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

Davood Hashemabadi*, Amirhossein Soleimani, Behzad Kaviani and Nayyereh Naziri Moghaddam

Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
E-mail: davoodhashemabadi@yahoo.com,

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 researches 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 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*، امیرحسین سلیمانی، بهزاد کاویانی و نیره نظیری‌مقدم

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

davoodhashemabadi@yahoo.com

چکیده

گل شاخه‌بریده میخک 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 زیاد اتیلن 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 ۲، ۴ و ۶ درصد پروپانول، بوتانول و پنتانول به صورت پالس ۲۴ ساعته، به منظور کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون' استفاده شد. آب مقطر به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. بنابراین، سه غلظت پروپانول + سه غلظت بوتانول + سه غلظت پنتانول + آب مقطر، در مجموع ۱۰ تیمار در نظر گرفته شد. در این پژوهش؛ عمر گلجای، برخی صفات فیزیولوژیک (اتیلن، پروتئین گلبرگ، کلروفیل، ماده خشک، کاهش وزن تر، جذب محلول، کاهش درجه بریکس و مالون دی آلدئید) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز) اندازه‌گیری شدند. این پژوهش آشکار کرد که پروپانول نقش مؤثرتری در کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر گلجای نسبت به بوتانول و پنتانول داشت. نتایج نشان داد که بیشترین عمر گلجای (۱۴/۱۱ روز)، در گل‌های شاخه‌بریده تیمارشده با ۲ 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)، در گل‌های شاخه‌بریده شاهد مشاهده شد. پژوهش حاضر، اثر مثبت ترکیبات ضدعفونی‌کننده و ضدمیکروبی را بر افزایش عمر گلجای گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون' و فعالیت آنزیم‌ها در آن نشان داد.

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

مقدمه

میخک با نام علمی *Dianthus caryophyllus* L. از خانواده Caryophyllaceae، گیاهی چند ساله با ساقه‌های منشعب است. میخک، به ویژه انواع استاندارد و خوشه‌ای آن، از مهم‌ترین گل‌های شاخه‌بریده جهان است 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 در رده دوم جهانی قرار دارد. جنس *Dianthus* بیش از ۳۰۰ گونه دارد که همگی جزء گیاهان چند ساله علفی هستند و به عنوان گیاه باغچه ای، گلدانی و شاخه‌بریده پرورش داده می‌شوند (Onozaki, 2018).

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 به تبع آن پیچیدگی برگشت‌ناپذیر گلبرگ‌ها و پژمردگی و ریزش آنها همراه است (Kim *et al*., 2005; Amini et al., 2014). اتیلن مسئول بیان برخی 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، خشک‌شدن کاسبرگ‌ها و بدشکلی گلبرگ‌ها می‌شود که این امر تجارت این محصول‌های را محدود می‌نماید (Gupta and Dubey, 2018). تیمارهای ضد اتیلن 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 زئولیت نیز به این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Khandan-Mirkohi and Arabi, 2018).

برای افزایش عمر گلجای گل شاخه‌بریده میخک، پژوهش‌های زیادی انجام شده است و محلول‌های نگهدارنده مختلفی معرفی شده‌اند که در برخی از این محلول‌ها، مواد ضد عفونی کننده مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Seven and 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 بیوسنتز اتیلن در میخک می‌شود، به طوری که از تبدیل ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید (ACC) جلوگیری می‌کند و همچنین تشکیل ACC را متوقف می‌نماید (Wu *et al*., 1992; Podd and van Staden, 1999). محلول حاوی ۷ درصد اتانول باعث افزایش عمر گلجای گل میخک نسبت به شاهد شد (Karimian and Tehranifar, 2011). این محققان نشان دادند که محلول اتانول ۷ درصد و متانول ۴ درصد برای افزایش عمر گلجای میخک تأثیرگذار هستند. استفاده از غلظت‌های ۲ تا ۸ 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 (Taha, 2020) و تاج خروس زینتی (Piechocki and Salachna, 2019) نیز باعث افزایش عمر گلجای شدند. گل‌های بریده لیسیانتوس نگهداری‌شده در محلول اتانول (۲، ۴ و ۶ درصد)، عمر گلجای بیشتری نسبت به شاهد داشتند و اتانول ۶ درصد بیشترین اثر بازدارندگی را در تولید اتیلن داشت (Farokhzad et al., 2005). Amini (2018) نشان داد که تیمارهای ۱۲ ساعته متانول ۴ و ۶ 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 ۴، 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 (مداوم و کوتاه‌مدت یا پالس)، همچنین نوع رقم بستگی دارد (Wu *et al*., 1992; Petridou *et al*., 2001). برخی ترکیبات دیگر از جمله ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات و ساکارز نیز به منظور افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده، به محلول گلجای

افزوده می‌شود. ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات نقش مؤثری در ممانعت از رشد برخی میکروب‌ها دارد. 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 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 میلی‌گرم بر لیتر ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات و دو درصد ساکارز به طور معنی‌داری دوام و کیفیت گل‌های شاخه‌بریده شب‌بو را افزایش داد (Arab *et al.*, 2008). تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۸-هیدروکسی‌کینولین سولفات همراه با ساکارز ۳ درصد به ترتیب با ۱۹/۸۳ و ۱۹/۶۶ روز بیشترین عمر گلجایی را در آلسترومریا داشتند (Mohammadi Kabari and Jadid Solimandarabi, 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, 2018).

با توجه به نقش اتیلن در پیری گل شاخه‌بریده‌ی 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، ۳، بوتانول، ۴ و پنتانول، ۵ گروه متیل دارند.

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

نوع طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت طرح کامل تصادفی در ۳۰ پلات اجرا گردید. برای هر تیمار، ۳ تکرار و در هر تکرار، ۵ شاخه و در مجموع، ۱۵۰ شاخه گل در نظر گرفته شد (شکل ۱).

شکل ۱- نحوه پیاده‌کردن طرح آزمایشی
Figure 1- How to run the experimental design

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 متر مربع بر ثانیه، دمای اتاق، ۲ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی نیز بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بود (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

نحوه آماده‌سازی گل‌ها و انجام تیمارهای الکلی پروپانول، بوتانول و پنتانول

ابتدا شاخه‌های میخک رقم 'نلسون' به طول ۵۰ سانتی‌متر در داخل آب ۳۸ درجه سانتی‌گراد بریده شدند و همه برگ‌ها تا گره سوم از پایین حذف گردیدند. گل‌ها با برچسب، کدگذاری شدند و پس از توزین با ترازوی دیجیتال، به مدت ۲۴ ساعت در تیمار پالس قرار داده شدند (جدول ۱). پس از اتمام دوره پالس و خارج‌نمودن گل‌ها از محلول‌ها، گلدان‌ها تعویض گردیدند و گل‌ها تا پایان عمر در ظروف حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم ۸-هیدروکسی کینولین سولفات و ساکارز ۳ درصد نگهداری شدند. در طول دوره آزمایش و به منظور جلوگیری از انسداد آوندی، هر ۳ روز یک بار عمل باز برش انتهای ساقه، به اندازه یک سانتی‌متر درون آب ۳۸ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر و نماد آنها
Table 1- Used treatments in the present research and their symbol

نماد Symbol	تیمارها Treatments
شاهد Control	آب مقطر Distilled water
P_1	پروپانول ۲ درصد (۵ میلی‌گرم در لیتر) Propanol 2% (5 $mg.l^{-1}$)
P_2	پروپانول ۴ درصد (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) Propanol 4% (10 $mg.l^{-1}$)
P_3	پروپانول ۶ درصد (۱۵ میلی‌گرم در لیتر)

Propanol 6% (15 mg.l^{-1})	
بوتانول ۲ درصد (۵ میلی‌گرم در لیتر) Butanol 2% (5 mg.l^{-1})	B_1
بوتانول ۴ درصد (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) Butanol 4% (10 mg.l^{-1})	B_2
بوتانول ۶ درصد (۱۵ میلی‌گرم در لیتر) Butanol 6% (15 mg.l^{-1})	B_3
پنتانول ۲ درصد (۵ میلی‌گرم در لیتر) Pentanol 2% (5 mg.l^{-1})	T_1
پنتانول ۴ درصد (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) Pentanol 4% (10 mg.l^{-1})	T_2
پنتانول ۶ درصد (۱۵ میلی‌گرم در لیتر) Pentanol 6% (15 mg.l^{-1})	T_3

صفت‌های اندازه‌گیری‌شده

۱- عمر گلجای

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

۲- جذب محلول

از آنجایی که عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده وابستگی کامل به جذب آب دارد، هر ۳ 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 گلجاهای حاوی گل، جذب آب از رابطه ۱ محاسبه شد (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

رابطه ۱ جذب آب = ۵۰۰cc – (حجم محلول گلجای در روز پایانی + میانگین تبخیر ۴ گلجای در روز پایانی) / وزن شاخه گل

۳- کاهش وزن تر

با توجه به میزان وزن تر اولیه گل‌ها، وزن تر نهایی آنها، وزن بازبرش‌ها و وزن ریزش‌ها، مقدار کاهش وزن تر بر حسب گرم به ازای هر شاخه گل طبق رابطه ۲ محاسبه شد (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

رابطه ۲ کاهش وزن تر = وزن تر اولیه – (مزن تر نهایی + وزن بازبرش‌ها + وزن ریزش‌ها)

٤- درصد ماده خشک

پس از پایان عمر گلجای هر گل، وزن تر آن اندازه‌گیری شد و گل‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. پس از اطمینان از خشک‌شدن، گل‌ها با ترازوی دیجیتال توزین شدند. درصد ماده خشک از رابطه ۳ زیر محاسبه شد (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

رابطه ۳ درصد ماده خشک = (وزن خشک ÷ وزن تر گل‌ها در روز آخر) × ۱۰۰

٥- کاهش درجه بریکس (Brix) (درصد ساکارز موجود در ساقه گل)

برای اندازه‌گیری درجه بریکس، از بازبرش‌های انتهای ساقه استفاده شد. یک یا دو قطره از آب موجود در برش‌ها روی صفحه شیشه‌ای رفرکتومتر دستی (مدل N-1α ساخت شرکت ATAGO کشور ژاپن) ریخته شد و درجه بریکس آن خوانده شد. تفاضل بین اعداد به دست آمده از اندازه‌گیری میانگین بریکس روز اول و میانگین بریکس روز آخر عمر گلدانی، به عنوان میزان کاهش درجه بریکس آن شاخه گل در نظر گرفته شد (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

٦- شاخص باز شدن گل

اندازه‌گیری قطر گل به صورت 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 شدند و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. اولین اندازه‌گیری، بلافاصله پس از انجام تیمارهای الکلی و آخرین اندازه‌گیری در زمانی که قطر گل‌ها به بیشترین شکوفایی رسید صورت گرفت. برای محاسبه قطر گل عدد به دست آمده در هر مرحله بر مرحله قبلی تقسیم گردید و میان‌گیری شدند (Mohammadi and Hashemabadi, 2016).

۷- 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 Bradford (1976) استفاده شد. برای عصاره‌گیری از ۰/۵ گرم بافت گلبرگ استفاده شد. نمونه‌های گلبرگ به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به مدت ۲۴ ساعت داخل مخلوط اسیدها (۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک + ۶ گرم اسید سالسیلیک + ۱۸ میلی‌لیتر آب اکسیژنه) نگهداری شدند. پس از آن عمل هضم نمونه‌ها تا زمان بی‌رنگ شدن نمونه‌ها انجام شد. 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 شد. پس از اتمام عمل کجلدال (تغییر رنگ نمونه‌ها از ارغوانی به زرد) تیتر نمونه‌ها با اسید سولفوریک نیم نرمال تا زمان ارغوانی شدن نمونه‌ها انجام شد. سپس از عدد حاصل جهت اندازه‌گیری ازت و سپس پروتئین به کمک فرمول‌های زیر استفاده گردید.

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

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

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

۸- کلروفیل a

با مشاهده اولین علائم پژمردگی در اتاق عمر گلجای، یک شاخه گل از هر پلات جهت اندازه‌گیری کلروفیل خارج شد. برگ‌ها خشک شدند و مقدار کلروفیل a از روش Mazumdar and 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 فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a، b و کل بر حسب میلی‌گرم در هر گرم وزن تر محاسبه شد (۳۸).

$$\text{کلروفیل } a = 9.93\ (A660) - 0.777\ (A642.5)$$

که در آن؛ A: مقدار جذب در طول موج مورد نظر است.

۹- اندازه‌گیری اتیلن

برای اندازه‌گیری مقدار اتیلن آزاد شده، در روز دوم از هر گلدان یک شاخه گل انتخاب گردید و مقدار اتیلن از روش Chamani (2005) اندازه‌گیری شد. شاخه گل انتخاب‌شده در یک ظرف هوابندی‌شده 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 تجزیه‌ی گاز دانشگاه تهران منتقل شدند. اندازه‌گیری مقدار اتیلن تولیدشده با کمک دستگاه GC-8 AIT مدل Shimadzu انجام شد.

۱۰- پراکسیده‌شدن لیپیدها

برای اندازه‌گیری پراکسیده‌شدن لیپیدها، مقدار مالون‌دی‌آلدئید (MDA) روی تیمارهای گلچین (شاهد، P_1، B_1، B_3 و T_3) و با استفاده از روش Heath and Parker (1968) به عنوان محصول واکنش پراکسیده‌شدن اسیدهای چرب غشاء اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری مالون دی آلدئید، 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 فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار اضافه شد و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی نمونه‌ها توسط سمپلر جدا و مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد عمل سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه) انجام شد. پس از آن به محلول رویی ۱۰۰۰ میکرولیتر تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰ درصد و ۰/۵ درصد تیوباربوتیریک اسید (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) شدند. ماده‌ی قرمز رنگ رویی جدا شد و میزان جذب ماده قرمز رنگ مالون دی آلدئید – تیوباربیوتیک اسید (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.

۱۱- اندازه‌گیری آنزیم پراکسیداز (POD)

برای سنجش فعالیت سینتیکی آنزیم POD، با مشاهده اولین علائم پژمردگی، یک شاخه گل از تیمارهای گلچین (شاهد، P_1، B_1، B_3 و T_3) خارج شد و از گلبرگ‌های آن جهت ارزیابی POD به روش In و همکاران (2007) استفاده گردید. نمونه‌گیری از گلبرگ‌های میخک رقم 'نلسون' در روز پنجم آزمایش و عصاره‌گیری از آن-ها توسط بافر فسفات پتاسیم و پلی وینیل پولی پیرولیدین 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 بر حسب نانومول در هر گرم وزن تر در دقیقه گزارش شد.

۱۲- اندازه‌گیری آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

بدین منظور، با مشاهده اولین علائم پژمردگی، یک شاخه گل از تیمارهای گلچین (شاهد، P_1، B_1، B_3 و T_3) خارج گردید و از گلبرگ‌های آن جهت ارزیابی SOD به روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از روش Giannopolitis and Ries (1997) استفاده شد. مقدار ۵ گرم بافت گلبرگ با نیتروژن مایع آسیاب و به دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. سپس ۰/۵ گرم از نمونه منجمد شده با بافر فسفات پتاسیم و پلی وینیل پولی پیرولیدین در اسیدیته ۷ رقیق شد. پس از همسان کردن، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی-

گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی به آرامی برداشته شد و تا زمان اندازه‌گیری فعالیت SOD در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های شاهد که فاقد آنزیم بودند نیز تهیه شدند. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها بر حسب واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل ابتدا در نرم‌افزار Excel ثبت شدند، سپس تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

۱- 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 ۵ 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 تیمارشده با هر سه غلظت پنتانول از شاهد کمتر بود. عمر گلجای بالا (۱۴/۱۱ و ۱۳/۷۳ روز) به ترتیب با کاربرد ۲ و ۴ درصد پروپانول به دست آمد. عمر گلجای در گل‌های شاخه‌بریده تیمارشده با ۴ و ۶ درصد پنتانول کمتر از ۸ 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 محققان به منظور 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، به طوری که تیمارهای الکلی با زنجیره‌های طویل‌تر، به فسفولیپید غشاء پلاسمایی آسیب می‌رسانند و باعث افزایش نفوذپذیری آن می‌شوند، در نتیجه عمر پس از برداشت گل‌ها را به تدریج 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 ضد اتیلنی از پیری گلبرگ‌ها که معمولاً با قهوه‌ای‌شدن 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 با کاربرد اتانول و متانول گزارش شد (Petridou *et al*., 2001). این محققان نشان دادند که متانول ۴ درصد به صورت پالس ۲۴ ساعت، بیشترین تأثیر را در افزایش عمر گلجای و کاهش وزن تر داشت. استفاده از اتانول ۴ درصد به صورت دائمی و موقت باعث افزایش عمر گلجای و بازارپسندی گل شاخه‌بریده میخک رقم Yellow Candy شد (Bayat et al., 2012). Wu و همکاران (1992) و Petridou و همکاران (1999)، غلظت‌های ۲ تا ۸ 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 به عنوان یک عامل بازدارنده پیری، عمل می‌کنند و از انسداد آوندی انتهای ساقه گل‌ها جلوگیری می‌کنند. Karimian and Tehranifar (2011) گزارش کردند که محلول حاوی ۷ درصد اتانول باعث افزایش عمر گلجای گل میخک نسبت به شاهد شد. اثر مثبت برخی ضدعفونی‌کننده‌های دیگر مانند H_2O_2 و استالدهید در بهبود کیفیت پس از برداشت برخی گل‌های شاخه‌بریده از جمله میخک (Pun *et al*., 2001) و آلسترومریا (Sadeghi et al., 2017) نشان داده شد. Podd and 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 شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) روی عمر گلجای و صفت‌های فیزیولوژیکی گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 2- Analysis of variance of 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 Source of variations	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 (درصد) C.V. (%)	-	5.26	4.32	3.68	14.24	2.34	4.09	7.49	9.73	8.46

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns: عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد

*, **: Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively, ns: Not significant at p = 0.05

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) روی عمر گلجای و صفت‌های فیزیولوژیکی گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 3- Mean comparison of 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 (روز) Vase life (day)	اتیلن (نانولیتر در لیتر در ساعت در گرم وزن تر) Ethylene (nl l^{-1} h^{-1} g^{-1} F.W.)	پروتئین گلبرگ (درصد) Petal protein (%)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg g^{-1} F.W.)	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	شاخص بازشدن گل Flower opening index	کاهش وزن تر (گرم) Fresh weight loss (g)	جذب محلول (میلی‌لیتر بر گرم وزن تر) Solution uptake (ml g^{-1} F.W.)	کاهش درجه بریکس (درصد) Decrease of Brix°
شاهد Control	8.91c	1.58b	1.91e	4.61c	15.07c	1.67b	12.93b	1.29d	3.78c
P1 (2%)	14.11a	1.15d	4.32a	8.47a	20.16a	1.24d	9.09d	2.63a	1.97e
P2 (4%)	13.73a	1.19d	3.73b	8.97a	20.73a	1.21d	8.91d	2.04b	2.17e
P3 (6%)	12.23b	1.25d	3.18c	6.76b	19.46b	1.37c	10.01c	1.96b	1.19f
B1 (2%)	12.16b	1.18d	2.70d	6.69b	19.83b	1.65c	9.98c	1.98b	2.64d

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 میانگین‌هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌دار 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 test. P: Propanol, B: Butanol and T: Pentanol.

۲- 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 تیمارشده با هر سه غلظت پنتانول از شاهد کمتر بود. جذب محلول بالا (۲/۶۳ و ۲/۰۴ میلی‌لیتر بر گرم وزن تر) به ترتیب با کاربرد ۲ و ۴ درصد پروپانول به دست آمد. جذب محلول توسط گل‌های شاخه‌بریده تیمارشده با ۴ و ۶ 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 شاخه بریده به هدایت هیدرولیکی مجرای آبی ساقه و تفاوت پتانسیل آبی بافت گل بریده با محلول نگه‌دارنده بستگی دارد (van Meeteren and van Gelder, 1999). با افزایش عمر گلجای به تدریج 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، میکروارگانیسم‌هایی 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 and Lohr, 1990). نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب‌های ضدعفونی‌کننده‌ای مانند محلول‌های الکلی (الکل‌های سبک)، می‌تواند با کنترل فعالیت میکروارگانیسم‌ها 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 را فراهم نمایند. در این تحقیق، گل‌های میخک رقم 'نلسون' تیمارشده با ترکیب‌های ضد اتیلن، به طور معنی‌داری، افزایش جذب آب را نسبت به تیمار شاهد داشتند. متانول ۴ درصد به صورت 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 علاوه بر کنترل جمعیت باکتری، موجب افزایش جذب آب و بهبود روابط آبی می‌شود. اثرگذاری الکل‌ها ممکن است به دلیل ارتباط آنها با اسید آبسیزیک و القای بسته‌شدن روزنه‌ها باشد (Sood et al., 2006; Bagheri et al., 2015).

۳- کاهش وزن تر

تفاوت تیمارها در مقدار کاهش وزن تر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شدت کاهش وزن تر در تیمارهای الکلی قوی با درصد بالا به ویژه (پنتانول ۴ و ۶ درصد) و کمترین کاهش وزن تر در تیمارهای الکلی سبک با غلظت پایین به ویژه پروپانول ۲ و ۴ درصد مشاهده شده است. به طور 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 به دلیل دارابودن 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 گزارش‌ها همبستگی و رابطه تنگاتنگ بین افزایش عمر گلجای و افزایش وزن تر نسبی در دوره پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده‌ی ژربرا (Solgi, 2009)، گل مریم (Anjum *et al*., 2001) و میخک (Amini et al., 2014; Amini, 2018) نشان داده شده است. مطالعه روی گل شاخه‌بریده‌ی میخک نشان داده است 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 and Blakely, 1980). نتایج تحقیق‌های Sood و همکاران (2006) در گل بریده رز نیز در تأیید نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

٤- 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 ۵ درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین غلظت‌های مختلف، تیمار پروپانول ۴ 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 ۲ 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. بر اساس اظهار Moon و همکاران (2004) کمبود آب، تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کند که این تنش 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 بیوماس و عملکرد در گیاهان شود (Khosravi et al., 2018). استفاده از ترکیب‌های ضد اتیلنی سبب جلوگیری از تخریب کربوهیدرات و کاهش وزن خشک و افزایش عمر گلدانی در گل‌های شاخه‌بریده میخک 'Tempo' شد (Hashemabadi and Mostofi, 2007). این نتایج در راستای نتایج تحقیق حاضر قرار دارد.

۵- کاهش درجه بریکس

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، استفاده از تیمارهای پروپانول، بوتانول و پنتانول اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد در کاهش درجه بریکس گل‌های میخک رقم 'نلسون' نشان داد (جدول ۲). مناسب‌ترین تیمارها از نظر حفظ مقدار قند بافت‌ها، تیمار پروپانول ۶ و ۲ درصد، به ترتیب با کاهش ۱/۱۹ و ۱/۹۷ درصدی مشاهده شد. مقدار کاهش درجه بریکس در تیمار شاهد از نظر آماری مشابه تیمار بوتانول ۶ درصد بود. همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، بیشترین کاهش درجه بریکس در تیمار پنتانول ۶ درصد نشان داده شد.

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 شاخه‌بریده می‌باشد، بنابراین هرچه درصد مواد کربوهیدراتی ذخیره‌شده 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. Ichimura و همکاران (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. Podd and van Staden (2002a) کاهش درصد قند را در اثر استفاده از تیمارهای الکلی اتانول و استالدهید در طول عمر گلدانی گل‌های میخک گزارش کردند.

٦- شاخص باز شدن گل

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده این است که کمترین سرعت باز شدن گل در تیمارهای پروپانول ۲ و ۴ درصد به ترتیب با شاخص ۱/۲۴ و ۱/۲۱ به عنوان بهترین تیمارها دیده 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 ۲ 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 بازشدن گل را به تأخیر بیندازد (Blankenship and Dole, 2003). در پژوهش حاضر، ترکیب‌های ضد میکروبی و ضد اتیلنی به خوبی این پدیده را نشان دادند. Makvandi و همکاران (2011) با مطالعه روی گل بریده آلسترومریا دریافتند که ترکیب‌های ضد میکروبی و ضد اتیلنی با تأثیر بر قطر گل نهایتاً باعث بهبود شاخص باز شدن گل گردیدند. Hashemabadi (2006) با مطالعه روی میخک رقم 'Tempo' دریافت که استفاده از ترکیب‌های ضد اتیلنی باعث کاهش ۱۷ درصدی روند باز شدن گل‌ها نسبت به شاهد گردید. نتایج بالا با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

۷- محتوای پروتئین گلبرگ

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد در اثر استفاده از تیمارهای الکلی در 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 ۲ درصد با ۴/۳۱۶ درصد به عنوان بهترین تیمار و بیشترین میزان تخریب پروتئین نیز در تیمارهای الکلی قوی پنتانول، در غلظت‌های ۴ و ۶ درصد مشاهده شد.

پیری گل‌های بریده یک مکانیزم تنظیم هورمونی است و این فرآیند درگیر تغییر ویژگی‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی در غشاء سلولی است. گل‌های میخک مورد مطالعه در آزمایش Sadeghi Nasab (2011)، افزایش معنی‌داری را در مقدار پروتئین در اثر استفاده از تیمارهای الکلی نشان داد. نتایج به دست آمده از کاربرد ترکیب‌های ضد اتیلن روی گل بریده رز رقم 'یلوآیلند' نشان داد که این ترکیب‌های با افزایش ثبات غشاء سلولی باعث افزایش محتوای پروتئین در گلبرگ‌ها شدند (Gerailoo and Ghasemnezhad, 2011). به نظر

می‌رسد که افزایش میزان پروتئین محلول در این تیمارها به دلیل سنتز پروتئین‌های جدید و کاهش تخریب پروتئین‌ها در اثر کاهش تنش آبی باشد. Bruce and Cosyrove (1998) کاهش ناچیز در مقدار پروتئین را در اثر استفاده از تیمارهای الکلی در گلبرگ‌های گل ارغوان گزارش نمودند. زوال پروتئین در گیاهانی مانند آلسترومریا و میخک مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که طی پیری، کاهشی در میزان پروتئین رخ می‌دهد ولی در بعضی از گونه‌ها کاهش کمتری اتفاق می‌افتد (Jones and Hill, 1992). Podd and 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 تیمار شاهد بیشترین مقدار پروتئین را داشت.

۸- کلروفیل a

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد در 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 ۴ و ۶ درصد نداشت. از بین غلظت‌های مختلف مورد استفاده، تیمار پروپانول ۴ درصد با ۸/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر بیشترین مقدار کلروفیل a و پنتانول ۴ درصد با ۳/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر کمترین مقدار کلروفیل a را القا کردند.

به نظر می‌رسد که استفاده از تیمارهای ضد اتیلنی فوق، با تأثیر بر آنزیم کلروفیلاز و کنترل میکروارگانیسم‌ها، باعث جلوگیری از تخریب و حفظ کلروفیل a برگ‌ها شده است. همچنین تأثیر ساکارز نیز می‌تواند بر میزان کلروفیل، مثبت باشد که این به نقش مواد قندی در سوخت و ساز گیاه مربوط می‌باشد. تیمارهای اتانول و متانول در سطح ۲ درصد، کمترین میزان تخریب در کلروفیل a و b گل شاخه‌بریده میخک را نشان داد (Sadeghi Nasab, 2011). استفاده از ترکیب‌های باکتری‌کش و ضد اتیلن در محلول گلجای، در افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها مؤثر است. متانول ۴ درصد به صورت پالس ۲۴ ساعت، بیشترین تأثیر را در ممانعت از تجزیه کلروفیل کل گل شاخه‌بریده داودی داشت (Petridou *et al*., 2001).

۹- تولید اتیلن

تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین تیمارهای مختلف در مقدار تولید اتیلن به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم و مؤثر بر ماندگاری گل‌ها در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین ممانعت در بیوسنتز اتیلن، در تیمار با الکل‌های پروپانول و بوتانول ۲ درصد و بیشترین تولید اتیلن در تیمار با پنتانول ۴ و ۶ درصد مشاهده شد (جدول ۳). بین تیمار شاهد و تیمار پنتانول ۲ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد 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 ترکیب‌های در برخی گل‌های شاخه‌بریده گزارش شده است (Bayat et al., 2012; Amini et al., 2014; Sadeghi et al., 2017). غلظت‌های پایین پروپانول و بوتانول، احتمالاً مانع سنتز اتیلن از طریق کاهش میزان ACC-

سنتاز و کاهش فعالیت ACC-اکسیداز و در نتیجه باعث افزایش عمر گلجای گل میخک می‌شوند. در مطالعه Amini و همکاران (2014) روی میخک رقم Sensi مشخص شد که بیشترین مقدار اتیلن، در گل‌های شاخه‌بریده شاهد تولید شد و اتانول ۴ و ۶ درصد در پالس ۲۴ ساعت، اتانول و متانول ۱۲ درصد در پالس ۱۲ ساعت و متانول ۶ درصد در پالس ۱۲ و ۲۴ ساعت، به طور 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 ۶ و ۴ 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 برگشت‌ناپذیر گلبرگ‌ها و پژمردگی و ریزش آنها همراه است (Kim *et al*., 2005). Amini و همکاران (2014) بیان کردند که افزایش طول عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم Sensi در اثر کاربرد اتانول را می‌توان به نقش آن در جلوگیری از سنتز اتیلن نسبت داد. گیاهان میخک به میزان بالای باکتری‌ها در محلول گلجای و تولید اتیلن حساس هستند. Farokhzad و همکاران (2005) گزارش کردند که اتانول ۶ درصد، کمترین میزان تولید اتیلن را در گل‌های بریده لیسیانتوس نشان داد. Shour و همکاران (2013) در پژوهشی دریافتند که تیمار اتانول ۲ درصد باعث کاهش تولید اتیلن شد و شکوفایی گل مریم را به تعویق انداخت. استالدهید با جلوگیری از بیوسنتز و فعالیت اتیلن و حذف فعالیت‌های مخزن تخمدان، بر پیری گل‌های بریده میخک تأثیر گذاشت اما پتانسیل محدودی برای استفاده از آن به عنوان تیمار پس از برداشت وجود دارد (Podd and van Staden, 2002a). جلوگیری از تولید اتیلن با استفاده از استالدهید و اتانول در گل‌های میخک گزارش شد (Podd and van Staden, 2002b). آزمایش Amini (2018) نشان داد که تیمارهای ۱۲ ساعت متانول ۴ و ۶ درصد، تولید اتیلن را در گل‌های شاخه‌بریده میخک رقم Sensi به طور چشمگیری کاهش دادند و منجر به افزایش معنی‌دار طول عمر شدند. اثر تیمارهای الکلی (اتانول و متانول) بر گل‌های بریده میخک سبب کاهش تولید اتیلن شد، که این تیمارها در غلظت‌های کم سبب تأخیر در پیری و پژمردگی گل‌های بریده شدند (Jafari Marandi and Majd, 2008). نتایج حاصل از پژوهش‌های فوق در مورد کنترل تولید اتیلن به کمک بازدارنده‌های سنتز اتیلن با نتایج پژوهش کنونی منطبق است.

۱۰- پراکسیداسیون لیپیدها (میزان مالون‌دی‌آلدئید)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر مقادیر مختلف کاربرد الکل‌ها بر مقدار MDA گل‌های شاخه‌بریده در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۴). تیمار پروپانول ۲ درصد با القای تولید ۵۹/۶۴ نانومول بر گرم وزن تر، مناسب‌ترین تیمار جهت کاهش تجمع MDA بود. تولید مقدار بالاتر MDA (۷۰/۰۱ نانومول در هر گرم وزن تر)، متعلق به تیمار پنتانول ۶ درصد بود (جدول ۵).

میزان MDA به منزله شاخص مقاومت فیزیولوژیک و پیری در نظر گرفته می‌شود (Geng *et al*., 2009). طی پیری، تغییرهای در غشای پلاسمایی اتفاق می‌افتد. شواهدی وجود دارند که ژن‌های ویژه‌ای کنترل این فرآیندها را به عهده دارند (Isvand and Ashouri, 2010). مالون‌دی‌آلدئید به عنوان شاخص مناسبی برای پراکسیداسیون لیپید غشاء محسوب می‌شود و بسیاری از گیاهان وقتی در محیط خشک قرار می‌گیرند، آسیب‌های جدی به آن‌ها وارد می‌شود و بر مقدار مالون‌دی‌آلدئید آن‌ها افزوده می‌شود (Ashraf et al., 1994).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان مالون‌دی‌آلدئید در تیمارهای پروپانول و بوتانول کمتر بود و تیمارهایی که عمر گلجای و جذب آب بهتری داشتند، میزان مالون‌دی‌آلدئید آن‌ها نیز در حد پایین‌تری نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی قرار داشتند. به نظر می‌رسد که محلول‌های حاوی پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم با تعدیل تنش اکسیداتیو، موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها، جلوگیری از تجزیه پروتئین‌ها و همچنین موجب جلوگیری از افزایش pH سلولی با حفظ سیالیت غشای سلول و در نتیجه باعث به تأخیر انداختن پیری شدند. الکل‌های به کار رفته در پژوهش حاضر، با کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی گلبرگ باعث حفظ پایداری غشای پلاسمایی و جلوگیری از نشت یونی و پیری گلبرگ‌ها شدند. اتانول بیشترین غلظت MDA و در نتیجه کمترین ماندگاری را در لیزیانتوس القا کرد (Kazemi et al., 2012). غلظت‌های زیاد الکل، نشت یونی و MDA را افزایش می‌دهند. با افزایش شاخص MDA و کاهش ثبات غشای پلاسمایی سلول، ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم باعث ثبات غشای سلولی می‌شوند.

۱۱- آنزیم پراکسیداز

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف و فعالیت آنزیم POD تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵)، از بین تیمارهای الکلی، تیمار بوتانول ۲ درصد بیشترین (۲/۰۱ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) و تیمار شاهد (۰/۲۱ میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه) کم‌ترین فعالیت آنزیم POD را نشان دادند.

پیری در گل‌های شاخه‌بریده همراه با تغییر در نفوذپذیری غشای پلاسمایی، کاهش کارایی آوندها، تخریب درشت‌ملکول‌ها، عدم تعادل در ساخت، تجزیه و فعالیت هورمون‌ها از جمله اتیلن و تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است (Sadeghi et al., 2017). پیری گلبرگ‌ها به تولید پیوسته رادیکال‌های آزاد و افزایش گونه‌های اکسیژن فعال مرتبط است. افزایش فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) مانند رادیکال سوپراکسید، با تخریب پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک باعث پیری گل می‌شوند. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و سیستم آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی، یکی از راه‌های مقابله سلول‌ها با این مشکل است (Ashraf et al., 1994; Nasibi, 2011). آنزیم پراکسیداز در جلوگیری از تجمع H_2O_2 نقش حیاتی دارد. این آنزیم به طور وسیع در میکروب‌های هوازی وجود دارد اما میکروب‌های بی‌هوازی فاقد آن‌ها هستند (Isvand and Ashouri, 2010).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) روی صفت‌های بیوشیمیایی MDA و فعالیت آنزیم‌های SOD و POD در گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 4- Analysis of variance of the effect of different concentrations of evaluated treatments (propanol, butanol and pentanol) on the content of MDA and enzymes activity of SOD and POD in cut carnation 'Nelson' flower

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	پراکسیداز POD	سوپراکسید دیسموتاز SOD	مالون‌دی‌آلدئید MDA
تیمار	4	3.503**	164.706**	4275.383**
Treatment				
خطا	10	0.187	0.085	0.213
Error				
ضریب تغییرات (درصد)	-	18.70	17.00	14.00
C.V. (%)				

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

**: Significant at the 0.01 probability level

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف تیمارهای مورد بررسی (پروپانول، بوتانول و پنتانول) روی صفت‌های بیوشیمیایی MDA و فعالیت آنزیم‌های SOD و POD در گل شاخه‌بریده میخک رقم 'نلسون'

Table 4- Mean comparison of the effect of different concentrations of evaluated treatments (propanol, butanol and pentanol) on the content of MDA and enzymes activity of SOD and POD cut carnation 'Nelson' flower

تیمار Treatments	پراکسیداز POD (μmol g^{-1} F.W. min^{-1})	سوپراکسید دیسموتاز SOD (U g^{-1} F.W.)	مالون‌دی‌آلدئید MDA (nmol g^{-1} F.W.)
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 میانگین‌هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌دار 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 test. P: Propanol, B: Butanol and T: Pentanol.

۱۲- آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف و فعالیت آنزیم SOD تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۴). بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، از بین تیمارهای الکلی، تیمار پروپانول ۲ درصد با القای فعالیت ۴۹/۸۲ واحد در گرم وزن تر بیشترین و تیمار پنتانول ۶ درصد با القای فعالیت ۲۷/۸۶ واحد در گرم وزن تر کم‌ترین فعالیت آنزیم SOD را داشتند (جدول ۵).

آنتی‌اکسیدان آنزیمی SOD به عنوان یک آنزیم کلیدی در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه به شمار می‌رود، زیرا غلظت آنیون سوپراکسید و H_2O_2 را در گیاه کنترل می‌کند (Mozaffari and Asadollahi Kausar Rizi, 2011). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پروپانول و بوتانول در غلظت‌های کم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های SOD و POD نسبت به شاهد شدند. بنابراین، می‌توان بیان کرد که این افزایش، ناشی از فعال‌شدن سلول‌ها از طریق جذب مناسب محلول غذایی و تورژسانس سلولی است (Palma et al., 2002). الکل‌ها در غلظت‌های بهینه به عنوان یک سیگنال عمل می‌کنند و از طریق کاهش پراکسیداسیون لیپید و القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، باعث افزایش عمر گلجای گل‌های شاخه‌بریده و بهبود کیفیت پس از برداشت آنها می‌شوند. نتایج مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر در گل‌های شاخه‌بریده آلسترومریا گزارش شد (Sadeghi et al., 2017). Zhou و همکاران (2001) اثر مثبت ترکیب‌های شبه‌سیتوکینینی را در افزایش عمر پس از برداشت ژربرا به وسیله بالا نگهداشتن میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و کمک به سنتز پروتئین گزارش کردند. پژوهش حاضر، اثر مثبت ترکیب‌های ضدعفونی‌کننده و ضدمیکروبی بر افزایش فعالیت آنزیم‌ها را نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی

پروپانول در دو غلظت ۲ و ۴ 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 کاهش وزن تر و درجه بریکس در ساقه برتری محسوسی نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمار پروپانول ۲ درصد بالاترین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و کمترین تولید مالون دی آلدئید را داشته است. بنابراین، پروپانول ۲ درصد می‌تواند به عنوان برترین تیمار در این پژوهش معرفی شود. این الکل با غلظت کمتر از ۴ و ۶ 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.

منابع

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, 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 vaselife 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 phonols, 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.
9. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensetive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dyebinding. *Analytical Biochemisitry 72*: 248-254.
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.
11. Chamani, A. (2005). The effect of thidiazoron, 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-sulfosalcylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of *Gladiolus* cut flowers. *Plant Growth Regulators 51*: 99-108.
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. *Faculity of Agriculture, Kyushu University 54*: 41–45.
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). Superoxiddesmutase. I: Occurence 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.
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.
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.
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.
23. Heins, R., & Blakely, N. (1980). Influence of ethanol on ethylene biosynthesis and flower senescence of cut carnation. *Scientia Horticulturae 13*: 361-369.
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.
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, 288 p.
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.

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.
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).
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.
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)
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.
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.
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 physcochemical analysis of fruits. *University College of Agriculture, Calcutta University* 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* 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.
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)
46. Onozaki, T. (2018). Dianthus. In: Van Huylenbroeck, J. (eds.). Ornamental Crops. Handbook of Plant Breeding, vol. 11. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0_15.
47. 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.
48. Pearson-Mims, C., & Lohr, V. (1990). Fluoride injury to cut 'Samantha' roses may be reduced by pulsing with calcium nitrate. *HortScience 25*: 1270-1271.
49. 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.
50. 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.
51. 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.
52. 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 carbohydrat status. *Plant Growth Regulation 38*: 99-105.
53. 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.
54. Podd, L.A., & Van Staden, J. (1999). The use of acetaldehyde to control carnation flower longevity. *Journal of Plant Growth Regulation 28*: 175-178.
55. 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.
56. 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
57. Onozaki, T. (2018). Breeding of carnations (*Dianthus caryophyllus* L.) for long vase life. *Breeding Science* 68 (1): 3-13. https://doi.org/10.1270/jsbbs.17091.
58. Ramtin, A., Naderi, R., Kalatejari, S., & Matinizadeh, 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.
59. Sadeghi, A., Nasibi, F., Farahmand, H., & Hosseni, 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)

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.
61. Seven, V., & Jose, J.V.G. (2004). Sucrose loading decrease ethylene responsiveness in carnation (*Dianthsis caryaphynus* cv. White Sim) petals. *Postharvest Biology and Technology 31*: 305–312.
62. Sharif Hossain, A.B.M., Nasrolhaq 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 Enviromental Science 1* (2): 203-210.
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 lose species. *Scientica Horticulturea 108*: 390-396.
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). Improvment 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)
68. Teixeira da Silva J.A. (2003). The cut flower, postharvest condition. *Biological Sciece Journal 3*: 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.
70. Wu, M., Lorenzo, J.Z., Saltveit, M.E., & Ried, M.S. (1992). Alcohols and carnation senescence. *Horticultural Science 27*: 136-138.
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.