

تأثیر سالیسیلیک اسید بر کاهش قهوه‌ای شدن و حفظ کیفیت گل شاخه بریده نرگس

شیراز رقم 'شهلا' ۱

The Effect of Salicylic Acid on Reducing Browning and Maintaining the Quality of *Narcissus tazetta* L. 'Shahla' Cut Flowers

گلرخ حیدری کروش و سمیه رستگار*

چکیده

پژمردگی سریع و قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل نرگس یکی از عوامل محدودکننده ماندگاری پس از برداشت آن می‌باشد. مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر کیفیت پس از برداشت گل شاخه بریده نرگس رقم شهلا، به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. گل‌های شاخه بریده نرگس به مدت ۱۸ ساعت با سالیسیلیک اسید در دو سطح (۱ و ۲ میلی‌مولار) به صورت ضربانی (کوتاه مدت) تیمار شدند و سپس به ظرف‌های حاوی ساکارز ۲ درصد منتقل شدند. محلول ساکارز ۲ درصد و همچنین آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ویژگی‌های مختلف نمونه‌ها در روزهای صفر، سه، شش و نه روز پس از برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتیجه‌های به دست آمده در پایان آزمایش، کمترین فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (POD) و درصد قهوه‌ای شدن در تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در مقایسه با شاهد آب مقطر و شاهد ساکارز مشاهده شد. کمترین تغییرهای رنگ (ΔE) و بیشترین روشنایی رنگ گلبرگ‌ها (L^*) و همچنین بالاترین کیفیت گل و محتوی نسبی آب گلبرگ در این تیمار مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پس از برداشت، آنزیم، ساکارز، رنگ.

مقدمه

صنعت پرورش گیاهان زینتی به ویژه گل‌های شاخه بریده یکی از شاخه‌های اصلی کشاورزی نوین را تشکیل می‌دهد. گل نرگس با نام علمی *Narcissus tazetta* L. و از تیره Amaryllidaceae می‌باشد که به صورت باغچه‌ای و گل شاخه بریدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انواع مختلفی از نرگس در مناطق مختلف به ویژه شمال شرق، خراسان جنوبی، بوشهر، فارس، بهبهان و کرمان رشد می‌کنند (۲۵). رقم شهلا، به دلیل زیبایی، عطر خوش و وجود چند گلچه در قسمت بالا، برجسته‌تر از گونه‌های دیگر بوده و در صنایع عطرسازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. دو فاکتور مهم اتیلن با تسریع پیری و ریزاندامواره‌ها با انسداد آوندها طول عمر گل‌های شاخه بریدنی را محدود می‌نمایند (۳۷). گل بریده نرگس با وجود ویژگی‌های فراوان، دارای عمر پس از برداشت کوتاهی بوده که بیشتر به دلیل پژمردگی و قهوه‌ای شدن گلبرگ‌ها می‌باشد (۱۷). طی پیری و تنش‌های مختلف رادیکال‌های فعال مانند هیدروژن پراکسید شده، رادیکال هیدروکسیل و آنیون سوپراکسید تولید می‌شوند که باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشای یاخته‌ای و در نتیجه تخریب و از هم‌پاشیدگی غشای اندامک‌های مختلف یاخته و در نهایت تماس آنزیم‌های PPO و POD با سوبستراهای فنولی و ایجاد پلی‌فنول‌های قهوه‌ای می‌شوند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که قهوه‌ای شدن آنزیمی به علت اکسیداسیون ترکیب‌های فنولیک به آ-کوئینون‌ها و ایجاد پلیمرهای قهوه‌ای رنگ یکی از دلایل مهم کاهش کیفیت پس از برداشت محصول‌های باغبانی می‌باشد (۳۶).

سالیسیلیک اسید با فرمول شیمیایی ($\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$) یک ترکیب فنولی ساده با یک حلقه آروماتیکی است که دارای یک گروه هیدروکسیل و یک گروه کربوکسیل در ساختمان خود می باشد. این ماده به عنوان یک ملکول کلیدی در شرایط تنش عمل کرده و بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاه در غلظت های کم تاثیرگذار است (۲). تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید در بهبود کیفیت و افزایش عمر گلجایی گل های شاخه بریده به اثبات رسیده است (۲۶). سالیسیلیک اسید با افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی که اثر بازدارندگی بر ACC اکسیداز در فرایند تولید اتیلن و تشکیل گونه های فعال اکسیژن (ROS) دارد، سبب طولانی تر شدن عمر پس از برداشت گل های شاخه بریده می شود (۲۶). در پژوهشی، غلظت ۲۰۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید با افزایش توان سیستم دفاعی بافت گلبرگ ها از راه افزایش مقابله با تنش اکسیداتیو یاخته ها، کیفیت عمر گلجایی گل های بریده ژبر (Gerbera jamesonii) را افزایش داد (۱۲). سالیسیلیک اسید با اثر بازدارندگی بر فعالیت آنزیم های PPO و POD موجب توقف تشکیل سوبستراهای قهوه ای شدن، در نتیجه کاهش شاخص قهوه ای شدن در مرحله پس از برداشت میوه ها و سبزی ها می شود (۲۸). بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بهبود کیفیت و عمر گلجایی گل شاخه بریده نرگس رقم شهلا با استفاده از تیمار پس از برداشت سالیسیلیک اسید طراحی گردید.

مواد و روش ها

تهیه ماده های گیاهی و انجام تیمارها

گل های نرگس در مرحله گردن غازی، از مزارع نرگس بخش خفر، از توابع شهرستان جهرم واقع در جنوب شرقی استان فارس برداشت و با پوشش های کاغذی به آزمایشگاه پس از برداشت دانشگاه هرمزگان انتقال داده شد. گل ها با ارتفاع یکسان ساقه با استفاده از چاقوی تیز و استریل شده، زیر آب مقطر به صورت مورب قطع شدند. گل های شاخه بریده به مدت ۱۸ ساعت به صورت تیمار ضربانی^۲ در محلول حاوی غلظت های ۱ و ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید نگهداری شده سپس در ظرف های حاوی ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر و ساکارز ۲ درصد قرار داده شدند. آب مقطر و ساکارز ۲ درصد نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. با توجه به اینکه ساکارز به همراه سایر تیمارها نیز استفاده شده بود، ساکارز ۲ درصد به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح به طور کامل تصادفی با ۴ تیمار، ۳ تکرار و ۲ شاخه در هر تکرار (در مجموع ۹۶ شاخه گل) انجام شد. طی آزمایش گل ها در دمای محیط 20 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد نگهداری شدند. اثر زمان و تیمار بر ویژگی های مورد نظر در روزهای صفر، ۳، ۶ و ۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در روز صفر ارزیابی ویژگی ها بی درنگ بعد از تیمار انجام شد.

شاخص پایداری غشا یاخته ای (MSI)^۳

جهت اندازه گیری نشت یونی و به دنبال آن پایداری غشای یاخته ای از روش Singh و همکاران (۳۵) استفاده گردید. ابتدا مقدار مشخصی از گلبرگ با قیچی گندزایی شده به قطعه های ریز تقسیم شد و ۱۰ میلی لیتر آب یونیزه شده به آن ها اضافه شد، سپس نمونه ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰ درجه سلسیوس در انکوباتور (WIR-20R) قرار گرفتند و پس از خارج شدن، هدایت الکتریکی نمونه ها (E1) با دستگاه EC متر (مدل Tetracon 325) اندازه گیری شد. در مرحله بعد نمونه ها با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو شدند و پس از سرد شدن، هدایت الکتریکی آن ها دوباره اندازه گیری شد (E2). در نهایت درصد شاخص پایداری غشا با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{MSI (\%)} = [1 - (E1/E2)] \times 100$$

سنجش فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز (PPO)^۴

فعالیت آنزیم PPO با استفاده از روش Kar and Mishra (۱۹) با کمی تغییر اندازه گیری شد. بدین منظور یک دهم گرم از بافت گلبرگ فریز شده، در ۱ میلی لیتر بافر ۵۰ میلی مولار فسفات پتاسیم حاوی PVP هموژنیز شد و در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Eppendorf, Germany) شد. رونسین به عنوان عصاره با ۴- متیل کاتکول به عنوان سوبسترا، مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت آنزیم PPO با اضافه کردن ۱ میلی لیتر از بافر فسفات ۵۰

میلی مولار (pH = 7)، ۰/۵ میلی‌لیتر از کاتکول ۵۰ میلی‌مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی در کووت، مورد ارزیابی قرار گرفت. افزایش جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر هر ۱ دقیقه به مدت ۳ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CECIL CE 2501, UK) خوانده شد.

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD)

فعالیت آنزیم POD با استفاده از روش Chance and Maehly (۶) با کمی تغییر اندازه‌گیری شد. بدین منظور یک‌دهم گرم از بافت گلبرگ فریز شده، در ۱ میلی‌لیتر بافر ۵۰ میلی‌مولار فسفات پتاسیم (pH = 7) کوبیده شد و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. مخلوط واکنش اندازه‌گیری آنزیم POD شامل ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۳۳ میکرولیتر عصاره، ۱۷ میکرولیتر هیدروژن و ۱۶۱ میکرولیتر گایوکول است. بی‌درنگ بعد از افزودن هر یک از این اجزا در کووت کاهش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر هر ۲۰ ثانیه به مدت ۶۰ ثانیه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CECIL CE 2501, UK) خوانده شد.

شاخص‌های رنگ و قهوه‌ای شدن

رنگ گلبرگ توسط دستگاه رنگ‌سنج (Minolta CR-400, Japan)، به صورت L^* شاخص روشنایی و b^* شاخص رنگ بین آبی تا زرد و a^* شاخص رنگ بین سبز و قرمز، اندازه‌گیری شد. میزان تغییر روشنایی (ΔL^*) از تفاوت L^* نهایی و اولیه مشخص می‌شود. تغییرهای کلی رنگ (ΔE) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI)^۲ از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (۳۰).

$$\Delta E = [(L2^* - L1^*)^2 + ((a2^* - a1^*)^2 + (b2^* - b1^*)^2)^{1/2}]$$

$$BI = [100(x-0.31)] / 0.17$$

$$\text{where, } X = (a^* + 1.75 L^*) / (5.645 L^* + a^* - 3.012 b^*)$$

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب گلبرگ

ابتدا وزن مشخصی از گلبرگ به صورت تصادفی انتخاب و با ترازوی حساس مدل FX-300 اندازه‌گیری شد (FW). سپس در ظرف کوچکی در ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۵ ساعت به صورت کامل غوطه‌ور شده در محیط تاریک قرار داده شدند و پس از این مدت از ظرف خارج و با کاغذ صافی خشک شده و دوباره وزن شدند (TW). برای اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، نمونه‌ها در فویل پیچیده و به مدت ۱ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس درون آون قرار داده شدند و پس از خشک شدن کامل، دوباره وزن شدند (۵). مقدار RWC از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RWC\% = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

وزن تر نسبی شاخه

وزن تر نسبی شاخه گل نرگس هر سه روز یکبار در طول دوره آزمایش، توسط ترازوی دیجیتالی مدل FX-300 با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و بر اساس رابطه زیر به دست آمد (۱۷):

$$RFW\% = (W_t / W_0) \times 100$$

$$W_t = \text{وزن تر ساقه (گرم) در روزهای ۳، ۶ و ۹}$$

$$W_0 = \text{وزن تر ساقه در روز صفر}$$

کیفیت ظاهری

با شروع آزمایش در روزهای صفر، ۳، ۶ و ۹ ارزیابی کیفیت ظاهری به صورت امتیازدهی انجام شد. کیفیت گل‌های نرگس تا زمانی که گلبرگ‌ها آماس و شادابی خود را کامل از دست دادند بر حسب روز ثبت گردید. بدین صورت که اندازه‌گیری کیفیت ظاهری براساس امتیازدهی از عدد ۱ تا ۴ (۴=کیفیت عالی، ۳=کیفیت خوب، ۲=کیفیت متوسط و ۱=کیفیت پایین) انجام گرفت (۷).

اندازه‌گیری قطر گل

قطر گل به وسیله دستگاه کولیس دیجیتالی بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری داده‌ها

داده‌های به‌دست آمده در این پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین ویژگی‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت و شکل‌ها با نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

نتایج و بحث

شاخص پایداری غشا

براساس جدول تجزیه واریانس اثر ساده سالیسیلیک اسید و برهمکنش سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده زمان نگهداری در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص پایداری غشا معنی‌دار شد. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در روز ششم، شاخص پایداری غشا به طور ناگهانی کاهش یافت. در پایان آزمایش بیشترین درصد شاخص پایداری غشا در غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و کمترین درصد در نمونه‌های شاهد آب مقطر مشاهده شد (شکل ۱). شاخص پایداری غشا نشان‌دهنده نشت یونی یاخته‌ها است که با گذشت زمان کاهش می‌یابد. اتیلن تولید شده در گل‌های شاخه بریده سبب تسریع پیری و پژمردگی گل‌ها شده که به دنبال آن سیالیت غشا و نفوذپذیری یاخته‌های گلبرگ را افزایش می‌دهد (۴). یکی از مشخصه‌های پیری در گل‌های شاخه بریده، زیاد شدن نشت یونی و انباشت مالون دی آلدئید (MDA) است. سالیسیلیک اسید با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) و اتیلن که سبب اکسید شدن لیپیدهای غشا و نشت یونی می‌شود، جلوگیری می‌کند (۲۶). در پژوهشی روی گل شاخه بریده گلابول، سالیسیلیک اسید با کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و نشت یونی، موجب افزایش پایداری غشا و تأخیر در پیری این گل‌ها گردید (۱۶). کاربرد سالیسیلیک اسید در محلول گلجایی گل شاخه بریده لیزیان‌توس نیز با کاهش پراکسیداسیون غشا و نشت یونی، موجب افزایش پایداری غشا در مقایسه با تیمار شاهد گردید (۲۱).

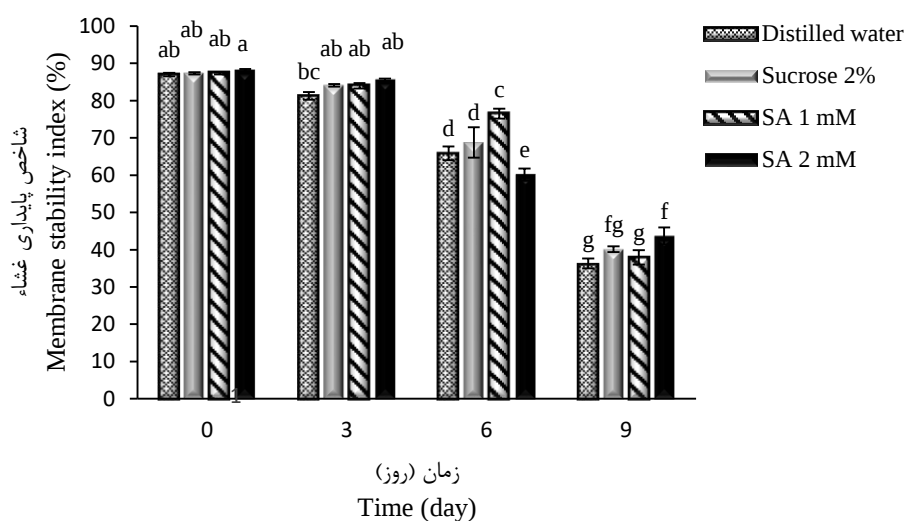


Fig. 1. The interaction effect of storage time and salicylic acid concentrations (1 and 2 mM) on membrane stability index of petals of 'Shahla' Narcissus cut flower.

شکل ۱- اثر برهمکنش زمان نگهداری و غلظت‌های سالیسیلیک اسید (۱ و ۲ میلی‌مولار) بر شاخص پایداری غشاء گلبرگ‌های گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

آنزیم پراکسیداز (POD)، آنزیم پلی فنول اکسیداز (PPO) و شاخص قهوه‌ای شدن

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌های پژوهش حاضر نشان داد که اثر اصلی سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد و همچنین برهمکنش بین این دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فعالیت آنزیم POD معنی‌دار شد. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، آنزیم POD در ابتدای آزمایش کمی کاهش یافت، اما بعد از سه روز افزایش ناگهانی نشان

داد. نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید نسبت به سایر تیمارها، فعالیت کمتری از آنزیم POD نشان دادند؛ به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم در پایان آزمایش در شاهد آب مقطر مشاهده شد (شکل ۲). براساس جدول تجزیه واریانس، اثر ساده سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری بر فعالیت آنزیم PPO در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما برهمکنش هر دو عامل معنی‌دار نبود. بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱) به‌تدریج با گذشت زمان فعالیت آنزیم PPO افزایش یافت. سالیسیلیک اسید در غلظت ۱ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم PPO را در گلبرگ‌های گل شاخه بریده نرگس کاهش داد؛ در حالی‌که تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد آب مقطر و ساکارز نشان نداد (جدول ۲). بر اساس نتیجه‌های جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری و همچنین برهمکنش بین هر دو عامل در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص قهوه‌ای شدن معنی‌دار بود. درصد قهوه‌ای شدن تا روز سوم نگهداری تغییر چندانی نداشت، اما پس از آن در شاهد آب مقطر و شاهد ساکارز و در غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید افزایش یافت و به بیشینه خود در پایان آزمایش رسید. کمترین درصد قهوه‌ای شدن در غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (شکل ۳).

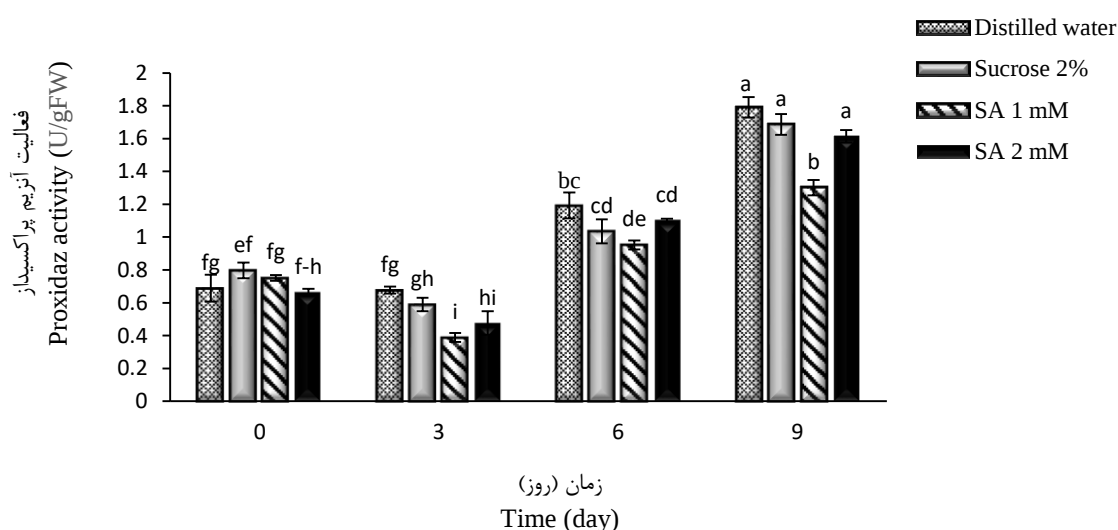


Fig. 2. The interaction of storage time and salicylic acid in different concentrations (1 and 2 mM) on peroxidase activity of petals of 'Shahla' Narcissus cut flowers.

شکل ۲- برهمکنش زمان نگهداری و سالیسیلیک اسید در غلظت‌های مختلف (۱ و ۲ میلی‌مولار) بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ‌های گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر زمان‌های مختلف نگهداری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل‌های شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

Table 1. Mean comparison of the effect of different storage times on the quantitative and qualitative traits of 'Shahla' Narcissus cut flowers.

زمان Time (Day)	فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز Polyphenol oxidase activity (U/g FW)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (%)	محتوای نسبی آب گلبرگ Petal RWC (%)	ΔL^*	تغییرهای کلی رنگ ΔE
0	0.42 d [†]	-	81.80 a	-	-
3	0.79 c	91.98 a	83.02 a	6.97 c	7.18 c
6	1.58 b	87.40 b	72.92 b	11.74 b	12.17 b
9	2.34 a	82.27 c	41.97 c	15.75 a	16.06 a

[†] Means in each column with the same letter are not significantly different according to Duncan test ($P \leq 0.05$).

[†] میانگین‌های هر ستون که حرف مشترک دارند، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون Duncan ندارند.

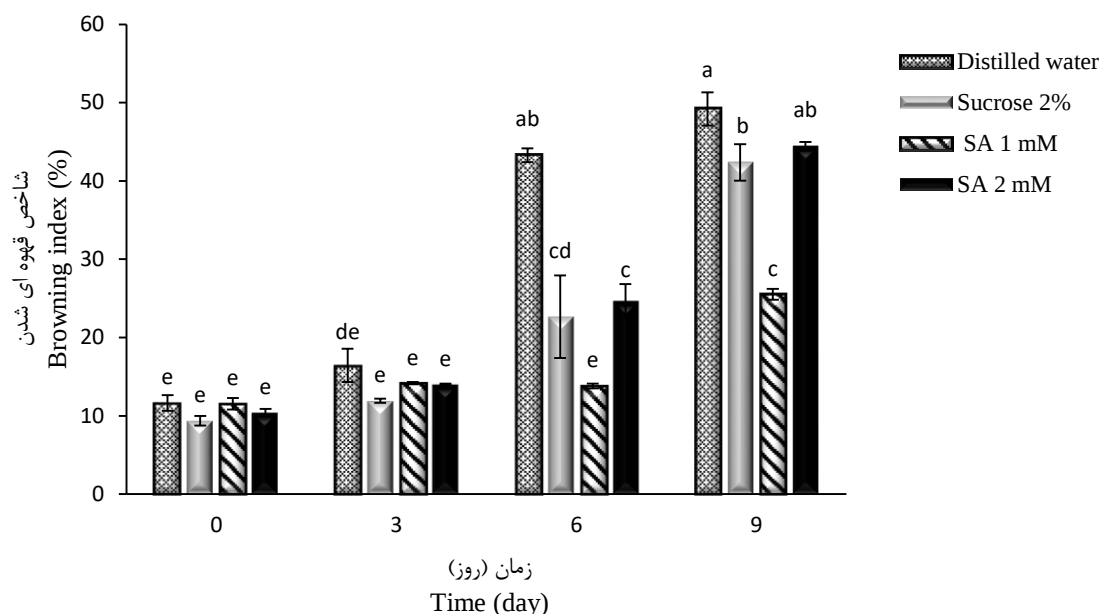


Fig. 3. The interaction of storage time and salicylic acid in different concentrations (1 and 2 mM) on browning index of petals of 'Shahla' Narcissus cut flowers.

شکل ۳- برهمکنش زمان نگهداری و غلظت‌های سالیسیلیک اسید (۱ و ۲ میلی‌مولار) بر شاخص قهوه‌ای‌شدن گلبرگ‌های گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

به طور کلی سازوکار قهوه‌ای شدن، شامل قهوه‌ای شدن آنزیمی (توسط آنزیم‌های PPO و POD) و قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (با عامل ترکیب‌های تاننی و فنولی) می‌باشد. در یاخته‌های پیر، تنش‌هایی مانند سرما و شوری و زخم‌های مکانیکی ایجاد شده، در قهوه‌ای شدن آنزیمی دخیل هستند (۳۸). واکنش قهوه‌ای شدن نتیجه مستقیم اکسیداسیون فنل‌ها توسط PPO برای تولید کوئینون‌هایی است که در نهایت سبب تولید رنگ دانه‌های قهوه‌ای شده که عامل تغییر در کیفیت و رنگ در گل‌های شاخه بریده، سبزی‌ها و میوه‌ها است (۳۴). آنزیم POD نیز از ترکیب‌هایی مانند گایاکول جهت سم‌زدایی و تجزیه هیدروژن پراکسید استفاده می‌کند و فعالیت آن سبب تغییر رنگ و بو در محصول در طول مدت انبارداری می‌شود (۲۳). گفته شده است که PPO می‌تواند به عنوان یک عامل برای افزایش فعالیت POD عمل کند، زیرا پراکسید هیدروژن در زمان اکسیداسیون اجزای فنولی در واکنش‌های کاتالیز شده با PPO ساخته می‌شود (۳۱). آنزیم PPO از آنزیم‌هایی است که مهار فعالیت آن در نگهداری میوه‌ها و گل‌ها اهمیت دارد. به طور کلی واکنش‌های قهوه‌ای شدن زمانی رخ می‌دهند که آنزیم‌های بیان شده در معرض ترکیب‌های فنولی قرار گیرند که این اتفاق طی پیر شدن بافت و تخریب غشای یاخته‌ای اتفاق می‌افتد (۹). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پیوند بین اتم هیدروژن سالیسیلیک اسید و اتم اکسیژن اسید آمینه‌های مختلف مانند متیونین و اسید آمینه گلیسین و پروتئین‌هایی مانند پلی فنول اکسیداز، مانع اتصال آن‌ها به سوسترای خود (ترکیب‌های فنولی) شده و از این راه از فعالیت آن‌ها ممانعت می‌کند. سالیسیلیک اسید قسمت فعال آنزیم POD را پر کرده و با تشکیل پیوند با اتم‌های اکسیژن و هیدروژن آمینواسیدهای آنزیم POD سبب بازدارندگی فعالیت آنزیم می‌شود (۳۹). استفاده از سالیسیلیک اسید (۱۵۰ میکرومولار) در دو رقم ژربرا به طور قابل توجهی از فعالیت آنزیم PPO که در فرایند قهوه‌ای شدن موثر می‌باشد، جلوگیری کرد (۳۳). همچنین، سالیسیلیک اسید با اثر بازدارندگی بر فعالیت آنزیم PPO قهوه‌ای شدن را در گلابی در مدت انبار سرد به تأخیر انداخت (۱). سالیسیلیک اسید با کاهش درصد قهوه‌ای شدن و حفظ ویژگی‌های کیفی، منجر به افزایش عمر پس از برداشت سیب گردید (۱۴). در پژوهشی تیمار سالیسیلیک اسید بر میوه گویا، تأثیر بسیار قابل توجهی در کم کردن فعالیت آنزیم‌های مسئول قهوه‌ای شدن در دوره انبارداری این میوه داشت (۲۴).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل‌های شاخه بریده نرگس رقم 'شهلا'.

Table 2. Mean comparison of the effect of salicylic acid concentrations on the quantitative and qualitative traits of 'Shahla' Narcissus cut flowers.

تیمار Treatment	فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز Polyphenol oxidase activity (U/gFW)	محتوای نسبی آب گلبرگ Petal RWC (%)	وزن تر نسبی Relative fresh weight (%)	ΔL^*	تغییرهای کلی رنگ ΔE
آب مقطر Distilled water	1.46 a [†]	65.49 b	85.71 a	15.30 a	15.56 a
ساکارز Sucrose (2%)	1.28 a	68.31 ab	87.15 a	11.48 b	11.79 b
سالیسیلیک اسید Salicylic acid 1mM	1.05 b	73.56 a	88.95 a	7.77 c	8.09 c
سالیسیلیک اسید Salicylic acid 2 mM	1.34 a	72.35 a	87.05 a	11.39 b	11.80 b

[†] Means in the column with the same letter are not significantly different according to Duncan test ($P \leq 0.05$).

[†] میانگین‌های هر ستون که حرف مشترک دارند، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون Duncan ندارند.

محتوای نسبی آب گلبرگ

بر اساس نتیجه‌های تجزیه واریانس، اثر اصلی سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای نسبی آب گلبرگ معنی‌دار بود، اما برهمکنش بین سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری بر این ویژگی اثر معنی‌داری داشت. همان‌طور که در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است، محتوای نسبی آب گلبرگ به تدریج کاهش یافت و در روز نهم به کمینه خود رسید. غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند، اما در مقایسه با شاهد آب مقطر، تاثیر معنی‌داری بر جلوگیری از کاهش محتوای نسبی آب گلبرگ نشان دادند. محتوای نسبی آب گلبرگ، نشان دهنده مقدار آب موجود در قسمت‌های مختلف گیاه و توانایی نگهداری آن می‌باشد. اگر روند جذب آب و تعرق در گیاه تعادل داشته باشد رطوبت نسبی گلبرگ نیز حفظ می‌شود، اما در شرایط تنش این روند دچار اختلال شده و رطوبت نسبی گلبرگ در پی آن کاهش می‌یابد. در گل‌های بریدنی، گل‌ها پس از برداشت دچار کمبود آب ناشی از اختلال در مسیر جریان آب به طرف اندام‌های هوایی شده و دچار پژمردگی می‌شوند. در پژوهشی در گل گلابول متوجه شدند نمونه‌های شاهدی که در شرایط تنش قرار گرفتند، در جذب و نگهداری آب با مشکل مواجه شدند؛ در حالیکه نمونه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید شرایط مناسب‌تری جهت جذب و نگهداری آب داشتند (۱۵). این احتمال وجود دارد که سالیسیلیک اسید، با حفظ پایداری غشا و قدرت نگهداری آب موجود در یاخته‌ها، سبب بهبود رطوبت نسبی گلبرگ شده است (۲۶).

درصد وزن تر نسبی

بر اساس جدول تجزیه واریانس، درصد وزن تر نسبی تحت تاثیر اثر ساده سالیسیلیک اسید و برهمکنش سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری، قرار نگرفت. اما اثر ساده زمان نگهداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. وزن تر نسبی در طول آزمایش روند نزولی نشان داد و کمترین وزن تر نسبی در روز نهم مشاهده شد (جدول ۱). بعد از برداشت گل‌های بریده جذب آب کاهش یافته و از طرفی از دست رفتن آب طی فرآیند تنفس افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به کاهش وزن تر ساقه گل‌دهنده می‌شود. به طور کلی در پی روند پیری گل‌های بریده، تعادل در جذب آب و تعرق کاهش یافته و جذب آب کمتر منجر به پژمردگی در گل می‌شود. در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری بین تیمار و شاهد مشاهده نشد که با برخی از مطالعه‌های پیشین همخوانی ندارد. گزارش شده است که استفاده از سالیسیلیک اسید در محلول گلجایی با کاهش سرعت تنفس سبب حفظ وزن تر گل بریده می‌شود (۲۲). گل‌های شاخه بریده ژربرا که با سالیسیلیک اسید تیمار شده بودند، وزن تر نسبی بالاتری نسبت به نمونه‌های شاهد نشان دادند (۲۰). در پژوهشی، کاربرد سالیسیلیک اسید پیش و پس از برداشت موجب حفظ وزن تر نسبی

گل بریده رز رقم بلک ماجیک^۱ نسبت به تیمار شاهد شد (۲). شاید تفاوت‌ها در نتیجه‌های پژوهش‌ها، ناشی از ماهیت فیزیولوژیکی ساقه گل نرگس و شیوه اجرای تیمارها باشد.

شاخص‌های رنگ

بر اساس نتیجه‌های جدول تجزیه واریانس، اثر ساده سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ درصد بر ΔE و ΔL^* معنی‌دار شد، اما برهمکنش بین ه ردو عامل بر تغییرهای کلی رنگ (ΔE) و ΔL^* معنی‌دار نشد. اثر ساده سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری و هم‌چنین برهمکنش بین هر دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر L^* معنی‌دار گردید. براساس نتیجه‌ها، با افزایش زمان نگهداری گل، تغییر روشنایی (ΔL^*) و تغییرهای کلی رنگ (ΔE) افزایش پیدا کرد (جدول ۱)، اما گل‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار نسبت به شاهد آب مقطر و ساکارز به‌طور معنی‌داری تغییرهای کمتری نشان دادند (جدول ۲). از روز سوم، L^* گل‌های بریده نرگس در همه تیمارها و در طول زمان آزمایش روند کاهشی نشان داد، اما این روند کاهشی در تیمار با غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کندتر و در شاهد با شدت بیشتری مشاهده شد (شکل ۴).

کیفیت ظاهری و رنگ دو ملاک اولیه انتخاب توسط مشتریان هستند و نقش کلیدی در بازارپسندی گل ایفا می‌کنند. رنگدانه‌های ابتدایی دخیل در کیفیت رنگ شامل رنگدانه‌های محلول در چربی مانند کلروفیل (سبز)، کاروتنوئید (زرد، نارنجی و قرمز) و محلول در آب شامل آنتوسیانین‌ها (قرمز و آبی)، فلاونوئیدها (زرد) و بتالین‌ها (قرمز) هستند. تغییرهای کلی رنگ (ΔE) که ترکیبی از شاخص‌های a^* ، b^* و L^* است یکی از شاخص‌های رنگ‌سنجی می‌باشد که به طور گسترده‌ای برای تشخیص تغییر رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص L^* بیانگر میزان تقریبی روشنایی و درخشش بوده و در دامنه صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) تغییر می‌یابد (۱۳). شاخص b^* میزان رنگ بین آبی تا زرد و شاخص a^* شدت رنگ بین سبز و قرمز را نشان می‌دهند. در پژوهش حاضر، نمونه‌های تیمار شده با غلظت کمتر سالیسیلیک اسید دارای روشنایی L^* بیشتری در مقایسه با شاهد بودند. استفاده از سالیسیلیک اسید در محلول گلجایی گل بریده رز موجب کاهش تغییرهای رنگ گلبرگ گردید (۸). گزارش شده است که تیمار پس از برداشت پرتقال رقم 'واشنگتن ناول' با سالیسیلیک اسید سبب حفظ ویژگی‌های رنگ در دوره انبارداری شد (۲۹).

کیفیت

به تدریج با گذشت زمان کیفیت گل بریده نرگس کاهش یافت. تیمار سالیسیلیک اسید در مقایسه با شاهد آب مقطر به طور معنی‌داری باعث حفظ کیفیت گل‌های بریده نرگس شد. در پایان آزمایش، بهترین کیفیت گل در تیمار سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۵). زخم ایجاد شده با بریدن شاخه در گل‌های بریدنی، موجب آلودگی میکروبی در محلول گلجایی و افزایش تولید و انباشت ROSها و در پی آن اختلال در جذب آب و پلاسمولیز یاخته‌ای شده که عامل کاهش کیفیت و عمر گلجایی گل‌های بریده می‌باشد (۳۲).

سالیسیلیک اسید از یک سو دارای ویژگی ضد میکروبی بوده و از سویی با کاهش در فعالیت ACC اکسیداز، کاهش تولید اتیلن و به تاخیر انداختن پیری، منجر به جذب مناسب‌تر آب شده و در نهایت موجب حفظ کیفیت گل‌های بریده می‌شود. سالیسیلیک اسید هم‌چنین با کاهش فعالیت آنزیم‌های PPO و POD، فرایند قهوه‌ای شدن را به تاخیر انداخته و از این راه باعث حفظ کیفیت پس از برداشت محصول‌ها می‌گردد. در پژوهشی، تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در محلول گلجایی گل‌های بریده ژربرا، سبب افزایش جذب محلول و تعادل آبی و حفظ کیفیت و عمر پس از برداشت آن‌ها شد (۲۰). استفاده از سالیسیلیک اسید در محلول گلجایی گل بریده رز رقم بلک ماجیک با کاهش فعالیت میکروبی و سرعت تنفس موجب حفظ رطوبت گیاه و هم‌چنین با اثر بازدارندگی بر زیست‌ساخت اتیلن سبب تأخیر در پیری و حفظ کیفیت این گل گردید (۱۱).

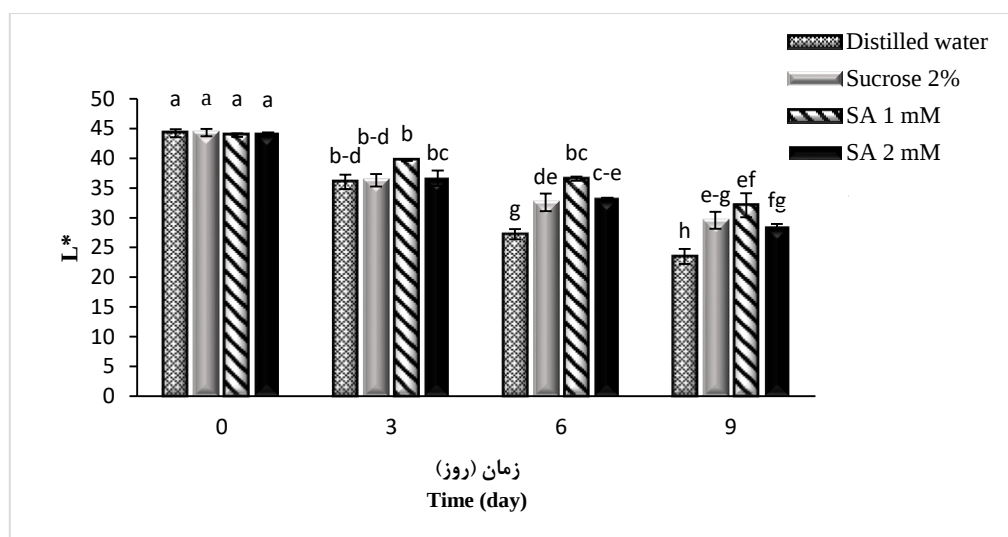


Fig. 4. The interaction of storage time and concentrations of salicylic acid on the L* index of petals of 'Shahla' Narcissus cut flowers.

شکل ۴- برهمکنش زمان نگهداری و غلظت‌های سالیسیلیک اسید بر شاخص L^* گلبرگ‌های گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

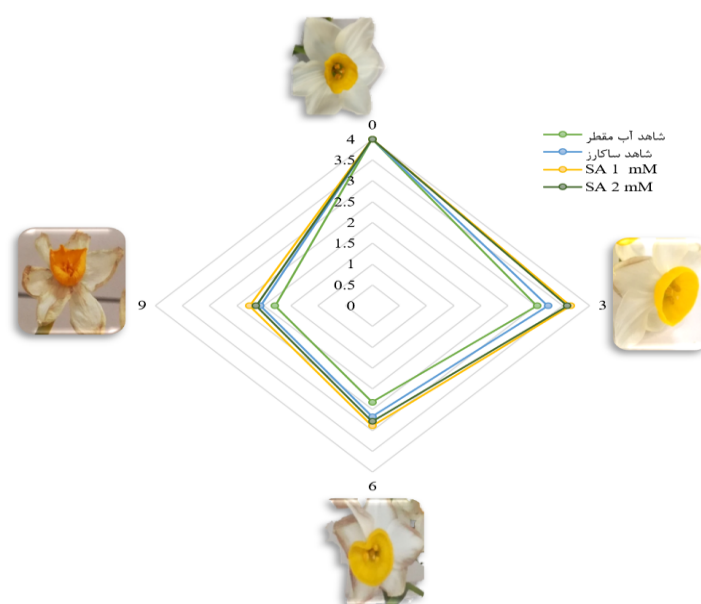


Fig. 5. The interaction of storage time and salicylic acid on the quality of 'Shahla' Narcissus cut flowers.

شکل ۵- برهمکنش زمان نگهداری و سالیسیلیک اسید بر کیفیت گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

قطر گل

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری و همچنین برهمکنش بین آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر قطر گل معنی‌دار بود. اما در روز نهم نگهداری تغییرهای بارزتری بین قطر گل شاهد و تیمارها مشاهده شد؛ به‌طوریکه کمترین و بیشترین قطر گل در روز نهم، به ترتیب در شاهد آب مقطر و سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۶). به طور کلی دلیل باز شدن گل‌ها، ایجاد فشار تورژسانس توسط کربوهیدرات‌های محلول در گلبرگ می‌باشد. در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد استفاده از سالیسیلیک اسید با خاصیت بازدارندگی تولید اتیلن سبب عملکرد بهتر نمونه‌ها در حفظ حالت آماس و تاخیر فرآیند پیری یاخته‌های گلبرگ شده و با جذب بیشتر آب و حفظ حالت استحکام یاخته‌ای، قطر گل کمتر دچار تغییر شده است (۱۰). تیمار پیش از برداشت گل‌های رز با سالیسیلیک اسید موجب افزایش قطر گل‌های بریده شد (۲). در

پژوهشی دیگر نیز سالیسیلیک اسید موجب حفظ قطر گل و عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده ژبراً گردید (۱۸). همچنین گزارش شده است که سالیسیلیک اسید موجب افزایش قطر گلچه‌های گل لیلیوم شد (۲۷).

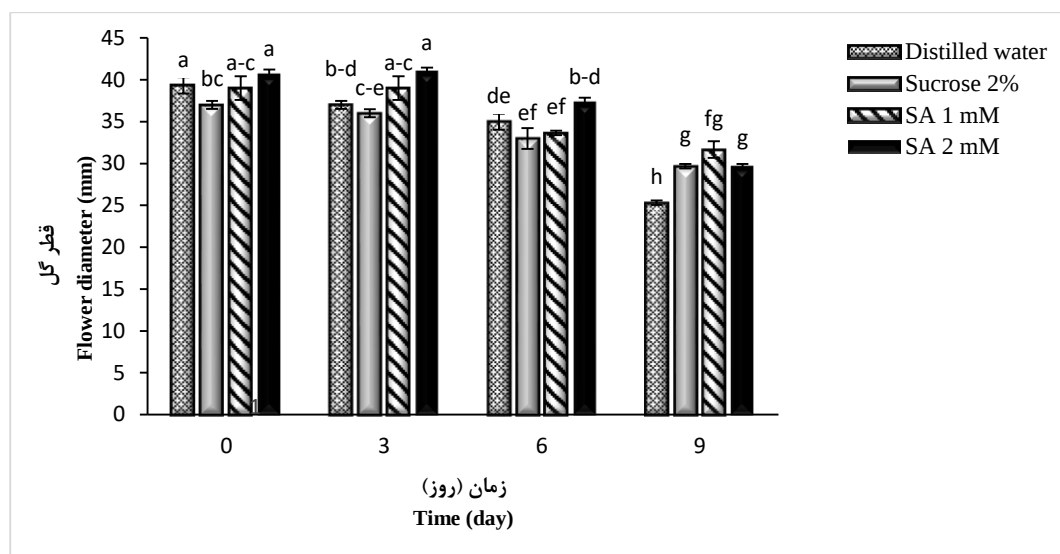


Fig. 6. The interaction of storage time and salicylic acid on the flower diameter of 'Shahla' Narcissus cut flowers. شکل ۶- برهمکنش زمان نگهداری و سالیسیلیک اسید بر قطر گل شاخه بریده نرگس رقم 'شاهلا'.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌ها نشان داد سالیسیلیک اسید در غلظت ۱ میلی‌مولار با حفظ پایداری غشا یاخته‌ای، ممانعت از فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز و همچنین حفظ رطوبت نسبی گلبرگ، منجر به کاهش فرایند قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ گلبرگ‌ها و حفظ کیفیت در گل شاخه بریده نرگس می‌شود.

References

منابع

- Adhikary, T., P.S. Gill, S.K. Jawandha, R.D. Bhardwaj, and R.K. Anurag. 2020. Browning and quality management of pear fruit by salicylic acid treatment during low temperature storage. J. Sci. Food Agr. 101(3):853-862.
- Alaey, M., M. Babalar., R. Naderi and M. Kafi. 2011. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. Postharvest Biol. Technol. 61(1): 91-94.
- Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. J. Agron. 23(1): 112-121.
- Bhattacharjee, S.K. and B.K. Banerji. 2010. The complete book of roses. Aavishkar Publishers. Distributors.
- Chakrabarty, D., A. K. Verma and S. K. Datta. 2009. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in *Heimerocallis* (day lily) flowers. J. Hort. For. 1(7): 113-119.
- Chance, B. and C. Maehly. 1995. Assay catalase and peroxidase. Meth. Enzymol. 11: 764-775.
- Chen, Z., C. Zhub, Y. Zhang, D. Niub and J. Du. 2010. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). Postharvest Biol. Technol. 58:232-238.
- Cocetta, G. and A. Ferrante. 2018. Postharvest application of hydrogen peroxide and salicylic acid differently affects the quality and vase life of cut rose (*Rosa hybrida* L.) petals and leaves. Adv Hort. Sci. 32(3): 371-378.
- Duan, X., X. Su, Y. You, H. Qu, Y. Li and Y. Jiang. 2007. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. Food Chem. 104(2): 571-576.
- Gerailoo, S., M. Ghasemnezhad and M. A. Shiri. 2014. Effect of short time treatment of salicylic acid in delaying flowers senescence in cut rose (*Rosa hybrida*) cv. Yellow Island. Plant Sci. J. (Iranian Journal of Biology). 27(2): 299-309. (In Persian)
- Ghadimian, S. and E. Danaei. 2020. Influences of ascorbic acid and salicylic acid on vase life of cut flowers rose (*Rosa hybrida* cv. Black Magic). ALKHAAS; J. Agr. Biol. Envir. St. 2(1): 1-6.

12. Ghalamboran, M. R., F. Bernard and M. Abdollahi. 2020. Lifespan of cut flowers of gerbera under thyme essence and salicylic acid effects. *CMR (Iranian Journal of Biology)*. 33(3): 377-391. (In Persian)
13. Granato, D. and M.L. Masson. 2010. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. *Food Sci. Technol.* 30(4): 1090-1096.
14. Hadian-Deljou, M. and H. Sarikhani. 2013. Effect of salicylic acid on maintaining post-harvest quality of apple cv. 'Golabe-Kohanz'. *J. Crop Improv.* 14(2): 71-82. (In Persian)
15. Hassan, F.A.S. and E.F. Ali. 2014. Protective effects of 1-methylcyclopropene and salicylic acid on senescence regulation of gladiolus cut spikes. *Sci. Hort.* 179: 146-152.
16. Hatamzadeh, A., M. Hatami and M. Ghasemzadeh. 2012. Efficiency of salicylic acid delay petal senescence and extended quality of cut spikes of *Gladiolus grandiflora* cv Wing's sensation. *Afr. J. Agr.* 7: 540-545.
17. He, S., D.C. Joyce, D.E. Irving and J.D. Faragher. 2006. Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yullo' inflorescences. *Postharvest Biol. Technol.* 41(1): 78-84.
18. Jamshidi, M., E. Hadavi and R. Naderi. 2012. Effects of salicylic acid and malic acid on vase life and bacterial and yeast populations of preservative solution in cut gerbera flowers. *Int. J. Agr. Sci.* 2(8): 671-674.
19. Kar, M. and D. Mishra. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiol.* 57: 315-319.
20. Kazemi, M. and A. Ameri. 2012. Response of vase-life carnation cut flower to salicylic acid, silver nanoparticles, glutamine and essential oil. *Asian J. Animal Sci.* 6(3): 122-131.
21. Kazemi, M. and K. Shokri. 2011. Role of salicylic acid in decreases of membrane senescence in cut lisianthus flowers. *World Appl. Sci. J.* 13(1): 142-146.
22. Kazemi, M., V. Abdossi, S. Kalateh Jari and A.R. Ladan Moghadam. 2018. Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on physio-chemical attributes in relation to the vase life of cut rose flowers. *J. Hort. Sci. Biotech.* 93(1): 81-90.
23. Li, J., G. Ma, L. Ma, X. Bao, L. Li, Q. Zhao and Y. Wang. 2018. Multivariate analysis of fruit antioxidant activities of blackberry treated with 1-methylcyclopropene or vacuum precooling. *Int. J. Anal. Chem.* Volume 2018 |Article ID 2416461.
24. Lo'ay, A.A. and M.A. Taher. 2018. Influence of edible coatings chitosan/PVP blending with salicylic acid on biochemical fruit skin browning incidence and shelf life of guava fruits cv. 'Banati'. *Sci. Hort.* 235: 424-436.
25. Mazhari, N. 2004. Flora of Iran (Ixoliiriaceae and Amaryllidaceae) Nos. 46 and 47. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
26. Mei-hua, F., W. Jian-xin, S. Ge, S. Li-na and L. Ruo-fan. 2008. Salicylic acid and 6-BA effects in shelf-life improvement of *Gerbera jamesonii* cut flowers. *Northern Hort.* 8: 117-20.
27. Mortazavi, SN., V. Karimi and MH. Azimi. 2015. Pre-harvest foliar application of humic acid, salicylic acid and calcium chloride to increase quantitative and qualitative traits of *Lilium longiflorum* cut flowers. *J. Sci. Technol. Green. Cult.* 6(23): 37-46. (In Persian with English abstract)
28. Peng, L. and Y. Jiang. 2006. Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. *Food Chem.* 94: 535-540.
29. Ramezani, A., R. Dadgar and F. Habibi. 2018. Postharvest attributes of "Washington Navel" orange as affected by preharvest foliar application of calcium chloride, potassium chloride, and salicylic acid. *Int. J. Fruit Sci.* 18(1): 68-84.
30. Rhim, J.W., Y. Wu, C.L. Weller and M. Schnepf. 1999. Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and propyleneglycol alginate. *J. Food Sci.* 64(1): 149-152.
31. Richard-Forget, F. C. and F. A. Gauillard. 1997. Oxidation of chlorogenic acid, catechins, and 4-methylcatechol in model solutions by combinations of pear (*Pyrus communis* cv. Williams) polyphenol oxidase and peroxidase: a possible involvement of peroxidase in enzymatic browning. *J. Agr. Food Chem.* 45(7): 2472-2476.
32. Saeed, T., I. Hassan, N.A. Abbasi and G. Jilani. 2016. Antioxidative activities and qualitative changes in gladiolus cut flowers in response to salicylic acid application. *Sci. Hort.* 210: 236-241.
33. Shabanian, S., Esfahani, M.N., Karamian, R., and Tran, L. (2018). Salicylic acid modulates cutting-induced physiological and biochemical responses to delay senescence in two gerbera cultivars. *Plant Growth Regul.* 87, 245-256.
34. Siddiqui, M.W., J.F.A. Zavala and C.A.A. Hwang eds. 2016. Postharvest management approaches for maintaining quality of fresh produce. Switzerland: Springer International Publishing.
35. Singh, A., J. Kumar and P. Kumar. 2008. Effects of plant growth regulators and sucrose on postharvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. *Plant Growth Regul.* 55:221-229.
36. Singh, B., K. Suri, K. Shevkani, A. Kaur, A. Kaur and N. Singh. 2018. Enzymatic browning of fruit and vegetables: a Review. In *Enzymes in food technology* (pp. 63-78). Springer, Singapore.
37. Zencirkiran, M. 2010. Effects of 1-MCP (1methylcyclopropene) and STS (silver thiosulphate) on the vase life of cut Freesia flowers. *Sci. Res. Essays.* 5(17): 2409-2412.

38. Zhang, Z.K., D.J. Huber, H.X. Qu, Z. Yun, H. Wang, Z.H. Huang, H. Huang and Y.M. Jiang. 2015. Enzymatic browning and antioxidant activities in harvested litchi fruit as influenced by apple polyphenols. Food Chem. 171:191–199.
39. Zhou, D., L. Li, Y. Wu, J. Fan and J. Ouyang. 2015. Salicylic acid inhibits enzymatic browning of fresh-cut Chinese chestnut (*Castanea mollissima*) by competitively inhibiting polyphenol oxidase. Food Chem. 171: 19-25.

The Effect of Salicylic Acid on Reducing Browning and Maintaining the Quality of *Narcissus tazetta* L. 'Shahla' Cut Flowers

G. Heidari krosh and S. Rastegar*¹

Rapid wilting and browning of the petals are some of the most important factors limiting postharvest life of *Narcissus tazetta* cut flowers. The present study was conducted to investigate the effects of salicylic acid on the postharvest quality of narcissus cut flowers (cv. Shahla) based on a factorial completely randomized design with three replications. Cut flowers were treated with salicylic acid (SA) at two levels (1 and 2 mM) for 18 hours (pulsing) and transferred to containers with 2% sucrose at 20 ± 2 °C and 60-70% relative humidity. The control treatments were 2% sucrose solution and distilled water. Different traits of samples were evaluated during 0, 3, 6, 9 days after treatment. The lowest PPO and POD enzymes activity and percentage of browning were observed using 1 mM SA compared to distilled water and sucrose controls. Moreover, this treatment resulted in the lowest color changes (ΔE), the highest color brightness of the petals (L^*), the highest flower quality, and maximum relative water content. The flower stem chlorophyll content was not affected by SA. In general, it can be concluded that 1 mM SA can play an effective role in controlling the polyphenol oxidase and browning of the narcissus cut flowers during postharvest.

Keywords: Color, Enzyme, Postharvest, Sucrose.

1. M.Sc. Student and Associate Professor of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

* Corresponding author, Email: (rastegarhort@gmail.com).