فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۶۲، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۱-۱۶
https://doi.org/10.22034/13.62.1

مقاله پژوهشی

کارایی محلول محافظ حاوی ملاتونین و گابا در افزایش کیفیت گل شاخه بریده ژربرا (*Gerbera jamesonii* cv. Terra Kalina) طی ماندگاری

لعیا عباسی شکوهی[۱]، حنیفه سید حاجی زاده*[۱]، سیدمرتضی زاهدی[۱]، علی فرجی چلانعلیا[۱] و علی مقدم[۲]

[۱] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه ۵۵۳-۵۵۱۳۶، ایران

[۲]گروه علوم باغبانی و زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶)

چکیده

ژربرا پنجمین گل شاخه بریده جهان، از نظر اهمیت اقتصادی است ولی عمر گلجای کوتاهی دارد. یکی از مشکلات اصلی پس از برداشت این گل کاهش کیفیت و دوام گل‌ها است که تحت تأثیر تعادل بین جذب و از دست دادن آب قرار می‌گیرد. به همین منظور برای بررسی تاثیر ملاتونین و گاما آمینوبوتیریک اسید(گابا) در افزایش ماندگاری و کیفیت ژربرا آزمایشی بصورت فاکتوریل، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. محلول‌های محافظ گل حاوی ۰/۱ و ۰/۵ میلی مولار ملاتونین و ۱ و ۵ میلی مولار گابا و از آب مقطر به عنوان تیمار شاهد بودند. نتایج نشان داد که با افزایش ماندگاری، میزان نشت الکترولیت، آنتوسیانین، مالون دی آلدهید، پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم پراکسیداز در همه تیمارها به جز محلول‌های حاوی ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار و گابا ۱ میلی‌مولار افزایش یافت در حالی‌که وزن تر، کربوهیدرات، فلاونویید، فنل کل و پروتئین کاهش یافت. بیشترین کاهش در وزن تر نسبی گلبرگ و کربوهیدرات و نیز بیشترین افزایش در میزان مالون دی آلدهید و نشت الکترولیت در روز ۱۰ ام در تیمار گابا ۵ میلی مولار مشاهده شد. گل‌های قرار گرفته در محلول حاوی ۰/۱ میلی مولار ملاتونین، حاوی بیشترین میزان کربوهیدرات محلول کل، پروتئین، فنل کل و نیز بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز بودند. به‌طور کلی، ملاتونین در هر دو غلظت ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار مناسب‌ترین تیمار بود که باعث بهبود صفات کیفی گل‌های شاخه بریده ژربرا نسبت به شاهد و سایر تیمارها شد. لذا با توجه به ماهیت هورمونی و آنتی‌اکسیدانی ملاتونین، به نظر می‌رسد که کاربرد ملاتونین در غلظت کم می‌تواند به عنوان یک تکنولوژی امیدبخش در سطح تجاری در صنعت گل مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پیری گلبرگ، روابط آبی، محافظت آنتی اکسیدانی، عمر گلجای

مقدمه

ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* گیاهی دائمی، گرمسیری و حساس به سرما با ریشه‌های عمیق و بومی جنوب کشورهای آفریقا، ماداگاسکار، آسیا و اندونزی است (ایزدی و همکاران، ۱۳۹۹). از نظر اقتصادی پس از رز، داودی، لاله و لیلیوم رتبه پنجم اهمیت را در بین گل‌های شاخه‌بریده به خود اختصاص داده است. اگر چه کیفیت ظاهری، شکل و رنگ از عوامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان گل‌های شاخه بریده هستند، اما عمر گلجایی عامل اساسی متقاعدکننده مصرف‌کننده برای خرید دوباره است (Han-Wens *et al.*,

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

2010). کاهش کربوهیدرات، کاهش جذب آب به‌دلیل انسداد میکروبی یا فیزیکی آوندها و نیز اتیلن موجود در محل نگهداری، از جمله مواردی هستند که بر ماندگاری و عمرگلجایی گل‌های شاخه بریده، پس از برداشت مؤثر هستند. فعالیت میکروارگانیسم‌ها در محلول گلجایی می‌توانند سبب انسداد آوندی در ساقه برش خورده، رهاسازی متابولیت‌های سمی و یا آنزیم‌های مضر، افزایش تولید اتیلن و تحریک فرایند مرگ برنامه‌ریزی شده سلول گردند (Geng *et al*., 2009). تیمار گل‌های شاخه‌بریده برای جلوگیری از رشد و توسعه میکروارگانیسم‌ها یک روش متداول برای افزایش ماندگاری آن‌ها است (Schmitzer *et al*., 2010).

ملاتونین یک مولکول با خاصیت دوگانه آبدوست و آبگریز است که به راحتی از غشای سلول وارد سیتوپلاسم و فضای زیرسلولی می‌شود (Zhang *et al*., 2014). ملاتونین سبب تنظیم رشد ریشه، شاخه، ریزنمونه، فعال‌شدن جوانه‌زنی بذر و همچنین موجب به تأخیر انداختن پیری برگ می‌شود. نتایج تیمار میخک با ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین، پیری را کاهش داد و عمر گلجای را تا ۱۰ روز در مقایسه با شاهد افزایش داد. همچنین معلوم شد که تیمارهای ملاتونین پس از برداشت، باعث بهبود روابط آب شده و در همین حال سرعت متابولیسم را کاهش می‌دهد و ثبات غشاء را به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی حفظ می‌کند (Lezoul *et al*., 2022). ملاتونین در گیاهان از طریق بهبود کارایی فتوسنتز و تنظیم متابولیسم سلولی باعث افزایش میزان محتوای نسبی آب، میزان کلروفیل کل، کربوهیدرات محلول، پروتئین محلول، فنل کل و پرولین محلول و کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا شده و با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز باعث مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌گردد (Cao *et al*., 2018). به‌طورکلی، ملاتونین دارای نقش آنتی‌اکسیدانی بوده و باعث جلوگیری از تجمع رادیکال‌های آزاد می‌گردد و در مرحله پس از برداشت از طریق بهبود روابط آبی و حفظ پایداری رنگیزه‌های گیاهی منجر به تأخیر در فرآیند پیری و افزایش عمر گلجایی گل‌ها می‌شود (Van Doorn, 2012). نتایج تحقیق شاکرمی و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد که تیمار ملاتونین منجر به افزایش عمر گلجایی، افزایش گلچه‌های بازشده در گل‌آذین، کاهش تعرق، حفظ تعادل آب، تغییر در کلروفیل، کاروتنوئید و میزان ملاتونین درون‌زا در گل بریده مریم (*Polianthes tuberosa*) شد. کاربرد ملاتونین منجر به کاهش آسیب‌های ناشی از خسارت سرمازدگی در گل بریده آنتوریوم (*Anthurium andreanum*) شد (Aghdam *et al*., 2019). در بررسی خسارت گونه‌های فعال اکسیژن به کلروپلاست، پژوهشگران تصور می‌کنند که ملاتونین ممکن است تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن را خنثی کرده و در نتیجه تخریب کلروفیل کاهش یافته و فرآیند پیری به تأخیر بیافتد (Gao *et al*., 2016).

گاما آمینو بوتیریک اسید (گابا)، یک آمینواسید غیرپروتئینی چهار کربنه است که در طیف گسترده‌ای از موجودات مانند باکتری‌ها، گیاهان و حیوانات وجود دارد. محلول‌پاشی پیش از برداشت گابا، سبب بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی گل‌های ژربرا می‌شود. همچنین، افزایش سطوح داخلی این ترکیب در گیاهان ژربرا باعث کاهش تولید اتیلن و افزایش اسمولیت‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدان در گل‌های تولیدی می‌شود که به دنبال آن باعث حفظ کیفیت و افزایش عمر گلجایی این گل‌ها نسبت به شاهد در پس از برداشت می‌گردد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹). Soleimani-Aghdam و همکاران (۲۰۱۶) اثر مثبت گابا (۱ میلی‌مولار) بر کاهش خسارت سرمازدگی در گل شاخه‌بریده آنتوریوم و افزایش ماندگاری آن را گزارش کردند. گل‌های تیمارشده با غلظت یک میلی‌مولار گابا دارای نشت یونی و مالون دی‌آلدهید کمتری بودند و پیری در این گل‌ها را به تأخیر انداختند. کاربرد گابا در محلول گلجایی باعث حفظ کیفیت و افزایش عمر گلجایی گل‌های بریده رز رقم Red Vaomi شد (Mirzaei Mashhoud *et al*., 2015). با توجه به اهمیت استفاده از ترکیبات طبیعی و دوستدار محیط‌زیست به جای ترکیبات شیمیایی در محلول گلجای، هدف از این مطالعه بررسی اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین و گابا در افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

کیفیت و ماندگاری گل ژربرا رقم تراکالینا با تأکید بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گلبرگ در دوره پس از برداشت است.

مواد و روش‌ها

گل‌های شاخه‌بریده ژربرا رقم تراکالینا در اندازه و کیفیت مشابه در مرحله‌ای که دو ردیف خارجی گلچه‌ها به‌طور کامل باز شده بودند (Dole and Wilkins, 1999)، از بازار گل تهران خریداری و به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه مراغه در سال ۱۴۰۲ منتقل شدند. همه شاخه‌های گل از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در زیر آب برش خورده و در محلول‌های گلجایی مختلف نگهداری شدند. آزمایش براساس فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف محلول‌های محافظ و زمان نگهداری گل‌ها بود. سطوح مختلف محلول گلجایی شامل محلول ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار ملاتونین و محلول ۱ و ۵ میلی‌مولار گابا بود و از آب‌مقطر هم به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد. شاخه‌های گل در دمای۲ ± ۱۸ درجه سانتی‌گراد (دمای اتاق) و رطوبت نسبی ۵۰٪ در شدت نور ۱۰ میلی‌مولار بر متر مربع در ثانیه نگهداری شدند. به جهت اینکه گل‌ها در دمای اتاق نگهداری شدند، اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گلبرگ، یکبار در روز برداشت و بار دیگر ۱۰ روز پس از برداشت به ترتیب زیر انجام گرفت:

وزن تر شاخه گل و آب نسبی گلبرگ: وزن تر شاخه‌های گل با ترازو (PJ300, METTLER) و با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم و در روزهای نمونه‌برداری توزین و براساس رابطه ۱ محاسبه شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب گلبرگ، وزن تر نمونه‌های گلبرگ با ترازوی دیجیتالی (PJ300, METTLER) دارای دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد، سپس تمامی نمونه‌ها در آب‌مقطر قرار داده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از آن وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد و به روش He و همکاران (۲۰۰۶) و براساس رابطه ۲ محاسبه شد. در رابطه ۱ FW_t: وزن تر گل در روزهای مختلف و FW_{t0}: وزن تر گل در روز برداشت و در رابطه FW: وزن تر گلبرگ، DW: وزن خشک گلبرگ، TW: وزن گلبرگ در حالت تورژسانس.

$$RFW\ (\%) = (FW_t/FW_{t0}) \times 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

$$RWC\ (\%) = (FW\text{-}DW) / (TW\text{-}DW) \times 100 \qquad \text{رابطه ۲}$$

درصد نشت الکترولیت: برای تعیین درصد نشت الکترولیت، ۰/۱ گرم از گلبرگ برداشت‌شده از هر تیمار، توزین و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر گذاشته شدند. یک گروه از لوله‌ها، به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد (EC1) و گروه دیگر لوله‌ها، به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (EC2) قرار گرفتند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه EC متر (مدل Jenway) اندازه‌گیری و سپس درصد نشت الکترولیت مطابق روش Alferez و همکاران (۲۰۰۶) و بر اساس رابطه ۳ محاسبه شد که در این رابطه C1 مقدار EC اولیه گلبرگ و C2 مقدار EC ثانویه گلبرگ بود.

$$EL(\%) = (C1/C2) \times 100 \qquad \text{رابطه ۳}$$

فلاونوئید کل: به منظور ارزیابی فلاونوئید کل، میزان جذب عصاره گلبرگ‌ها در طول‌موج ۵۰۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu, UV-1800) خوانده شد. جهت بدست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد و منحنی براساس میزان جذب در طول‌موج ۵۰۷ نانومتر در غلظت‌های مشخص رسم گردید (Kaijv *et al*., 2006).

کربوهیدرات محلول کل: میزان کربوهیدرات محلول به روش Schlegel (۱۹۵۶) اندازه‌گیری شد. در این روش ۰/۲ گرم از بافت گلبرگ به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در لوله آزمایش دربسته قرار داده، به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. پس از سردشدن ۱ میلی‌لیتر از این نمونه‌ها برداشته شد و به آن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

۱ میلی‌لیتر فنل ۰/۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد. در نهایت میزان جذب نور در ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu, UV-1800) خوانده شد.

آنتوسیانین: یک گرم نمونه گلبرگ در ازت مایع پودر شده و در ۲ میلی‌لیتر متانول اسیدی هضم شد. عصاره حاصل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. فاز مایع جدا گردیده و ۱۰۰ میکرولیتر از این عصاره در کمپلکس واکنشی حاوی ۱۹۰۰ میکرولیتر متانول اسیدی مخلوط گشته و در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu, UV-1800) میزان جذب آن‌ها خوانده شد (Meng and Wang, 2004).

فنل کل: ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره بدست آمده طبق روش Ebrahimzadeh و همکاران (۲۰۰۸)، با ۵ میلی‌لیتر فولین سیوکالتیو مخلوط شد و ۴ میلی‌لیتر کربنات سدیم یک مولار اضافه شد. محلول حاصل ۱۵ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر در اسپکتروفتومتر خوانده شده و از طریق منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه شد.

پروتئین محلول کل: ۰/۱ گرم نمونه گلبرگ در بافر فسفات (۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷/۲) سائیده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس محلول رویی جدا شده و از این عصاره برای سنجش پروتئین استفاده شد. برای سنجش پروتئین محلول، معرف برادفورد را با عصاره پروتئین و آب‌مقطر مخلوط کرده و بعد از ۵ دقیقه، جذب در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (Shimadzu, UV-1800) خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، مقدار پروتئین تعیین گردید (Bradford, 1976).

پراکسید هیدروژن: سنجش پراکسید هیدروژن با استفاده از روش Velikova و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد. نمونه گلبرگ در روی یخ با تری کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد ساییده شدند. عصاره سانتریفیوژ و سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی به ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰میلی‌مولار (pH=۷) و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم یک مولار اضافه شد و جذب محلول در طول‌موج ۳۹۰ نانومتر خوانده شد.

مالون دی‌آلدهید: ۰/۲ گرم از بافت تازه گلبرگ توزین و در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۱ درصد ساییده شد. عصاره حاصل ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰g سانتریفیوژ شد. به ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل، ۴/۵ میلی‌لیتر از محلول TCA که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد حمام آب گرم حرارت داده شد. سپس بلافاصله در یخ سرد و دوباره به مدت ۱۰ دقیقه در g ۱۰۰۰۰ سانتریفوژ گردید. جذب این محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد (Zhang *et al*., 2007).

فعالیت آنزیم پراکسیداز: به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ ۲ میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل مقداری از عصاره که دارای ۵۰ میلی‌گرم پروتئین باشد (این مقدار با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد)، ۵ میلی‌مولار گایاکول و مقدار کافی بافر فسفات ۲۵ میلی‌مول با (pH=۷/۸) تا به حجم نهایی ۲ میلی‌لیتر برسد، در یک لوله آزمایش ریخته و دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر صفر شد. سپس ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ۳۰ درصد به این مخلوط اضافه شد و سریعاً تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد (Reuveni, 1995).

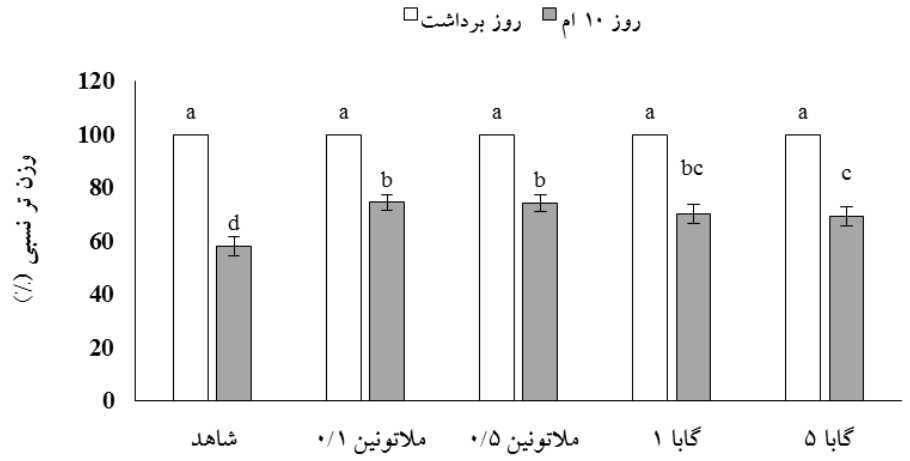
آنالیز آماری: داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد آنالیز شدند. رسم جداول و نمودارها با استفاده از مجموعه نرم‌افزار Excel است.

نتایج و بحث

وزن تر نسبی: با توجه به شکل ۱ با گذشت زمان در روز ۱۰ام، میزان وزن تر به‌طور معنی‌داری در تمامی تیمارها نسبت به روز برداشت کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین وزن تر با اختلاف معنی‌دار، در تیمار شاهد مشاهده شد. تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام توانست میزان کاهش معنی‌دار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]



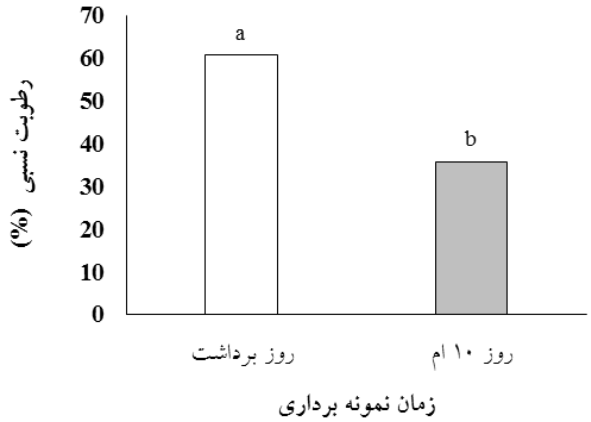
شکل ۱- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) در محلول گلجای بر وزن تر نسبی ژربرا رقم تراکالینا در طول زمان نگهداری. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

وزن تر را نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشد درحالی‌که با تیمارهای ملاتونین ۰/۵ و گابا ۱ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشت. تغییرات وزن تر یکی از مهمترین فاکتورهای نشان‌دهنده کیفیت گل بریده پس از برداشت است زیرا این فاکتور برآیندی از میزان جذب آب و تعرق در گل بریده است. جذب آب و تعرق گل‌های بریده در زمان پیری نامتعادل می‌شود، و تورژسانس سلولی از بین می‌رود و گل‌ها دچار پژمردگی زودرس می‌شوند (Van Meeteren *et al*., 2000). گل‌های تیمارشده با ملاتونین ۰/۱ میلی‌لیتر در لیتر کاهش وزن کمتری نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. افزایش وزن تر و خشک گیاه در پی استفاده از تیمار ملاتونین ممکن است به علت نقش فعال آن در تنظیم اسمزی باشد که به نوبه خود جذب آب را افزایش می‌دهد و موجب حفظ سلول‌های گیاهی و سم‌زدایی یون‌ها و فلزات سنگین می‌شود و در نهایت رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Dawood *et al*., 2014).

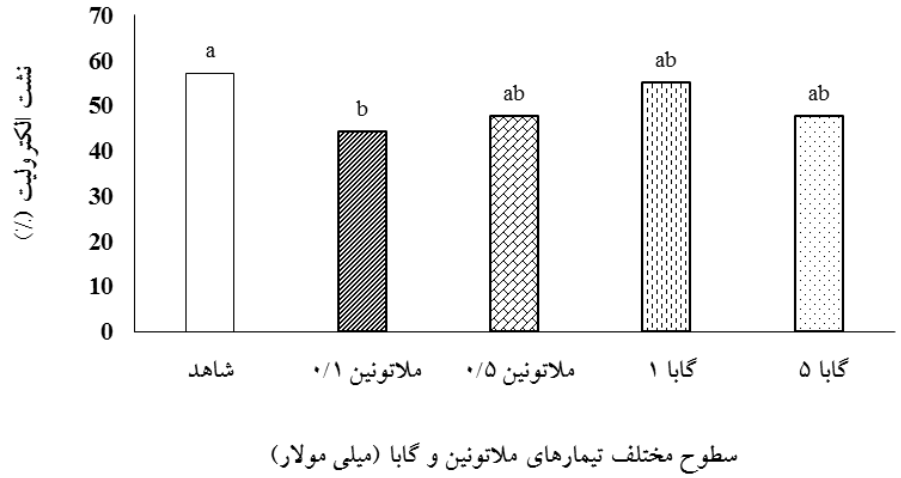
رطوبت نسبی گلبرگ: با افزایش زمان نمونه‌برداری در روز ۱۰ام، به‌طور معنی‌داری محتوای آب نسبی گلبرگ نسبت به روز برداشت کاهش یافت (شکل ۲) و اثر معنی‌دار ملاتونین و گابا بر این صفت مشاهده نشد. با این وجود روابط آبی یکی از عوامل تأثیرگذار بر عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده است (Van Doorn, 2012). گلبرگ‌های یک گل مهمترین بخش زینتی آن هستند و تورژسانس این بخش برای داشتن ظاهر جذاب و بازارپسند محصول ضروری است (Vahdati *et al*., 2012). پس از برداشت گل‌های زینتی، تعادل آبی آن‌ها تحت تأثیر میزان آب جذب شده و آب از دست رفته قرار می‌گیرد که به آسانی این رابطه برهم می‌خورد و بنابراین کمبود آب و پژمردگی گلبرگ ظاهر می‌شود (Lu *et al*., 2010) که ممکن است به‌دلیل انسداد آب در بافت‌ها خصوصاً در آوندهای چوبی در اثر امبولیسم هوا، تجمع میکروارگانیسم‌ها و همین‌طور تشکیل موانع فیزیولوژیکی، تیلوزها و ژل‌ها در ساقه گل‌ها پس از برداشت آن‌ها باشد (Van Doorn, 2012).

درصد نشت الکترولیت: افزایش زمان ماندگاری در روز ۱۰ام، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش نشت الکترولیت نسبت به روز برداشت شد. با توجه به شکل ۳، بیشترین میزان نشت الکترولیت با اختلاف معنی‌دار در تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین میزان این صفت در تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار مشاهده شد. تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار مناسب‌ترین تیمار بود و باعث کاهش میزان نشت الکترولیت نسبت به تیمار شاهد شد. سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. این نتایج با یافته‌های ندری و همکاران (۱۴۰۱) و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]



شکل ۲- اثر زمان نمونه‌برداری بر مقدار رطوبت نسبی گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.



شکل ۳- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر درصد نشت الکترولیت گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

Jannatizadeh و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت. نشت الکترولیت‌ها به عنوان یک شاخص نشان‌دهنده وسعت آسیب غشاء یاخته‌ای مطرح است و اندازه‌گیری آن می‌تواند آسیب به ساختار و کارکرد غشاءهای یاخته‌ای در شرایط تنش را نشان دهد. همراه با افزایش نشت یونی در غشاء، فرآیند پیری توسعه می‌یابد. ملاتونین به‌طور مستقیم و غیرمستقیم با کاهش تجزیه لیپید به‌عنوان محافظت‌کننده اثر می‌کند که این اثرات مربوط به مقابله در برابر رادیکال‌های آزاد و یا تولید متابولیت‌های c3OHM، AFMK و AMK است. ملاتونین همچنین موجب کاهش سفتی و بی‌تحرکی غشاء می‌شود، بنابراین به‌عنوان تحریک‌کننده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌طور غیرمستقیم مانع پراکسیداسیون لیپید می‌گردد (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2019). نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که تیمار با ملاتونین به‌طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای آب نسبی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

کاهش نشت یونی شده (به خصوص در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار) و باعث تأخیر در روند پیری گل‌های شاخه‌بریده ژربرا طی نگهداری در دمای اتاق شد.

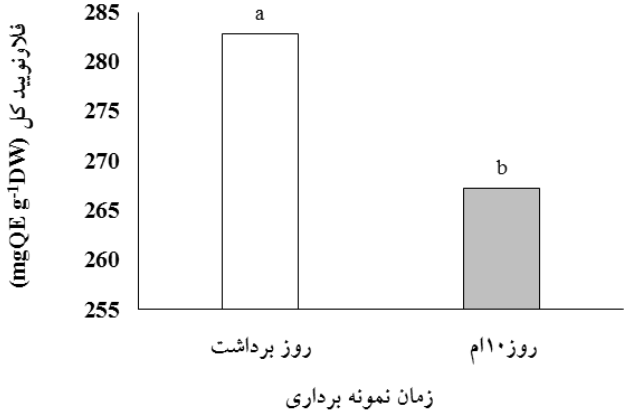
فلاونوئید کل: افزایش زمان نگهداری، به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای فلاونوئید کل گلبرگ نسبت به روز برداشت شد (شکل ۴). فلاونوئیدها به عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Salehi *et al*., 2010). زمانی که گیاه در معرض تنش اکسیداتیو قرار می‌گیرد، مقدار زیادی از گونه‌های فعال اکسیژن مانند آنیون سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن تولید می‌شود. در بسیاری از گیاهان سیستم‌های آنزیمی برای از بین بردن این رادیکال‌ها فعال می‌شوند پس می‌توان نتیجه گرفت پیش از آن که سیستم آنزیمی وارد عمل شود فلاونوئیدها دست به‌کار شده‌اند، اما با افزایش تنش، سیستم آنزیمی وارد عمل شده و از میزان فلاونوئیدها کاسته می‌شود (Jubany-Mari *et al*., 2010).

کربوهیدرات کل گلبرگ: با توجه به نتایج شکل ۵، بیشترین میزان کربوهیدرات کل گلبرگ در روز برداشت و مربوط به تمام تیمارهای به کار برده شده بود. با گذشت زمان در روز ۱۰ام، میزان کربوهیدرات کل گلبرگ به‌طور معنی‌داری در تمامی تیمارها نسبت به روز برداشت کاهش یافت. کمترین کربوهیدرات کل با اختلاف معنی‌دار، در تیمار گابا ۵ میلی‌مولار در روز ۱۰ام نمونه‌برداری مشاهده شد. تیمار ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار در روز ۱۰ام توانست میزان کاهش کربوهیدرات کل را نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشد. پیری گل به تغییرات وضعیت کربوهیدرات‌ها در گلبرگ‌ها وابسته است و ارتباط مستقیمی میان غلظت کربوهیدرات و ماندگاری گل وجود دارد (Xue *et al*., 2008). کربوهیدرات‌های محلول در بستن روزنه‌ها و کاهش میزان از دست‌رفتن آب گل‌های شاخه‌بریده و حفظ آب، ایجاد تعادل آبی و حفاظ تورژسانس گلبرگ‌ها مؤثر هستند (Mardeh *et al*., 2014) همچنین در گلبرگ‌ها اصلی‌ترین دلیل تولید فشار تورژسانس لازم جهت بازشدن کامل گل‌ها هستند (Gerailoo *et al*., 2014). ملاتونین بر ترکیب اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌های گیاهان میزبان در شرایط تنش تأثیر می‌گذارد و با افزایش مقدار قندهای احیا، سبب افزایش سنتز ترکیبات ثانویه و مقاومت گیاه در برابر پیری می‌شود (Tavarini *et al*., 2008). واکنش‌های متفاوت به کاربرد دو غلظت ملاتونین در این مطالعه احتمالاً به دلیل تفاوت در مراحل بلوغ و یا شرایط مختلف تیمار (مثل غلظت و مدت زمان) باشد.

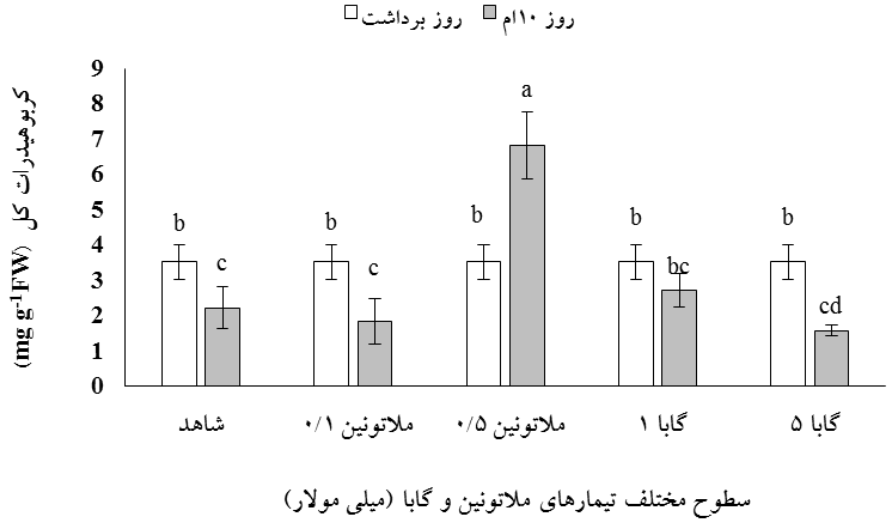
آنتوسیانین کل گلبرگ: بیشترین میزان آنتوسیانین با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها و تیمار شاهد در تیمار گابا ۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام مشاهده شد (شکل ۶). تیمار گابا ۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام، مناسب‌ترین تیمار بود و با افزایش زمان نمونه‌برداری باعث افزایش میزان آنتوسیانین کل نسبت به تیمار شاهد شد. با افزایش عمر گلجایی میزان آنتوسیانین به‌طور معنی‌داری نسبت به روز برداشت افزایش یافت. کاهش سیالیت غشای سیتوپلاسمی سبب از بین رفتن اجزای سلول شده و در نتیجه آن فنل‌ها و آنتوسیانین‌ها در دسترس مستقیم آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) قرار گرفته و سبب ظهور رنگ قهوه‌ای روی بافت شده که از علائم پیری در محصولات مختلف باغبانی است (Meng *et al*., 2009). اما در صورت سیالیت بالای غشای سیتوپلاسمی، فنل‌ها و آنتوسیانین‌ها با توانایی از بین برنده رادیکال‌های آزاد نه تنها نقش حیاتی در حفظ کیفیت دارند بلکه توانایی شرکت در پاسخ‌های دفاعی را دارند که این فعالیت را از طریق جلوگیری از زیادشدن زنجیره اکسیداسیون انجام داده و باعث به تأخیر انداختن اکسیدشدن اسیدهای چرب غیراشباع می‌شوند. به‌طور کلی، اندازه‌گیری نشت آنتوسیانین می‌تواند معیاری برای ارزیابی پایداری غشای سلولی باشد. بروز علائم پیری در گل‌های شاخه‌بریده و تنش اکسیداتیو بر دیواره سلولی تأثیر منفی داشته و باعث کاهش پایداری غشای سلولی و افزایش نشت آنتوسیانین می‌شود، که می‌توان دلیل افزایش آنتوسیانین را در پژوهش حاضر به این مسئله مربوط دانست (Seyed Hajizadeh *et al*., 2023). احتمالاً دلیل نشت کمتر آنتوسیانین در تیمارهای حاوی ملاتونین به خصوص در غلظت ۰/۱

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]



شکل ۴- اثر زمان نمونه‌برداری بر فلاونوئید کل گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

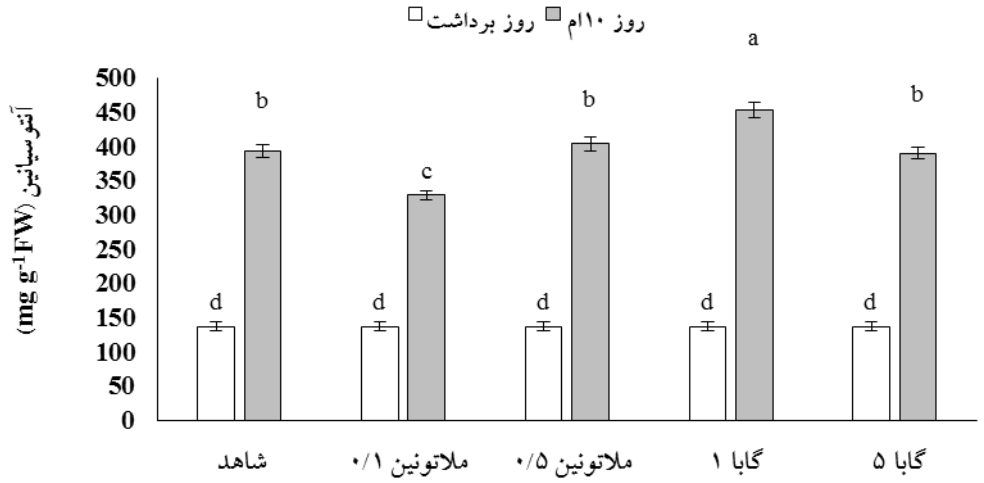


شکل ۵- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر کربوهیدرات کل گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا در طول زمان نگهداری. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

میلی‌مولار نسبت به سایر تیمارها و نیز گابا، تأثیر مثبت این تیمار در جلوگیری از پیشرفت پیری و از بین‌رفتن استحکام غشاهای سلولی است چنانچه در شکل ۳ به وضوح دیده شد.

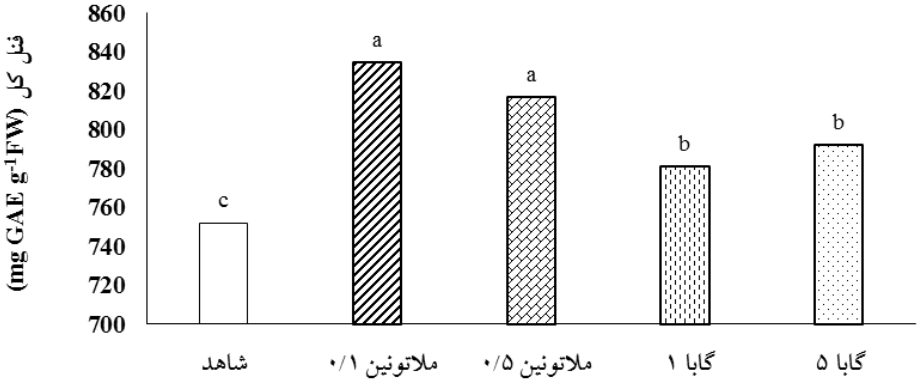
محتوای فنل کل گلبرگ: افزایش زمان نمونه‌برداری در روز ۱۰ام، به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای فنل کل نسبت به روز برداشت شد. معمولاً محتوای فنل در دوره پس از برداشت به دلیل اینکه سوبسترای آنزیم پلی‌فنل اکسیداز هستند کاهش می‌یابد (Zarbakhsh and Rastegar, 2017). با توجه به شکل ۷، بیشترین میزان فنل کل با اختلاف معنی‌دار در تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار مشاهده شد که با تیمار ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد. تیمارهای حاوی گابا نیز در حفظ محتوای فنل گلبرگ بهتر از شاهد عمل نمودند. تیمار ملاتونین در هر دو غلظت مناسب‌ترین تیمار بود و باعث

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]



سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین و گابا (میلی مولار)

شکل ۶- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر آنتوسیانین کل گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا در طول زمان نگهداری. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.



سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین و گابا (میلی مولار)

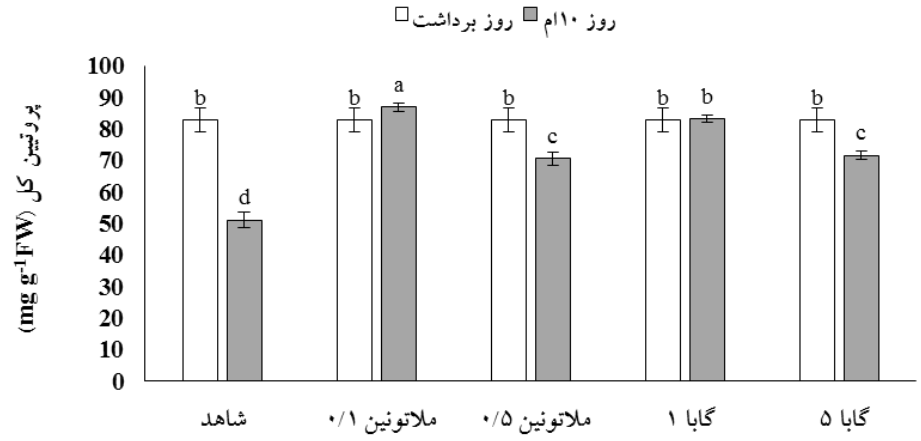
شکل ۷- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر فنل کل گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

افزایش میزان فنل کل نسبت به تیمار شاهد شد. احتمالاً تیمار گابا ۱ میلی‌مولار به دلیل نقش ویژه گابا (تجمع در سلول‌ها در شرایط تنش و نقش سیگنالی در تولید ترکیبات آنتی‌اکسیانی (Yin *et al.*, 2005)، تأثیر مستقیمی در سنتز ترکیبات فنلی داشته است.

پروتئین کل گلبرگ: نتایج شکل ۸ نشان داد، بیشترین میزان پروتئین کل، در تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام مشاهده شد و کمترین میزان این صفت مربوط به تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

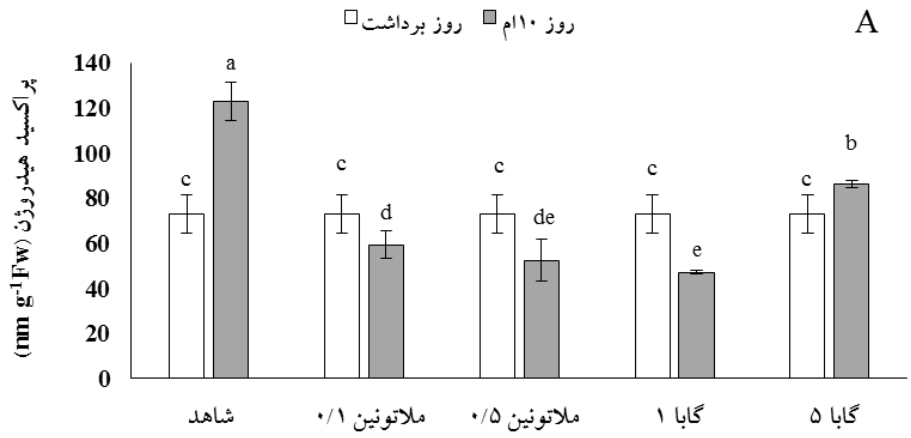


شکل ۸- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر پروتیین کل گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا در طول زمان نگهداری. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

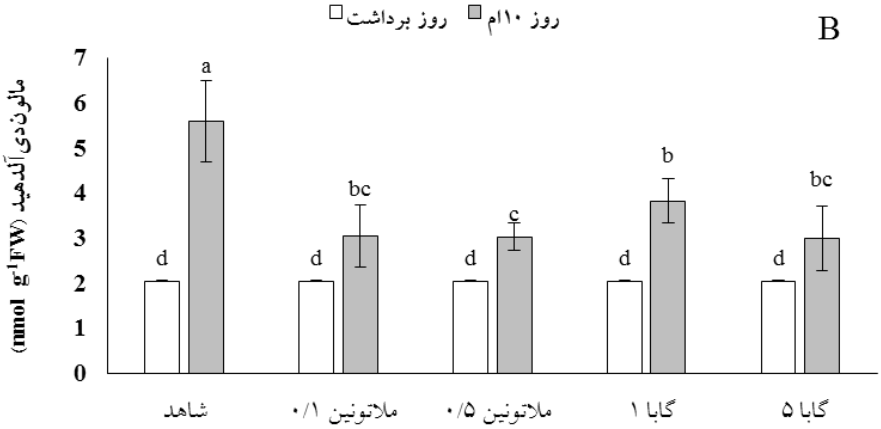
شاهد بود بطوریکه با افزایش زمان ماندگاری، میزان پروتئین گلبرگ‌ها در تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار افزایش یافت. همچنین تیمار گابا ۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام، از کاهش معنی‌دار پروتئین نسبت به روز برداشت جلوگیری کرد. به‌طور کلی با افزایش زمان نمونه‌برداری میزان پروتئین کل به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. به‌طور مشابه پیش‌تیمار جعفریی آفریقایی با ملاتونین موجب افزایش محتوای پروتئین در شرایط تنش شوری شد (Zare zeinali *et al.*, 2020). کاهش مقدار پروتئین‌ها می‌تواند در اثر کاهش میزان سنتز پروتئین، افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده پروتئین‌ها، کاهش آمینواسیدهای در دسترس و یا دناتوره‌شدن آنزیم‌های درگیر در سنتز آمینواسیدها یا پروتئین‌ها باشد (Lee *et al.*, 2014). در فرآیند پیری، گونه‌های فعال اکسیژن از راه تغییرهای اکسایشی زنجیره‌های جانبی اسیدآمینه به ساختارها و عملکردهای پروتئین‌ها آسیب می‌رسانند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد استفاده از تیمار ملاتونین در طول دوره انبارداری محصولات از طریق بیان برخی ژن‌ها کمک قابل توجهی به ترمیم پروتئین‌ها و محافظت از آن‌ها در برابر گونه‌های فعال اکسیژن می‌کند (Xu *et al.*, 2019) همچنین، گابا نیز با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش آنزیم‌های مربوط به ترمیم پروتئین اکسیدشده و حفاظت از غشا سبب افزایش میزان پروتئین می‌شود (الهویرن اوصالو و همکاران، ۱۴۰۲).

پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و مالون دی‌آلدهید گلبرگ: افزایش زمان نمونه‌برداری در روز ۱۰ام، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش پراکسید هیدروژن در تیمار شاهد و گابا ۵ میلی‌مولار نسبت به روز برداشت شد درحالی‌که در سایر تیمارها کاهش یافت (شکل ۹A). ملاتونین به عنوان یک مولکول ایندول آمین و همچنین یک الیسیتور درون‌زا و مولکولی سیگنالینگ فعالیت آنتی‌اکسیدانی مستقیم دارند. ملاتونین با جلوگیری از تخریب کلروفیل و افزایش مقدار فتوسنتز و مهار فعالیت‌های ROS از جمله پراکسید هیدروژن مانع اثرات نامطلوب روی گیاه تحت تنش می‌شود (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2019). گابا نیز در غلظت یک میلی‌مولار، میزان پراکسید هیدروژن را از طریق بهبود عملکرد سیستم فتوسنتزی و افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌دهد (Li *et al.*, 2013). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج Zhang و همکاران (۲۰۱۴). نتایج شکل ۹B نشان داد، بیشترین میزان مالون دی‌آلدهید در تیمار شاهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]



سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین و گابا (میلی مولار)

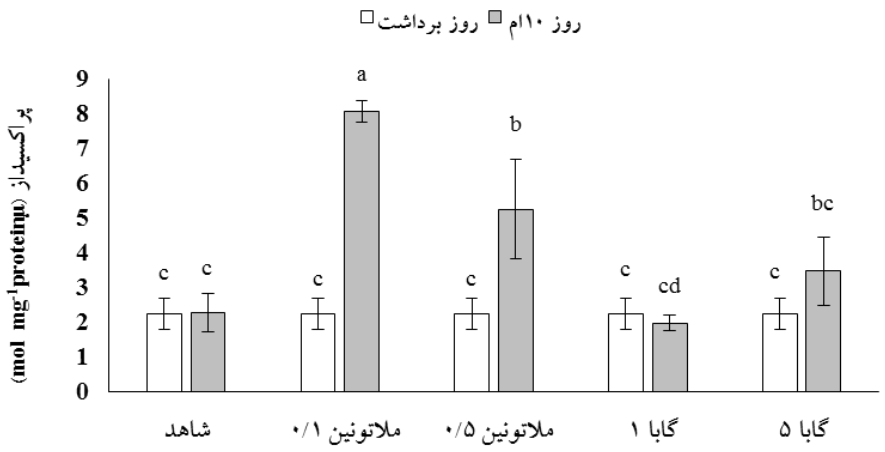


سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین و گابا (میلی مولار)

شکل ۹- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر A) محتوای پرکسید هیدروژن و B) محتوای مالون دی‌آلدهید گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا در طول زمان نگهداری. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

در روز ۱۰ام مشاهده شد و کمترین میزان این صفت مربوط به سایر تیمارها در روز برداشت بود. تیمار ملاتونین ۰/۵ میلی‌مولار در روز ۱۰ام، مناسب‌ترین تیمار بود و با افزایش زمان نمونه‌برداری باعث کاهش تولید میزان مالون دی‌آلدهید نسبت به سایر تیمارها و شاهد در روز ۱۰ام شد. به‌طورکلی با افزایش زمان نمونه‌برداری میزان مالون دی‌آلدهید به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. علاوه‌براین که ملاتونین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان در حذف مستقیم H_2O_2 تولیدشده در تنش اکسیداتیو، شوری و سرما مؤثر است. Liu و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که کاربرد ملاتونین سبب کاهش محتوای مالون دی‌آلدهید در توت‌فرنگی‌های تیمارشده شد، که علت آن را به اثرات ضدپیری و آنتی‌اکسیدانی ملاتونین نسبت دادند. ملاتونین به‌دلیل داشتن نقش آنتی‌اکسیدانی و ضدپیری از تجزیه کلروفیل‌ها به‌طور معنی‌داری جلوگیری کرد. ملاتونین و سدیم نیتروپروساید همچنین با افزایش فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT، APX و کاهش فعالیت آنزیم PPO توانستند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]
[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]



شکل ۱۰- اثر سطوح مختلف تیمارهای ملاتونین (۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) و گابا (۱ و ۵ میلی‌مولار) بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ ژربرا رقم تراکالینا در طول زمان نگهداری. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

کیفیت گل‌های شاخه بریدنی ژربرا رقم مالیبو را حفظ کنند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۸).

فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ: بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها و تیمار شاهد، در تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام مشاهده شد. کمترین میزان این صفت مربوط به تمام تیمارهای ملاتونین و گابا در روز برداشت بود، این تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نبودند. تیمار ملاتونین ۰/۱ میلی‌مولار در روز ۱۰ام، مناسب‌ترین تیمار بود و با افزایش زمان نمونه‌برداری باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱۰). به دلیل افزایش تولید اتیلن طی دوره پیری مرگ سلولی در این مرحله تسریع می‌یابد. در این راستا آنزیم پراکسیداز (POX) توانایی زیادی در مهار پراکسید هیدروژن دارد (Cervilla *et al.*, 2012). از آنجا که ملاتونین هم در آب و هم در لیپید محلول است، بنابراین می‌تواند به عنوان یک آنتی‌اکسیدان آبدوست و آبگریز عمل کرده و حتی در غلظت‌های کم نیز در محافظت از ارگانیسم‌ها در برابر تنش‌های اکسیداتیو بسیار مؤثر است (Back *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری

تیمار ملاتونین طی دوره پس از برداشت باعث بهبود صفات وزن تر، کربوهیدرات کل، فنل کل، پراکسیداز و پروتئین نسبت به تیمار شاهد و روز برداشت شد. از طرفی ملاتونین، با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی طی دوره پس از برداشت باعث کاهش نشت الکترولیت، هیدروژن پراکسید و مالون دی‌آلدهید و مهار تنش اکسیداتیو شد. با گذر زمان نمونه‌برداری در محتوای نسبی آب، میزان فنل و فلاونوئید کل نسبت به روز برداشت کاهش معنی‌داری مشاهده شد. از طرفی همزمان با افزایش زمان نمونه‌برداری، نشت الکترولیت به‌طور معنی‌داری نسبت به روز برداشت افزایش یافت. به‌طور-کلی تیمار ملاتونین در هر دو غلظت ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار، مناسب‌ترین تیمار در حفظ کیفیت و افزایش عمر گلجایی ژربرا رقم تراکالینا بود که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم باعث حفظ هموستازی گونه‌های فعال اکسیژن در پس از برداشت گل شاخه بریده ژربرا و بهبود برخی صفات کیفی مورد اندازه-گیری شد. لذا به نظر می‌رسد که کاربرد ملاتونین در غلظت کم می‌تواند به عنوان یک تکنولوژی امیدبخش در سطح تجاری در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

صنعت گل مورد استفاده قرار گیرد که در نتیجه ماهیت هورمونی و آنتی‌اکسیدانی ملاتونین است.

منابع

اله ویرن اوصالو، افسانه، ناصری، لطفعلی، علیرضالو، ابوالفضل، درویش‌زاده، رضا، و نژادابراهیمی، صمد (۱۴۰۲). اثر کاربرد برگی گاماآمینوبوتیریک اسید بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و بیان ژن‌های *PAL* و *CHS* در انگور رقم قزل‌اوزوم (*Vitis vinifera* L.). *پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰(۱)، ۱۲۵-۱۴۸.

ایزدی، مهدی، احمدی، نیما، و آزادی، پژمان، (۱۳۹۹). اندام‌زایی مستقیم از ریزنمونه‌های بخش‌های رویشی (*Gerbera jamesonii* L.). *گل و گیاهان زینتی*، ۵(۱)، ۱-۱۲.

شاکرمی، خانی، زاهدی، بهمن، رضایی‌نژاد، عبدالحسین، موسوی‌فرد، صادق، و عظیمی، محمدحسین (۱۳۹۹). ارزیابی صفات فیزیولوژیکی گل شاخه‌بریده مریم (رقم پر پر) در پاسخ به کاربرد ملاتونین. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹(۳۶)، ۱۰۵-۱۱۷.

عباسی، جعفر، حسن‌پور اصیل، معظم، و الفتی، جمالعلی (۱۳۹۸). بهبود برخی صفات رشدی گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*) با استفاده از تغذیه معدنی در مراحل مختلف رشد گیاه در شرایط تنش شوری. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۴)، ۸۶۵-۸۷۸. 10.22059/IJHS.2018.259620.1458

محمدی، میثم، اعلایی، میترا، و صیدی، مهدی (۱۳۹۹). اثر زمان و دفعات محلول‌پاشی قبل از برداشت اسپرمین و گاما آمینوبوتیریک اسید بر عمرگلجایی و کیفیت گل‌های بریده ژربرا رقم "Stanza". *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۱(۴)، ۷۵۳-۷۷۱.

ندری، مژگان، ابراهیم‌زاده، اصغر، و زاهدی، سیدمرتضی (۱۴۰۱). تأثیر کاربرد پس از برداشت ملاتونین بر کاهش خسارت سرمازدگی میوه خیار رقم ناگین. *مجله علوم و فنون باغبانی ایران*، ۲۳(۱)، ۹۹-۱۴۴. DOR: 20.1001.1.16807154.1401.23.1.10.8

Aghdam, M. S., Jannatizadeh, A., Sabzi Nojadeh, M. S., & Ebrahimzadeh, A. (2019). Exogenous melatonin ameliorates chilling injury in cut anthurium flowers during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, *148*, 184-191. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.008

Alferez, F., Pozo, L., & Burns, J. K. (2006). Physiological changes associated with senescence and abscission in mature citrus fruit induced by 5-chloro-3-methyl-4-nitro-1H-pyrazole and ethephon application. *Physiologia Plantarum*, *127*(1), 66-73. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00642.x

Arnao, M. B. & Hernandez-Ruiz, J. (2019). Melatonin: A new plant hormone and/or a plant master regulator. *Trends in Plant Science*, *24*(1), 38-48. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.10.010

Back, K., Tan, D. X., & Reiter, R. J. (2016). Melatonin biosynthesis in plants: Multiple pathways catalyze tryptophan to melatonin in the cytoplasm or chloroplasts. *Journal of Pineal Research*, *61*(4), 426-437. https://doi.org/10.1111/jpi.12364

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utitizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*(1-2), 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Cao, S., Bian, K., Shi, L., Chung, H. H., Chen, W., & Yang, Z. (2018). Role of melatonin in cell-wall disassembly and chilling tolerance in cold-stored peach fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(22), 5663-5670. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02055

Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., & Sanchez-Rodriguez, E. (2012). Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of tomato plants. *Journal of Botany*, *2*, 117. doi:10.1155/2012/726206

Dawood, M. G., Taie, H. A. A., Nassar, R. M. A., Abdelhamid, M. T., & Schmidhalter, U. (2014). The changes induced in the physiological, biochemical and anatomical characteristics of *Vicia faba* by the exogenous application of proline under seawater stress. *South African Journal of Botany*, *93*, 54-63. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.03.002

Dole, J. M. & Wilkins, H. F. (1999). Floriculture: Principles and Species.

Ebrahimzadeh, M. A., Hosseinimehr, S. J., Hamidinia, A., & Jafari, M. (2008). Determination of flavanoids in citrus fruit. *Pharmacologyonline*, *1*, 15-18.

Gao, H., Zhang, Z. K., Chai, H. K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D. N., Yang, T., & Cao, W. (2016). Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

Postharvest Biology and Technology, 118, 103-110. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.006

Geng, X. M., Liu, J., Guo Luo, J., Rong Hu, F., & Okubo, H. (2009). Effect of cold storage and different pulsing treatments on postharvest quality of cut OT Liliy Mantissa´ flowers. *Journal of the Faculty of Agriculture, 54*, 41-45.

Gerailoo, S., Ghasemnezhad, M., & Shiri, M. A. (2014). Effect of short time treatment of salicylic acid in delaying flowers senescence in cut rose (*Rosa hybrida*) cv. Yellow Island. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 27*(2), 299-309. 20.1001.1.23832592.1393.27.2.13.3

Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L., & Wei-Jun, K. (2010). Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41*, 1195-1204. https://doi.org/10.1080/00103621003721395

He, S., Joyce, D. C., Irving, D. E., & Faragher, J. D. (2006). Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo'inflorescences. *Postharvest Biology and Technology, 41*(1), 78-84.

Jannatizadeh, A., Aghdam, M. S., Luo, Z., & Razavi, F. (2019). Impact of exogenous melatonin application on chilling injury in tomato fruits during cold storage. *Food and Bioprocess Technology, 5*, 741-750. https://doi.org/10.1007/s11947-019-2247-1

Jubany-Mari, T., Munne-Bosch, S., & Alegre, L. (2010). Redox regulation of water stress responses in field-grown plants. Role of hydrogen peroxide and ascorbate. *Plant Physiology and Biochemistry, 48*(5), 351-358.

Kaijv, M., Sheng, L., & Chao, C. (2006). Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. *Food Science, 27*(3), 110-115.

Lee, H. Y., Byeon, Y., & Back, K. (2014). Melatonin as a signal molecule triggering defense responses against pathogen attack in Arabidopsis and Tobacco. *Journal of Pineal Research, 57*, 262-268. https://doi.org/10.1111/jpi.12165

Lezoul, N. E. H., Serrano, M., Ruiz-Aracil, M. C., Belkadi, M., Castillo, S., Valero, D., & Guillen, F. (2022). Melatonin as a new postharvest treatment for increasing cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) vase life. *Postharvest Biology and Technology, 184*, 111759. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111759

Li, S. X., Zhao-Hui, W., Stewart, S., & B. A. (2013). Responses of crop plants to ammonium and nitrate N. *Advances in Agronomy, 118*, 205-397.

Liu, C., Zheng, H., Sheng, K., Liu, W., & Zheng, L. (2018). Effects of melatonin treatment on the postharvest quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology, 139*, 47-55.

Lu, P., Cao, J., He, S., Liu, J., Li, H., Cheng, G., Ding, Y., & Joyce, D. C. (2010). Nano -silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv: Movie Star flowers. *Postharvest Biology and Technology, 57*, 196-202. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.04.003

Mardeh, A. S. S., Gholami, S., Bahramnejad, B., Kanouni, H., & Sadeghi, F. (2014). Effect of drought stress on compatible osmolytes content, enzyme activity and grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences, 16*(2), 109-124.

Meng, X. & Wang, X. (2004). Regulation of ower development and anthocyanin accumulation in Gerbera hybrida. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79*(1), 131-137.

Meng, X., Han, J., Wang, Q., & Tian, S. (2009). Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. *Food Chemistry, 114*(3), 1028-1035. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.109

Mirzaei Mashhoud, M., Aelaei, M., & Mortazavi, S. N. (2015). γ-Aminobutyric acid (GABA) treatment improved postharvest indices and vase-life of 'Red Naomi' rose cut flowers. *In III International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals, 1131*, 33-40. 10.17660/ActaHortic.2016.1131.5

Reuveni, R. (1995). Biochemical marker of disease resistance. In: Molecular Methods in Plant Pathology. (eds. Singh, R. P. and Singh, U. S.) Pp. 99-114.

Salehi, R., Kashi, A., Lee, J. M., Babalar, M., Delshad, M., Lee, S. G., & Huh, Y. C. (2010). Leaf gas exchanges and mineral ion composition in xylem sap of Iranian melon affected by rootstocks and training methods. *Hort Science, 45*(5), 766-770.

Schlegel, H. G. (1956). Die verwertung organischer sauren durch Chlorella im licht. *Planta, 47*, 510-526.

Schmitzer, V., Veberic, R., Osterc, G., & Stampar, F. (2010). Color and phenolic content changes during flower development in groundcover Rose. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 135*, 195-202. https://doi.org/10.21273/JASHS.135.3.195

Seyed Hajizadeh, H., Dadashzadeh, R., & Azizi, S. (2023). Effect of Chitosan nanoparticles on quality indices, metabolites, and vase life of *Rosa hybrid* cv. Black magic. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 10*(12), 1-17. https://doi.org/10.1186/s40538-023-00387-7

Soleimani-Aghdam, M., Naderi, R., Malekzadeh, P., & Jannatizadeh, A. (2016). Contribution of GABA shunt to chilling tolerance in anthurium cut flowers in response to postharvest salicylic acid treatment. *Scientia Horticulturae, 205*, 90-96. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.020

Tavarini, S., Innocenti, E. D., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, *107*, 282-288. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.015

Vahdati, N., Tehranifar, A., Bayat, H., & Selahvarzi, Y. (2012). Salicylic and citric acid treatments improve the vase life of cut Chrysanthemum flowers. *Journal of Agriculture and Science Technology*, *14*, 879-887. 20.1001.1.16807073.2012.14.4.8.4

Van Doorn, W. G. (2012). Water relations of cut flowers: an update. In: Horticultural Reviews (ed. Janick, J.) Pp. 55-106. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA. DOI:10.1002/9781118351871

Van Meeteren, U., Van Gelder, H., & Van Ieperen, W. (2000). Reconsideration of the use of deionized water as vase water in postharvest experiments on cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *18*, 169-181. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00050-2

Velikova, V., Yordanov, I., & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science*, *151*(1), 59-66. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1

Xu, T., Yao, C., & Hunseung, K. (2019). Melatonin is a potential target for improving post -harvest preservation of fruits and vegetables. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 1-14. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01388

Xue, G. P., McIntyre, C. L., Jenkins, C. L., Glassop, D., van Herwaarden, A. F., & Shorter, R. (2008). Molecular dissection of variation in carbohydrate metabolism related to water-soluble carbohydrate accumulation in stems of wheat. *Plant Physiology*, *146*(2), 441. https://doi.org/doi: 10.1104/pp.107.113076

Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J., & Li, C. (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric Populus species as affected by water stress. *Environmental and Experimental Botany*, *53*(3), 315-322.

Zarbakhsh, S. & Rastegar, S. (2017). The effect of salicylic acid and gum arabic on some quantitative and qualitative characteristics of *Ziziphus mauritina* Lam during storage. *Journal of Food Technology and Nutrition*, *14*(2), 98-87.

Zare zeinali, M., nasibi, F., Manuchehri Kalantari, K., & Ahmadi Mousavi, E. (2020). Effect of melatonin premedication on some physiological parameters and reduction of oxidative stress in *Tagetes erecta* seedlings under salt stress. *Journal of Plant Process and Function*, *9*(35), 115-125. 20.1001.1.23222727.1399.9.35.2.3

Zhang, H., Zhang, N., Yang, R., Wang, L., Sun, Q., Li, D., Cao, Y., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S., & Guo, Y. (2014). Melatonin promotes seed germination under high salinity by regulating antioxidant systems, ABA and GA4 interaction in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Pineal Research*, *57*, 269-279. https://doi.org/10.1111/jpi.12167

Zhang, Z. B., Shao, H. B., Xu, P., Chu, L.Y., Lu, Z. H., & Tian, J. Y. (2007). On evolution and perspectives of bio-watersaving. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *55*(1), 1-9.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]

The efficiency of a preservative solution containing melatonin and GABA in expanding the quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Terra Kalina) cut flower during longevity

Laya Abbasi shokouhi[1], Hanifeh Seyed Hajizadeh[*1], Seyed Morteza Zahedi[1], Ali Faraji Chelanolya[1] and Ali Moghadam[2]

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh P. B. 55136-553, Iran

[2] Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 2024/04/23, Accepted: 2024/06/05)

Abstract

Gerbera is the fifth-cut flower in the world, in terms of economic importance, but it has a short lifespan. One of the main problems with this flower, after harvest, is the decrease in the quality and longevity of the flowers, which is affected by the balance between water absorption and water loss. For this purpose, to investigate the effect of melatonin and GABA on increasing the longevity and quality of gerbera, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with 3 replications. Vase solutions containing 0.1 and 0.5 mM melatonin, 1 and 5 mM GABA solution, and distilled water were used as a control treatment. The results showed that as the vase life increased, the amount of electrolyte leakage, anthocyanin, malondialdehyde, hydrogen peroxide, and peroxidase enzyme activity increased in all treatments except for the solutions containing 0.1 mM melatonin and 1 mM GABA, while the amount of fresh weight, carbohydrate, flavonoid, total phenol and protein decreased. The maximum decrease in the relative water content of petals and carbohydrates, as well as the maximum increase in the amount of malondialdehyde and electrolyte leakage, was observed on the 10th day of the 5 mM GABA treatment. The flowers placed in the vase solution containing 0.1 mM melatonin contained the maximum amount of carbohydrate, protein, total phenol and the maximum activity of the peroxidase enzyme. In general, melatonin in both concentrations of 0.5 and 0.1 mM was the most appropriate treatment, which improved the quality of gerbera-cut flowers compared to the control and other treatments. Therefore, according to the hormonal and antioxidant nature of melatonin, it seems that the application of melatonin in low concentrations can be used as a promising technology at the commercial level in the flower industry.

Keyword: Petal senescence, Water relations, Antioxidant protection, Vase life

Corresponding author, Email: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-02]

[DOI: DOI: 10.22034/13.62.1]