

Los tratamientos con 8-HQS incrementaron la absorción de agua al acidificar el medio y evitar la obstrucción de los vasos (Li et al., 2017). Zadeh-Bagheri, Namayandeh, Soulati, y Javanmardi (2011) afirman que el uso de desinfectantes químicos, como la 8-HQS, incrementa la absorción de solubles en flores de corte. Muchos factores están involucrados en la prolongación de la vida en florero, los cuales incluyen la reducción del número de microorganismos, especialmente bacterias (Hashemabadi et al., 2016).

Microorganisms cause the production of internal ethylene and toxic substances, stem obstruction and accelerated aging of petals. The growth of microbes in the vase solution decreases hydraulic conductivity in the stem of cut flowers (Shanan, 2012). The use of antimicrobial agents such as herbal essential oils and chemical antimicrobial compounds in preservative solutions is effective in preventing the growth of microbes and increasing vase life (Kavosiv et al., 2013; Mallahi et al., 2018).

Based on Tables 2, 3 and 4, the highest percentage of effective components of essential oils in geranium, dill and caraway is with geraniol, linalool and methyl-3-phenyl-2-propenal, respectively. Research has shown that most of these compounds, which have alcohol bases and other active ingredients that were present in low percentages in the essential oils of these plants, have antimicrobial and antioxidant properties (Alviano et al., 2005; Nazzaro, Fratianni, Coppola, & de Feo, 2017; Walsh, Livinghouse, Goeres, Mettler, & Stewart, 2019). Terpene compounds have also been shown to limit oxidative damage caused by the accumulation of reactive oxygen species (Ross, 2005).

Our results are consistent with those of Hejazi and El-Kot (2009) on the effect of herbal essential oils on reducing the number of microbes and increasing the durability of cut gladiolus flowers. Solgi et al. (2009) reported that herbal essential oils disrupt the respiratory chain of bacteria and reduce their populations in vase solution and cut flowers. The use of chemical antimicrobial compounds and antimicrobial properties of plant essential oils prevent vascular occlusion, therefore, compared to the control, the absorption of the preservative solution is increased and because this solution contains sucrose, the dry weight increases that it will be effective on the dry matter. The results of this study show that water absorption was increased in all treatments compared to the control.

The percentage of dry matter in the treated flowers had better performance compared to the control flowers. After harvesting cut flowers, the main metabolic process in the plant is cellular respiration, which leads to a decrease in carbohydrates stores in the plant and leads the plant to aging. Antimicrobial compounds prevent vascular occlusion by controlling the bacterial population, and the flow of solution and sucrose in it remains open. As a result, the carbohydrates lost in the process of cellular respiration are compensated and aging is delayed. Hejazi and El-Kot (2009) and Mohammadi, Mostofi, and Basirat (2009) reported the same results in dry matter by using disinfectants in a vase cut flower solution. Since leaves in cut carnation flowers show a favorable condition at the end of their life, they cannot be the criterion for ending vase life.

Las propiedades antimicrobianas de la 8-HQS pueden inhibir el crecimiento de bacterias, lo cual evita la obstrucción de los vasos y aumenta la absorción de la solución por parte de la planta, prolongando así la vida de las flores de corte (Kavosiv et al., 2013; van Doorn, 1997). Los resultados de este estudio también enfatizan la importancia del uso de compuestos no tóxicos, como los aceites esenciales herbales para reducir las poblaciones bacterianas en el extremo del tallo, la obstrucción y las limitaciones en la absorción de agua. Añadir extractos herbales a la solución conservadora evita el crecimiento y la actividad de los microbios, así como la obstrucción de los vasos de los tallos, lo cual resulta en una mejor absorción de agua. Adicionalmente, la actividad de enzimas, como la CAT y POD, es controlada debido a las propiedades antioxidantes de los aceites esenciales. Dichas enzimas están asociadas con el envejecimiento de las flores de corte (Shanan, 2012; Hashemabadi et al., 2016), por lo que el uso de aceites esenciales induce frescura y longevidad a las flores.

Los resultados de este estudio indican que todos los tratamientos redujeron significativamente la población bacteriana en comparación con el testigo, excepto por el 2 % de alcohol. Las propiedades antimicrobianas, antibacteriales y antimicóticas de los aceites esenciales dependen de compuestos químicos (alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, etc.). Conforme aumentó la cantidad de estos compuestos fenólicos, también incrementaron dichas propiedades.

Los microorganismos originan la producción de etileno interno y de sustancias tóxicas, y dan lugar a la obstrucción del tallo y al envejecimiento acelerado de los pétalos. El crecimiento de microbios en la solución para florero disminuye la conectividad hidráulica en los tallos de las flores de corte (Shanan, 2012). El uso de agentes antimicrobianos, como los aceites esenciales herbales y los compuestos químicos antimicrobianos, en las soluciones conservantes es efectivo para evitar el crecimiento de microbios e incrementar la vida en florero (Kavosiv et al., 2013; Mallahi et al., 2018).

Con base en los Cuadros 2, 3 y 4, los compuestos efectivos con mayor concentración en los aceites esenciales de geranio, eneldo y comino son el geraniol, linalool y metil-3-fenil-2-propenal, respectivamente. Se ha demostrado que la mayoría de estos compuestos, que tienen bases alcohólicas y otros ingredientes activos, y que estuvieron presentes en porcentajes bajos, tienen propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Alviano et al., 2005; Nazzaro, Fratianni, Coppola, & de Feo, 2017; Walsh, Livinghouse, Goeres, Mettler, & Stewart, 2019). Además, Ross (2005) señala que los compuestos terpénicos limitan el daño oxidativo causado por la acumulación de especies reactivas al oxígeno.

According to the results of this study, 8-HQS had a better and more favorable effect on cut flowers. In the case of dill treatments ( $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) and geranium ( $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), which had the longest vase life, chlorophyll content did not decrease and was more than that of  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  caraway essential oil. The most important effect of essential oils is the maintenance of chlorophyll due to their antioxidant properties. The ability to prevent chlorophyll degradation and severe depletion is due to the activation of the cells and the increase in glucose production. Increasing the glucose content by regulating the osmotic pressure and respiration reduces the loss of chlorophyll (Andersen, Williams, & Serek, 2004).

Results obtained by Babarabie, Zarei, and Varasteh (2016) showed that the leaf chlorophyll content of *Alstroemeria* was increased with the use of essential oil compounds. Abdul-Wasea (2012) showed that the use of 8-HQS to delay chlorophyll degradation was the most effective treatment compared to the control. Researchers believe that the reason for the superiority of these antimicrobial compounds could be the inhibition of chlorophyllase activity during treatment.

Carotenoids are tetra-terpene compounds that are responsible for maintaining chlorophyll from optical oxidation, light absorption and transferring energy to chlorophyll a (Ross, 2005). They are also known to support non-photosynthetic pigments that can take extra energy from short wavelengths and convert individual oxygen to triple oxygen and show antioxidant activity by producing oxygen-rich radicals (Inze & Montagu, 2000; Howlitt & Pogson, 2006). The results of previous studies have shown that the use of antimicrobial compounds maintains and increases the amount of pigmentation during the post-harvest period (Zamani, Hadavi, Kazemi, & Hekmati, 2011). In the present study, antimicrobial compounds in most treatments increased the amount of carotenoids in petals.

The active ingredients in plant essential oils such as limonene and carnosol increase carotenoid pigmentation (Grassmann, 2005; Proshkina et al., 2020). In this work, the amount of the pigments is higher in herbs treated with essential oils (due to the presence of phenolic compounds in essences), compared to 8-HQS. The superiority of the used compounds can be attributed to the ability of these compounds to reduce microbial load and improve water absorption. Because the color intensity of the flowers depends on the amount of carbohydrates in the tissues around the petals, it can be concluded that the antiseptic compounds prevent the removal of important pigmentation (especially carotenoids) by improving the absorption of water and sugar in the vase solution

Los resultados de este trabajo concuerdan con los de Hejazi y El-Kot (2009) respecto al efecto que tienen los aceites esenciales sobre la reducción del número de microbios y el incremento de la durabilidad de flores de gladiola de corte. Solgi et al. (2009) mencionan que los aceites esenciales herbales interrumpen la cadena respiratoria de las bacterias y reducen sus poblaciones en la solución para florero y las flores de corte. La aplicación de compuestos antimicrobianos químicos y las propiedades antibacteriales de los aceites esenciales de plantas evitan la obstrucción de vascular y, por lo tanto, la absorción de la solución conservante se ve incrementada en comparación con el testigo. Además, debido a que la solución contiene sacarosa, el peso seco incrementa. Los resultados muestran que incrementó la absorción de agua en todos los tratamientos, comparados con el testigo.

El porcentaje de materia seca en las flores tratadas tuvo un mejor desempeño comparado con las flores testigo. Después de cosechar las flores de corte, el principal proceso metabólico en las plantas es la respiración celular, lo cual conduce al decremento de las reservas de carbohidratos en la planta y a su envejecimiento. Al evitar la obstrucción vascular, el flujo de la solución y la sacarosa permanece abierto; como resultado, los carbohidratos perdidos en el proceso de respiración celular son compensados y el envejecimiento es postergado. Hejazi y El-Kot (2009) y Mohammadi, Mostofi, y Basirat (2009) reportaron los mismos resultados de materia seca al utilizar desinfectantes en una solución para florero. Debido a que las hojas de las flores de clavel presentan una condición favorable hacia el final de su vida, no pueden ser el criterio para dar por terminada la vida en florero.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la 8-HQS tuvo los mejores y más favorables efectos sobre las flores de corte. En el caso de los tratamientos con eneldo ( $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y geranio ( $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), que tuvieron la vida en floreo más larga, el contenido de clorofila no disminuyó y fue más que el de  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de aceite de comino. El efecto más importante de los aceites esenciales es el mantenimiento de la clorofila debido a sus propiedades antioxidantes. La habilidad para evitar la degradación de la clorofila y la degradación severa se debe a la activación de las células y al incremento en la producción de glucosa. Aumentar el contenido de glucosa mediante la regulación de la presión osmótica y la respiración reduce la pérdida de clorofila (Andersen, Williams, & Serek, 2004)

Los resultados obtenidos por Babarabie, Zarei, y Varasteh (2016) muestran que el contenido foliar de clorofila en *Alstroemeria* incrementó con el uso de compuestos de aceites esenciales. Abdul-Wasea (2012) observó que el uso de 8-HQS, para proteger la



and protecting carotenoids against degradation and severe depletion which is in line with the views of researchers such as Asil and Karimi (2010). Also, during research, the use of 8-HQS in cut lily flowers increased the amount of flower dyeing (Han & Miller, 2003). In another study, it was found that herbal essential oil treatment showed the highest levels of carotenoids (Babarabie et al., 2017).

The important factor in lipid peroxidation is the free oxygen radicals. One of the products of peroxidation of membrane lipids is the MDA compound. The accumulation of MDA is a marker of cellular membrane degradation. The amount of this compound is considered as an indicator of physiological resistance and aging (Geng, Liu, Lu, Hu, & Okubo, 2009). According to the MDA results, the use of herbal essential oils and 8-HQS had a positive effect in most of the treatments and reduced MDA. In treatments with long vase life, MDA decreased considerably.

The phenolic compounds in plant essential oils are capable of removing reactive oxygen species, reducing membrane lipid oxidation and decreasing the concentration of MDA (Upadhyaya & Panda, 2004). Extending the vase life of cut chrysanthemum flowers and reducing MDA indicate membrane stability and increased longevity (Zamani et al., 2011). In this regard, Asil and Karimi (2010) reported that gladiolus flowers treated with 8-HQS and herbal essential oils had the least amount of MDA. With the onset of the first signs of aging, antioxidant enzymes such as POD increase in petals to counteract the destructive effects of active oxygen species. The POD enzyme reacts with hydrogen peroxide and converts it to water and oxygen (Hopkins et al., 2007).

The results of this study showed that POD has the main responsibility for neutralizing peroxide ions in cut carnation, as POD activity increased in all treatments increasing vase life compared to the control. The cause of the superiority of plant compounds can be attributed to their antioxidant properties, which increase the activity of antioxidant enzymes, and the enzymes such as CAT and POD contribute to the removal of free radicals in the plant system (Baily, Bogatek-Leszczynska, Come, & Corbineau 2002). The results are consistent with those of Kazemi and Ameri (2012) in terms of the effects of antimicrobial compounds on enhancement of enzyme activities and reduction of damage resulting from free radicals, thus increasing the vase life of cut carnations. The results showed that all treatments with long carnation vase life increased CAT activity compared to the control. The enzyme CAT, due to its antioxidant properties, neutralizes the generated radicals.

degradación de la clorofila, fue el tratamiento más efectivo en comparación con el testigo. Este autor sugiere que la superioridad de estos compuestos antimicrobianos se podría deber a la inhibición de la actividad de la clorofilasa durante los tratamientos.

Los carotenoides son compuestos tetra-terpénicos responsables de proteger la clorofila de la oxidación óptica, la absorción de luz y la transferencia de energía a la clorofila a (Ross, 2005). Además, se sabe que estos compuestos son compatibles con pigmentos no fotosintéticos que pueden tomar energía adicional de longitudes de onda cortas y convertir el oxígeno individual en oxígeno triple, y mostrar actividad antioxidante al producir radicales ricos en oxígeno (Inze & Montagu, 2000; Howlitt & Pogson, 2006). Algunos estudios han demostrado que el uso de compuestos antimicrobianos mantiene e incrementa la pigmentación durante el periodo de poscosecha (Zamani, Hadavi, Kazemi, & Hekmati, 2011). En este estudio, los compuestos antimicrobianos aumentaron la cantidad de carotenoides en los pétalos en la mayoría de los tratamientos.

Los ingredientes activos de los aceites esenciales de plantas, como el limoneno y el carnosol, aumentan la pigmentación de los carotenoides (Grassmann, 2005; Proshkina et al., 2020). En este trabajo, la cantidad de pigmentos es más alta en plantas tratadas con aceites esenciales (debido a la presencia de compuestos fenólicos), en comparación con la 8-HQS. La superioridad de los compuestos utilizados se puede atribuir a la capacidad de estos compuestos para reducir la carga microbiana y mejorar la absorción de agua. Debido a que la intensidad de color de las flores depende de la cantidad de carbohidratos en los tejidos de alrededor de los pétalos, se puede decir que los compuestos antisépticos evitan la eliminación de la pigmentación importante (especialmente los carotenoides) al mejorar la absorción de agua y de azúcar en la solución para floreros, y al proteger a los carotenoides del deterioro severo. Lo anterior coincide con lo observado por Asil y Karimi (2010). Por su parte, Han y Miller (2003) señalan que el uso de 8-HQS en flores de lily de corte aumentó la coloración de las flores. Babarabie et al. (2017) mencionan que el tratamiento con aceite esencial herbal mostró los niveles más altos de carotenoides.

Los radicales libres de oxígeno son un factor importante en la peroxidación de los lípidos. Uno de los productos de dicha peroxidación de la membrana es el MDA. La acumulación del MDA es un marcador de la degradación de la membrana celular. La cantidad de este compuesto se considera un indicador de la resistencia fisiológica y del envejecimiento (Geng, Liu, Lu, Hu, & Okubo,

Since the free oxygen species obtained from the decomposition of hydrogen peroxide is one of the important factors in the early aging of petals, and because, on the other hand, CAT is an antioxidant and neutralizes the toxic oxygen release of hydrogen peroxide, the activity of this enzyme prevents the aging of petals (Mortazavi, Naderi, Khalighi, Babalar, & Allizadeh, 2007). In a study on carnation, the use of antimicrobial compounds increased the activity of enzymes and reduced the damage of free radicals and, consequently, increased the longevity of cut flowers (Kazemi & Ameri, 2012).

## Conclusions

In conclusion, 2 % alcohol had the greatest effect on vase life compared to the other treatments. Also, high concentrations of 8-HQS increased the vase life. Herbal essences had a great influence on water absorption, carotenoids and dry matter content by preventing the accumulation of bacteria and vascular obstruction. Maximum vase life was obtained in cut flowers treated with 2 % alcohol, 100 mg·L<sup>-1</sup> dill and 50 mg·L<sup>-1</sup> geranium essential oils. Solution uptake and catalase activity were also at their highest with the 100 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil solution. Therefore, 100 mg·L<sup>-1</sup> dill essential oil was found to be the most effective eco-friendly treatment.

## End of English version

## References / Referencias

- Abdul-Wasea, A. (2012). Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cut flowers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11(1), 29-35. doi: 10.1016/j.jssas.2011.06.002
- Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil component by gas chromatography/mass spectrometry*. USA: Allured Publication Corporation.
- Alviano, W. S., Mendonça-Filho, R. R., Alviano, D. S., Bizzo, H. R., Souto-Padron, T., Bolognese, A. M., Alviano, C. S., & Souza, M. M. G. (2005). Antimicrobial activity of *Croton cajucara* Benth linalool-rich essential oil on artificial biofilms and planktonic microorganisms. *Oral Microbiology and Immunology*, 20(2), 101-105. doi: 10.1111/j.1399-302X.2004.00201.x
- Amini, S., Arab, M., Rahemi, M., Rahimi, A. R., & Daraei-Garmakhni, A. (2016). Effect of thyme essential oil on vase life of two carnations (*Dianthus caryophyllus* L.) cultivars. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(3), 734-742. doi: 10.1080/0972060X.2014.895685
- Andersen, L., Williams, M. H., & Serek, M. (2004). Reduced water availability improves drought tolerance of potted

2009). De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso de aceites esenciales y la 8-HQS reduce el MDA. En los tratamientos con larga vida en florero, el MDA disminuyó considerablemente.

Los compuestos fenólicos de los aceites esenciales de plantas son capaces de eliminar especies reactivas al oxígeno, reducir la oxidación de los lípidos de la membrana y disminuir la concentración de MDA (Upadhyaya & Panda, 2004). La prolongación de la vida en florero de flores de crisantemo y la reducción del MDA sugiere la estabilidad de la membrana y el aumento de su longevidad (Zamani et al., 2011). Asil y Karimi (2010) mencionan que las flores de gladiolo tratadas con 8-HQS y aceites esenciales presentaron la menor cantidad de MDA. Con la aparición de las primeras señales de envejecimiento, las enzimas antioxidantes, como la POD, incrementan en los pétalos para contrarrestar los efectos destructivos de las especies activas al oxígeno. La enzima POD reacciona con el peróxido de hidrógeno, y lo convierte en agua y oxígeno (Hopkins et al., 2007).

Los resultados de este estudio mostraron que la POD tiene la responsabilidad principal de neutralizar los iones de peróxido en el clavel de corte, ya que su actividad incrementó en todos los tratamientos al aumentar la vida en florero en comparación con el testigo. La superioridad de los compuestos vegetales se puede atribuir a sus propiedades antioxidantes, las cuales aumentan la actividad de las enzimas antioxidantes, y algunas enzimas, como la CAT y la POD, contribuyen a la eliminación de los radicales libres en el sistema vegetal (Baily, Bogatek-Leszczynska, Come, & Corbineau 2002). Los resultados obtenidos son consistentes con los de Kazemi y Ameri (2012), al observar que los compuestos antimicrobianos mejoran las actividades de las enzimas, reducen el daño causado por radicales libres y aumentan la longevidad en florero del clavel de corte. Los resultados mostraron que todos los tratamientos con larga vida en florero aumentaron la actividad de la CAT en comparación con el testigo. La enzima CAT, debido a sus propiedades antioxidantes, neutraliza los radicales generados.

Debido a que las especies libres de oxígeno generadas a partir de la descomposición del peróxido de hidrógeno son uno de los factores importantes en el envejecimiento temprano de los pétalos y a que la CAT es un antioxidante y neutraliza la liberación de oxígeno tóxico del peróxido de hidrógeno, la actividad de esta enzima evita el envejecimiento de los pétalos (Mortazavi, Naderi, Khalighi, Babalar, & Allizadeh, 2007). Kazemi y Ameri (2012) observaron que el uso de compuestos antimicrobianos en claveles incrementó la actividad de las enzimas y redujo el daño por radicales libres, lo cual incrementó la longevidad de las flores.



- miniature roses: Is the ethylene pathway involved? *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(1), 1-13. doi: 10.1080/14620316.2004.11511719
- Asil, M. H., & Karimi, M. (2010). Efficiency of benzyladenine reduced ethylene production and extended vase life of cut *Eustoma* flowers. *Plant Omics Journal*, 3(6), 199-203. Retrieved from <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=559660906325316;res=IELHSS;type=pd>
- Babarabie, M., Zarei, H., & Varasteh, F. (2016). Potential of increasing the vase life and improvement of some physiological characteristics of *Alstroemeria* cut flowers by using non-harmful compounds environmentally. *Journal of Chemical Health Risks*, 6(1), 1-8. doi: 10.22034/jchr.2018.544123
- Babarabie, M., Zarei, H., & Varasteh, F. (2017). A study on the feasibility of replacing silver nitrate with natural compounds in preservative solution of *Gerbera jamesonii* cut flowers. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 7(1), 75-86. Retrieved from <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=567226>
- Baily, C., Bogatek-Leszczynska, R., Come, D., & Corbineau, F. (2002). Changes in activities of antioxidant enzymes and lipoxygenase during growth of sunflower seedlings from seed of different vigour. *Seed Science Research*, 12, 47-55. doi: 10.1079/SSR200197
- Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidant, oxidative damage and oxygen deprivations stress: a review. *Annals of Botany*, 91(2), 179-194. doi: 10.1093/aob/mcf118
- Bounatirou, S., Simitis, S., Migual, M. G., Faleiro, L., Rejeb, M. N., Neffati, M., Costa, M. M., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Pedro, L. G. (2007). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff. *Food Chemistry*, 105(1), 146-155. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.03.059
- Chance, B., & Maehly, S. K. (1955). Assay of catalase and peroxidase. In: Glick, D. (Ed.), *Methods of Enzymology* (pp. 764-775). USA: Interscience Publishers, Inc. doi: 10.1002/9780470110171.ch14
- de Witte, Y., Harkema, H., & van Doorn, W. G. (2014). Effect of antimicrobial compounds on cut *Gerbera* flowers: Poor relation between stem bending and numbers of bacteria in the vase water. *Postharvest Biology and Technology*, 97, 78-83. doi: 10.1016/j.postharvbio.2013.12.018
- Dong, D. C., Seaton, K., & Singh, Z. (2017). Influence of type and concentration of sugars, supplemented with 8-hydroxyquinoline sulphate, on the vase life of waxflower. *Folia Horticulturae*, 29(1), 39-49. doi: 10.1515/fhort-2017-0005
- Farokhzad, A., Khalighi, A., Mostofi, Y., & Naderi, R. (2005). Role of ethanol in the vase life and ethylene production in cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Mariachii. cv Blue) flowers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 1(4), 309-312. Retrieved from <https://eurekamag.com/research/004/470/004470218.php>
- Geng, X. M., Liu, J., Lu, J. G., Hu, F. R., & Okubo, H. (2009). Effect of cold storage and different pulsing treatment

## Conclusiones

El alcohol al 2 % tuvo el mayor efecto sobre la vida en florero en comparación con los otros tratamientos, y la 8-HQS aumentó la vida en florero conforme incrementó la concentración aplicada. Las esencias herbales tuvieron gran influencia sobre la absorción de agua, los carotenoides y el contenido de materia seca, al evitar la acumulación de bacterias y la obstrucción vascular. La máxima vida en florero se obtuvo en flores tratadas con 2 % de alcohol, 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo y 50 mg·L<sup>-1</sup> de geranio. La absorción de la solución y la actividad de la catalasa también fueron máximas con 100 mg·L<sup>-1</sup> de eneldo. Por lo tanto, 100 mg·L<sup>-1</sup> de aceite esencial de eneldo resultó ser el tratamiento amigable con el medioambiente más eficaz.

## Fin de la versión en español

- on postharvest quality of cut OT lily mantissa flowers. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*, 54(1), 41-45. doi: 10.5109/14035
- Grassmann, J. (2005). Terpenoids as plant antioxidants. *Explore Scientific, Technical, and Medical Research on Science Direct*, 72, 505-535. doi: 10.1016/S0083-6729(05)72015-X
- Han, S. S., & Miller, J. A. (2003). Role of ethylene in postharvest quality of cut oriental lily Stargazer. *Plant Growth Regulation*, 40, 213-222. doi: 10.1023/A:1025023904151
- Hashemabadi, D., Abedini-Aboksari, H., Sedaghatthoor, S., & Kaviani, B. (2016). Geranium (*Pelargonium graveolens*) extract and mechanical treatment improve water relation, enzyme activity and longevity of cut chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura) flowers. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 15(5), 185-203. Retrieved from <http://www.acta.media.pl/pl/full/7/2016/000070201600015000050018500203.pdf>
- Heath, R. L., & Parker, L. (1986). Photoperoxidation in isolated chloroplast: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1), 189-198. doi: 10.1016/0003-9861(68)90654-1
- Hejazi, M. A., & El-Kot, G. (2009). Influences of some essential oils on vase life of *Gladiolus* hybrid, 1. Spikes. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, 3, 19-24. doi: 10.5455/ijavms.20101124115729
- Hopkins, M., Taylor, C., Liu, Z., Ma, F., McNamara, L., Wang, T. W., & Thompson, J. E. (2007). Regulation and execution of molecular disassembly and catabolism during senescence. *New Phytologist*, 175(2), 201-214. doi: 10.1111/j.1469-8137.2007.02118.x
- Howlitt, C. A., & Pogson, B. J. (2006). Carotenoid accumulation and function in seeds and nongreen tissues. *Plant Cell and Environment*, 29, 435-445. doi: 10.1111/j.1365-3040.2005.01492.x

- Hunter, D. A., Yi, M., Xu, X., & Reid, M. S. (2004). Role of ethylene in perianth senescence of daffodil (*Narcissus pseudonarcissus* L. 'Duth Master'). *Postharvest Biology and Technology*, 32(3), 269-280. doi: 10.1016/j.postharvbio.2003.11.013
- In, B. C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M., & Mori, G. (2007). Multivariate analysis of relation between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut 'Asomi Red' Roses. *Japanese Society for Horticultural Science*, 76(1), 66-72. Retrieved from <https://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=423139>
- Inze, D., & Montagu, M. V. (2000). *Oxidative stress in plants*. England: Cornwall Great Britain.
- Jalili-Marandi, R., Hassani, A., Abdollahi, A., & Hanafi, S. (2011). Application of *Carum copticum* and *Satureja hortensis* essential oils and salicylic acid and silver thiosulphate in increasing the vase life of cut rose flowers. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(20), 5034-5038. Retrieved from <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-abstract/76159C126762>
- Jawaharlal, M., Ganga, M., Padmadevi, K., Jegadeeswari, V., & Karthikeyan, S. (2009). *A technical guide on carnation*. Coimbatore, India: Tamil Nadu Agricultural University. Retrieved from <http://fayllar.org/a-technical-guide-on-carnation.html>
- Kavosiv, M., Mirzakhani, A., & Hakimi, L. (2013). Influences of thyme oil (*Thymus vulgaris* L.), *Aloe vera* gel and some chemical substances on vase-life of cut *Rosa hybrida* cv. White Naomi. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(5), 970-975. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133173146>
- Kazemi, M., & Ameri, A. (2012). Response of vase life carnation cut flower to salicylic acid, silver Nano particles, glutamine and essential oil. *Asian Journal of Animal Science*, 6(3), 122-131. doi: 10.3923/ajas.2012.122.13
- Kim, Y., & Lee, J. S. (2002). Changes in bent neck, water balance and vase life of cut rose cultivars as affected by preservative solution. *Journal of Korean Society of Horticultural Science*, 43(2), 201-207. doi: 10.21273/HORTSCI.32.3.459E
- Li, H., Li, H., Liu, J., Luo, Z., Joyce, D., & He, S. (2017). Nano-silver treatments reduced bacterial colonization and biofilm formation at the stem-ends of cut gladiolus 'Eerde' spikes. *Postharvest Biology and Technology*, 123, 102-111. doi: 10.1016/j.postharvbio.2016.08.014
- Liao, L., Lin, Y., Huang, K., Chen, W., & Cheng, Y. (2000). Postharvest life of cut rose flowers as affected by silver thiosulfate and sucrose. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41(4), 299-303. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/251183229\\_Postharvest\\_life\\_of\\_cut\\_rose\\_flowers\\_as\\_affected\\_by\\_silver\\_thiosulfate\\_and\\_sucrose](https://www.researchgate.net/publication/251183229_Postharvest_life_of_cut_rose_flowers_as_affected_by_silver_thiosulfate_and_sucrose)
- Liu, J. P., He, S. G., Zhang, Z. Q., Cao, J. P., Lv, P. T., He, S. D., Cheng, G. P., & Joyce, D.C. (2009). Nano-silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut gerbera cv. Ruikou flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 54(1), 59-62. doi: 10.1016/j.postharvbio.2009.05.004
- Mallahi, T., Ramezani, A., Saharkhiz, M. J., Javanmardi, J., & Iraj, A. (2018). Antimicrobial activities of Asafoetida and Shirazi thyme essential oils improve the vase life of gerbera cut flowers. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3), 228-233. doi: 10.1016/j.chnaes.2017.08.009
- Mazumdar, B. C., & Majumder, K. (2003). *Methods on physicochemical analysis of fruits*. Calcutta, India: Daya Publishing House.
- Mirdehghan, S. H., & Aghamolayi, Z. (2016). Application of various concentrations of essential oils of Ajowan, Savory, and Thyme to maintain quality and shelf life of gladiolus cut flower. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(1), 33-41. doi: 10.22059/ijhst.2016.58159
- Mohammadi, S., Mostofi, Y., & Basirat, M. (2011). Study on some chemical compounds on the vase life of two cultivars of roses. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 1(2), 123-128. Retrieved from <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=231729>
- Mortazavi, S. N., Naderi, R., Khalighi, A., Babalar, M., & Allizadeh, H. (2007). The effect of cytokinin and calcium on cut flower quality in rose (*Rosa hybrida* cv. Illona). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(3), 1459-1463. Retrieved from <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=19240561>
- Muraleedharan, A. (2020). Postharvest hardening of *Anthurium andreanum* cut flowers using silver thiosulphate (STS). *Plant Archives*, 20(2), 1433-1435. Retrieved from [http://www.plantarchives.org/SPL%20ISSUE%2020-2/231\\_1433-1435\\_.pdf](http://www.plantarchives.org/SPL%20ISSUE%2020-2/231_1433-1435_.pdf)
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., & de Feo, V. (2017). Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals*, 10(4), 86-106. doi: 10.3390/ph10040086
- Niyokuri, A. N., Nyalala, S., & Mwangi, M. (2017). Effects of bioslurry and plant biostimulant Hicure on yield, flower quality and vase life of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *Journal of Applied Horticulture*, 19(1), 29-34. doi: 10.37855/jah.2017.v19i01.05
- Oraee, T., Asgharzadeh, A., Kiani, M., & Oraee, A. (2011). The role of preservative compounds on number of bacteria on the end of stems and vase solution of cut *Gerbera*. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 1(3), 161-166. Retrieved from [jornamental.iaurasht.ac.ir/article\\_513643\\_fa.html](http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_513643_fa.html)
- Petridou, M., Voyiatzi, C., & Voyiatzis, D. (2001). Methanol, ethanol and other compounds retard leaf senescence and improve the vase life and quality of cut *Chrysanthemum* flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 23(1), 79-83. doi: 10.1016/S0925-5214(01)00102-8
- Podd, L. A., & van Staden, J. (1998). The role of ethanol and acetaldehyde in flower senescence and fruit ripening - A review. *Plant Growth Regulation*, 26, 183-188. doi: 10.1023/A:1006131517539
- Proshkina, E., Plyusnin, S., Babak, T., Lashmanova, E., Maganova, F., Koval, L., Platonova, E., Shaposhnikov,

- M., & Moskalev, A. (2020). Terpenoids as potential geroprotectors. *Antioxidants*, 9(6), 525-579. doi: 10.3390/antiox9060529
- Pun, U. K., Rowarth, J. S., Barnes, M. F., & Heyes, J. A. (2001). The role of ethanol or acetaldehyde in the biosynthesis of ethylene in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Yellow candy. *Postharvest Biology and Technology*, 21(2), 235-239. doi: 10.1016/S0925-5214(00)00111-3
- Ross, C. W. (2005). *Plant physiology*. New Delhi: CBS Publishers and Distributors.
- Shanan, N. (2012). Applications of essential oils to prolong the vase life of rose (*Rosa hybrid* L. cv. 'Grand') cut flowers. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 4(1), 66-74. Retrieved from [http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article\\_513382\\_fa.html](http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_513382_fa.html)
- Sharif-Hossain, A. B., Boyce, A. N., & Osman, N. (2007). Postharvest quality, vase life and photosynthetic yield (chlorophyll fluorescence) of *Bougainvillea* flower by applying ethanol. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(4), 733-740. Retrieved from [http://www.ajbasweb.com/old/ajbas\\_october-december\\_2007.html](http://www.ajbasweb.com/old/ajbas_october-december_2007.html)
- Solgi, M., & Ghorbanpour, M. (2014). Application of essential oils and their biological effects on extending the shelf-life and quality of horticultural crops. *Trakia Journal of Sciences*, 12(2), 198-210. Retrieved from [http://tru.uni-sz.bg/tsj/vol12No2\\_2014.html](http://tru.uni-sz.bg/tsj/vol12No2_2014.html)
- Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T. S., & Naderi, R. (2009). Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. 'Dune') flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3), 155-158. doi: 10.1016/j.postharvbio.2009.04.003
- Teixeira-da Silva, J. A. (2003). The cut flower: Postharvest considerations. *Journal of Biological Sciences*, 3(4), 406-442. doi: 10.3923/jbs.2003.406.442
- Upadhyaya, H., & Panda, S. K. (2004). Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration. *Biologia Plantarum*, 48(4), 597-600. doi: 10.1023/B:BIOP.0000047158.53482.37
- van Doorn, W. G. (1997). Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews*, 18, 1-85. doi: 10.1002/9781118351871.ch2
- van Doorn, W. G. (2002). Effect of ethylene on flower abscission: a Survey. *Annals of Botany*, 89(6), 689-693. doi: 10.1093/aob/mcf124
- Villanova, J., Cano, A., Albacete, A., López, A., Cano, E. A., Acosta, M., & Pérez-Pérez, J. M. (2017). Multiple factors influence adventitious rooting in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) stem cuttings. *Plant Growth Regulation*, 81(3), 511-521. doi: 10.1007/s10725-016-0228-1
- Walsh, D. J., Livinghouse, T., Goeres, D. M., Mettler, M., & Stewart, P. S. (2019). Antimicrobial activity of naturally occurring phenols and derivatives against biofilm and planktonic bacteria. *Frontiers in Chemistry*, 7, 345-358. doi: 10.3389/fchem.2019.00653
- Yaghoubi-Kiaseh, D., & Yadegari, M. (2016). The effect of ethanol and cycloheximide on the vase life of cut flowers *Alstroemeria* (*Alstroemeria hybrida*). *Journal of Ornamental Plants*, 6(2), 73-82. Retrieved from [http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article\\_523130\\_e97b3dfbdb9e3197acd4125644f3960d.pdf](http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_523130_e97b3dfbdb9e3197acd4125644f3960d.pdf)
- Zadeh-Bagheri, M. R., Namayandeh, A., Soulati, M. R., & Javanmardi, S. (2011). Pulse and continuous treatment of chemical preservative solutions to increase the quality and postharvest of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. 'Yellow Candy'). *The Journal of Modern Agriculture*, 19, 41-50.
- Zamani, S., Hadavi, E., Kazemi, M., & Hekmati, J. (2011). Effect of some chemical treatments on keeping quality and vase life of *Chrysanthemum* cut flowers. *World Applied Sciences Journal*, 12(11), 1962-1966. Retrieved from [https://www.idosi.org/wasj/wasj12\(11\)/5.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj12(11)/5.pdf)

