

Effect of Propanol, Butanol and Pentanol on Vase Life and Quality of Cut Carnation cv. Nelson (*Dianthus caryophyllus* cv. Nelson) Flower

D. Hashemabadi^{1*}, A. Soleimani¹, B. Kaviani¹, N. Naziri Moghaddam¹

1- Department of Horticultural Science, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran

(*- Corresponding author's Email: hashemabadi@iau.ac.ir; davoodhashemabadi@yahoo.com)

Received: 15 August 2023
Revised: 24 October 2023
Accepted: 23 November 2023
Available Online: 25 November 2023

How to cite this article:

Hashemabadi, D., Soleimani, A., Kaviani, B., & Naziri Moghaddam, N. (2026). Effect of propanol, butanol and pentanol on vase life and quality of cut carnation cv. Nelson (*Dianthus caryophyllus* cv. Nelson) flower. *Journal of Horticultural Science*, 39(4), 549-566. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2023.83721.1280>

Introduction

Cut carnation flowers have high economic importance in the floriculture industry. The postharvest life of cut ornamentals, including carnation, is important in determining their quality and consumer preference. High production of ethylene is one of the most important factors that reduce the postharvest life of this flower. High ethylene production causes the aging of some cut flowers. In order to increase the vase life of cut flowers, many studies have been done and various preservative solutions have been introduced, and in some of these solutions, disinfectants have also been used. One of the effective compounds in stopping or reducing ethylene production are alcohols. Ethanol stops ethylene synthesis in cut carnation. Cut carnation is climacteric flower and sensitive to high levels of ethylene. Therefore, the aim of this research was to investigate and compare the effect of different amounts of propanol, butanol and pentanol on the vase life and quality improvement of cut carnation flowers cultivar 'Nelson'.

Materials and Methods

In the present study, propanol, butanol and pentanol were used at the concentrations of 2, 4 and 6% for 24-hour pulse, in order to reduce ethylene production and increase the vase life of cut carnation cultivar 'Nelson' flowers. In February 2020, cut carnation flowers that were harvested at the commercial stage were prepared from a greenhouse in Mahalat city and were immediately transferred to the Postharvest Laboratory, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Rasht Branch for treatment and evaluation of traits. This experiment was conducted as a completely randomized design in 30 plots. For each treatment, 3 replications and 5 samples for each replication and a total of 150 flower branches were considered. Some traits such as vase life, water absorption, dry matter, petal protein, leaf chlorophyll, ethylene production, fresh weight loss, flower opening index, Brix degree, lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes, peroxidase and superoxide dismutase were measured. To evaluate the vase life of cut flowers, the main criterion is the turning of the petals inward and the apparent wilting of the flowers. Data analysis was done using SAS statistical software and mean comparison based on Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

The results of variance analysis of the data showed that the effect of different amounts of propanol, butanol and pentanol application was significant at 5% and 1% probability level on vase life and most of the traits measured in cut carnation flowers. This research revealed that propanol had a more effective role in reducing



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2023.83721.1280>

ethylene production and increasing the vase life than butanol and pentanol. The results showed that the longest vase life (14.11 days) was observed in cut flowers treated with 2% propanol. This treatment also caused the highest amount of water absorption, percentage of dry matter, petal protein and leaf chlorophyll, as well as the lowest amount of ethylene production. The lowest vase life (8.91 days) was observed in control cut flowers. The mean comparison of the different alcohol treatments showed that all treatments of propanol and butanol alcohols in different concentrations increased the absorption of solution by cut flowers compared to the control. Maintaining the water balance in cut flowers is one of the important factors in the vase life of cut flowers. The content of water uptake by cut flowers depends on the hydraulic conductivity of the water channel in the stem and the water potential difference between cut flower tissues and the preservative solution. The least plasma membrane damage was caused in cut flowers treated with 2% propanol. This treatment also caused the highest SOD activity. The short vase life of cut flowers is a global challenge, and efforts are being made to increase their vase life by using appropriate compounds in the vase solution. One of these compounds are alcohols, which have been used by some researchers in order to increase the vase life of various cut flowers. Alcohols are usually toxic for cells in high concentrations. Propanol and butanol in low concentrations inhibited the synthesis of ethylene and therefore increased the vase life of cut carnation flowers. These anti-ethylene compounds prevent the senescence of the petals, which is usually associated with the browning of the petals. Alcohols in optimal concentrations act as a signal and increase the vase life of cut flowers and improve their postharvest quality by reducing lipid peroxidation and inducing the activity of antioxidant enzymes. Similar findings were reported in cut alstroemeria, some carnation cultivars and chrysanthemum flowers.

Conclusion

The present study showed the positive effect of disinfectant and antimicrobial compounds on increasing the vase life, some physiologic characters and antioxidants activity. This research revealed that propanol had more effective role in reducing ethylene production and increasing the vase life than butanol and pentanol. The results showed that the longest vase life was observed in cut carnation cv. Nelson flowers treated with 2% propanol.

Keywords: Ethylene, Flower senescence, postharvest life, Climacteric flower

اثر پروپانول، بوتانول و پنتانول بر عمر گلجای و کیفیت گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون' (*Dianthus caryophyllus* cv. Nelson)

داود هاشم‌آبادی^{۱*} - امیرحسین سلیمانی^۱ - بهزاد کاویانی^۱ - نیره نظیری مقدم^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۲

چکیده

گل شاخه‌بریده میخک (*Dianthus caryophyllus* cv. Nelson) از اهمیت اقتصادی بالایی در صنعت گلکاری برخوردار است. عمر پس از برداشت گل‌های زینتی شاخه‌بریده از جمله میخک، در تعیین کیفیت آن‌ها و ترجیح مصرف‌کنندگان مهم است. یکی از عوامل کاهش عمر پس از برداشت این گل، تولید اتیلن زیاد است. میخک فرازگرا و به اتیلن بسیار حساس می‌باشد. با توجه به نقش ترکیب‌های الکلی در ممانعت یا کاهش بیوسنتز اتیلن، در پژوهش حاضر، از غلظت‌های دو، چهار و شش درصد پروپانول، بوتانول و پنتانول به‌صورت پالس ۲۴ ساعته، به‌منظور کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم نلسون استفاده گردید. آب مقطر به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بنابراین، در مجموع ۱۰ تیمار (سه غلظت پروپانول، سه غلظت بوتانول، سه غلظت پنتانول و آب مقطر) در نظر گرفته شد. در این پژوهش، عمر گلجای، برخی از صفات فیزیولوژیک (اتیلن، پروتئین گلبرگ، کلروفیل، ماده خشک، کاهش وزن تر، جذب محلول، کاهش درجه بریکس و مالون دی‌آلدئید) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز) اندازه‌گیری گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که پروپانول نقش مؤثرتری در کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر گلجای نسبت به بوتانول و پنتانول داشت. همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، بیشترین عمر گلجای (۱۴/۱۱ روز)، در گل‌های شاخه‌بریده تیمار شده با دو درصد پروپانول مشاهده شد. این تیمار همچنین بالاترین مقدار جذب آب، درصد ماده خشک، پروتئین گلبرگ و کلروفیل برگ، همچنین کمترین مقدار تولید اتیلن را باعث شد. کمترین عمر گلجای (۸/۹۱ روز) نیز در گل‌های شاخه‌بریده شاهد مشاهده شد. پژوهش حاضر، اثر مثبت ترکیبات ضدعفونی‌کننده و ضد میکروبی بر افزایش عمر گلجای و بهبود فعالیت آنزیم‌ها در گل شاخه‌بریده میخک رقم نلسون را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: اتیلن، پیری گل، عمر پس از برداشت، گل فرازگرا

مقدمه

چندساله علفی هستند و به‌عنوان گیاه باغچه‌ای، گلدانی و شاخه‌بریده پرورش داده می‌شوند (Onozaki, 2018a).

میخک، فرازگرا و به اتیلن بسیار حساس می‌باشد (Hashemabadi, 2011). بیشتر اثرهای منفی روی گل‌های شاخه‌بریده ناشی از تولید اتیلن است که پژمردگی زودرس گلبرگ‌ها را به دنبال دارد (Lee et al., 1997). در میخک، پیری گلبرگ‌ها با یک افزایش در تولید اتیلن در طول مرحله آخر و به‌تبع آن پیچیدگی برگشت‌ناپذیر گلبرگ‌ها و پژمردگی و ریزش آن‌ها همراه است (Kim et al., 2005; Amini et al., 2014). اتیلن مسئول بیان برخی از ژن‌های مرتبط با پیری است و این ژن‌ها در بیوسنتز اتیلن نقش اساسی دارند. پیری در گل‌های فرازگرا مانند میخک معمولاً با افزایش ناگهانی و موقتی تنفس و تولید اتیلن همراه است. اتیلن درون‌زا و برون‌زا در گل‌های شاخه‌بریده موجب باز شدن گل‌ها، ریزش اندام‌های گل، خشک شدن کاسبرگ‌ها و بدشکلی گلبرگ‌ها می‌شود که این امر

میخک با نام علمی *Dianthus caryophyllus* L. از خانواده Caryophyllaceae، گیاهی چندساله با ساقه‌های منشعب است. میخک به‌ویژه انواع استاندارد و خوشه‌ای آن، از مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده جهان محسوب می‌شود که با رنگ‌ها و شکل‌های متنوع گل، سهم بسزایی در تولید و تجارت گل‌های شاخه‌بریده دارد (Teixeira da Silva, 2003; Naing et al., 2017). این گل از نظر تولید، پس از رز (*Rosa hybrida*) در رده دوم جهانی قرار دارد. جنس *Dianthus* بیش از ۳۰۰ گونه دارد که همگی جزء گیاهان

۱- گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

*- نویسنده مسئول: Email: davoodhashemabadi@yahoo.com;

hashemabadi@iaui.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jhs.2023.83721.1280>

تجارت این محصول‌های را محدود می‌نماید (Gupta & Dubey, 2018). تیمارهای ضداتیلن در چرخه پس از برداشت گل‌ها و میوه‌ها جایگاه ویژه‌ای دارند (Lee et al., 1997; Kamiab, 2016). از برخی بازدارنده‌های تولید اتیلن مانند تیوسولفات نقره، پرمنگنات سدیم، الکل‌ها و سیتوکینین‌ها برای افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده از جمله میخک استفاده شده است (Hashemabadi, 2011; Amini, 2018; Ramtin et al., 2019). برخی جاذب‌های اتیلن از جمله ژئولیت نیز به این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Khandan-Mirkohi & Arabi, 2018).

پژوهش‌های زیادی به منظور افزایش عمر گلجای گل شاخه‌بریده میخک، انجام شده است و محلول‌های نگهدارنده مختلفی معرفی شده‌اند که در برخی از این محلول‌ها، مواد ضدعفونی‌کننده مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Seven & Jose, 2004; Pun et al., 2005; Tanazad et al., 2016). یکی از ترکیب‌های مؤثر در توقف یا کاهش تولید اتیلن، الکل‌ها هستند. اتانول باعث توقف سنتز اتیلن در میخک می‌شود، به طوری که از تبدیل ۱،۶-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید (ACC) جلوگیری می‌کند و همچنین تشکیل ACC را متوقف می‌نماید (Wu et al., 1992; Podd & van Staden, 1999). محلول حاوی هفت درصد اتانول باعث افزایش عمر گلجای گل میخک نسبت به شاهد شد (Karimian & Tehranifar, 2011). این محققان نشان دادند که محلول اتانول هفت درصد و متانول چهار درصد بر افزایش عمر گلجای میخک تأثیرگذار هستند. استفاده از غلظت‌های دو تا هشت درصد اتانول و متانول برای افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده میخک گزارش شده است (Wu et al., 1992; Petridou et al., 1999). الکل‌ها در سایر گل‌های شاخه‌بریده مانند مریم (*Polianthes tuberosa* L.) (Taha, 2020) و تاج‌خروس زینتی (*Amaranthus tricolor* L.) (Piechocki & Salachna, 2019) نیز باعث افزایش عمر گلجای شدند. گل‌های بریده لیسیانتوس (*Eustoma grandiflorum*) نگهداری‌شده در محلول اتانول (دو، چهار و شش درصد)، عمر گلجای بیشتری نسبت به شاهد داشتند و اتانول شش درصد بیشترین اثر بازدارندگی را در تولید اتیلن داشت (Farokhzad et al., 2005). امینی (Amini, 2018) نشان داد که تیمارهای ۱۲ ساعته متانول چهار و شش درصد، تولید اتیلن را در گل‌های شاخه‌بریده میخک به طور چشم‌گیری کاهش دادند و منجر به افزایش معنی‌دار عمر گلجای گل‌های میخک شدند. استفاده از اتانول با غلظت‌های ۰،۴ و ۸ و ۱۰ درصد باعث افزایش دوام گل‌های گل کاغذی (*Bougainvillea spectabilis*) نسبت به شاهد شد (Sharif Hossain et al., 2008). در مطالعه روی گل شاخه‌بریده میخک رقم

‘Sensi’ مشخص شد که اتانول و متانول با کاهش چشمگیر میزان تولید اتیلن و اثر ضدعفونی‌کنندگی، باعث افزایش عمر پس از برداشت شدند (Amini et al., 2014). اثر الکل‌ها روی عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده به نوع، غلظت و نحوه کاربرد آن (مدام و کوتاه‌مدت یا پالس) و همچنین نوع رقم بستگی دارد (Wu et al., 1992; Petridou et al., 2001). برخی از ترکیبات دیگر از جمله ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات و ساکارز نیز به منظور افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده، به محلول گلجای افزوده شد. ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات نقش مؤثری در ممانعت از رشد برخی میکروب‌ها داشت. ساکارز نیز به عنوان یک منبع انرژی مورد استفاده گل‌های شاخه‌بریده قرار می‌گیرد. کاربرد هیدرات‌های کربن از جمله ساکارز، همچنین می‌تواند به عنوان یک منبع غذایی مناسب برای میکروب‌های موجود در محلول گلجای و گل شاخه‌بریده باشد که با مسدود کردن آوندها باعث کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش عمر گلجای می‌شوند (Jahanifar et al., 2016). بنابراین، کاربرد ضدعفونی‌کننده‌هایی همانند ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات در محلول گلجای همراه با ساکارز (به عنوان محلول نگهدارنده) ضروری به نظر می‌رسد. تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات و دو درصد ساکارز به طور معنی‌داری دوام و کیفیت گل‌های شاخه‌بریده شببو (*Matthiola incana* L.) را افزایش داد (Arab et al., 2006). تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات همراه با ساکارز سه درصد به ترتیب با ۱۹/۸۳ و ۱۹/۶۶ روز بیشترین عمر گلجایی را در آلسترومریا (*Alstroemeria*) داشتند (Mohammadi Kabari & Jadid, 2019). برخی مطالعه‌ها در ارتباط با مقاومت گل بریده میخک به اتیلن و افزایش عمر گلجای با استفاده از روش‌های اصلاحی از جمله تلاقی‌های صلیبی در حال انجام است (Onozaki, 2018b).

با توجه به نقش اتیلن در پیری گل شاخه‌بریده میخک، هدف از پژوهش حاضر، بررسی و مقایسه اثر مقادیر مختلف کاربرد پروپانول، بوتانول و پنتانول بر ماندگاری و افزایش کیفیت پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم ‘نلسون’ بود. تعداد گروه‌های متیل در این سه نوع الکل متفاوت است، به طوری که پروپانول دارای سه، بوتانول دارای چهار و پنتانول دارای پنج گروه متیل می‌باشند.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۹ گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم ‘نلسون’ که در مرحله تجاری برداشت شده بودند، از گلخانه‌ای در شهر محلات

شدند (جدول ۱). پس از اتمام دوره پالس و خارج نمودن گل‌ها از محلول‌ها، گلدان‌ها تعویض گردید و گل‌ها تا پایان عمر در ظروف حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم ۸-هیدروکسی کینولین سولفات و ساکارز سه درصد نگهداری شدند. در طول دوره آزمایش و به‌منظور جلوگیری از انسداد آوندی، هر سه روز یک بار عمل باز برش انتهای ساقه، به اندازه یک سانتی‌متر درون آب ۳۸ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

صفت‌های اندازه‌گیری‌شده

عمر گلجای

برای ارزیابی طول عمر گلدانی گل‌ها، معیار اصلی، چرخش گلبرگ‌ها به‌طرف داخل و پژمردگی ظاهری گل‌ها است (Hashemabadi, 2006).

جذب محلول

از آنجایی‌که عمر گلجای گل‌های شاخه بریده وابستگی کامل به جذب آب دارد، هر سه روز یک بار حدود یک سانتی‌متر از انتهای شاخه‌ها در زیر آب بریده شدند. از طرف دیگر، حجم محلول نگهدارنده درون گلدان‌ها نیز مشخص بود (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر). با توجه به میزان تبخیر محلول نگهدارنده و کاهش محلول درون گلدان‌های حاوی گل، جذب آب با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Mohammadi Kabari & Jadid Solimandarabi, 2019).

تهیه گردید و بلافاصله برای انجام تیمار و ارزیابی صفت‌ها به آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت منتقل شدند.

طرح آزمایشی

این آزمایش به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳۰ پلات اجرا گردید. برای هر تیمار، سه تکرار و در هر تکرار پنج شاخه و در مجموع، ۱۵۰ شاخه گل در نظر گرفته شد (شکل ۱).

شرایط محیطی اتاق ارزیابی

شرایط محل آزمایش شامل ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی بود که توسط نور لامپ‌های فلورسنت سفید تأمین شد. شدت نور ۱۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، دمای اتاق 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی نیز بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بود (Mohammadi Kabari & Jadid Solimandarabi, 2019).

نحوه آماده‌سازی گل‌ها و انجام تیمارهای الکلی پروپانول،

بوتانول و پنتانول

ابتدا شاخه‌های میخک رقم 'نلسون' به‌طول ۵۰ سانتی‌متر در داخل آب ۳۸ درجه سانتی‌گراد بریده شدند و همه برگ‌ها تا گره سوم از پایین حذف گردید. گل‌ها با برچسب، کدگذاری شدند و پس از توزین با ترازوی دیجیتال، به‌مدت ۲۴ ساعت در تیمار پالس قرار داده



شکل ۱- چیدمان پلات‌های تیماری

Figure 1- The arrangement of the treatment plots

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر و نماد آنها

Table 1- Used treatments in the present research and their symbols

تیمارها	نماد
Treatments	Symbol
آب مقطر	شاهد
Distilled water	Control
پروپانول ۲ درصد (۵ میلی گرم در لیتر)	P ₁
Propanol 2% (5 mg.L ⁻¹)	
پروپانول ۴ درصد (۱۰ میلی گرم در لیتر)	P ₂
Propanol 4% (10 mg.L ⁻¹)	
پروپانول ۶ درصد (۱۵ میلی گرم در لیتر)	P ₃
Propanol 6% (15 mg.L ⁻¹)	
بوتانول ۲ درصد (۵ میلی گرم در لیتر)	B ₁
Butanol 2% (5 mg.L ⁻¹)	
بوتانول ۴ درصد (۱۰ میلی گرم در لیتر)	B ₂
Butanol 4% (10 mg.L ⁻¹)	
بوتانول ۶ درصد (۱۵ میلی گرم در لیتر)	B ₃
Butanol 6% (15 mg.L ⁻¹)	
پنتانول ۲ درصد (۵ میلی گرم در لیتر)	T ₁
Pentanol 2% (5 mg.L ⁻¹)	
پنتانول ۴ درصد (۱۰ میلی گرم در لیتر)	T ₂
Pentanol 4% (10 mg.L ⁻¹)	
پنتانول ۶ درصد (۱۵ میلی گرم در لیتر)	T ₃
Pentanol 6% (15 mg.L ⁻¹)	

(۱)

جذب آب = ۵۰۰ cc - (حجم محلول گلجای در روز پایانی + میانگین
تبخیر ۴ گلجای در روز پایانی) / وزن شاخه گل

(۳)

درصد ماده خشک = (وزن خشک ÷ وزن تر گل‌ها در روز آخر) ×
۱۰۰

کاهش وزن تر

با توجه به میزان وزن تر اولیه گل‌ها، وزن تر نهایی آن‌ها، وزن
بازبرش‌ها و وزن ریزش‌ها، مقدار کاهش وزن تر برحسب گرم به‌ازای
هر شاخه گل طبق معادله ۲ محاسبه شد (Mohammadi Kabari
& Jadid Solimandarabi, 2019).

(۲)

کاهش وزن تر = وزن تر اولیه - (مزن تر نهایی + وزن بازبرش‌ها +
وزن ریزش‌ها)

درصد ماده خشک

پس از پایان عمر گلجای هر گل، وزن تر آن اندازه‌گیری شد و
گل‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده
شدند. پس از اطمینان از خشک شدن، گل‌ها به‌وسیله ترازوی
دیجیتال توزین گردید. درصد ماده خشک با استفاده از معادله ۳
محاسبه شد (Mohammadi Kabari & Jadid Solimandarabi, 2019).

کاهش درجه بریکس (Brix) (درصد ساکارز موجود در

ساقه گل)

برای اندازه‌گیری درجه بریکس، از بازبرش‌های انتهایی ساقه
استفاده شد. یک یا دو قطره از آب موجود در برش‌ها روی صفحه
شیشه‌ای رفراکتومتر دستی (مدل N-1α ساخت شرکت ATAGO
کشور ژاپن) ریخته و درجه بریکس آن خوانده شد. تفاضل بین اعداد
به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری میانگین بریکس روز اول و میانگین
بریکس روز آخر عمر گلدانی، به‌عنوان میزان کاهش درجه بریکس آن
شاخه گل در نظر گرفته شد (Mohammadi Kabari & Jadid
& Solimandarabi, 2019).

شاخص باز شدن گل

اندازه‌گیری قطر گل به‌صورت یک روز در میان و با استفاده از
کولیس دیجیتال انجام شد. به این منظور، ابتدا بزرگ‌ترین قطر گل و
سپس قطر عمود بر آن اندازه‌گیری گردید و میانگین آن‌ها محاسبه
شد. اولین اندازه‌گیری، بلافاصله پس از انجام تیمارهای الکلی و

(۶) $a = 9.93 (A660) - 0.777 (A642.5)$ کلروفیل
که در آن؛ A: مقدار جذب در طول موج مورد نظر است.

اندازه‌گیری اتیلن

برای اندازه‌گیری مقدار اتیلن آزاد شده، در روز دوم از هر گلدان یک شاخه گل انتخاب گردید و مقدار اتیلن به‌روش چمنی (Chamani, 2005) اندازه‌گیری شد. شاخه گل انتخاب شده در یک ظرف هوا بندی شده به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. بعد از ۲۴ ساعت، از هوای داخل ظرف نمونه‌گیری شد و نمونه‌های گاز برای آنالیز مقدار اتیلن به آزمایشگاه تجزیه گاز دانشگاه تهران منتقل گردید. اندازه‌گیری مقدار اتیلن تولید شده به کمک دستگاه GC-8 AIT مدل Shimadzu انجام شد.

پراکسید شدن لیپیدها

برای اندازه‌گیری پراکسید شدن لیپیدها، مقدار مالون دی‌آلدئید (MDA) روی تیمارهای گلچین (شاهد، P_1 , B_1 , T_3 و B_3) و با استفاده از روش هیت و پارکر (Heath & Parker, 1968) به‌عنوان محصول واکنش پراکسید شدن اسیدهای چرب غشاء اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید، ۰/۵ گرم بافت گلبرگ در روز پنجم آزمایش از شاخه گل جدا و به کمک نیتروژن مایع عصاره‌گیری شد. به عصاره حاصل، یک میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی نمونه‌ها توسط سمپلر جدا و مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد عمل سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه) انجام گردید. پس از آن، به محلول رویی ۱۰۰۰ میکرولیتر اسیدتری کلرواستیک (TCA) ۲۰ درصد و ۰/۵ درصد اسیدتیوباربتیریک (TBA) اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه داخل حمام آب جوش (۹۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و سپس به یخ منتقل شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه) گردید. ماده قرمز رنگ رویی جدا شد و میزان جذب ماده قرمز رنگ مالون دی‌آلدئید - اسیدتیوباربتیریک (MDA-TBA) تولید شده به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید.

اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز (POD)

برای سنجش فعالیت سینتیکی آنزیم پراکسیداز، با مشاهده اولین علائم پژمردگی، یک شاخه گل از تیمارهای گلچین (شاهد، P_1 , B_1 , T_3 و B_3) خارج شد و از گلبرگ‌های آن جهت ارزیابی آنزیم پراکسیداز

آخرین اندازه‌گیری در زمانی که قطر گل‌ها به بیشترین شکوفایی رسید، صورت گرفت. برای محاسبه قطر گل، عدد به‌دست‌آمده در هر مرحله بر مرحله قبلی تقسیم گردید و میانگین‌گیری شدند (Mohammadi Kabari & Jadid Solimandarabi, 2019).

محتوای پروتئین گلبرگ

بدین منظور، با مشاهده اولین علائم پژمردگی در اتاق عمر گلجای، یک شاخه از هر پلات خارج شد و جهت استخراج پروتئین، از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده گردید. برای عصاره‌گیری، ۰/۵ گرم بافت گلبرگ مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های گلبرگ به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به مدت ۲۴ ساعت داخل مخلوط اسیدها (۱۰۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک + ۶ گرم اسیدسالسیلیک + ۱۸ میلی‌لیتر آب اکسیژنه) نگهداری شدند. پس از آن، عمل هضم نمونه‌ها تا زمان بی‌رنگ شدن نمونه‌ها انجام گردید. نمونه‌های بی‌رنگ شده پس از صاف شدن، با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. از این نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری ازت به کمک دستگاه کج‌لدال استفاده گردید. پس از اتمام عمل کج‌لدال (تغییر رنگ نمونه‌ها از ارغوانی به زرد)، تیتیر نمونه‌ها با اسیدسولفوریک ۰/۵ نرمال تا زمان ارغوانی شدن نمونه‌ها انجام شد. سپس از عدد حاصل جهت اندازه‌گیری ازت و سپس پروتئین به کمک معادله‌های ۴ و ۵ استفاده گردید.

$$(۴) \quad 0.56 \times t \times (a - b) \times \frac{V}{W} \times \frac{100}{D.M} = \text{ازت (درصد)}$$

که در آن، t: غلظت اسید مصرفی جهت تیتراسیون برحسب مول در لیتر، a: میزان اسید مصرفی جهت نمونه برحسب میلی‌لیتر، b: میزان اسید مصرفی جهت شاهد برحسب میلی‌لیتر، v: حجم عصاره حاصل از عمل هضم برحسب میلی‌لیتر، w: وزن نمونه گیاهی جهت هضم برحسب گرم و D.M: درصد ماده خشک گیاه هستند.

$$(۵) \quad 6.25 \times \text{ازت} = \text{پروتئین (درصد)}$$

کلروفیل a

با مشاهده اولین علائم پژمردگی در اتاق عمر گلجای، یک شاخه گل از هر پلات جهت اندازه‌گیری کلروفیل خارج شد. برگ‌ها خشک گردید و مقدار کلروفیل a با استفاده از روش مزمودار و مجمودار (Mazumdar & Majumder, 2003) محاسبه شد. مقدار ۰/۵ گرم از برگ‌های نمونه‌گیری شده با استفاده از استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شدند. مقدار جذب عصاره‌های صاف شده در طول موج‌های ۶۶۰ و ۶۴۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (JASCO Model V-530 Spectrophotometer) قرائت گردید. با کمک معادله (۶) مقدار کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم در هر گرم وزن تر محاسبه شد (۳۸).

به‌روش این و همکاران (In et al., 2007) استفاده گردید. نمونه‌گیری از گلبرگ‌های میخک رقم 'نلسون' در روز پنجم آزمایش و عصاره-گیری از آن‌ها توسط بافر پتاسیم فسفات و پلی‌وینیل پولی‌پیرولیدین (Polyvinylpyrrolidone) انجام شد. سپس به ۱۰۰ میکرولیتر از محلول حاصل، ۴۵۰ میکرولیتر محلول آب اکسیژنه و ۴۵۰ میکرولیتر محلول گایاکول اضافه گردید. جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز برحسب نانومول در هر گرم وزن تر در دقیقه گزارش شد.

اندازه‌گیری آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

بدین منظور، با مشاهده اولین علائم پژمردگی، یک شاخه گل از تیمارهای گلچین (شاهد، B₁, P₁, B₃ و T₃) خارج گردید و از گلبرگ‌های آن جهت ارزیابی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به‌روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از روش ژیانوپولیتیس و رایس (Giannopolitis & Ries, 1997) استفاده شد. مقدار پنج گرم بافت گلبرگ با نیتروژن مایع آسیاب و به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. سپس ۰/۵ گرم از نمونه منجمدشده با بافر پتاسیم فسفات و پلی‌وینیل پولی‌پیرولیدین در اسیدپته هفت رقیق شد. پس از همسان کردن، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی به‌آرامی برداشته شد و تا زمان اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. نمونه‌های شاهد که فاقد آنزیم بودند نیز تهیه شدند. در نهایت، میزان جذب نمونه‌ها برحسب واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

عمر گلجای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مقادیر مختلف کاربرد پروپانول، بوتانول و پنتانول بر عمر گلجای گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون' در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد الکل‌های پروپانول و

بوتانول در غلظت‌های مختلف، عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده را نسبت به شاهد افزایش داد. عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده تیمار شده با هر سه غلظت پنتانول از شاهد کمتر بود. عمر گلجای بالا (۱۴/۱۱ و ۱۳/۷۳ روز) به‌ترتیب با کاربرد دو و چهار درصد پروپانول به دست آمد. عمر گلجای در گل‌های شاخه‌بریده تیمار شده با چهار و ۶ شش پنتانول کمتر از هشت روز بود (جدول ۳).

عمر کوتاه گل‌های شاخه‌بریده، یک چالش جهانی است و تلاش برای افزایش عمر گلجای آن‌ها با کاربرد ترکیب‌های مناسب در محلول گلجای در حال انجام است. یکی از این ترکیب‌ها، الکل‌ها می‌باشند که توسط برخی از محققان به‌منظور افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Petridou et al., 2001; Bayat et al., 2012; Amini et al., 2014; Sadeghi et al., 2017). الکل‌ها معمولاً در غلظت‌های بالا سمی هستند، به‌طوری‌که تیمارهای الکلی با زنجیره‌های طول‌تر، به فسفولیپید غشاء پلاسمایی آسیب می‌رسانند و باعث افزایش نفوذپذیری آن می‌شوند، در نتیجه عمر پس از برداشت گل‌ها را به‌تدریج کاهش می‌دهند (Heins, 1980; Wu et al., 1992). پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم مانع سنتز و عمل اتیلن شدند و به همین دلیل عمر گلجای در میخک را افزایش دادند. این مواد ضداتیلنی از پیری گلبرگ‌ها که معمولاً با قهوه‌ای شدن گلبرگ‌ها همراه است، ممانعت می‌کنند. در گل شاخه‌بریده میخک رقم Sensi، تیمار اتانول ۱۲ درصد در پالس ۱۲ ساعت، بیشترین طول عمر گلجای را باعث شد (Amini et al., 2014). افزایش عمر گلجای گل شاخه‌بریده داودی (*Chrysanthemum*) با کاربرد اتانول و متانول گزارش گردید (Petridou et al., 2001). این محققان نشان دادند که متانول چهار درصد به‌صورت پالس ۲۴ ساعت، بیشترین تأثیر را در افزایش عمر گلجای و کاهش وزن تر داشت. استفاده از اتانول چهار درصد به‌صورت دائمی و موقت باعث افزایش عمر گلجای و بازپسندی گل شاخه‌بریده میخک رقم Yellow Candy شد (Bayat et al., 2012). وو و همکاران (Wu et al., 1992) و پتریدو و همکاران (Petridou et al., 1999)، غلظت‌های دو تا هشت درصد تیمارهای اتانول و متانول را در افزایش عمر گل‌های بریده میخک ارقام 'White Sim'، 'Buffalo' و 'Figaro' مؤثر گزارش کردند. افزایش عمر گل‌های بریده داودی با استفاده از تیمارهای الکلی اتانول و متانول مشاهده شد (Petridou et al., 2001). به نظر می‌رسد که پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم از طریق کاهش اثرهای مضر اتیلن به‌عنوان یک عامل بازدارنده پیری عمل می‌کنند و از انسداد آوندی انتهایی ساقه گل‌ها جلوگیری می‌کنند. کریمیان و تهرانی‌فر (Karimian & Tehranifar, 2011) گزارش کردند که محلول حاوی هفت درصد اتانول باعث افزایش عمر گلجای گل میخک

نسبت به شاهد شد. اثر مثبت برخی ضدعفونی کننده های دیگر مانند H_2O_2 و استالدهید در بهبود کیفیت پس از برداشت برخی گل های شاخه بریده از جمله میخک (Pun et al., 2001) و آلسترومریا (Sadeghi et al., 2017) نشان داده شد. پود و ون استادین (Podd & van Staden, 1999) اثر مثبت استالدهید را در افزایش عمر گل

بریده میخک گزارش نمودند. در میخک ارقام Yellow Candy و Sandrosa، افزایش عمر گلجای طی کاربرد ۰/۰۵ درصد استالدهید گزارش شد (Pun et al., 2001). استالدهید با جلوگیری از تولید اتیلن و یا کاهش حساسیت به اتیلن باعث افزایش عمر گلجای گردید.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) بر عمر گلجای و صفات فیزیولوژیکی گل شاخه بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 2- ANOVA for the effect of different concentrations of evaluated treatments (propanol, butanol and pentanol) on vase life and flower physiological traits of cut carnation 'Nelson' flower

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عمر گلجای Vase life	مقدار اتیلن Ethylene content	پروتئین گلبرگ Petal protein	کلروفیل a Chlorophyll a	ماده خشک Dry matter	شاخص باز شدن گل Flower opening index	کاهش وزن تر Loss of fresh weight	جذب محلول Solution uptake	کاهش درجه بریکس Decrease of Brix°
تیمار Treatment	9	0.294*	0.642**	0.642**	1.113*	13.067*	0.096*	0.164*	6.001**	0.243**
خطا Error	20	0.046	0.106	0.009	0.214	0.808	0.001	0.032	1.297	0.016
کل Total	29	19.130	0.168	243.136	12.364	42.670	0.037	0.895	0.367	2.008
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	5.26	4.32	3.68	14.24	2.34	4.09	7.49	9.73	8.46

*, **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ^{ns}: عدم معنی داری

*, **: Significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively, ^{ns}: non-significant

جدول ۳- اثر غلظت های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) بر عمر گلجای و صفات فیزیولوژیکی گل شاخه بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 3- The effect of different concentrations of evaluated treatments (propanol, butanol and pentanol) on vase life and flower physiological traits of cut carnation 'Nelson' flower

تیمارها Treatments	عمر گلجای Vase life (day)	اتیلن Ethylene (nL.L ⁻¹ .h ⁻¹ .g ⁻¹ FW)	پروتئین گلبرگ Petal protein (%)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	ماده خشک Dry matter (%)	شاخص باز شدن گل Flower opening index	کاهش وزن تر Fresh weight loss (g)	جذب محلول Solution uptake (mL.g ⁻¹ FW)	کاهش درجه بریکس Decrease of brix° (%)
شاهد Control	8.91 ^{c*}	1.58 ^b	1.91 ^e	4.61 ^c	15.07 ^c	1.67 ^b	12.93 ^b	1.29 ^d	3.78 ^c
P1 (2%)	14.11 ^a	1.15 ^d	4.32 ^a	8.47 ^a	20.16 ^a	1.24 ^d	9.09 ^d	2.63 ^a	1.97 ^e
P2 (4%)	13.73 ^a	1.19 ^d	3.73 ^b	8.97 ^a	20.73 ^a	1.21 ^d	8.91 ^d	2.04 ^b	2.17 ^e
P3 (6%)	12.23 ^b	1.25 ^d	3.18 ^c	6.76 ^b	19.46 ^b	1.37 ^c	10.01 ^c	1.96 ^b	1.19 ^f
B1 (2%)	12.16 ^b	1.18 ^d	2.70 ^d	6.69 ^b	19.83 ^b	1.65 ^c	9.98 ^c	1.98 ^b	2.64 ^d
B2 (4%)	9.81 ^c	1.34 ^c	1.92 ^e	4.87 ^c	18.76 ^b	1.63 ^b	12.91 ^b	1.33 ^c	3.46 ^d
B3 (6%)	9.07 ^c	1.39 ^c	1.91 ^e	4.79 ^c	14.24 ^d	1.64 ^b	13.26 ^b	1.30 ^d	3.71 ^c
T1 (2%)	8.09 ^d	1.61 ^b	1.81 ^f	5.11 ^b	13.87 ^d	1.68 ^b	13.49 ^b	0.94 ^e	4.19 ^b
T2 (4%)	7.21 ^e	1.78 ^a	1.69 ^g	3.34 ^d	14.49 ^d	1.84 ^a	15.72 ^a	0.26 ^f	4.14 ^b
T3 (6%)	7.13 ^e	1.73 ^a	1.60 ^g	3.46 ^d	14.61 ^d	1.83 ^a	16.17 ^a	0.24 ^f	4.61 ^a

* در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی دار دارند.

P: پروپانول، B: بوتانول و T: پنتانول.

* Means with different letters on the same column are significantly different ($P < 0.05$) based on Duncan's multiple range test.

P: Propanol, B: Butanol and T: Pentanol.

جذب محلول

اثر تیمارهای مختلف روی جذب محلول در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای مختلف الکل بر جذب محلول گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون' نشان داد که همه تیمارهای کاربرد الکل‌های پروپانول و بوتانول در غلظت‌های مختلف، جذب محلول توسط گل‌های شاخه‌بریده را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳). جذب محلول گل‌های شاخه‌بریده تیمار شده با هر سه غلظت پنتانول نسبت به شاهد کمتر بود. جذب محلول بالا (۲/۶۳ و ۲/۰۴ میلی‌لیتر بر گرم وزن تر) به‌ترتیب با کاربرد دو و چهار درصد پروپانول به دست آمد. جذب محلول توسط گل‌های شاخه‌بریده تیمار شده با چهار و شش درصد پنتانول کمتر از ۰/۳ میلی‌لیتر بر گرم وزن تر بود.

حفظ تعادل آبی در گل‌های شاخه‌بریده از عوامل مهم در عمر گلجای است. سرعت جذب آب گل‌های شاخه‌بریده به هدایت هیدرولیکی مجرای آبی ساقه و تفاوت پتانسیل آبی بافت گل بریده با محلول نگهدارنده بستگی دارد (van Meeteren & van Gelder, 1999). با افزایش عمر گلجای به‌تدریج روابط آبی گل‌های بریدنی تغییر می‌کند و کاهش میزان جذب محلول، کاهش وزن تر نسبی و کاهش میزان آب موجود در اندام‌های مختلف مشاهده می‌شود. یکی از علل این تغییر، ریزجانداری هستند که درون ساقه رشد می‌کنند و باعث ایجاد اختلال در جذب آب از طریق انسداد آوندی و در نهایت پژمردگی گل می‌شوند (Pearson-Mims & Lohr, 1990). نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب‌های ضدعفونی‌کننده‌ای مانند محلول‌های الکلی (الکل‌های سبک) می‌تواند با کنترل فعالیت ریزجانداران در محلول گلجای و انتهای ساقه باعث افزایش هدایت هیدرولیکی مجرای آبی ساقه شوند و شرایط بهتری برای جذب آب در ساقه و در نتیجه تأخیر در فرآیند پیری فراهم نمایند. در این تحقیق، گل‌های میخک رقم 'نلسون' تیمار شده با ترکیب‌های ضداتیلن، به‌طور معنی‌داری افزایش جذب آب را نسبت به شاهد داشتند. متانول چهار درصد به‌صورت پالس ۲۴ ساعت، بیشترین تأثیر را در کاهش وزن تر گل بریده داودی داشت (Petridou et al., 2001). این موضوع در ارتباط با اثر H_2O_2 روی گل‌های شاخه‌بریده آلسترومریا گزارش شد (Liao et al., 2012). کاربرد پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم علاوه‌بر مهار جمعیت باکتری موجب افزایش جذب آب و بهبود روابط آبی می‌شود. اثرگذاری الکل‌ها ممکن است به‌دلیل ارتباط آن‌ها با اسیدآسیزیک و القاء بسته شدن روزنه‌ها باشد (Sood et al., 2006; Bagheri et al., 2015).

کاهش وزن تر

تفاوت تیمارها در مقدار کاهش وزن تر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شدت کاهش وزن تر در تیمارهای الکلی قوی با درصد بالا (به‌ویژه پنتانول چهار و شش درصد) و کمترین کاهش وزن تر در تیمارهای الکلی سبک با غلظت پایین به‌ویژه پروپانول دو و چهار درصد مشاهده شد. به‌طور کلی می‌توان گفت که تیمارهای پروپانول و بوتانول در غلظت‌های پایین مانع از کاهش وزن تر گل‌ها شدند (جدول ۳).

حضور باکتری‌ها در محلول گلجای باعث انسداد آوندی و جلوگیری از جذب آب می‌شود که در نهایت کاهش وزن تر، افزایش تنفس و پژمردگی را به همراه دارد (Ezhilmathi et al., 2007). الکل‌ها به‌دلیل دارا بودن اثر ضدعفونی‌کنندگی، از رشد باکتری‌ها در محلول گلجای و ته ساقه جلوگیری می‌کنند و باعث افزایش جذب آب، وزن تر و در نهایت عمر گلجای می‌شوند. در برخی از گزارش‌ها، همبستگی و رابطه تنگاتنگ بین افزایش عمر گلجای و افزایش وزن تر نسبی در دوره پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده‌ی ژربرا (*Gerbera jamesonii* L.) (Solgi, 2009)، گل مریم (*Anjum et al.*, 2001) و میخک (Amini, 2018; Amini et al., 2014) نشان داده شده است. مطالعه روی گل شاخه‌بریده میخک نشان داد که ترکیب‌های الکلی سبک در غلظت‌های کم موجب جلوگیری از انسداد آوندی و کاهش تبخیر، تعرق و تنفس می‌شوند و با بالا نگه داشتن حجم آب سلول و به تأخیر انداختن فرآیند پیری، وزن تر گل‌ها را در سطوح بالاتری نگه می‌دارند (Heins & Blakely, 1980). نتایج تحقیق‌های سود و همکاران (Sood et al., 2006) در گل بریده رز نیز در تأیید نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

درصد ماده خشک

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مقادیر مختلف کاربرد الکل‌ها بر درصد ماده خشک گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون' در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین غلظت‌های مختلف، تیمار پروپانول چهار درصد با اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد (با ۱۵/۰۷ درصد ماده خشک) دارای بیشترین درصد ماده خشک (۲۰/۷۳ درصد) بود. از طرف دیگر، تیمار پنتانول دو درصد با ۱۳/۸۷ درصد، کمترین درصد ماده خشک را نشان داد (جدول ۳).

افزایش مقدار کربوهیدرات‌های موجود در شاخه گل ممکن است به نقش این الکل‌ها در کاهش میزان تنفس و کاهش میزان تولید اتیلن گل‌ها مربوط باشد. براساس اظهار مون و همکاران (Moon et al., 2004) کمبود آب، تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کند که این تنش

2002a) کاهش درصد قند را در اثر استفاده از تیمارهای الکلی اتانول و استالدهید در طول عمر گلدانی گل‌های میخک گزارش کردند.

شاخص باز شدن گل

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان داد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده این است که کمترین سرعت باز شدن گل در تیمارهای پروپانول دو و چهار درصد به ترتیب با شاخص ۱/۲۴ و ۱/۲۱ به عنوان بهترین تیمارها مشاهده شد که به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش عمر گل‌ها، تأخیر در باز شدن آن‌ها می‌باشد. تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری از نظر سرعت باز شدن گل با تیمارهای بوتانول در غلظت‌های بالا و پنتانول دو درصد نداشت (جدول ۳).

از آنجایی که گل برای باز شدن نیاز به مصرف ATP دارد و جهت تأمین ATP نیاز به شکستن مولکول‌های قند طی فرآیند تنفس می‌باشد، بنابراین هر عاملی که از میزان تنفس کم کند، می‌تواند روند باز شدن گل را به تأخیر بیندازد (Blankenship & Dole, 2003). در پژوهش حاضر، ترکیب‌های ضد میکروبی و ضداتیلنی به خوبی این پدیده را نشان دادند. مکوندی و همکاران (Makvandi et al., 2011) با مطالعه روی گل بریده آلسترومریا دریافتند که ترکیب‌های ضد میکروبی و ضداتیلنی با تأثیر بر قطر گل در نهایت باعث بهبود شاخص باز شدن گل گردید. هاشم‌آبادی (Hashemabadi, 2006) با مطالعه روی میخک رقم 'Tempo' دریافت که استفاده از ترکیب‌های ضداتیلنی باعث کاهش ۱۷ درصدی روند باز شدن گل‌ها نسبت به شاهد گردید. نتایج بالا با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

محتوای پروتئین گلبرگ

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد در اثر استفاده از تیمارهای الکلی از نظر محتوای پروتئین گلبرگ نشان داد. جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای الکلی با زنجیره طویل‌تر و با افزایش غلظت باعث تخریب پروتئین می‌شوند. در بین غلظت‌های مختلف، تیمار پروپانول دو درصد با ۴/۳۱۶ درصد به عنوان بهترین تیمار و بیشترین میزان تخریب پروتئین نیز در تیمارهای الکلی قوی پنتانول، در غلظت‌های چهار و شش درصد مشاهده شد.

پیری گل‌های بریده یک سازوکار تنظیم هورمونی است و این فرآیند درگیر تغییر ویژگی‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی در غشاء سلولی می‌باشد. گل‌های میخک مورد مطالعه در آزمایش صادقی نسب (Sadeghi Nasab, 2011)، افزایش معنی‌داری را از نظر مقدار

باعث اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول می‌شود و تنش ثانویه مذکور به دلیل تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژنی است که در محیط سلول ایجاد می‌گردد. رادیکال‌های آزاد اکسیژن با تخریب پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک از میزان ماده خشک می‌کاهند و باعث پیری گل‌ها می‌شوند. به نظر می‌رسد که پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم از طریق افزایش جذب آب، از تنش اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند و با کاهش تخریب پروتئین و کاهش میزان تنفس منجر به افزایش درصد ماده خشک می‌شوند. محلول‌پاشی با الکل‌ها به عنوان یک منبع کربنی و محرک زیستی می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده و عملکرد در گیاهان شود (Khosravi et al., 2018). استفاده از ترکیب‌های ضداتیلنی سبب جلوگیری از تخریب کربوهیدرات و کاهش وزن خشک و افزایش عمر گلدانی در گل‌های شاخه بریده میخک 'Tempo' شد (Hashemabadi & Mostofi, 2007). این نتایج در راستای نتایج تحقیق حاضر قرار دارد.

کاهش درجه بریکس

براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای پروپانول، بوتانول و پنتانول روی کاهش درجه بریکس گل‌های میخک رقم 'نلسون' اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۲). مناسب‌ترین تیمارها از نظر حفظ مقدار قند بافت‌ها، تیمار پروپانول شش و دو درصد، به ترتیب با کاهش ۱/۱۹ و ۱/۹۷ درصدی مشاهده شد. مقدار کاهش درجه بریکس در شاهد از نظر آماری مشابه تیمار بوتانول شش درصد بود. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، بیشترین کاهش درجه بریکس در تیمار پنتانول شش درصد به دست آمد.

دلیل برتری تیمارهای پروپانول را می‌توان به اثر آن‌ها بر کاهش شدت تنفس نسبت داد که باعث حفظ ساکارز بیشتر در بازبرش‌ها شدند (Hashemabadi, 2011). مقدار قند (مواد جامد محلول) یکی از عوامل مهم در تعیین میزان عمر گل‌های شاخه بریده می‌باشد، بنابراین هرچه درصد مواد کربوهیدراتی ذخیره شده بیشتر باشد، طول عمر پس از برداشت گل افزایش می‌یابد (Mutui et al., 2001). ساکارز، معمول‌ترین قندی است که در محلول‌های گلجای به کار می‌رود. هر ترکیبی که بتواند از سوختن کربوهیدرات‌ها جلوگیری کند می‌تواند باعث بهبود محتوای کربوهیدرات و نگهداشت این ترکیب در ساقه گردد. ایچی‌مورا و همکاران (Ichimura et al., 2003) نشان دادند که کاهش غلظت کربوهیدرات محلول در گلبرگ‌ها دارای اهمیت بیشتری نسبت به انسداد آوندها در تعیین طول عمر گل‌های رز رقم 'سونیا' است. پاد و ون استادن (Podd & van Staden, 2007) نیز نتایج مشابهی را در تیمارهای پروپانول و بوتانول گزارش کردند.

بیشترین تأثیر را در ممانعت از تجزیه کلروفیل کل گل شاخه‌بریده دآودی داشت (Petridou et al., 2001).

تولید اتیلن

تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین تیمارهای مختلف از نظر مقدار تولید اتیلن به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم و مؤثر بر ماندگاری گل‌ها در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). براساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین ممانعت در بیوسنتز اتیلن، در تیمار با الکل‌های پروپانول و بوتانول دو درصد و بیشترین تولید اتیلن در تیمار با پنتانول چهار و شش درصد به دست آمد (جدول ۳). بین تیمار شاهد و تیمار پنتانول دو درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که افزایش ماندگاری گل‌ها تحت تأثیر تیمارهای الکلی سبک، نتیجه تأثیر مستقیم این تیمارها بر مهار بیوسنتز اتیلن باشد.

یکی از علت‌های مهم کاهش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده، وجود اتیلن در هوای اطراف گل‌ها می‌باشد و یکی از مهم‌ترین تدابیر افزایش طول عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده، جلوگیری از تولید زیاد و فعالیت اتیلن است. کاربرد ترکیب‌های بازدارنده یا کاهنده تولید اتیلن مانند انواع ضدعفونی‌کننده‌ها (از جمله الکل‌ها) راهی برای افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده می‌باشد. استفاده موفقیت‌آمیز از برخی از این ترکیب‌ها در برخی گل‌های شاخه‌بریده گزارش شده است (Bayat et al., 2017; Sadeghi et al., 2014; Amini et al., 2012). غلظت‌های پایین پروپانول و بوتانول، احتمالاً مانع سنتز اتیلن از طریق کاهش میزان ACC-ستاز و کاهش فعالیت ACC-اکسیداز و در نتیجه باعث افزایش عمر گلجای گل می‌شوند. در مطالعه امینی و همکاران (Amini et al., 2014) روی میخک رقم Sensi مشخص شد که بیشترین مقدار اتیلن، در گل‌های شاخه‌بریده شاهد تولید شد و اتانول چهار و شش درصد در پالس ۲۴ ساعت، اتانول و متانول ۱۲ درصد در پالس ۱۲ ساعت و متانول شش درصد در پالس ۱۲ و ۲۴ ساعت، به‌طور قابل توجهی میزان تولید اتیلن را کاهش دادند. کاربرد غلظت‌های مختلف اتانول در میخک رقم Sensi باعث کاهش تولید اتیلن شد. روند تغییر اتیلن طوری بود که از روز ششم به بعد تا انتهای آزمایش، کمترین مقدار تولید اتیلن در تیمار ۱۲ درصد با پالس ۱۲ ساعت و غلظت‌های شش و چهار درصد با پالس ۲۴ ساعت به دست آمد که در تطابق با نتایج عمر گلجای تیمارهای مذکور بود. اتیلن نقش مهمی در پیری و کاهش عمر گلجای میخک دارد و پیری گلبرگ‌ها با یک افزایش شبه‌فرازگرا در تولید اتیلن همراه است (Amini et al., 2014). همچنین افزایش در تولید اتیلن با پیچیدگی

پروتئین در اثر استفاده از تیمارهای الکلی نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده از کاربرد ترکیب‌های ضداتیلن روی گل بریده رز رقم 'یلوآیلند' نشان داد که این ترکیب‌ها با افزایش ثبات غشاء سلولی باعث افزایش محتوای پروتئین در گلبرگ‌ها شدند (Gerailoo & Ghasemnezhad, 2011). به نظر می‌رسد که افزایش میزان پروتئین محلول در این تیمارها به‌دلیل سنتز پروتئین‌های جدید و کاهش تخریب پروتئین‌ها در اثر کاهش تنش آبی باشد. بروس و کوزیروف (Bruce & Cosyrove, 1998) کاهش ناچیز در مقدار پروتئین را در اثر استفاده از تیمارهای الکلی در گلبرگ‌های گل ارغوان گزارش نمودند. تخریب پروتئین در گیاهانی مانند آلسترومریا و میخک مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که طی پیری، کاهش میزان پروتئین رخ می‌دهد ولی در بعضی از گونه‌ها کاهش کمتری اتفاق می‌افتد (Jones & Hill, 1992). یاد و ون استادن (Podd & van Staden, 2002b) با مطالعه اثر اتانول بر ماندگاری گل‌های بریده میخک دریافتند که کاربرد سطوح مختلف اتانول با کاهش محتوای پروتئین در گلبرگ‌ها همراه بود و شاهد بیشترین مقدار پروتئین را داشت.

کلروفیل a

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد از نظر اثر استفاده از تیمارهای الکلی در مقدار کلروفیل a نشان داد. نتایج ارائه‌شده در جدول ۳ نشان داد که با افزایش غلظت در تیمارهای بوتانول و پنتانول مقدار کلروفیل a کاهش یافت، اما در تیمار پروپانول با افزایش غلظت، مقدار کلروفیل a ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. تیمار شاهد از نظر آماری، تفاوت معنی‌داری با تیمارهای بوتانول چهار و شش درصد نداشت. از بین غلظت‌های مختلف مورد استفاده، تیمار پروپانول چهار درصد با ۸/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر بیشترین مقدار کلروفیل a و پنتانول چهار درصد با ۳/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر کمترین مقدار کلروفیل a را القاء کردند (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که استفاده از تیمارهای ضداتیلنی فوق، با تأثیر بر آنزیم کلروفیل‌از و مهار ریزجانداران باعث جلوگیری از تخریب و حفظ کلروفیل a برگ‌ها شده است. همچنین تأثیر ساکارز نیز می‌تواند بر میزان کلروفیل، مثبت باشد که به نقش مواد قندی در سوخت و ساز گیاه مربوط می‌باشد. تیمارهای اتانول و متانول در سطح دو درصد، کمترین میزان تخریب در کلروفیل a و b گل شاخه‌بریده میخک را نشان داد (Sadeghi Nasab, 2011). استفاده از ترکیب‌های باکتری‌کش و ضداتیلن در محلول گلجای، در افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها مؤثر است. متانول چهار درصد به‌صورت پالس ۲۴ ساعت،

در محیط خشک قرار می گیرند، آسیب های جدی به آن ها وارد می شود و بر مقدار مالون دی آلدئید آن ها افزوده می شود (Ashraf et al., 1994). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان مالون دی آلدئید در تیمارهای پروپانول و بوتانول کمتر بود و تیمارهایی که عمر گلجای و جذب آب بهتری داشتند، میزان مالون دی آلدئید آن ها نیز در حد پایین تری نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی قرار داشتند. به نظر می رسد که محلول های حاوی پروپانول و بوتانول در غلظت های کم با تعدیل تنش اکسیداتیو موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، جلوگیری از تجزیه پروتئین ها و همچنین موجب جلوگیری از افزایش pH سلولی با حفظ سیالیت غشاء سلول و در نتیجه باعث به تأخیر انداختن پیری شدند. الکل های به کار رفته در پژوهش حاضر، با کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی گلبرگ باعث حفظ پایداری غشاء پلاسمایی و جلوگیری از نشت یونی و پیری گلبرگ ها شدند. اتانول، بیشترین غلظت مالون دی آلدئید و در نتیجه کمترین ماندگاری را در لیزیانثوس (*Lisianthus*) القاء کرد (Kazemi et al., 2012). غلظت های زیاد الکل، نشت یونی و مالون دی آلدئید را افزایش می دهند. با افزایش شاخص مالون دی آلدئید و کاهش ثبات غشاء پلاسمایی سلول، ماندگاری گل های شاخه بریده کاهش می یابد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پروپانول و بوتانول در غلظت های کم باعث ثبات غشاء سلولی می شوند.

آنزیم پراکسیداز

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف و فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). براساس جدول مقایسه میانگین داده ها (جدول ۵)، از بین تیمارهای الکلی، تیمار بوتانول دو درصد بیشترین ($2/01$ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) و شاهد ($0/21$ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را نشان دادند.

پیری در گل های شاخه بریده همراه با تغییر در نفوذپذیری غشاء پلاسمایی، کاهش کارایی آوندها، تخریب درشت ملکول ها، عدم تعادل در ساخت، تجزیه و فعالیت هورمون ها از جمله اتیلن و تغییر در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان است (Sadeghi et al., 2017). پیری گلبرگ ها به تولید پیوسته رادیکال های آزاد و افزایش گونه های اکسیژن فعال مرتبط می باشد. افزایش فعالیت گونه های اکسیژن فعال (ROS) مانند رادیکال سوپراکسید، با تخریب پروتئین ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک باعث پیری گل می شوند. افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و سیستم آنتی اکسیدان غیر آنزیمی، یکی از راه های مقابله سلول ها با این مشکل است (Ashraf et al., 1994).

برگشت ناپذیر گلبرگ ها و پژمردگی و ریزش آن ها همراه است (Kim et al., 2005). امینی و همکاران (Amini et al., 2014) بیان کردند که افزایش طول عمر گلجای گل های شاخه بریده میخک رقم Sensi در اثر کاربرد اتانول را می توان به نقش آن در جلوگیری از سنتز اتیلن نسبت داد. گیاهان میخک به میزان بالای باکتری ها در محلول گلجای و تولید اتیلن حساس هستند. فرخ زاد و همکاران (Farokhzad et al., 2005) گزارش کردند که اتانول شش درصد، کمترین میزان تولید اتیلن را در گل های بریده لیسیانثوس نشان داد. شور و همکاران (Shour et al., 2013) در پژوهشی دریافتند که تیمار اتانول دو درصد باعث کاهش تولید اتیلن شد و شکوفایی گل مریم را به تعویق انداخت. استالدهید با جلوگیری از بیوسنتز و فعالیت اتیلن و حذف فعالیت های مخزن تخمدان، بر پیری گل های بریده میخک تأثیر گذاشت، اما پتانسیل محدودی برای استفاده از آن به عنوان تیمار پس از برداشت وجود دارد (Podd & van Staden, 2002a). جلوگیری از تولید اتیلن با استفاده از استالدهید و اتانول در گل های میخک گزارش شد (Podd & van Staden, 2002b). آزمایش امینی (Amini, 2018) نشان داد که تیمارهای ۱۲ ساعت متانول چهار و شش درصد، تولید اتیلن را در گل های شاخه بریده میخک رقم Sensi به طور چشمگیری کاهش دادند و منجر به افزایش معنی دار طول عمر شدند. همچنین کاربرد تیمارهای الکلی (اتانول و متانول) سبب کاهش تولید اتیلن و تأخیر در پیری و پژمردگی گل های بریده میخک شد (Jafari Marandi & Majd, 2008). نتایج حاصل از پژوهش های فوق در مورد مهار تولید اتیلن به کمک بازدارنده های سنتز اتیلن با نتایج پژوهش حاضر منطبق است.

پراکسیداسیون لیپیدها (میزان مالون دی آلدئید)

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر مقادیر مختلف کاربرد الکل ها بر مقدار مالون دی آلدئید گل های شاخه بریده در سطح احتمال یک درصد معنی داری بود (جدول ۴). تیمار پروپانول دو درصد با القاء تولید $59/64$ نانومول بر گرم وزن تر، مناسب ترین تیمار جهت کاهش تجمع مالون دی آلدئید بود. تولید مقدار بالاتر مالون دی آلدئید ($70/01$ نانومول در هر گرم وزن تر)، متعلق به تیمار پنتانول شش درصد بود (جدول ۵).

میزان مالون دی آلدئید به منزله شاخص مقاومت فیزیولوژیک و پیری در نظر گرفته می شود (Geng et al., 2009). طی پیری، تغییرهایی در غشاء پلاسمایی اتفاق می افتد. شواهدی وجود دارند که ژن های ویژه ای کنترل این فرآیندها را به عهده دارند (Isvand & Ashouri, 2010). مالون دی آلدئید به عنوان شاخص مناسبی برای پراکسیداسیون لیپید غشاء محسوب می شود و بسیاری از گیاهان وقتی

Isvand & Ashouri, 2011). آنزیم پراکسیداز در جلوگیری از تجمع H_2O_2 نقش حیاتی دارد. این آنزیم به طور وسیع در میکروب های هوازی وجود دارد، اما میکروب های بی هوازی فاقد آن ها هستند (Isvand & Ashouri, 2010).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر غلظت های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) بر میزان مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در گل شاخه بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 4- ANOVA for the effect of different concentrations of evaluated treatments (propanol, butanol and pentanol) on the content of malondialdehyde (MDA) and enzyme activity of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) in cut carnation 'Nelson' flower

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	پراکسیداز POD	سوپراکسید دیسموتاز SOD	مالون دی آلدئید MDA
تیمار Treatment	4	3.503**	164.706**	4275.383**
خطا Error	10	0.187	0.085	0.213
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	18.70	17.00	14.00

** : معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

** : Significant at the 1% of probability level

جدول ۵- اثر غلظت های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) بر میزان مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در گل شاخه بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 5- The effect of different concentrations of evaluated treatments (propanol, butanol and pentanol) on the content of malondialdehyde (MDA) and enzyme activity of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) cut carnation 'Nelson' flower

تیمار Treatments	پراکسیداز POD ($\mu\text{mol.g}^{-1}\text{FW.min}^{-1}$)	سوپراکسید دیسموتاز SOD ($\text{U.g}^{-1}\text{FW}$)	مالون دی آلدئید MDA ($\text{nmol.g}^{-1}\text{FW}$)
شاهد Control	0.21 ^{d*}	34.73 ^c	67.91 ^b
P ₁ (2%)	1.09 ^a	49.82 ^a	59.64 ^c
B ₁ (2%)	2.01 ^a	40.16 ^b	61.14 ^c
B ₃ (6%)	0.97 ^b	29.34 ^d	62.31 ^c
T ₃ (6%)	0.39 ^c	27.86 ^d	71.01 ^a

* در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چند دامنه ای دانکن، تفاوت معنی دار دارند.

P: پروپانول، B: بوتانول و T: پنتانول.

* Means with different letters on the same column are significantly different ($P<0.05$) based on Duncan's multiple range test. P: Propanol, B: Butanol and T: Pentanol.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). براساس جدول مقایسه میانگین داده ها، از بین تیمارهای الکلی، تیمار پروپانول دو درصد با القاء فعالیت ۴۹/۸۲ واحد در گرم وزن تر بیشترین و تیمار پنتانول شش درصد با القاء فعالیت ۲۷/۸۶ واحد در گرم وزن تر کمترین فعالیت آنزیم SOD را داشتند (جدول ۵).

آنتی اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز به عنوان یک آنزیم کلیدی در سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی گیاه به شمار می رود، زیرا غلظت آنیون سوپراکسید و H_2O_2 را در گیاه کنترل می کند (Mozaffari &

Asadollahi Kausar Rizi, 2011). نتایج پژوهش حاضر نشان داد

که پروپانول و بوتانول در غلظت های کم باعث افزایش فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز نسبت به شاهد شدند. بنابراین می توان بیان کرد که این افزایش، ناشی از فعال شدن سلول ها از طریق جذب مناسب محلول غذایی و تورژسانس سلولی است (Palma et al., 2002). الکل ها در غلظت های بهینه به عنوان یک سیگنال عمل می کنند و از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپید و القاء فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان باعث افزایش عمر گلجای گل های شاخه بریده و بهبود کیفیت پس از برداشت آن ها می شوند. نتایج مشابه با یافته های پژوهش حاضر در گل های شاخه بریده آلسترومریا گزارش شد (Sadeghi et al., 2017). ژو و همکاران (Zhou et al., 2001) اثر مثبت ترکیب های شبه سیتوکینینی را در افزایش عمر پس از

کاهش وزن تر و درجه بریکس در ساقه برتری محسوسی نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمار پروپانول دو درصد بالاترین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و کمترین تولید مالون دی‌آلدئید را داشت. بنابراین، پروپانول دو درصد می‌تواند به‌عنوان برترین تیمار در این پژوهش معرفی شود. این الکل با غلظت کمتر از چهار و شش درصد، بیشترین ماندگاری و کیفیت را در میخک رقم نلسون رقم زد. استفاده از سایر ترکیبات الکلی برای بررسی اثر آن‌ها روی عمر گلجای میخک رقم نلسون پیشنهاد می‌شود.

برداشت ژبره به‌وسیله بالا نگهداشتن میزان فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌ها و کمک به سنتز پروتئین گزارش کردند. پژوهش حاضر، اثر مثبت ترکیب‌های ضد عفونی‌کننده و ضد میکروبی را بر افزایش فعالیت آنزیم‌ها نشان داد.

نتیجه‌گیری

پروپانول در دو غلظت دو و چهار درصد از نظر حفظ عمر گلجای، پروتئین گلبرگ، کلروفیل a، ماده خشک در گلبرگ و افزایش جذب آب و نیز از نظر کاهش تولید اتیلن، شاخص باز شدن گل، ممانعت از

References

1. Amini, Sh. (2018). Investigating the effect of thyme essential oil, ethanol and methanol on vase life and ethylene production in two types of cut flowers of carnation (*Dianthus caryophyllus*). M.Sc. Thesis, University of Tehran, Tehran, Iran. 129 p. (In Persian with English abstract)
2. Amini, Sh., Arab, M., Rahemi, M., & Rahimi, A.R. (2014). Effect of ethanol and methanol on some quantity and quality parameters of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. 'Sensi') flower. *Journal of Horticultural Science*, 28(2), 218-227. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.39401>
3. Anjum, M.A., Naveed, F., Shakeel, F., & Amin, S. (2001). Effect of some chemicals on keeping quality and vase life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flowers. *Journal of Research (Science)*, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan, 12(1), 1-7.
4. Arab, M., Khalighi, A., Arzani, K., & Naderi, R. (2006). Evaluation of the effect of cold storage temperature, 8-hydroxyquinoline sulfate and sucrose on vase life and quality of cut common stock flower (*Matthiola incana* L.) cv. Asanami. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 37(1), 83-92. (In Persian with English abstract)
5. Ashraf, M.Y., Azmi, A.R., Khan, A.H., & Ala, S.A. (1994). Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologiae Plantarum*, 16(3), 185-191.
6. Bagheri, H., Lotfalizadeh, H., & Soleimani, A.H. (2015). Effect of butanol, propanol and pentanol on the quality of cut carnation cv. 'Nelson'. *Biharean Biologist*, 9(1), 40-43.
7. Bayat, H., Azizi, M., Shour, M., & Vahdati Mashhadian, N. (2012). Effect of ethanol and essential oils on extending vase life of carnation cut flower (*Dianthus caryophyllus* cv. Yellow Candy). *Journal of Horticultural Science*, 25(4), 384-390. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1390i0.11602>
8. Blankenship, S., & Dole, J.M. (2003). 1-methylcyclo-propene: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 1-25. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00246-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00246-6)
9. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
10. Bruce, M.L., & Cosyrove, D.J. (1998). Acid, growth response and expansions in suspension cultures of bright yellow tobacco. *Plant Physiology*, 118, 907-916. <https://doi.org/10.1104/pp.118.3.907>
11. Chamani, A. (2005). *The effect of thidiazuron, 1-methylcyclopropene, nitric oxide, silver thiosulfate and ethylene on the physicochemical properties of rose cut flowers*. Ph.D. Thesis, University of Tehran, Iran, 195 p. (In Persian with English abstract)
12. Ezhilmathi, K., Singh, V.P., Arora, A., & Sairam, P.K. (2007). Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of *Gladiolus* cut flowers. *Plant Growth Regulators*, 51, 99-108. <https://doi.org/10.1007/s10725-006-9142-2>
13. 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. *Agriculture Society Science*, 1, 309-312.
14. Geng, X.M., Guo, Lu, J., Hu, F.R., & Okubu, H. (2009). Effect of cold storage and different pulsing treatment on postharvest quality of cut lilly "Mantissa" flowers. *Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 54, 41-45. <https://doi.org/10.5109/14035>
15. Gerailoo, S., & Ghasemnezhad, M. (2011). Effect of salicylic acid on antioxidant enzyme activity and petal senescence in 'Yellow Island' cut rose flowers. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 19(1), 183-193.

16. Giannopolitis, C., & Ries, S. (1997). Superoxididesmutase. I: Occurrence in higher plant. *Plant Physiology*, 59, 309–314.
17. Gupta, J., & Dubey, R.K. (2018). Factors affecting post-harvest life of flower crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7(1), 548-557. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.065>
18. Hashemabadi, D. (2006). *The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) pretreatment in delaying the senescence of cut flowers of carnation (Dianthus caryophyllus) cv. 'Tempo'*. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Sciences and Research Campus, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
19. Hashemabadi, D. (2011). Comparison of Silver Nano-Particle and Silver Thiosulfate on Quality and Vase Life of Cut Carnation cv. "Tempo". Final Report of Research Proposal, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran. 101 p. (In Persian with English abstract)
20. Hashemabadi, D., & Mostofi, Y. (2007). Determination of optimum concentration and treatment time of 1-MCP (1-methylcyclopropene) on vase life of cut carnation 'Tempo'. *Acta Horticulture*, 775, 197-204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.755.24>
21. Heath, R.L., & Parker, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stiochiometry of fatty acid peroxidation. *Archive of Biochemistry and Biophysics*, 125, 189-198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)
22. Heins, R.D. (1980). Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 105, 141-144. <https://doi.org/10.21273/JASHS.105.1.141>
23. Heins, R., & Blakely, N. (1980). Influence of ethanol on ethylene biosynthesis and flower senescence of cut carnation. *Scientia Horticulturae*, 13, 361-369. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(80\)90094-1](https://doi.org/10.1016/0304-4238(80)90094-1)
24. Ichimura, K., Kawabata, Y., Kishimoto, M., Goto, R., & Yamada, K. (2003). Shortage of soluble carbohydrates is largely responsible for short vase life of cut "Sonia" rose flowers. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 72, 292-298. <https://doi.org/10.2503/jjshs.72.292>
25. 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. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 76, 66–72. <https://doi.org/10.2503/jjshs.76.66>
26. Isvand, H.R., & Ashouri, P. (2010). *Physiology of Stress (translation)*. First Edition. Lorestan University Press, Lorestan, Iran. 288 p. (in Persian)
27. Jafari Marandi, S., & Majd, A. (2008). The effect of alcohol treatments on the development of vegetative meristem, the formation of flower components, changes in the number of flowering shoots, the development of embryos and the possibility of delaying senescence in carnation flowers *Dianthus caryophyllus* L. *Journal of Developmental Biology*, 1, 9-14. (In Persian with English abstract).
28. Jahanifar, E., Nazarideljou, M.J., & Aramideh, S. (2016). Water relations of flowering stem, microbial activity of preservative solution and postharvest quality of alstroemeria cut flower under peppermint's essential oil and sucrose treatments. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(18), 221-232. <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.18.221>
29. Jones, R.B., & Hill, M. (1992). The effect of germicides on the longevity of cut flowers. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 118, 350-354. <https://doi.org/10.21273/JASHS.118.3.350>
30. Kamiab, F. (2016). Effects of different polyamines on vase life, ethylene production and some physiological traits of carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. Red Corsa). *Journal of Crops Improvement*, 18(2), 275–288. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2016.56619>
31. Karimian, Z., & Tehranifar, A. (2011). Effect of essential oils, ethanol and methanol to extend the vase life of caranation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers. *Journal of Biology and Environmental Science*, 5(14), 91–94.
32. Kazemi, M., Hajizadeh, H., Gholami, M., Asadi, M., & Aghdasi, S. (2012). Efficiency of essential oils, citric acid, malic acid and nickel reduced ethylene production and extended vase life of cut *Lisianthus* flowers. *Research Journal of Botany*, 7(1), 14–18. <https://doi.org/10.3923/rjb.2012.14.18>
33. Khandan-Mirkohi, A., & Arabi, Z. (2018). Effect of ethylene absorbent zeolite application on keeping cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L. 'Red') quality. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(4), 779-789. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.214517.1070>
34. Khosravi, M.T., Mehr Afarin, A., Nakhdi Badi, H., Haji Aghaei, R., & Khosravi, A. (2018). The effect of methanol and ethanol application on the function of the medicinal plant *Echinacea purpurea* L. in Karaj region. *Herbal Medicines Journal*, 2(2), 121-128. (In Persian with English abstract)
35. Kim, J.H., Lee, A.K., & Sub, J.K. (2005). Effect of certain pretreatment substances on vase life and physiological character in *Lilium* spp. *Acta Horticulturae*, 673, 307–314. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.673.39>
36. Liao, W., Zhang, M., Huang, G., & Yu, J. (2012). Hydrogen peroxide in the vase solution increases vase life and keeping quality of cut oriental × trumpet hybrid lily 'Manissa'. *Scientia Horticulturae*, 139, 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.040>

37. Lee, M., Lee, S., & Park K. (1997). Effect of spermine on ethylene biosynthesis in cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers during senescence. *Journal of Plant Physiology*, 151, 68-73. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(97\)80038-7](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(97)80038-7)
38. Makvandi, M., Ramin, A.A., & Mobli, M. (2011). *Investigating the effect of different chemical treatments on improving the quality after harvesting and vase life of alstroemeria cut flowers*. Proceedings of the 7th Congress of Horticultural Sciences, Iran. 2435-2438. (In Persian with English abstract)
39. Mazumdar, B.C., & Majumder, K. (2003). *Methods on Physicochemical Analysis of Fruits*. University College of Agriculture, Calcutta University. p. 136-150.
40. Mohammadi Kabari, S.F., & Jadid Solimandarabi, M. (2019). Improving *Alstroemeria* vase life by plant extracts and 8-hydroxyquinoline sulfate. *Journal of Ornamental Plants*, 9(1), 1-11.
41. Moon, D.G., Ko, S.W., Kim, Y.H., & Choi, Y.H. (2004). Effect of water stress on soluble solids and acidity in various sized fruit of "satsuma" mandarin. *Proceedings of International Society for Citriculture*, 4, 674-678.
42. Mozaffari, V., & Asadollahi Kausar Rizi, Z. (2011). *Effect of manganese and salinity in perlite culture medium on some physiological characteristics of pistachio*. Proceedings of the 7th Congress of Horticultural Sciences, Iran. p. 2180-2183. (In Persian with English abstract)
43. Mutui, T.M., Emongor, V.E., & Hutchinson, M.J. (2001). Effect of accel on the vase life and postharvest quality of *Alstroemeria aurantiana* L. cut flowers. *African Journal of Science and Technology*, 2, 82-88.
44. Naing, A.H., Win, N.M., Han, J.S., Lim, K.B., & Kim, C.K. (2017). Role of nano-silver and the bacterial strain *Enterobacter cloacae* in increasing vase life of cut carnation 'Omea'. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01590>
45. Nasibi, F. (2011). Effect of different concentrations of sodium nitroprusside (SNP) pretreatment on oxidative damages induced by drought stress in tomato plant. *Journal of Plant Biology*, 9, 63-74. (In Persian with English abstract). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20088264.1390.3.9.7.7>
46. Onozaki, T. (2018a). Breeding of carnations (*Dianthus caryophyllus* L.) for long vase life. *Breeding Science*, 68(1), 3-13. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.17091>
47. Onozaki, T. (2018b). *Dianthus*. In: Van Huylbroeck, J. (ed.). *Ornamental Crops. Handbook of Plant Breeding*, vol. 11. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0_15
48. Palma, J.M., Sandalio, L.M., Corpas, F.J., Romero, M.C., McCarthy, I., & Río, L.A. (2002). Plants proteases, protein degradation, and oxidative stress: Role of peroxisomes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40, 521-530. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(02\)01404-3](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(02)01404-3)
49. Pearson-Mims, C., & Lohr, V. (1990). Fluoride injury to cut 'Samantha' roses may be reduced by pulsing with calcium nitrate. *HortScience*, 25, 1270-1271. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.10.1270>
50. Petridou, M., Voyiatzy, C., & Voyiatzis, D. (2001). Methanol, ethanol and other compounds retard life senescence and improve the vase life and quality of cut *Chrysanthemum* flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 23, 79-83. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00102-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00102-8)
51. Petridou, M., Voyiatzy, C., & Voyiatzis, D. (1999). Aspirin, methanol and some antibacterial compounds prolongs the vase life of cut carnations. *Advances in Horticultural Science*, 13, 161-164.
52. Piechocki, R., & Salachna, P. (2019). Improvement of postharvest quality of cut amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) foliage by ethanol. *World News of Natural Sciences*, 22, 151-158.
53. Podd, L.A., & Van Staden, J. (2002a). Physiological response and extension of vase life of cut carnation flowers treated with ethanol and acetaldehyde. I. chlorophyll content and carbohydrate status. *Plant Growth Regulation*, 38, 99-105. <https://doi.org/10.1023/A:1021267712167>
54. Podd, L.A., & Van Staden, J. (2002b). Physiological response and extension of vase life of cut carnation flowers treated with ethanol and acetaldehyde. II. Protein content and enzyme activity. *Plant Growth Regulation*, 38, 107-117. <https://doi.org/10.1023/A:1021219829005>
55. Podd, L.A., & Van Staden, J. (1999). The use of acetaldehyde to control carnation flower longevity. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 175-178. <https://doi.org/10.1023/A:1006246617729>
56. Pun, U.K., Rowarth, J.S., Barnes, M.F., Heyes, J.A., Rowe, R.N., & Dawson, C.O. (2001). The influence of exogenous acetaldehyde solution on the vase life of two carnations (*Dianthus caryophyllus* L.) cultivars in the absence or presence of exogenous ethylene. *Plant Growth Regulations*, 34, 267-272. <https://doi.org/10.1023/A:1013345908827>
57. Pun, U.K., Shimizu, H., Tanase, K., & Ichimura, K. (2005). Effect of sucrose on ethylene biosynthesis in cut spray carnation flowers. *Proceeding of VIIIth Postharvest Physiology Ornamentals, Acta Horticulturae*, 669, 171-174. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.669.21>
58. Ramtin, A., Naderi, R., Kalatejari, S., & Matiniazadeh, M. (2019). Comparison of plant growth regulators and exogenous ethylene effects on two types of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *Journal of Ornamental Plants*, 9(1), 55-64. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22516433.2019.9.1.6.9>

59. Sadeghi, A., Nasibi, F., Farahmand, H., & Hosseini, F. (2017). Effect of hydrogen peroxide treatment on improvement of the postharvest quality of cut *Alstroemeria* cut flowers. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(1), 123-131. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.117424.709>
60. Sadeghi Nasab, M. (2011). *The effect of ethanol and methanol on the vase life of cut flowers of carnation (Dianthus caryophyllus L.)*. M.Sc. Thesis, Gilan University, Rasht, Iran. 259 p. (in Persian)
61. Seven, V., & Jose, J.V.G. (2004). Sucrose loading decrease ethylene responsiveness in carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. White Sim) petals. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 305-312. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.010>
62. Sharif Hossain, A.B.M., Nasrollah Boyce, A., & Majid, H. (2008). Vase life extension and chlorophyll fluorescence yield of *Bougainvillea* flower as influenced by ethanol to attain maximum environmental beautification as ornamental components. *American Journal of Environmental Science*, 1(2), 203-210. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2008.625.630>
63. Shour, M., Khalighi, A., Omidbeigi, R., & Naderi, R. (2013). *The effects of gibberellin and silver thiosulfate on the opening of florets, durability and ethylene production in Polianthes tuberosa*. The First Festival and National Congress of Cut Flowers of Iran. (In Persian with English abstract)
64. Solgi, A. (2009). *Investigating the effect of silver nanoparticles and essential oils of garden thyme and Shirazi thyme on quality parameters after harvesting gerbera cut flowers (Gerbera jamesonii L.)*. Ph.D. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
65. Sood, S., Vayas, D., & Nagar, P.K. (2006). Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. *Scientia Horticulturae*, 108, 390-396. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.012>
66. Taha, A. (2020). The longevity and quality of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flowers as affected by ethanol, methanol, citric acid and silver thiosulphate. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 25(1), 100-111.
67. Tanazad, M., Sharifi-Sirchi, Gh.R., Mirzaalian-Dastjerdi, A.M., & Yousefzadi M. (2016). Improvement of stability traits and enzyme activity in Diana carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cut flower in preservative solutions. *Plant Research Journal*, 29(1), 43-53. (In Persian with English abstract). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23832592.1395.29.1.4.6>
68. Teixeira da Silva, J.A. (2003). The cut flower, postharvest condition. *Biological Science Journal*, 3, 406-442. <https://doi.org/10.3923/jbs.2003.406.442>
69. Van Meeteren, U., & Van Gelder, H. (1999). Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 16, 169-177. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00020-4)
70. Wu, M., Lorenzo, J.Z., Saltveit, M.E., & Ried, M.S. (1992). Alcohols and carnation senescence. *Horticultural Science*, 27, 136-138. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.2.136>
71. Zhou, H.W., Dong, L., Arie, R.B., & Lurie, S. (2001). The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. *Plant Physiology*, 158, 55-61. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00126>