

تأثیر مهارکننده‌های سنتز لیگنین بر ماندگاری گل بریدنی ژربرا

معصومه غفوریان^۱، زینب روئین^{۲*} و محمدعلی شیری^۳

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گیاهان زینتی و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲۰)

چکیده

مشکل عمده گل‌های شاخه بریدنی ژربرا، ماندگاری کوتاه پس از برداشت است که منجر به خم شدن سریع ساقه می‌شود. هدف اصلی از این مطالعه، بررسی اثر ترکیبات مهارکننده سنتز لیگنین به‌عنوان محلول نگه‌دارنده روی ماندگاری پس از برداشت گل ژربرا رقم دانمارکی بود. ساقه‌های برش‌یافته گل ژربرا با بازدارنده‌های شیمیایی شامل EDTA (۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار)، NaF (۰/۰۶، ۰/۰۸ و ۰/۱ میلی‌مولار) و NaN_3 (۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌مولار) به مدت ۲۰ ساعت و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (تیمار کوتاه مدت) تیمار شدند. نتایج نشان داد که غلظت ۰/۲ میلی‌مولار سدیم‌آزید و غلظت ۰/۰۶ میلی‌مولار فلئوریدسدیم، بیشترین ماندگاری را نسبت به سایر تیمارها (۱۴ روز) داشتند. غلظت‌های بالاتر فلئوریدسدیم (۰/۱ میلی‌مولار) با سوختگی حاشیه گلبرگ‌ها همراه بود. همچنین تیمار ۰/۲ میلی‌مولار سدیم‌آزید اثرات مثبت و معنی‌داری روی میزان وزن تر نسبی (۵۱/۸ درصد)، جذب آب (۴۹/۸۱ درصد)، قطر نسبی گل (۴۴/۹۴ درصد) و میزان آنتوسیانین گلبرگ (۶۱/۸ درصد) نسبت به گل‌های شاهد داشت؛ بر خلاف آن، ماندگاری ژربرا به‌وسیله EDTA در هیچ‌کدام از غلظت‌های آن، افزایش پیدا نکرد. اطلاعات به‌دست آمده نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف EDTA با ایجاد سمیت، باعث تسریع خمیدگی ساقه ژربرا شد. بنابراین مهارکننده‌های سنتز لیگنین مانند سدیم‌آزید و فلئوریدسدیم، احتمالاً ماندگاری گل را با کنترل ترمیم زخم و جلوگیری از انسداد در انتهای ساقه افزایش می‌دهند؛ به‌طوری که سبب تسهیل جذب محلول و کاهش میزان از دست‌دهی وزن تر نسبی در گل بریدنی ژربرا می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: انسداد آوندی، تعادل آبی، ژربرا، فلئوریدسدیم، سدیم‌آزید.

Effect of inhibitors of lignin biosynthesis on vase life of gerbera cut flowers

Masoumeh Ghafouriyani¹, Zeynab Roiein^{2*} and Mohammad Ali Shiri³

1, 2. Former M.Sc. Student of Ornamental Plants and Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran

3. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran

(Received: May 11, 2017 - Accepted: Nov. 11, 2017)

ABSTRACT

A major problem associated with cut *Gerbera* flowers is short postharvest life that resulted in rapid stem bending. The main objective of the present study was to investigate the effect of lignin biosynthesis inhibitors as vase solutions on the vase life of *Gerbera* (*Gerbera jamesonii* cv. Danish). *Gerbera* cut flowers were treated with chemical inhibitors include EDTA (5, 10 and 15mM), NaF (0.06, 0.08 and 0.1mM) and NaN_3 (0.05, 0.1 and 0.2mM). Cut stems were placed in these solutions for 20 h at 20°C (Pulse treatment). Results showed that sodium fluoride at 0.06 mM and sodium azide at 0.2mM were more effective in increasing vase life of cut flowers (14 days) than other treatments. Tip burning in ray florets was found at the highest concentration tested of sodium fluoride (0.1mM). Also, sodium azide at 0.2mM showed significant ($P<0.01$) positive effects on maintenance of fresh weight (51.8%), water uptake (49.81%), flower diameter (44.94%) and anthocyanin content (61.8%) compared to control. In contrast, longevity of cut gerbera was not increased with EDTA treatment. The data showed that EDTA caused high toxicity and hastened the time to bending of stem. Therefore, lignin biosynthesis inhibitors such as sodium azide and sodium fluoride probably extended vase life by controlling wound healing and delaying occlusions at the cut stem ends. Thereby, they facilitate the absorption of solution and reduce the rate of decline in relative fresh weight in the *Gerbera* cut flowers.

Keywords: *Gerbera jamesonii*, Sodium azide, Sodium fluoride, Xylem occlusion, Water balance.

* Corresponding author E-mail: z.roiein@ilam.ac.ir

مقدمه

ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* متعلق به تیره Asteraceae یا Compositae است. وجود گلچه‌های زبان‌ای بلند با رنگ‌های متنوع مانند زرد، نارنجی، صورتی، قرمز، بنفش و سفید ارزش زینتی ژربرا را تعیین می‌کند. این گیاه بومی جنوب قاره آفریقا، ماداگاسکار و قاره آسیا مانند اندونزی است (Dole & Wilkins, 2005). با وجود محبوبیت گل بریدنی ژربرا، این گل دارای ماندگاری پس از برداشت کوتاهی بوده، که عمده‌تأثیر به دلیل پژمردگی روی می‌دهد (He *et al.*, 2006). مدت ماندگاری یا دوام پس از برداشت ژربرا تحت تأثیر دو عامل مهم یعنی پژمردگی گلچه‌ها و خمیدگی ساقه گل‌دهنده است. تعادل آبی یکی از عوامل مهم کنترل کیفیت و تعیین‌کننده دوام گل‌های شاخه بریدنی است که شدیداً تحت تأثیر تعادل بین جذب و از دست‌دادن آب قرار می‌گیرد (da Silva, 2003)؛ به همین دلیل هر عاملی که باعث برهم‌زدن این تعادل شود، نقش مهمی در پژمردگی و پیری گل ایفا می‌کند. پس از قرارگرفتن ساقه گل‌های بریدنی در آب، با گذشت زمان، به‌علت انسداد آوند چوبی، جذب آب با مشکل مواجه می‌شود (van Doorn, 1997). به‌طور معمول دو نوع مسدودشدن در آوندها اتفاق می‌افتد. مسدودشدن فیزیکی آوند چوبی که به‌علت تشکیل حباب‌های هوا، تجمع ذره‌های کوچک باکتری یا ترشحات باکتریایی در انتهای ساقه ایجاد می‌شود. این نوع مسدودشدن به‌وسیله باز برش انتهای ساقه برطرف می‌شود (van Doorn & Vaslier, 2002). نوع دیگر مسدودشدن ناشی از فرایندهای فیزیولوژیک است که از انتهای ساقه شروع می‌شود و به سمت بالای ساقه حرکت می‌کند. این موضوع به‌دلیل سنتز ترکیب‌های فنلی مثل سوبرین و لیگنین در آوند چوبی بوده و ناشی از فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو در محل زخم است. سنتز این ترکیب‌ها یک پاسخ سریع به زخم (۱۲ ساعت اولیه) است که باعث التیام و بسته‌شدن محل برش می‌شود. تکمیل این فرایند به تنش کمبود آب منجر می‌شود (Loubaud & van Doorn, 2004; van Doorn & Vaslier, 2002). وجود درشت مولکول‌هایی چون فنیل پروپانویید به‌عنوان یکی

از مسیرهای بسیار مهم در تولید متابولیت‌های ثانوی گیاهان است که منجر به تولید مواد فنلی مختلف مانند لیگنین، اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها می‌شود که وظایف ساختاری و دفاعی دارند (Hatfield & Vermerris, 2001; Cai *et al.*, 2006). به‌عبارت دیگر سنتز لیگنین شامل بیوسنتز مونولیگنول‌هایی چون الکل‌های پی‌کوماریل، کونیفریل و سیناپیل است که انتقال آن‌ها به دیواره سلولی و در نهایت پلیمریزه‌شدن آن‌ها تحت تأثیر فعالیت کاتالیزوری آنزیم‌های بسیاری مانند فنیل‌آلانین‌آمونیا لایز (PAL)، پراکسیداز (POD)، سینامیل آلکل دهیدروژناز (CAD) و غیره است (Hatfield & Vermerris, 2001; Ralph *et al.*, 2004). از طرف دیگر آنزیم‌های لاکاز (Laccase) و پراکسیداز هر دو در اتصال مونولیگنول‌ها نقش دارند (Heldt, 2005). آنزیم لاکاز در مکانیسم‌های رادیکالی تشکیل پلیمر لیگنین شرکت می‌کند (Hoopes & Dean, 2004). لازم به ذکر است که لاکازها در آوندهای چوبی وجود دارند، جایی که اکسیدشدن مونولیگنول‌ها در مراحل اولیه چوبی‌شدن اتفاق می‌افتد (Gavnholt & Larsen, 2002).

نتیجه پژوهش محققان راهکارهای متعددی را برای افزایش ماندگاری گل‌ها پیشنهاد می‌کنند. از جمله این راهکارها اضافه‌کردن ترکیبات مختلف به ظرف گلجایی است. در این میان ساکارز و ۸-هیدروکسی کوئینولین سیترات (8-HQC) به‌عنوان ترکیبات مهم در حفظ ماندگاری گل‌ها به‌کار می‌روند. تیمار با ساکارز، از ادامه فعالیت‌های مرتبط با پیری گیاه جلوگیری کرده و پیری را به تاخیر می‌اندازد (Pun *et al.*, 2005). وجود ساکارز در محلول گلجایی، اغلب ماندگاری گل ژربرا را افزایش می‌دهد و به‌عنوان یک منبع انرژی عمل می‌کند که در حفظ آماس سلول مؤثر است (Perike *et al.*, 2012). (de Witte *et al.*, 2014) نشان دادند که استفاده از ساکارز ۱/۵ درصد در ترکیب با مواد ضد میکروبی مانند هیدروکسی کوئینولین سیترات (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در ظرف گلجایی گل بریدنی ژربرا، مانع تخریب مکانیکی ساقه و کاهش خمیدگی ساقه نسبت به استفاده از همان ترکیب ضد میکروبی بدون ساکارز می‌شود. ایشان

می‌تواند در حفظ تعادل آبی مؤثر باشد. لذا در راستای مطالعه ارتباط بین فعالیت بازدارنده‌های آنزیم‌های دخیل در سنتز لیگنین در ساقه گل‌دهنده و ماندگاری گل ژبره، پژوهش حاضر انجام شد.

مواد و روش‌ها

پس از تهیه گل‌های ممتاز شاخه بریدنی ژبره از گلخانه تجاری، در کم‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل شدند. بلافاصله پس از انتقال، گل‌ها از ارتفاع ۳۵ سانتی‌متری باز برش شدند و در محلول گلجایی به صورت تیمار کوتاه‌مدت (۲۰ ساعت) قرار گرفتند. مواد شیمیایی که برای ۲۰ ساعت آغشته‌سازی انتخاب شدند شامل EDTA (۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار)، فلئوریدسدیم (۰/۰۶، ۰/۰۸ و ۰/۱ میلی‌مولار)، سدیم‌آزید (۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌مولار) و تیمارهای شاهد (آب مقطر، ساکارز و 8-HQ) بودند. پس از پایان تیمار ۲۰ ساعته، محلول‌های گلجایی دور ریخته شد و برای حذف باقی‌مانده آنها روی ساقه‌های گل، از آب مقطر استفاده شد. در طول آزمایش، برای تامین انرژی مورد نیاز گل بریدنی از ساکارز ۱/۵ درصد در محلول گلجایی استفاده شد، اما چون این ماده سبب رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود به همه ظروف 8-HQ با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان یک میکروبوکش نیز اضافه شد. بنابراین گل‌های بریدنی در همه تیمارها به ارلن‌های شیشه‌ای با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حاوی ساکارز ۱/۵ درصد و 8-HQ ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر منتقل شدند. تا پایان آزمایش و هر روز محلول گلجایی به صورت تازه تهیه شد. لازم به یادآوری است که در تیمارهای آب مقطر، ساکارز و 8-HQ که به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند، بعد از تیمار کوتاه‌مدت، گل‌ها مجدداً با همان ماده در طول آزمایش تیمار شدند. یعنی برای تیمارهای شاهد محلول گلجایی فقط حاوی همان ماده بود. شرایط نگهداری گل‌ها طی آزمایش شامل دمای ۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت ۶۰ درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت با شدت نور ۱۵ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود (Perike et al., 2012). معیار پایان یافتن ماندگاری گل بریدنی ژبره، پژمرده شدن گلبرگ‌ها و خمیدگی گردن

نتیجه گرفتند که ساکارز اثر سمی ترکیبات ضد میکروبی را خنثی می‌کند.

Celikel et al. (2011) نشان دادند بازدارنده‌های پراکسیداز تأثیر مثبتی روی ماندگاری گل و روابط آبی آکاسیا و گل مومی دارند. ایشان از کاتکول (۵ میلی‌مولار)، فنیل‌ان‌دی‌آمین (۱۰ میلی‌مولار) و سولفات مس (۲ میلی‌مولار) و چند ماده دیگر به عنوان بازدارنده آنزیم پراکسیداز استفاده کردند که هر سه ترکیب مذکور ماندگاری هر دو گونه را به طور قابل توجهی افزایش دادند. نتایج یک پژوهش نشان داد که بازدارنده‌های آنزیم پراکسیداز - که همانند لاکاز در سنتز لیگنین مؤثر است - در ترکیب با 8-HQ و ساکارز در افزایش ماندگاری گل بریدنی لیزیانوس نقش دارند (Sharifzadeh et al., 2014). بازدارنده‌های پراکسیداز باعث تأخیر در پژمردگی برگ داوودی می‌شوند، که این موضوع نشان‌دهنده توانایی بازدارنده‌ها در کاهش توسعه انسداد آوندی است (van Doorn & Vaslier, 2002). در بررسی علل خمیدگی و از دست‌دهی آب در محل خم شدن ساقه گل‌دهنده در ژبره، مشخص شد که عدم توسعه اسکلرانسیم و نبود استحکام مکانیکی در قسمت فوقانی ساقه، سبب خمیدگی در ساقه ژبره می‌شود (Perike et al., 2012). نتیجه یک تحقیق نشان داد که فعالیت آنزیم لاکاز با کاربرد ۰/۱ میلی‌مولار سدیم‌آزید به طور کامل مهار می‌گردد در حالی که EDTA اثر مهارکنندگی کمتری را به نمایش گذاشت (Baldrian, 2004). از طرف دیگر، در میان هالوژن‌های مورد آزمایش، فلئورید قوی‌ترین بازدارنده فعالیت آنزیم لاکاز است (Baminger et al., 2002). نتایج آزمایش Nazari deljou et al. (2015) تأثیر مثبت اسیدسالیسیلیک به ویژه در غلظت‌های پایین (۰/۲۵ تا ۰/۷۵ میلی‌مولار) را بر میزان لیگنین‌های ساقه گل‌دهنده و عارضه خمیدگی ساقه نشان داد.

با توجه به روند در حال گسترش تقاضای مصرف‌کنندگان گل شاخه بریدنی ژبره، ضرورت انجام پژوهش‌هایی جهت افزایش ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت آن، موضوعی ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. از طرف دیگر، جلوگیری از انسداد آوندها

بود که ماندگاری گل را به دو هفته رساندند. این تیمارها توانستند ماندگاری گل را ۵ روز نسبت به شاهد افزایش دهند. بر اساس نتایج، با افزایش غلظت فلئوئوریدسیدیم به ۰/۱ میلی‌مولار افزایشی در ماندگاری گل مشاهده نشد و حتی با قهوه‌ای شدن حاشیه گلبرگ‌ها همراه بود. این موضوع ناشی از سمیت و بالابودن غلظت ماده از حد تحمل گیاه بود. از طرف دیگر، در کاربرد سدیم‌آزید افزایش غلظت، باعث افزایش میزان ماندگاری شد. کم‌ترین میزان ماندگاری مربوط به غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار EDTA بود که به ترتیب ۴، ۵ و ۶ روز نسبت به شاهد کاهش داشت و همچنین تیمار 8-HQ نیز اثر مثبتی بر ماندگاری نداشت و حتی ماندگاری گل‌های بریدنی را ۳ روز نسبت به شاهد کاهش داد (شکل ۱). نتایج مشابهی توسط de Witte *et al.* (2014) روی برخی ارقام ژربرا گزارش شد، به طوری که 8-HQ به تنهایی سبب تسریع و ترکیب آن با ساکارز باعث تأخیر در خمیدگی گردن ژربرا گردید. بنابراین علت کاهش ماندگاری در حضور 8-HQ می‌تواند حساسیت ژربرا به اثر سمی مواد ضد میکروبی و یا وجود برخی باکتری‌های مقاوم به 8-HQ در ظرف گلجایی باشد (de Witte *et al.*, 2014).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر ماندگاری

گل شاخه بریدنی ژربرا

Table 1. Analysis of variance of the effect of different treatments on vase life of gerbera cut flower

| S.O.V | df | MS |
|-----------|----|-----------|
| | | Vase life |
| Treatment | 11 | 55.45** |
| Error | 36 | 0.16 |
| CV (%) | - | 4.53 |

** : معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد.

** : Significant at P<0.01 of probability level.

از طرف دیگر، استفاده از EDTA به‌عنوان یک بازدارنده در تشکیل لیگنین، بر خلاف انتظار باعث کاهش ماندگاری و تشدید فرایند خمیدگی گردن شد. به نظر می‌رسد غلظت‌های مورد استفاده EDTA بسیار بیشتر از تحمل گیاه بوده است که نتوانست در افزایش ماندگاری گل بریدنی ژربرا نقش داشته باشد. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها ساکارز با غلظت

بود که منجر به کاهش جذابیت و بازارپسندی می‌گردد (Perike *et al.*, 2012). وزن تر نسبی گل‌ها یک روز در میان توسط ترازوی دیجیتال و بر حسب درصد نسبت به وزن اولیه اندازه‌گیری شد (He *et al.*, 2006). برای اندازه‌گیری قطر گل‌ها (یک روز در میان) از کولیس دیجیتال استفاده و بر حسب میلی‌متر ثبت گردید، اما در نهایت میزان تغییرات قطر گل به صورت درصد نسبت به قطر اولیه گل بیان شد (Perike *et al.*, 2012). حجم آب جذب‌شده از طریق محاسبه تفاوت کاهش حجم محلول در ظرف فاقد گل و ظروف حاوی گل بر حسب میلی‌لیتر بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد (van Doorn *et al.*, 1989). برای اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها در گلبرگ‌های ژربرا از روش اختلاف جذب در pHهای مختلف استفاده شد (Giusti & Wrolstad, 2001).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور شامل مواد شیمیایی بازدارنده سنتز لیگنین در غلظت‌های مختلف و زمان نگهداری گل‌ها پس از برداشت در قالب کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. به‌منظور انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش تفاوت‌های معنی‌دار قابل اعتماد LSD در سطح احتمال یک درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

ماندگاری گل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای شیمیایی مختلف بر ماندگاری گل شاخه بریدنی ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱).

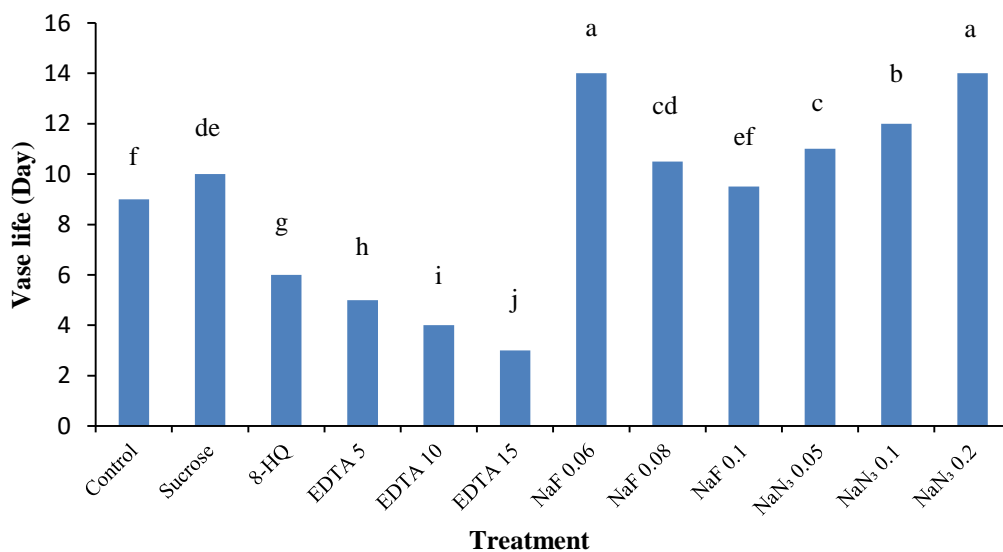
ماندگاری گل بریدنی ژربرا مهمترین شاخص در این پژوهش بود که با توجه به نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین میزان ماندگاری مربوط به غلظت ۰/۰۶ میلی‌مولار فلئوئوریدسیدیم و همچنین غلظت ۰/۲ میلی‌مولار از ترکیب سدیم‌آزید

۱/۵ درصد نیز در افزایش ماندگاری گل نقش داشته و ۱/۵ روز بیشتر از شاهد در افزایش ماندگاری مؤثر بود. با توجه به معنی دار شدن تیمار ساکارز، مشخص می‌شود که بخشی از افزایش ماندگاری تیمارهای بازدارنده ساخت لیگنین مربوط به حضور ساکارز در ظرف گلجای است. پس از قرار گرفتن ساقه گل‌های بریدنی در آب، با گذشت زمان به علت انسداد آوند چوبی جذب آب با مشکل مواجه می‌شود (van Doorn, 1997) و عدم جذب آب باعث کاهش ماندگاری گل‌های بریدنی می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد سدیم‌آزید و فلوئورید سدیم به عنوان دو ترکیب موفق در افزایش و حفظ کیفیت گل ژربرا بودند. نتایج ما با یافته‌های Celikel *et al.* (2011) که نشان دادند بازدارنده‌های پراکسیداز تأثیر مثبتی روی ماندگاری گل و روابط آبی آکاسیا و گل مومی دارند، همخوانی دارد.

وزن تر نسبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌های مختلف و زمان نگهداری گل‌ها و همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال یک درصد در مرحله پس از برداشت تأثیر معنی‌داری بر وزن تر نسبی گل‌ها داشت (جدول ۲).

روند تغییرات وزن تر نسبی در تمامی تیمارها به جز غلظت‌های مختلف ترکیب EDTA در زمان‌های مختلف آزمایش ابتدا افزایشی و بعد کاهش‌ی بود (شکل ۲).



شکل ۱. تأثیر تیمارهای مختلف (EDTA: اتیلن‌دی‌آمین‌تترا‌استیک‌اسید؛ NaF: فلوئورید سدیم؛ NaN₃: سدیم‌آزید) بر ماندگاری گل شاخه بریدنی ژربرا. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد است.

Figure 1. Effect of different treatments (EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid; NaF: Sodium fluoride; NaN₃: Sodium azid) on vase life of cut gerbera flowers. Similar letters indicate no statistical difference at a significance level of P<0.01.

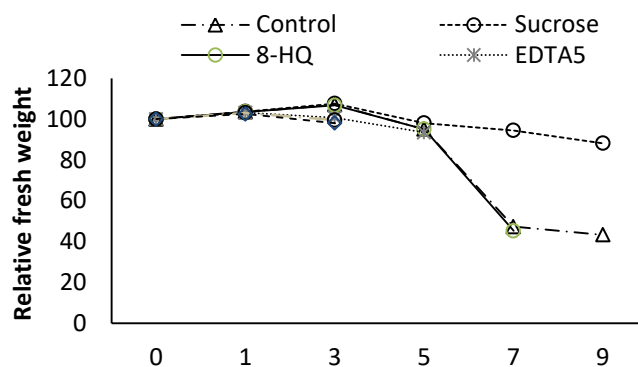
جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر صفات اندازه‌گیری‌شده گل شاخه بریدنی ژربرا

Table 2. Analysis of variance the effect of different treatments on evaluated traits of gerbera cut flower

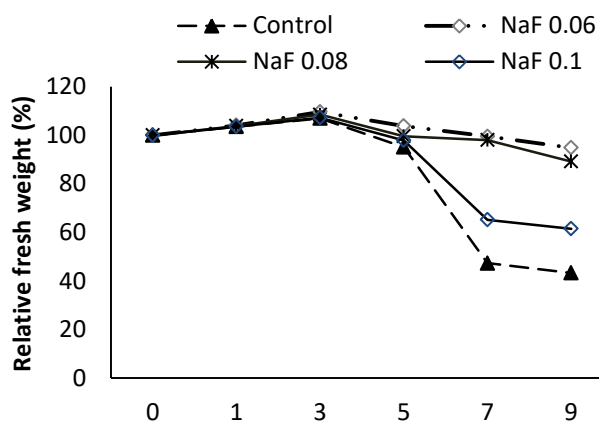
| S.O.V | df | MS | | | |
|------------------|-----|-----------------------|--------------|-----------------|-------------|
| | | Relative fresh weight | Water uptake | Flower diameter | Anthocyanin |
| Treatment | 11 | 9490.09** | 0.78** | 11592.04** | 2732.29** |
| Time | 5 | 23359.26** | 1.70** | 23397.52** | 3687.12** |
| Treatment × time | 55 | 2308.32** | 0.14** | 3011.48** | 10.37** |
| Error | 216 | 180.56 | 0.019 | 258.12 | 2.80 |
| CV (%) | - | 15.79 | 19.21 | 17.18 | 6.05 |

** : Significant at P<0.01 of probability level.

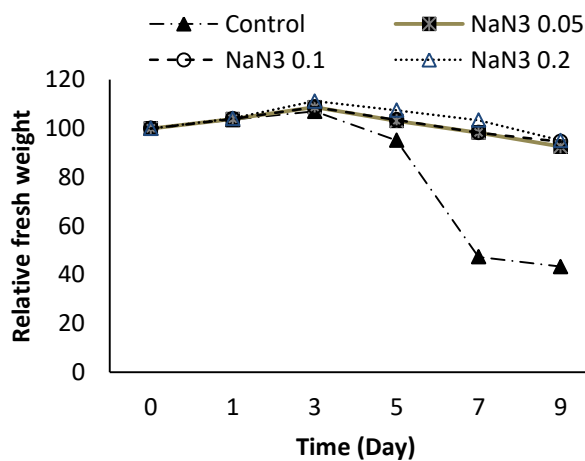
** : معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد.



A)



B)



C)

شکل ۲. اثر متقابل تیمارهای مختلف (A: اتیلن‌دی‌آمین‌تترا استیک اسید (EDTA); B: فلوئورید سدیم؛ C: سدیم‌آزید) و زمان بر

وزن تر نسبی گل شاخه بریدنی ژربرا

Figure 2. Interaction between different treatments (A: Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA); B: Sodium fluoride; C: Sodium azide) and time on fresh weight of gerbera cut flower.

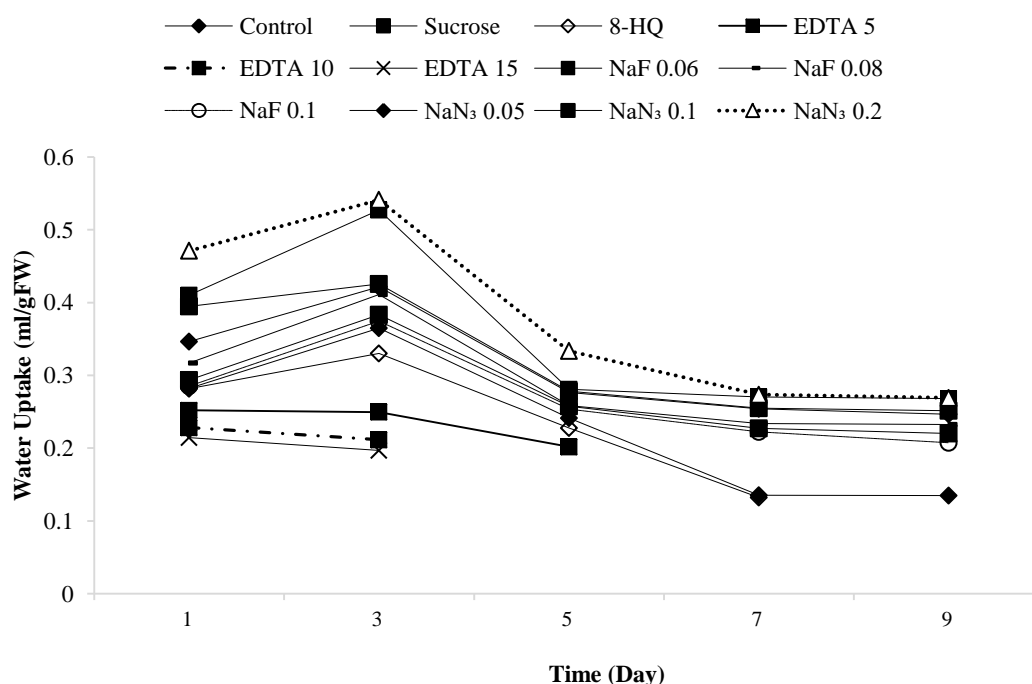
تشکیل مواد فنلی همچون لیگنین در آوندهای چوب و باز گذاشتن آوندها، باعث افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش وزن تر گل‌های بریدنی ژربرا شدند.

جذب آب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری گل‌ها و همچنین اثر متقابل این دو بر میزان جذب آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد میزان جذب آب در گل‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف فلوئوریدسدیم و سدیم‌آزید و شاهد در روزهای اولیه پس از تیمار افزایش یافت به طوری که در روز سوم میزان جذب آب به بیشترین مقدار خود رسید و پس از آن به تدریج برای گل‌های تیمار شده با ترکیبات بازدارنده انسداد آوندی و تیمار شاهد کاهش یافت که با تغییرات وزن تر نسبی هماهنگ بود. گل‌های تیمار شده با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار ترکیب سدیم‌آزید توانستند میزان جذب آب را نسبت به شاهد به مقدار قابل توجهی افزایش دهند. کم‌ترین میزان جذب آب مربوط به تیمار شاهد بود. ضمناً کلیه غلظت‌های ترکیب EDTA و همچنین تیمار 8-HQ به دلیل پایان ماندگاری قبل از تیمار شاهد حذف شدند (شکل ۳).

برتری ترکیبات بازدارنده استفاده شده در این پژوهش نسبت به شاهد را می‌توان به بهبود روابط آبی در گل بریدنی دانست که باعث می‌شود با برقراری جریان آب و حفظ حرکت آب در آوندها، از انسداد آوندی جلوگیری شود و نهایتاً جذب آب افزایش یابد. چون تمامی صفات به‌نحوی با جذب آب مرتبط می‌باشند، لذا هر پدیده‌ای که بتواند جذب آب را افزایش دهد باعث بهبود خصوصیات مورفو- فیزیولوژی گل بریدنی در دوره‌ی پس از برداشت می‌گردد. نتایج این پژوهش بیانگر این مطلب است که تیمارهایی که بیشترین جذب آب را داشتند، کمترین کاهش وزن تر نسبی را نشان دادند (شکل ۲). Celikel *et al.* (2011) با کاربرد بازدارنده‌هایی غیر از بازدارنده‌های آنزیم‌ها پراکسیداز همانند بازدارنده‌های آنزیم‌ها کاتکول‌اکسیداز، لاکاز، فنل‌اکسیداز سبب افزایش جذب آب ساقه برش‌یافته آکاسیا و گل مومی شدند.

بیشترین میزان وزن تر نسبی در روز نهم مربوط به غلظت ۰/۲ میلی‌مولار ترکیب سدیم‌آزید (۵۱/۸ درصد بیشتر از شاهد) و کمترین میزان وزن تر نسبی در این روز مربوط به تیمار شاهد بود. بر اساس نتایج، در روزهای اول آزمایش افزایش در وزن تر نسبی شاخه گل به‌خاطر باز بودن انتهای ساقه و توانایی آن در جذب محلول گلجایی است که با نمودار تغییرات جذب آب همخوانی دارد. از طرف دیگر، روند کاهش وزن تر نسبی گل متناسب با افزایش تعداد روز از زمان برداشت به دلیل ازدست‌دادن آب توسط اندام‌های گل است. طبق نتایج، شیب کاهش وزن تر در غلظت‌های مختلف ترکیب سدیم‌آزید و ترکیب فلوئوریدسدیم نسبت به شاهد کندتر بود. میزان تغییرات وزن تر نسبی از شاخص‌های نشان‌دهنده روابط آبی مطلوب در گل‌های بریدنی است. کاهش تدریجی این فاکتور در طی پس از برداشت موضوعی قابل پیش‌بینی است، ولی هر چه میزان این کاهش کمتر باشد، بیانگر تاثیر مطلوب تیمارهای اعمال شده است. گزارش شده است تیمار گل‌های بریدنی ژربرا با ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات نقره موجب تأخیر در کاهش وزن تر نسبی گردید (Liu *et al.*, 2009). از طرف دیگر کاربرد بازدارنده‌های فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و فنل‌اکسیداز همانند مرکاپتواتانول، فنیل‌هیدرازین، یون‌های مس، کاتکول و فنیل‌ان‌دی آمین در ظرف گلجایی، میزان وزن تر را در گل‌های شاخه بریدنی داوودی به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (van Doorn & Vaslier, 2002). استفاده از بازدارنده‌های فعالیت آنزیم پراکسیداز مانند هیدروکوئینون، فنیل‌ان‌دی‌آمین و مس سبب افزایش معنی‌داری در وزن تر گل‌های شاخه بریدنی بوواردیا شدند (Vaslier & van Doorn, 2003). Celikel *et al.* (2011) نیز با کاربرد بعضی از ترکیبات بازدارنده آنزیم پراکسیداز نشان دادند که این ترکیبات با باز کردن مسیر جریان آب در آوند چوبی از طریق جلوگیری یا به تأخیر انداختن تشکیل موادی همانند لیگنین‌ها و سوبرین‌ها سبب افزایش وزن تر نسبی می‌گردند. مطابق با نتایج مذکور، در این پژوهش نیز بازدارنده‌های ساخت لیگنین‌ها با به تأخیر انداختن



شکل ۳. اثر متقابل تیمارهای مختلف (EDTA: اتیلن‌دی‌آمین‌تترااستیک‌اسید؛ NaF: فلوئورید سدیم؛ NaN₃: سدیم‌آزید) و زمان بر جذب محلول گل شاخه بریدنی ژربرا

Figure 3. Interaction between different treatments (EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid; NaF: Sodium fluoride; NaN₃: Sodium azid) and time on water uptake of gerbera cut flower.

قطر نسبی گل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر قطر نسبی گل شاخه بریدنی ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر زمان نیز بر قطر نسبی گل شاخه بریدنی ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال یک درصد بر قطر نسبی گل شاخه بریدنی ژربرا معنی‌دار گردید (جدول ۲).

با گذشت زمان قطر نسبی گل در تمام تیمارها کاهش یافت. تا ۵ روز پس از برداشت، به‌جز غلظت‌های ۱۵، ۱۰ و ۵ میلی‌مولار EDTA که به‌ترتیب در روزهای ۳، ۴ و ۵ به دلیل پایان ماندگاری حذف شدند بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در روز نهم غلظت ۰/۲ میلی‌مولار ترکیب سدیم‌آزید بیشترین قطر گل را در بین تیمارها داشت که نسبت به شاهد ۴۴/۹۴ درصد بیشتر بود. کمترین میزان قطر گل مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴).

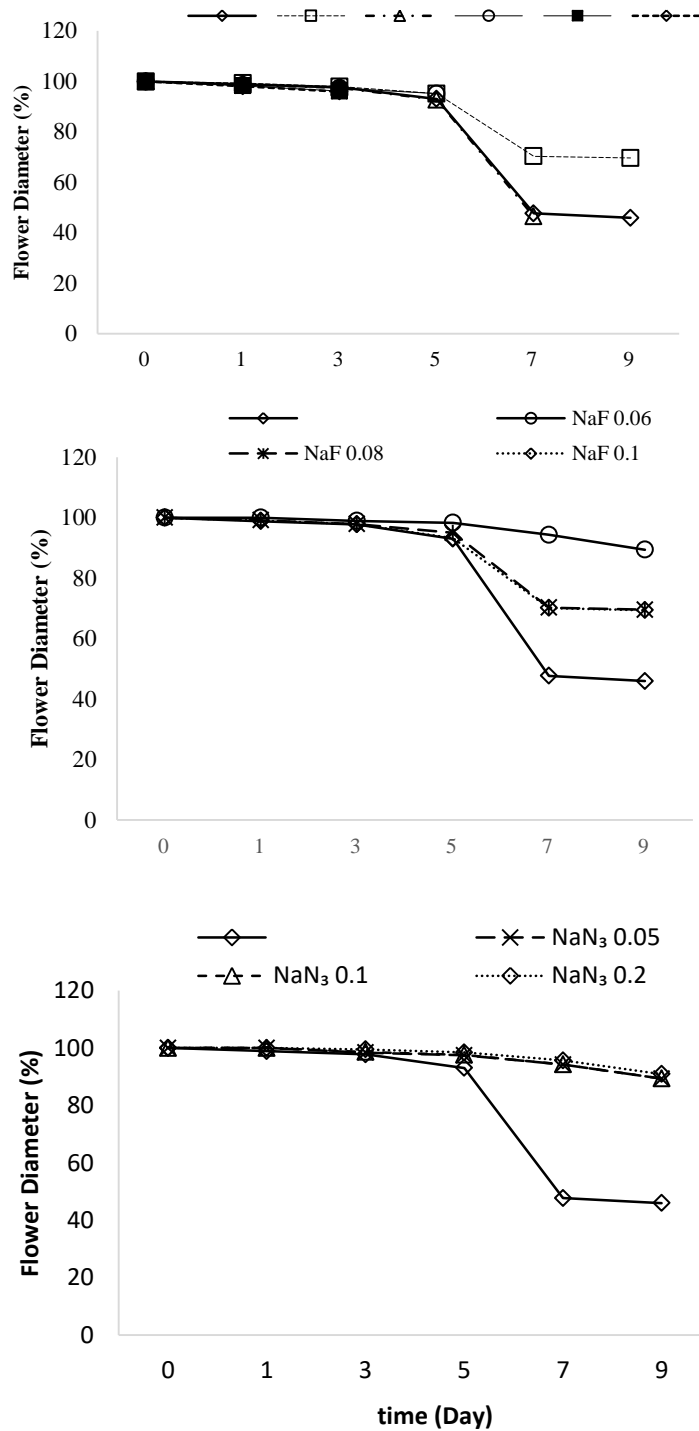
در برخی گل‌های شاخه بریدنی که قبل از بلوغ فیزیولوژیک برداشت می‌شوند، تیمار با محلول‌های

Sharifzadeh *et al.* (2014) نشان دادند که

گل‌های بریدنی لیسیانوس تیمار شده با بازدارنده‌های آنزیم پراکسیداز جذب آب را نسبت به تیمار شاهد به مقدار قابل‌توجهی افزایش دادند. در تحقیق دیگری مشخص شد که استفاده از s-carvone که یکی از بازدارنده‌های تشکیل مواد فنلی در آوندهای چوبی است از تشکیل لیگنین‌ها و سوبرین‌ها جلوگیری کرده و سبب افزایش جذب آب در *Grevillea* می‌شود (He *et al.*, 2006). مطابق با نتایج حاضر، کاربرد بازدارنده‌های فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و فنل‌اکسیداز همانند مرکاپتواتانول، فنیل‌هیدرازین، یون‌های مس، کاتکول و فنیل‌ان‌دی‌آمین جذب آب را در گل‌های شاخه بریدنی داوودی به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (van Doorn & Vaslier, 2002). نتایج استفاده از بازدارنده‌های آنزیم پراکسیداز مانند هیدروکوئینون، فنیل‌ان‌دی‌آمین و مس سبب افزایش معنی‌داری در جذب آب گل‌های شاخه بریدنی بوواردیا شد که با نتایج ما همخوانی داشت (Vaslier & van Doorn, 2003).

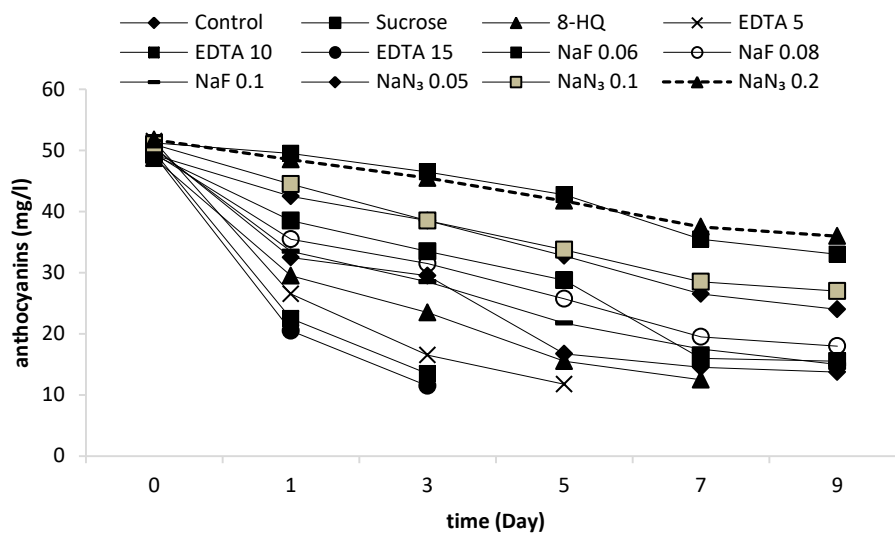
از برداشت تأثیر به‌سزایی در افزایش این صفت ندارند
Emongor, 2004; Ferrante *et al.*, 2002; Hunter *et al.*
(*al.*, 2004; Sultan & Farooq, 1999

شیمیایی اثر مثبتی در افزایش قطر گل و ساقه گل‌دهنده
دارد، ولی در برخی دیگر از گل‌های شاخه بریدنی که در
مرحله بلوغ فیزیولوژیک برداشت می‌شوند، تیمارهای پس



شکل ۴. اثر متقابل تیمارهای مختلف (A: اتیلن‌دی‌آمین‌تترا استیک‌اسید (EDTA); B: فلوئورید سدیم; C: سدیم آزید) و زمان بر تغییرات قطر گل شاخه بریدنی ژربرا.

Figure 4. Interaction between different treatments (A: Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA); B: Sodium fluoride; C: Sodium azid) and time on flower diameter of gerbera cut flower.



شکل ۵. اثر متقابل تیمارهای مختلف (EDTA: اتیلن‌دی‌آمین‌تترا‌استیک‌اسید؛ NaF: فلئورید سدیم؛ NaN₃: سدیم آزید) و زمان بر میزان آنتوسیانین‌های گل شاخه بریدنی ژربرا

Figure 5. Interaction between different treatments (EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid; NaF: Sodium fluoride; NaN₃: Sodium azid) and time on content of anthocyanins of gerbera cut flower.

آنزیم‌های سنتزکننده لیگنین و جلوگیری از انسداد آوندها، باعث افزایش جذب آب توسط گل بریدنی می‌شود. بنابراین نتیجه فرآیندهای ذکرشده سبب بهبود قطر طبق گل و افزایش ماندگاری آن شد.

میزان آنتوسیانین‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان آنتوسیانین‌های گل شاخه بریدنی ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر زمان نیز بر میزان آنتوسیانین‌های گل شاخه بریدنی ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل تیمار و زمان در سطح احتمال یک درصد بر میزان آنتوسیانین‌های گل شاخه بریدنی ژربرا معنی‌دار گردید (جدول ۲). در بررسی اثر تیمارهای مختلف در طی روزهای پس از برداشت مشخص شد که محتوای آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها روند نزولی داشته است. سرعت کاهش در بین تیمارها مختلف بود، به‌طوری‌که بیشترین محتوای آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها در روز نهم متعلق به غلظت ۰/۲ سدیم‌آزید میلی‌مولار (۶۱/۸۰ درصد تفاوت نسبت به شاهد) بود که بیانگر پایین‌بودن سرعت کاهش میزان محتوای آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها در این تیمار بود که خود بیشترین ماندگاری را داشت. در این روز،

از آنجایی‌که ژربرا از جمله گل‌هایی است که در زمان بلوغ فیزیولوژیک برداشت می‌شود، تیمارهای پس از برداشت با مواد شیمیایی مختلف، احتمالاً تأثیر زیادی در افزایش قطر گل ندارند (Danaie *et al.*, 2011)، اما بر اساس نتایج حاضر، تأخیر در آب از دست‌دهی، سبب حفظ قطر اولیه و شادابی گل بعد از برداشت می‌شود. Danaie *et al.* (2011) بیان کردند در تیمار کوتاه‌مدت با جیبرلیک‌اسید قطر گل‌های ژربرا در تمام غلظت‌ها در ابتدا تا روز سوم آزمایش افزایش یافت و سپس کاهش نشان دادند، اما میزان این کاهش در تمام غلظت‌ها به‌طور چشم‌گیری پایین‌تر از شاهد بود. پس از بررسی اثر آنتی‌بیوتیک‌های تتراسایکلین و پنی‌سیلین بر عمر گلجایی و خصوصیات کیفی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گل بریدنی ژربرا مشاهده شد که استفاده از این ترکیبات باعث بهبود قطر نسبی گل، خصوصیات کیفی و افزایش عمر گلجایی می‌گردد (Di, 2008). در پژوهش حاضر نیز کاربرد برخی از تیمارهای بازدارنده سنتز لیگنین قطر گل را نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. این دستاورد مربوط به تأثیر این ترکیبات بر واکنش‌های فیزیولوژی درون‌گیاهی است که با جلوگیری از اثر و فعالیت بعضی از

که ماندگاری بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها داشتند، کاهش مقدار آنتوسیانین‌ها در گلبرگ‌های آنها با تأخیر روی داده است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که از میان بازدارنده‌های سنتز لیگنین مورد استفاده در این پژوهش، بیشترین میزان ماندگاری مربوط به غلظت ۰/۰۶ میلی‌مولار فلونوریدسیدیم و همچنین غلظت ۰/۲ میلی‌مولار از سدیم‌آزید بود که با افزایش جذب آب، وزن تر و بهبود روابط آبی، ماندگاری گل شاخه بریدنی ژبر را به دو هفته رساندند. غلظت‌های مختلف EDTA هیچ تأثیری مثبتی در افزایش ماندگاری گل بریدنی نداشتند و حتی میزان ماندگاری را نسبت به شاهد کاهش دادند. بنابراین توصیه می‌شود در پژوهش‌های بعدی، اثر ترکیبات دیگری که در فرایند سنتز لیگنین‌ها نقش بازدارنده دارند، در گل ژبر بررسی شود. همچنین مطالعات میکروسکوپی برای میزان تشکیل لیگنین در محل برش‌خورده ساقه، می‌تواند تاییدی بر اثر مثبت ترکیبات استفاده شده در این پژوهش باشد.

کمترین محتوای آنتوسیانین‌های گلبرگ‌ها نیز مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۵).

آنتوسیانین‌ها رنگیزه‌های محلول در آب هستند که در واکنش سلول‌های اپیدرمی گلبرگ تجمع‌یافته و باعث ظهور رنگ‌هایی در دامنه نارنجی تا بنفش می‌گردند (O'Donoghue et al., 2002). Sharifzadeh et al. (2014) نشان دادند گل‌های بریدنی لیسیانوس تیمار شده با فنیل‌ان‌دی‌آمین ۱۰ میلی‌مولار - که از ترکیبات بازدارنده فعالیت آنزیم پراکسیداز است - بیشترین میزان آنتوسیانین‌ها را نسبت به شاهد و سایر تیمارهای به‌کار برده شده داشتند. مطالعات Vaknin et al. (2005) نشان داد که افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز با میزان تخریب آنتوسیانین‌ها در ارتباط است. آنها بیان کردند که تخریب آنتوسیانین‌ها طی پیری ممکن است به دلیل فرایندهای پیری باشد. به‌طوری‌که موادی که از فعالیت آنزیم پراکسیداز جلوگیری می‌کنند از تخریب آنتوسیانین‌ها جلوگیری کرده و سبب بهبود رنگ در گل‌ها خواهد شد. کاهش مقدار آنتوسیانین در طی پس از برداشت، از نشانه‌های پیری است. براساس نتایج این آزمایش مقدار آنتوسیانین‌ها در طی آزمایش و با گذشت زمان کاهش یافت. نتایج نشان داد تیمارهایی

REFERENCES

- Baldrian, P. (2004). Purification and characterization of laccase from the white-rot fungus *Daedalea quercina* and decolorization of synthetic dyes by the enzyme. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 63, 560-563.
- Baminger, U., Nidetzky, B., Kulbe, K.D. & Haltrich, D.A. (2002). Simple assay for measuring cellobiose dehydrogenase activity in the presence of laccase. *Journal of Microbiological Methods*, 35, 253-259.
- Cai, C., Xu, C., Li, X., Ferguson, I. & Chen, K. (2006). Accumulation of lignin in relation to change in activities of lignification enzymes in loquat fruit after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 40, 163-169.
- Celikel, F.G., Joyce, D.C. & Faragher, J.D. (2011). Inhibitors of oxidative enzymes affect water uptake and vase life of cut *Acacia holosericea* and *Chamelaucium* stems. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 149-157.
- Da Silva, J.A.T. (2003). The cut flower postharvest considerations. *Online Journal of Biological Sciences*, 3, 406-442.
- Danaie, E., Mostofi, Y., Moradi, P. & Azizi nejad, R. (2011). Effect of some chemical treatments on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii* cv. Good Timing). *Agricultural crop management*, 13(1), 21-29. (In Farsi)
- de Witte, Y., Harkemaa, H. & van Doorn W.G. (2014). Effect of antimicrobial compounds on cut Gerbera flowers: Poor relation between stem bending and numbers of bacteria in the vase water. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 78-83.
- Di, W. (2008). Effects of antibiotics on the senescence of *Gerbera jamesonii* cut flower. *Journal of Anhui Agriculture Science*. (Abstract).
- Dole, J.M., & Wilknis, H.F. (2005). Floriculture, Principles and Species. Prentice Hall, Inc., USA, 1023P.

10. Emongor, V.E. (2004). Effect of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of *Gerbera* cut flowers (*Gerbera jamesonii*). *Agronomy*, 3, 191-195.
11. Ferrante, A., Hunter, D.H., Hackett, W.P. & Reid, M. (2002). Thidiazuron – a potent inhibitor of leaf senescence in *Alstromeria*. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 333-338.
12. Gavnholt, B. & Larsen, K. (2002). Molecular biology of plant laccases in relation to lignin formation. *Physiology Plant*, 116, 273-280.
13. Giusti, M.M. & Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*.
14. Hatfield, R. & Vermerris, W. (2001). Lignin Formation in Plants. The dilemma of linkage specificity. *Plant Physiology*, 126, 1351-1357.
15. He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E. & Faragher, J.D. (2006). Stem end blockage in cut *Grevillea* 'Crimson Yullo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 78-84.
16. Heldt, H.W. (2005). *Plant Biochemistry*, 3rd edn. Oxford, UK: Elsevier Academic Press
17. Hoopes, J.T. & Dean, J.F.D. (2004). Ferroxidase activity in a laccase-like multi-copper oxidase from *Liriodendron tulipifera*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 27-33.
18. Hunter, D.A., Ferrante, A., Vernieri, P. & Reid, M.S. (2004). Role of abscisic acid in perianth senescence of daffodi (*Narcissus pseudonarcissus* 'Dutch Master'). *Physiology Plantarum*, 121, 313-321.
19. Liu, J., He, S., Zhang, Z., Cao, J., Lv, P., He, S., Cheng, G. & Joyce, D.C. (2009). Nano silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut *Gerbera* cv. Ruikou flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 54, 59-62.
20. Loubaud, M. & van Doorn, W.G. (2004). Wound-induced and bacteria-induced xylem blockage in Roses, Astilbe and Viburnum. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 281-288.
21. Nazari Deljou, M.J., Khalighi, A., Arab, M., Karamian, R. & Jaberian Hamedan, H. (2015). Effect of postharvest pulse treatment of salicylic acid on phenylalanine ammonia-lyase activity (PAL), lignin formation and stem bending disorder of gerbera cut flowers. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 46, 279-290.
22. O'Donoghue, E.M., Somerfield, S.D. & Heyes, J.A. (2002). Vase solution containing sucrose result in changes to cell walls of sandersonia (*Sandersonia aurantiaca*) flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 285-294.
23. Perike R.J.P., Raze, D., Harkema, H., Zhong, Y. & van Doorn, W.G. (2012). Bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. *Scientia Horticulturae*, 74, 11-18.
24. Pun, U. K., Shimizu, H., Tanase, K. & Ichimura, K. (2005). Effect of sucrose on ethylene biosynthesis in cut carnation flowers. *Acta Horticulturae*, 669, 171-174.
25. Ralph, J., Lundquist, K., Brunow, G., Lu, F., Kim, H., Schatz, P.F., Marita, J. M., Hatfield, R.D., Ralph, S.A. & Christensen, J.H. (2004). Lignins: Natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenylpropanoids. *Phytochemistry Reviews*, 3, 29-60.
26. Sharifzadeh, K., Hassanpour Asil, M., Rooin, Z. & Sharifzadeh, M. (2014). Effect of 8-hydroxyquinoline citrate, sucrose and peroxidase inhibitors on vase life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L.) cut flower. *Journal of Horticultural Research*, 22, 41-47.
27. Sultan, S.M. & Farooq, S. (1999). Effect of sucrose and GA₃ on the senescence of cut flowers of *Narcissus tazetta* cv. Kashmir local. *Adv. Horticulture Science*, 13, 105-107.
28. Vaknin, H., Ovadia, A.R., Nissim Levi, A., Forer, I., Weiss, D. & Orens Shamir, M. (2005). Active anthocyanin degradation in *Brunfelsia calycina* (yesterday- today-tomorrow) flower. *Planta*, 221, 19-26.
29. van Doorn, W. G. (1997). Water relations of cut flowers. *Horticulturae Reviews*, 18, 1-85.
30. van Doorn, W.G., Schurer, K. & Witte, Y. (1989). Role of endogenous bacteria in vascular blockage of cut rose flowers. *Journal of Plant Physiology*, 134, 375-381.
31. van Doorn, W. G. & Vaslier, N. (2002). Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: roles of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 275-284.
32. Vaslier, N. & van Doorn, W. G. (2003). Xylem occlusion in bouvardia flower: evidence for a role of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 231-237.