مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۴ شماره ۱ صفحه‌های ۲۷ تا ۴۲ (۱۴۰۲)
مقاله پژوهشی

# اثرات کاربرد پس از برداشت نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گل شاخه بریدنی داوودی[1]

# Effects of Postharvest Nano Calcium and Benzyl Adenine Application on Physicochemical Properties of Chrysanthemum Cut Flowers

**راضیه محمودزهی، رسول اعتمادی‌پور* و نیره قربانی[2]**

## چکیده

گل داوودی یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی در عرصه جهانی به‌شمار رفته و بررسی‌ها در حوزه پس از برداشت این گل ارزشمند، سبب افزایش کیفیت و بازارپسندی آن خواهد شد. در این پژوهش، اثر محلول‌های نگهدارنده حاوی نانوکلسیم (۰، ۲ و ۴ گرم در لیتر) و بنزیل آدنین (۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) و اثر ترکیبی دو تیمار در آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با سه تکرار برای حفظ کیفیت پس از برداشت گل شاخه بریده داوودی در دمای محیط ( ۲ ± ۲۰ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بررسی شد. از میان تیمارهای مورد آزمایش، تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سبب حفظ بازارپسندی بیشتر در گل شاخه بریدنی داوودی از طریق کاهش وزن کمتر و جذب آب بالاتر گردید. تیمار با غلظت ۴ گرم در لیتر نانوکلسیم ۶۶ درصد اختلاف نسبت به شاهد جمعیت باکتری کمتری را نشان داد و ترکیب آن با بنزیل آدنین اثرات مثبتی برحفظ رنگدانه‌های اصلی فتوسنتز، مقدار فنول و فلاونوئید را سبب شد. به‌طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، تیمار ترکیبی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین و ۴ گرم در لیتر نانوکلسیم در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها جهت حفظ کیفیت و همچنین افزایش ماندگاری پس از برداشت گل شاخه بریدنی داوودی توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پس از برداشت، گل شاخه بریدنی، داوودی، نانوکلسیم، بنزیل‌آدنین

## مقدمه

گل داوودی با نام علمی *Dendranthema × grandiflorum* متعلق به تیره کلاپرک سانان و یکی از زیباترین گیاهان تجاری گلدار برای استفاده به عنوان گل بریدنی، ساخت حلقه گل و همچنین گل زینتی باغچه‌ای و گلدانی می‌باشد (۱۹). این گیاه به دلیل داشتن تنوع زیاد در رنگ و شکل محبوبیت فوق العاده‌ای در بین گل‌های زینتی به دست آورده است. گل داوودی از نظر حجم تولید و تجارت در بازار بین‌المللی گل، دارای مقام سوم (پس از رز و میخک) بوده و در بین گیاهان گلدانی در رتبه پنجم بازار گل قرار دارد (۴۵). از آنجایی که عمر گلجای گل‌های بریده یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی به حساب می‌آید، بنابراین عمر طولانی مدت این گل‌ها روی میزان تقاضای مصرف‌کنندگان و همچنین روی ارزش گل‌های بریده تاثیر بسزایی دارد (۴۲).

---

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۵

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان و دانشجوی دکتری اصلاح و فیزیولوژی گیاهان زینتی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (retemadypoor@hormozgan.ac.ir).

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، ترکیب‌هایی هستند که در مقادیر جزئی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان را تغییر داده و در نهایت عملکرد و کیفیت آن‌ها را بهبود می‌بخشند (۴۳). امروزه با پیشرفت بررسی‌های مرتبط و نیاز صنعت به محصولات با کیفیت‌تر، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی درحال تبدیل شدن به یک روش معمول در محصولات کشاورزی می‌باشد. ترکیب‌های گفته‌شده با توجه به غلظت مورد استفاده و ویژگی‌های گیاه مورد نظر، می‌توانند به عنوان عامل بازدارنده یا تسریع‌کننده فعالیت‌های فیزیولوژیکی عمل کنند (۴۵). از جمله گروه‌های اصلی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌توان به سیتوکینین‌ها اشاره کرد. سیتوکینین‌ها گروه بزرگی از هورمون‌های گیاهی بوده و در تعداد زیادی از گیاهان، سیتوکینین به صورت طبیعی شناخته شده است. این ترکیب‌ها در تنظیم فرآیندهای رشد و توسعه گیاه شامل تقسیم یاخته‌ای، تمایز، افزایش گسترش برگ و تحرک مواد غذایی در گیاهان زینتی نقش دارد (۳۷). در این گروه بنزیل آدنین یکی از فعال‌ترین سیتوکینین‌ها است (۴). به‌تازگی بنزیل آدنین به عنوان یکی دیگر از منابع حفظ یا افزایش کیفیت گیاهان زینتی مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از این تنظیم کننده برای تسریع در شکوفایی و افزایش تعداد گل‌های لیلیوم[۱] (۲۱)، حفظ کیفیت پس از برداشت و افزایش میزان جذب آب در گل آنتوریوم[۲] و همچنین گل رز مینیاتوری[۳] (۳۳، ۴۴) ، ماندگاری گل و پایداری غشاء خوشه‌های گلایل[۴] (۴۶) و کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیده کننده در برگ هوستا[۵] (۳۶) گزارش شده است. از طرف دیگر کاربرد قبل از برداشت بنزیل آدنین باعث افزایش طول ساقه گل‌دهنده، قطر گل، تعداد گل‌ها و تسریع شکوفه‌دهی در گل‌های نرگس شده است (۳۱) و همچنین توانست پارامترهایی مانند وزن برگ، تعداد برگ، سطح برگ و قطر ساقه را در گیاه کروتون[۶] تحت تاثیر قرار دهد (۴۸).

کلسیم یکی از عناصری است که با تاخیر در پیری و حفظ کیفیت گل‌های بریدنی، نقش مهمی در عمر پس از برداشت آن‌ها ایفا می‌کند. گزارش شده است که کلسیم، این عمل را از طریق تأثیر در مسیر تولید اتیلن (۱۵) و کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره یاخته‌ای نظیر پکتین متیل استراز، پکتیناز و پلی گالاکتوروناز (۵۴) با اتصال به اسید پکتیک آن‌ها (۳۴) اعمال می‌کند. نتایج بررسی اِعمال کلرید کلسیم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزولوژیک گل مریم نشان داد که کاربرد کلرید این عنصر سبب کاهش میزان تولید اتیلن می‌گردد (۳). کاربرد قبل از برداشت نانوکربنات کلسیم در گل شاخه بریدنی ژربرا سبب افزایش عمرپس از برداشت و افزایش رنگدانه‌های اصلی فتوسنتزی گردیده است (۲۹). یکی از فناوری‌های جدیدی که به‌تازگی در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته، فناوری نانو است که در حقیقت، به عنوان یک فناوری قدرتمند جدید باعث بیشترین تغییرات کشاورزی مانند حفظ کیفیت می‌شود. کودهای نانو در مقایسه با کودهای معمولی می‌توانند مزایای زیادی ایجاد کنند. ترکیب‌ها در مقیاس نانو منجر به افزایش نسبت سطح به حجم می‌شود که معمولاً با کاهش اندازه ذرات اتفاق می‌افتد و در نتیجه فعالیت ذرات در مقایسه با سایر ترکیب‌ها افزایش یافته و اثربخشی آن‌ها افزایش می‌یابد (۲۶). با استفاده از نانو ذرات و نانو پودرها می‌توان کاربرد کودها را کنترل شده و آزادسازی عناصر را با تاخیر زمانی مطلوبی فراهم کرد(۷). با توجه به بررسی‌های انجام شده و در راستای رسیدن به بهترین تیمار جهت بهبود عمر گلجای گل داوودی پژوهش حاضر با محوریت کاربرد غلظت‌های مختلف نانوکلسیم و بنزیل آدنین در دمای محیط انجام شد.

## مواد و روش‌ها

در دی ماه سال ۱۳۹۹ گل‌های شاخه بریدنی داوودی رقم استاندارد (زرد) با کیفیت و عاری از هر گونه آلودگی ظاهری در مرحله‌ای که گلبرگ‌های بیرونی به‌طورکامل طویل شده بودند، از گلخانه‌ای واقع در شهرستان کرج، استان البرز برداشت شد و بلافاصله برای انجام تیمار و ارزیابی ویژگی‌های به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، انتقال داده شد. شاخه‌های گل داوودی به طول ۵۰ سانتی‌متر به‌صورت مورب در آب مقطر ۳۷ درجه سلسیوس بازبرش و همه برگ‌ها تا گره چهارم از پایین حذف گردیدند. اجرای تیمارها در دو مرحله انجام گرفت، به این صورت که در مرحله اول، گل‌ها به سه گروه ۷۲ تایی تقسیم و به مدت ۲۴ ساعت به ترتیب در آب مقطر، محلول نانوکلسیم (نانو کربنات کلسیم) دو و چهار گرم در لیتر (شرکت خضرا، ایران) قرار گرفتند (تیمار کوتاه مدت). سپس در مرحله‌ی دوم، هر گروه ۷۲ تایی تیمار شده با نانوکسیم به

---

۱- *Lilium spp.* ۲- *Anthurium andraeanum* ۳- Miniature Roses ۴- Gladiolus ۵- Hosta
۶- *Codiaeum variegatum*



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

سه زیر گروه ۲۴ تایی تقسیم گردید و دو گروه با استفاده بنزیل‌آدنین (شرکت مرک، آلمان) با غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر با استفاده از یک محلول‌پاش دستی به صورت افشانه روی تمام قسمت‌های گل تیمار گردید و زیر گروه سوم تیماری دریافت نکرد. در نهایت گل‌های هر زیرگروه به چهار دسته شش‌تایی (چهار زمان نگهداری، سه تکرار و دو گل در هر تکرار) تقسیم و به ظروف حاوی ساکارز سه درصد به‌عنوان محلول نگهدارنده منتقل گردیدند نمونه‌های قرار گرفته در آب مقطر و بدون تیمار بنزیل آدنین به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند. در طول دوره آزمایش به منظور جلوگیری از انسداد آوندی هر چهار روز یک‌بار، عمل باز برش انتهای ساقه به اندازه یک سانتی‌متر درون آب ۳۷ درجه سلسیوس صورت گرفت. شرایط محل آزمایش شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود که توسط نور لامپ‌های فلورسنت سفید تأمین شد. شدت نور ۱۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، دمای اتاق ۲ ± ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی نیز بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بود.

به منظور تعیین اثر تیمارها ارزیابی اولیه ویژگی‌های گل ۲۴ ساعت بعد از اعمال تیمار انجام شد. در ادامه به منظور ارزیابی ویژگی‌های گل طی دوره نگهداری، نمونه‌ها در روزهای ۴، ۸ و ۱۲ نگهداری در دمای محیط از نظر کاهش وزن، جذب آب، نشت الکترولیت، میزان کلروفیل‌ها، محتوای فنول، فلاونوئیدکل و کاروتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گلبرگ، تعداد باکتری در محلول نگهدارنده و بازارپسندی اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفتند.

## کاهش وزن و جذب آب

برای اندازه گیری درصد کاهش وزن، گل‌های موجود در هر واحد آزمایشی بعد از اعمال تیمار به وسیله ترازو وزن شدند (وزن اولیه) و سپس در روزهای۴، ۸ و ۱۲ دوباره وزن شدند و در نهایت با توجه به میزان وزن اولیه، وزن ثانویه و وزن بازبرش‌های انجام شده در طی عمر گلجایی، درصد کاهش وزن به ازای هر شاخه گل طبق رابطه زیر محاسبه شد:

درصد کاهش وزن = [(وزن اولیه /((وزن بازبرش‌ها + وزن ثانویه)- وزن اولیه)] × ۱۰۰

همچنین حجم آب جذب شده به روش اندازه‌گیری تفاوت کاهش حجم محلول در ظرف فاقد گل و ظروف حاوی گل اندازه‌گیری شد (۴۹).

## شمارش باکتری درمحلول نگهدارنده

جهت ارزیابی میزان باکتری‌های موجود در محلول نگهدارنده گل‌ها (بدون تفکیک نوع)، یک میلی‌گرم در لیتر از حجم محلول موجود را با استفاده از پیپت یک میلی‌لیتر برداشته و جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Cecil ساخت انگلستان) در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت با در نظر گرفتن عدد خروجی اسپکتروفتومتر به عنوان عدد جذب میزان باکتری‌های موجود در محلول نگهدارنده طبق رابطه‌ی زیر محاسبه شد (۱۳).

جمعیت باکتری = عدد جذب× ۰/۸ ×$۱۰^{۹}$

## نشت الکترولیت

برای اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت (پایداری غشاء)، ۰/۱ گرم از بافت گلبرگ در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از سرد شدن میزان هدایت الکتریکی اولیه نمونه‌ها با استفاده دستگاه EC متر(مدل Weilheim ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه درحمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و میزان هدایت الکتریکی ثانویه اندازه‌گیری شد. درجه شاخص پایداری غشا با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

درصد نشت یونی= (هدایت الکتریکی ثانویه/ هدایت الکتریکی اولیه)×۱۰۰

## کلروفیل و کاروتنوئید

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید، نیم گرم از بافت گلبرگ همراه با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شده و پس از هموژنیزه شدن به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ (مدل Micro R ,220 آلمان) شد. سپس فاز رویی جدا شده و حجم آن با استون ۸۰ درصد به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه میکروپلیت ریدر (مدلEpoch ساخت آمریکا) در طول موج‌های ۶۴۶ ، ۶۶۳، ۵۱۰ و ۴۸۰ نانومتر قرائت گردید و نهایتاً غلظت کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد (۲۵).

Chl a= [(12.25×A663 ) - (2.69×A645)]×V/W



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

Chl b= [(20.31× A645) - (4.91×A663)] ×V/W

Chl total= [(20.20×A645) + (8.02×A663)]×V/W

Carotenoid= [(7.6×A480) – (1.49×(A510)] ×V/W

**محتوای فنول کل**

محتوای فنول کل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتیو و با استفاده از روش اندازه‌گیری Singleton and Rossi (۱۹۶۵) اندازه‌گیری شد. نیم گرم از بافت گلبرگ با سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد هموژنیزه شد و سپس ۳۰۰ میکرولیتر از محلول با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) ترکیب گردید. پس از گذشت پنج دقیقه، ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن اضافه گردید و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه میکروپلیت ریدر (مدلEpoch ساخت آمریکا) در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و با منحنی استاندارد اسید گالیک، محتوای فنول کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن‌تر محاسبه گردید (۴۷).

**فلاونوئید کل**

برای تعیین مقدار فلاونوئید کل، از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد (۸). نیم گرم از بافت گلبرگ با سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد هموژنیزه و سانتریفیوژ گردید. هر کدام از عصاره‌های گیاهی به‌صورت جداگانه با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم (۱۰ درصد)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (یک مولار) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر با دستگاه میکروپلیت ریدر اندازه‌گیری شد و با منحنی استاندارد کوئرستین، محتوای فلاونوئید کل براساس میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن‌تر محاسبه گردید.

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش Brand-Williams و همکاران (۶) انجام شد که این روش مبتنی بر به دام‌اندازی میزان رادیکال‌های آزاد ماده ۲ و ۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل با استفاده از عوامل آنتی اکسیدانی می‌باشد که سبب کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر می‌شود. در این روش برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ۳۰ میکرولیتر از عصاره متانولی بافت گلبرگ با ۲۷۰ میکرولیتر ۲ و ۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (۰/۱ میلی‌مولار) مخلوط و توسط تکان‌دهنده انگشتی به هم زده شد. سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت و جذب نمونه‌ها با استفاده از میکروپلیت ریدر (مدلEpoch ساخت آمریکا) در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

۱۰۰×[ جذب کنترل/(جذب نمونه- جذب کنترل)]= (٪) فعالیت آنتی‌اکسیدانی

**بازار پسندی**

بازار پسندی گل‌ها بر اساس شاخص‌های ظاهری رنگ گل، درجه پژمردگی، خمیدگی ساقه و مقدار ریزش گلبرگ‌ها توسط ۱۰ نفر ارزیاب با استفاده از درجه‌بندی و امتیازدهی به صورت عددی به طوری‌که صفر کمترین بازارپسندی و ۱۰ بالاترین بازار پسندی را داشته است، مورد بررسی قرار گرفت.

**واکاوی آماری داده‌ها**

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه عامل شامل نانوکلسیم (۰، ۲ و ۴ گرم در لیتر)، بنزیل آدنین (۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) و دوره نگهداری (۱، ۴، ۸ و ۱۲ روز) با سه تکرار و تعداد ۲ شاخه گل در هر تکرار اجرا گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گردید. مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز داده‌های بازارپسندی با آزمون رتبه بندی فریدمن با نرم افزار SPSS نسخه (IBM SPSS Statistics 26) انجام گردید.

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

# نتایج و بحث

## تغییرات وزن و جذب آب

بررسی نتایج نشان داد تنها اثر ساده دوره نگهداری و برهمکنش بنزیل آدنین و نانوکلسیم بر تغییرات وزن و جذب آب در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. مقدار تغییرات وزن و جذب آب در طی دوره نگهداری روند افزایشی را نشان داد (شکل ۱ الف و ج) و همانطور که در شکل ۱-ب نشان داده شده است نمونه‌های تیمار شده با بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با اختلاف ۱۲ درصدی با نمونه شاهد کمترین کاهش وزن را نشان داد. در ارتباط با پارامتر جذب آب تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و نانوکلسیم ۴ گرم در لیتر به تنهایی بالاترین جذب را نشان دادند (شکل ۱-د).

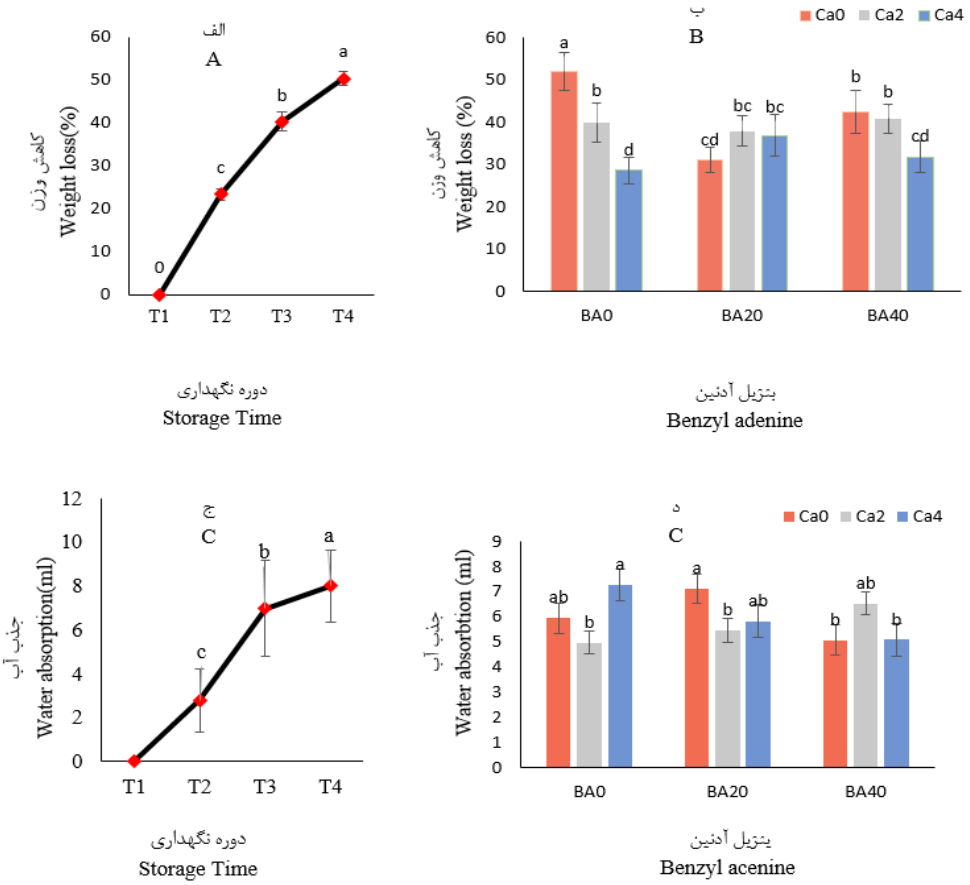


Fig. 1. Simple effect of Nano calcium storage period in benzyl adenine on weight loss (A and B) and water absorption (C and D) in chrysanthemum cut flowers stored at ambient temperature. The storage period consists of four times: day one (T1), day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4). Nano-calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Benzyl adenine contains three concentrations: zero (BA0), 20 mg $L^{-1}$ (BA20) and 40 mg $L^{-1}$ (BA40). Similar letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The vertical index above the columns represents a standard deviation.

شکل ۱- اثر ساده دوره نگهداری و متقابل نانوکلسیم در بنزیل آدنین بر میزان کاهش وزن (الف و ب) و جذب آب (ج و د) در گل شاخه بریدنی داوودی نگهداری شده در دمای محیط. حروف همسان نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد. شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است. دوره نگهداری شامل چهار زمان: روز اول (T1)، روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4). نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4). بنزیل آدنین شامل سه غلظت: صفر (BA0)، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (BA20) و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (BA40).

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

اهمیت محتوای آب گل شاخه بریدنی در حفظ کیفیت و عمر گلجایی گل‌های بریده غیرقابل انکار می‌باشد. تنظیم اسمزی و پایداری دیواره یاخته‌ای می‌تواند سبب افزایش محتوای نسبی آب گل شاخه بریدنی گردد (۲). با توجه به بررسی منابع سیتوکینین نقش مهمی در حفظ نفوذپذیری غشا و تعادل آب دارد (۵). یون کلسیم نیز با تاثیر بر مکانیسم باز و بسته شدن روزنه‌ها بر کاهش تبخیر و تعرق نقش موثری دارد (۲۷،۳۹) گزارش شده که کاربرد بنزیل آدنین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر میزان جذب آب را در گل مریم در مقایسه با شاهد افزایش داد که این افزایش جذب، می‌تواند در نتیجه تجزیه بیشتر ساکارز موجود در گلبرگ‌ها باشد که به موجب آن فشار اسمزی موجود در گلبرگ‌ها افزایش یافته و در نتیجه سبب جذب آب بیشتر و در نهایت موجب تورم یاخته‌ها و تورژسانس می‌گردد (۳۹).

## شمارش باکتری

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد تنها اثر ساده زمان انبارمانی و نانوکلسیم بر جمعیت باکتری‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همانطور که در شکل ۲- الف دیده می‌شود جمعیت باکتری‌ها در طی دوره نگهداری افزایش یافته است. مقایسه میانگین‌های کاربرد نانوکلسیم نشان داد که غلظت نانوکلسیم ۴ گرم در لیتر با ۶۶ درصد اختلاف نسبت به شاهد سبب کاهش جمعیت باکتری‌ها گردید (شکل ۲- ب). با گذشت زمان، جمعیت میکروبی در محلول نگهدارنده گل‌های بریده افزایش می‌یابد که این عامل می‌تواند دلیل مهمی بر کاهش عمر پس از برداشت گل‌های بریده باشد (۳۲). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، میزان میکروب‌ها در شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته که کاربرد تیمار نانوکلسیم به طور قابل ملاحظه‌ای جمعیت میکروبی را در مقایسه با شاهد کاهش داده است. هر چه اندازه دیواره یاخته‌ای از استحکام بیشتری برخوردار باشد، میزان مقاومت به آلودگی باکتری افزایش می‌یابد، پس از آنجایی که تیمار کلسیم در افزایش استحکام دیواره یاخته‌ای نقش دارد می‌تواند به طور غیر مستقیم از گسترش آلودگی باکتریایی جلوگیری به عمل آورد. مطابق با نتایج این پژوهش کاربرد تیمار نانو ذرات کلسیم، جمعیت میکروبی را در محلول نگهدارنده گل آلسترومریا در مقایسه با شاهد کاهش دادند (۴۱). همچنین در پژوهشی همسو، کاربرد کلرید کلسیم در قارچ تکمه‌ای سبب کاهش میزان جمعیت باکتری‌ها گردید (۳۸).

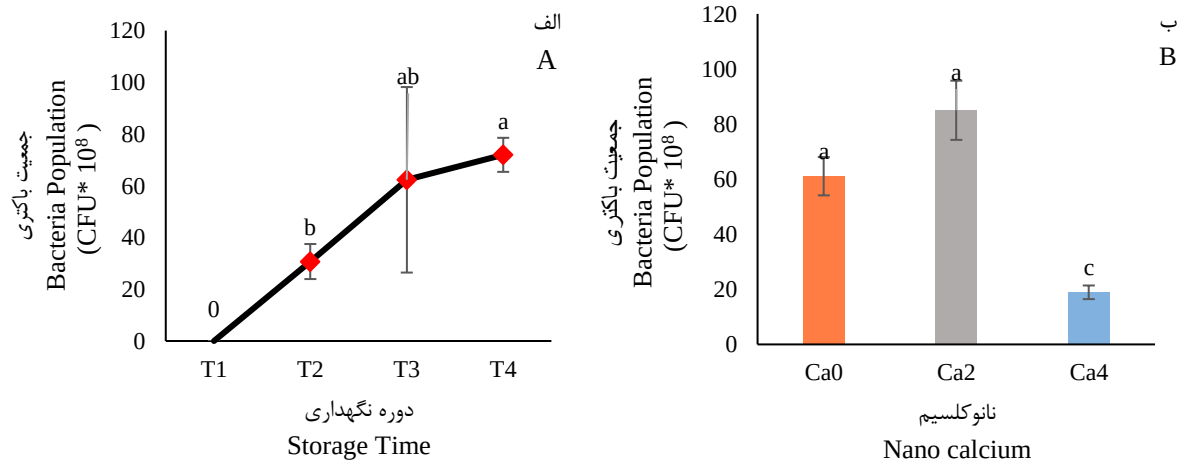


Fig. 2. Simple effect of storage period (A) and Nano calcium (B) on the number of bacteria in chrysanthemum cut flowers stored at ambient temperature. Storage period consists of three times: day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4). Nano-calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Similar letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The vertical index above the columns represents a standard deviation.

شکل ۲- اثر ساده دوره نگهداری (الف) و نانوکلسیم (ب) بر مقدار باکتری در گل شاخه بریدنی داوودی نگهداری شده در دمای محیط. دوره نگهداری شامل سه زمان: روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4). نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4).



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

**نشت الکترولیت**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها برهمکنش دوره نگهداری و نانوکلسیم و همچنین بنزیل آدنین و نانوکلسیم در سطح یک درصد بر مقدار درصد نشت الکترولیت معنی‌دار بوده است. همانطور که در شکل ۳- الف، نشان داده شده است کمترین مقدار نشت الکترولیت در طی دوره نگهداری در تیمار نانوکلسیم دو گرم در لیتر به دست آمده و همچنین مطابق با شکل ۳- ب، کمترین نشت الکترولیت در نمونه‌های تیمار شده با نانو کلسیم دو گرم در لیتر به دست آمد که با بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. شاخص ثبات غشای یاخته‌ای بیان‌کننده مقدار نشت الکترولیت در بافت‌ها می‌باشد و با افزایش دوره نگهداری، مقدار ثبات غشاء کاهش و نشت الکترولیت افزایش می‌یابد که پیری گل‌ها با این شاخص رابطه مثبت دارد. تجمع کلسیم در بافت‌های گیاهی سبب تقویت ارتباط پلیمری بین تیغه‌های میانی غشا شده که عامل استحکام شبکه دیواره یاخته‌ای است و نتیجه این عمل، افزایش مقاومت مکانیکی یاخته‌ها و کاهش نشت الکترولیت‌ها می‌باشد (۲۹). در پژوهشی مشابه، کاربرد نانو ذرات کلسیم در گل آلسترومریا سبب کاهش نشت الکترولیت گردید (۴۱). در این پژوهش همچنین کاربرد بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیترمقدار نشت الکترولیت را در مقایسه با شاهد کاهش داده گرچه این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود و هم‌راستا با نتایج این پژوهش، کاربرد بنزیل آدنین در گل میخک[۱] (۱۲) و گلایل[۲] (۴۸) مقدار نشت الکترولیت را کاهش داده است. همچنین کاربرد بنزیل آدنین در فلفل دلمه‌ای نشت الکترولیت را کاهش و پایداری غشا یاخته‌ای را بهبود بخشیده است (۵۱). چمنی و همکاران (۱۰)، با کاربرد بنزیل آدنین در گل شاخه بریدنی میخک بیان کردند این تیمار مقدار نشت الکترولیت را در مقایسه با شاهد کاهش داد.

**کلروفیل و کاروتنوئید**

بر اساس نتایج آنالیز واریانس تنها اثر ساده زمان انبارمانی و برهمکنش نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقدار کلروفیل a، b و کل در طول دوره نگهداری به ترتیب ۷۳/۱۲ ، ۷۹/۶۰ و ۷۷/۴۶ درصد کاهش را نسبت به زمان شروع نگهداری نشان داد (شکل ۴- الف-ج-و). همچنین برهمکنش دوگانه نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر مقدار کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار شد و گل‌های تیمار شده با نانوکلسیم دو گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین مقدار کلروفیل a، b و کل را نشان دادند (شکل ۴- ب-د-ه). از طرف دیگر، برهمکنش دوره نگهداری، نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر مقدار کاروتنوئید گل داوودی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در شروع دوره نگهداری، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت اما پس از ۴ روز نگهداری، مقدار کاروتنوئید در همه تیمارها روند افزایشی را نشان داد و در این زمان تیمار نانوکلسیم دو گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با افزایش تقریبا هفت برابری نسبت به زمان قبل، بالاترین مقدار کاروتنوئید را نشان داد. در ادامه روند کاهشی در مقدار کاروتنوئید مشاهده گردید و در انتهای دوره نگهداری تیمار شاهد در مقایسه با همه تیمارها مقدار کاروتنوئید کمتری را نشان داد اما این اختلاف تنها با تیمار نانوکلسیم ۴ گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر معنی‌دار بود (شکل ۵).

افزایش نسبت کروفیل a به b به دلیل تبدیل کلروفیل b به a بوده که نشان دهنده فعالیت بیشتر آنزیم‌های مسیر شکستن کلروفیل می‌باشد (۱۶). در این پژوهش بالاترین مقدار کلروفیل در تیمار نانوکلسیم دو گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد که به احتمال نشان دهنده کاهش فعالیت آنزیم‌های مسیر شکست کلروفیل در این تیمار است که می‌تواند به دلیل نقش سیتوکینین‌ها به‌عنوان یک عامل ضد اتیلن باشد که سبب تاخیر در پیری گلبرگ و حفظ کلروفیل می‌گردند (۳۰). نتایج این پژوهش هم‌راستا با نتایج پژوهش‌های پیشین بوده که نشان داده‌اند کاربرد سیتوکینین‌ها از فعالیت آنزیم‌های مسیر شکست کلروفیل جلوگیری می‌کند (۳۵). مطابق با نتایج این پژوهش کاربرد سیتوکنین‌ها در گل‌های شاخه بریدنی آلسترومریا[۲] (۱۸) و کاربرد بنزیل آدنین در لیلیوم، اطلسی (۴۰) و جعفری (۱۷) بوده که در آن‌ها نیز مقدار کلروفیل و کاروتنوئید بالاتر در مقایسه با شاهد نشان دادند. همچنین کاربرد سیتوکینین و کلسیم در گل رز[۲] نشان داد کاربرد همزمان این

---

۱- Dianthus

۲- Gladiolus

۱- Alstroemeria

۲- Rosa



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

تیمار سبب حفظ مقدار کلروفیل بیشتر در مقایسه با شاهد می‌گردد (۲۸). در راستا با نتایج به دست آمده در این پژوهش کاربرد نانو ذرات کلسیم درآلسترومریا مقدار کلروفیل بالاتری را در مقایسه با شاهد نشان داد (۴۱). کلسیم، با سازوکارهای متعددی در فرایند پیری و افزایش ماندگاری گل های بریده نقش دارد و یکی از این مکانیسم‌ها، اثر بازدارنده آن بر آنزیم ACC اکسیداز و به دنبال آن کاهش تولید اتیلن به وسیله گلبرگ‌ها می‌باشد که کاهش فعالیت آنزیم ACC اکسیداز با کاربرد نانو ذرات کلسیم در محلول نگهدارنده در گل آلسترومریا نشان داده شده است. از آنجا که اتیلن سبب تجزیه کلروفیل می‌شود، نانوذرات کلسیم به علت نقش ضد اتیلنی که دارند می‌توانند منجر به حفظ کلروفیل در گلبرگ‌های تیمار شده با این نانو ذرات شوند (۴۱).

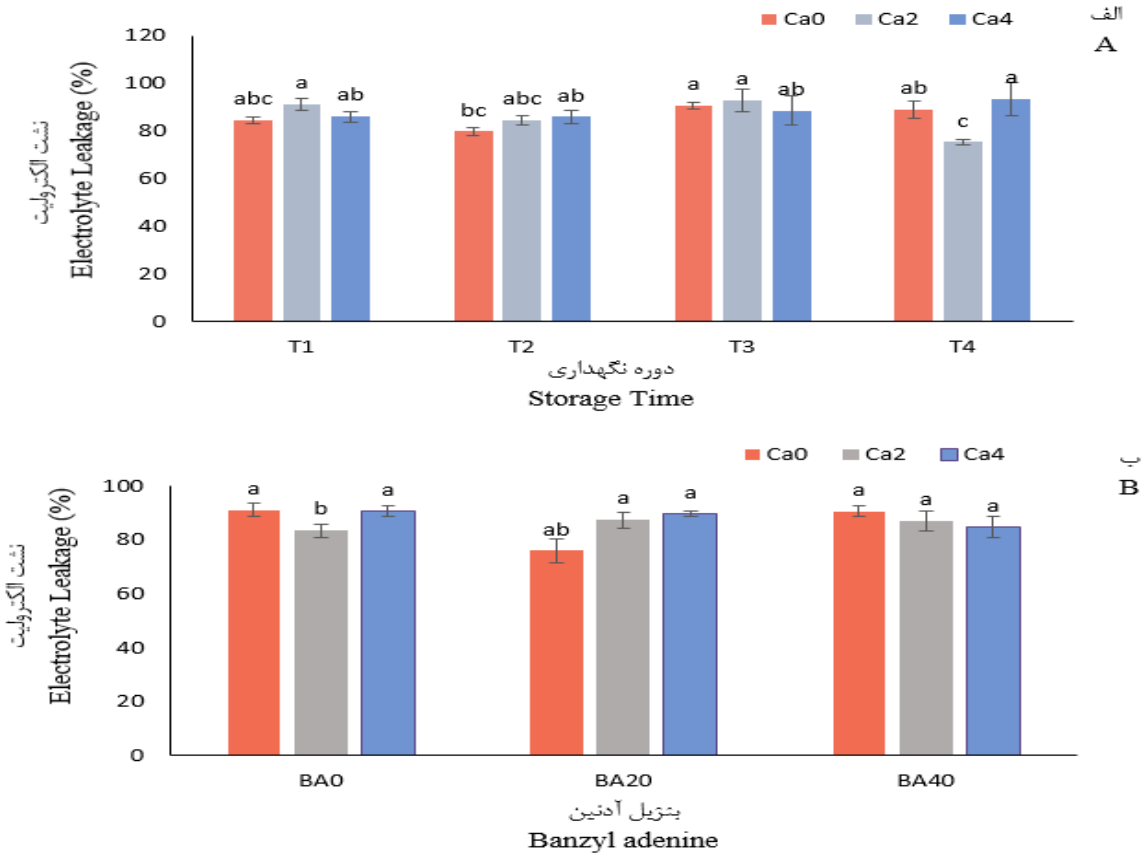


Fig.3. Effect of storage period and Nano calcium (a) and benzyl adenine in Nano calcium (B) on electrolyte leakage percentage in chrysanthemum cut flowers stored at ambient temperature. Matched letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The storage period consists of four times: day one (T1), day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4). Nano-calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Benzyl adenine contains three concentrations: zero (BA0), 20 mg $L^{-1}$ (BA20) and 40 mg $L^{-1}$ (BA40). Similar letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The vertical index above the columns represents a standard deviation.

شکل ۳- برهمکنش دوره نگهداری و نانوکلسیم (الف) و بنزیل آدنین در نانوکلسیم (ب) بر درصد نشت الکترولیت در گل شاخه بریدنی داوودی نگهداری شده در دمای محیط. حروف همسان نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد. شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است. دوره نگهداری شامل چهار زمان: روز اول (T1)، روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4). نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4). بنزیل آدنین شامل سه غلظت: صفر (BA0)، 20 میلی‌گرم در لیتر (BA20) و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (BA40).



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

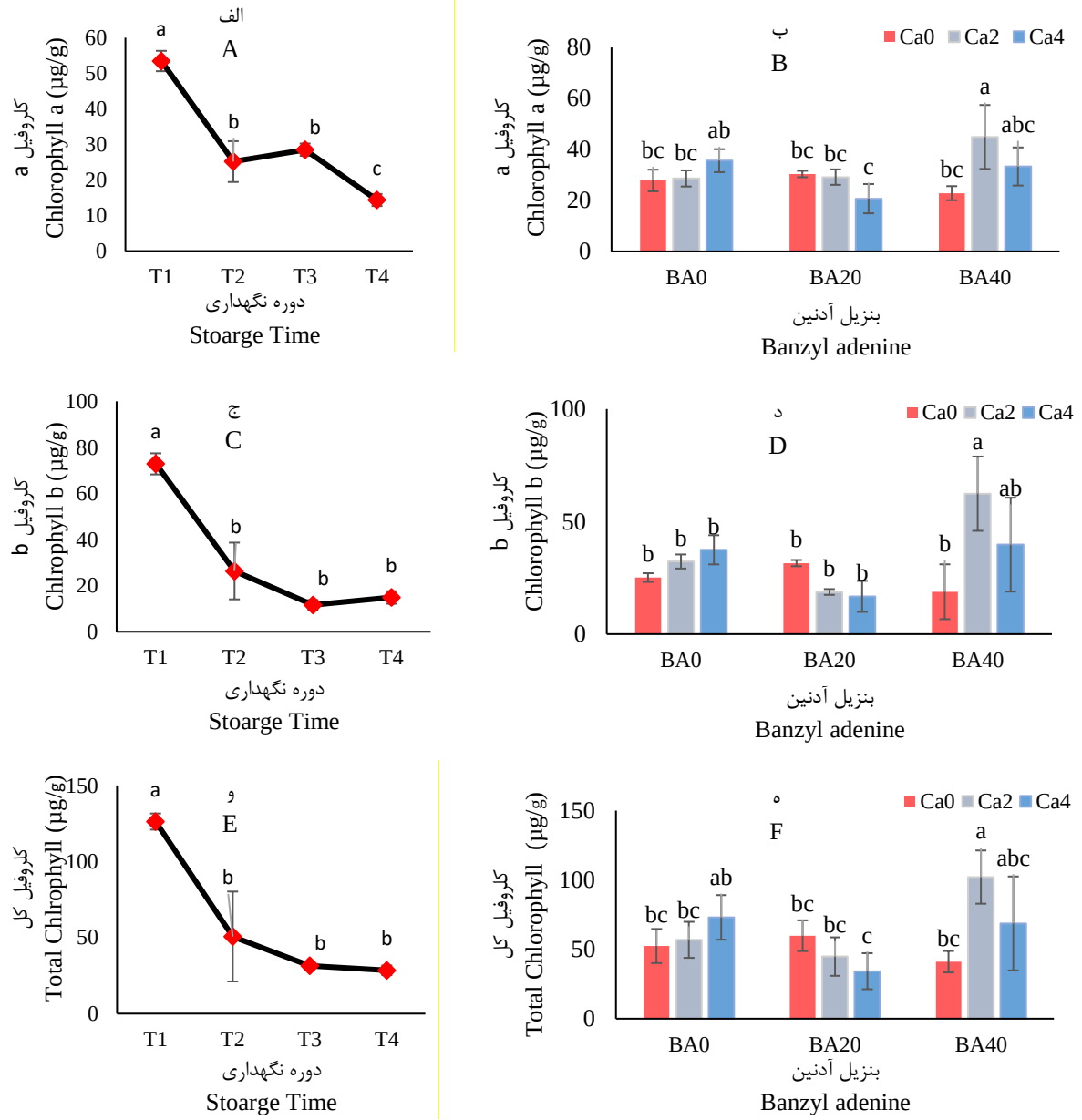


Fig.4. Simple effect of storage period (A-C-E) and interaction effect of Nano calcium in benzyl adenine (B-D-F) on the amount of leaf chlorophyll in chrysanthemum cut flowers stored at ambient temperature. Nano-calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Benzyl adenine contains three concentrations: zero (BA0), 20 mg $L^{-1}$ (BA20) and 40 mg $L^{-1}$ (BA40). The storage period consists of four times: day one (T1), day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4). Similar letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The vertical index above the columns represents a standard deviation.

شکل ۴- اثر ساده دوره نگهداری (الف-ج-و) و برهمکنش نانوکلسیم در بنزیل آدنین (ب-د-ه) بر میزان کلروفیل برگ در گل شاخه بریدنی داوودی نگهداری شده در دمای محیط. نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4). بنزیل آدنین شامل سه غلظت: صفر (BA0)، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (BA20) و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (BA40). دوره نگهداری شامل چهار زمان: روز اول (T1)، روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4).

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

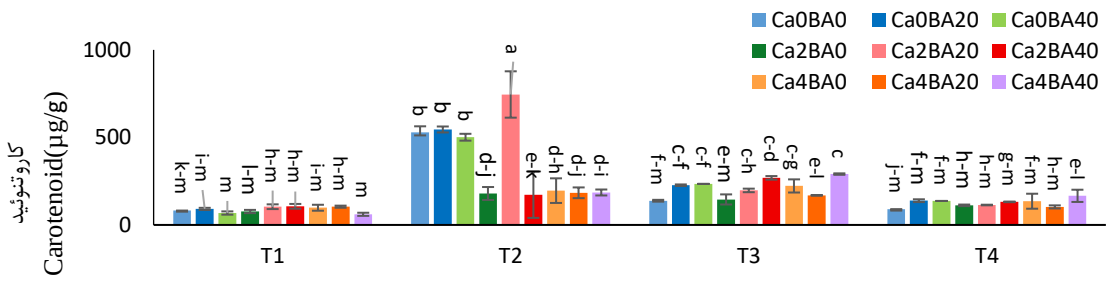


Fig.5. Effect of Nano calcium and benzyl adenine on the amount of leaf carotenoids in chrysanthemum cut flowers during storage at ambient temperature. The storage period consists of four times: day one (T1), day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4). Nano-calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Benzyl adenine contains three concentrations: zero (BA0), 20 mg $L^{-1}$ (BA20) and 40 mg $L^{-1}$ (BA40). Similar letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The vertical index above the columns represents a standard deviation.

شکل ۵- اثر نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر میزان کاروتنوئید برگ در گل شاخه بریدنی داوودی طی دوره نگهداری در دمای محیط. دوره نگهداری شامل چهار زمان: روز اول (T1)، روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4). نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4).بنزیل آدنین شامل سه غلظت: صفر (BA0)، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (BA20) و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (BA40). حروف همسان نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد. شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.

## محتوای فنول، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برهمکنش دوره نگهداری، نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر میزان فنول و فلاونوئید در سطح یک درصد معنی‌دار شد در حالیکه تنها اثر دوره نگهداری بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در زمان شروع بین تیمارها از نظر میزان فنول اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. پس از چهار روز نگهداری مقدار فنول در همه تیمارها کاهش یافت و در این زمان تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و شاهد با اختلاف ۱۲ درصدی به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان فنول را نشان دادند. در ادامه میزان فنول در تیمارهای فاقد نانوکلسیم و نانوکلسیم دو گرم در لیتر به تنهایی روند کاهشی و سایر نمونه‌های تیمارشده با نانوکلسیم روند افزایشی داشتند و در این زمان تیمارهای فاقد نانوکلسیم و نانوکلسیم دو گرم در لیتر بالاترین میزان فنول را نشان دادند. سرانجام در انتهای دوره نگهداری تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی و همراه با نانوکلسیم چهار گرم در لیتر و تیمار نانوکلسیم چهار گرم در لیتر + بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین میزان فنول را نشان دادند (شکل ۶- الف). همانطور که در شکل ۶-ب مشاهده می شود از نظر میزان فلاونوئید در زمان شروع دوره نگهداری بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. پس از چهار روز نگهداری همه تیمارها روند کاهشی را نشان دادند که این کاهش تنها در نمونه‌های تیمار شده با نانوکلسیم ۴ گرم در لیتر معنی‌دار بود. در روز ۱۴ نگهداری بالاترین مقدار فلاونوئید با ۳۴/۱۰، ۵۰/۸۰، ۳۸/۲۰، و ۳۷/۷۰ درصد اختلاف نسبت به شاهد به ترتیب در تیمارهای بنزیل آدنین ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، نانوکلسیم دو گرم در لیتر به تنهایی و همراه با بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده گردید. سرانجام در انتهای دوره نگهداری تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی با اختلاف ۱/۷۶ برابری نسبت به شاهد بالاترین میزان فلاونوئید را نشان داد. حداکثر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روز اول مشاهده شد و در ادامه مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی پس از چهار روز نگهداری کاهش یافت ولی در ادامه تا انتهای دوره نگهداری روند درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایشی بود (شکل ۶-ج). شایان ذکر است که بنزیل آدنین بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه را تحریک کرده که منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد و محتوای پلی‌فنول‌ها (از جمله فلاونوئیدها) را که به‌عنوان یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مؤثرند، افزایش می‌دهد (۲۰). کاربرد بنزیل آدنین در محیط کشت در غلظت پایین سبب فعال شدن مسیرهای ساخت و آنزیم‌های مربوط به تولید فنول و فلاونوئید می‌گردد و احتمالاً با تغییر غلظت تنظیم کننده‌های رشد، میزان فعالیت یا میزان تولید آنزیم‌هایی که در مسیر سوخت و ساز ترکیب‌های فنولی شرکت دارند نیز تغییر می‌کند (۲۲). مطابق با نتایج به دست آمده در این پژوهش، عباسی و همکاران (۱) گزارش کردند که

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

کاربرد بنزیل آدنین باعث بهبود محتوی فلاونوئید کل در گل شاخه بریدنی لیلیوم در طی مدت زمان نگهداری می‌گردد. همچنین در پژوهشی دیگر، کاربرد بنزیل آدنین در گیاه فلفل سبب حفظ مقدار ترکیب‌های فنولی شد (۵۳). کاربرد این تنظیم کننده رشد در گل همیشه بهار سبب افزایش مقدار ترکیب‌های فنولی، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گلبرگ‌های این گیاه گردیده است (۵۰). همچنین کاربرد این ترکیب ارزشمند مقدار ترکیب‌های فنولی را در بوته‌های فلفل محلول‌پاشی شده تحت تنش گرمایی را افزایش داد (۵۱).

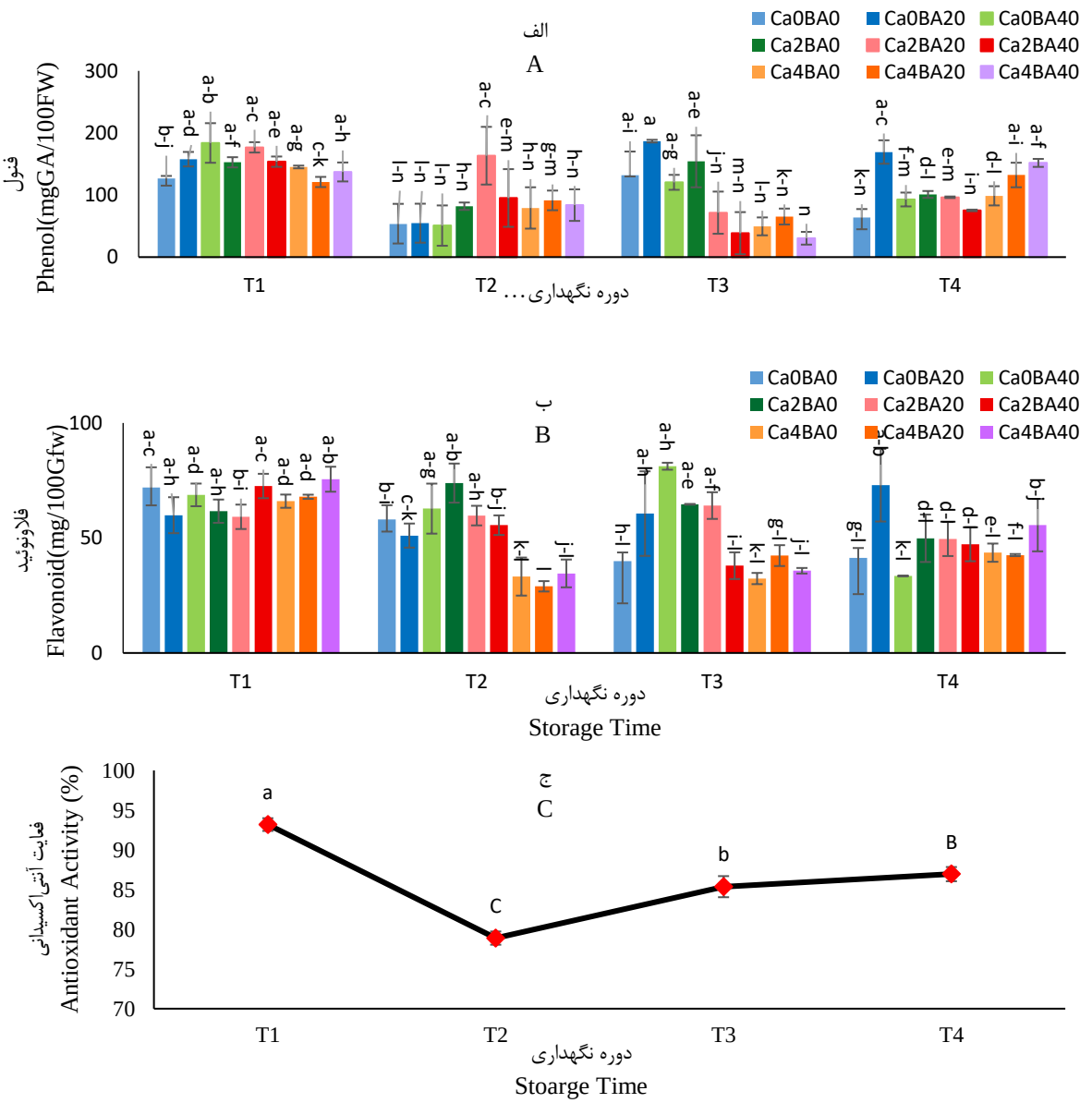


Fig. 6. Effect of Nano calcium and benzyl adenine on phenol (a), flavonoid (B) and simple effect of storage period on antioxidant activity (C) of leaves in chrysanthemum cut flowers during storage at ambient temperature. The storage period consists of four times: day one (T1), day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4) .Nano calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Benzyl adenine contains three concentrations: zero (BA0), 20 mg $L^{-1}$ (BA20) and 40 mg $L^{-1}$ (BA40). Similar letters indicate no significant difference in probability level of 5% using Duncan's test. The vertical index above the columns represents a standard deviation.

شکل ۶- اثر نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر میزان فنول (الف)، فلاونوئید (ب) و اثر ساده دوره نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی (ج) برگ در گل شاخه بریدنی داوودی طی دوره نگهداری در دمای محیط. دوره نگهداری شامل چهار زمان: روز اول (T1)، روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4). نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4). بنزیل آدنین شامل سه غلظت: صفر (BA0)، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (BA20) و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (BA40). حروف همسان نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد. شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است.



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

## بازارپسندی

در شروع دوره نگهداری بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در ادامه پژوهش روند کاهشی در بازار پسندی مشاهده گردید. در روز چهارم نگهداری تیمارهای بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و نانوکلسیم ۴ گرم در لیتر+ بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین بازارپسندی را نشان دادند. همچنین در روز ۸ و ۱۲ نگهداری تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین بازارپسندی را به خود اختصاص دادند (شکل ۷).

کیفیت یک محصول توسط عوامل مختلفی تعیین می‌شود و به طور کلی با کیفیت خارجی و کیفیت داخلی قابل ارزیابی است. کیفیت خارجی گل‌ها شامل رنگ گل، اندازه، شکل و عطر گل، طول، استحکام، ضخامت و صافی ساقه، رنگ برگ و گلبرگ، درجه پژمردگی برگ‌های پایین و همچنین تعادل و وزن گل‌ها، ساقه‌ها و برگ‌ها و همچنین طراوت آن می‌باشد. هم‌راستا با نتایج آنالیز ظاهری به دست آمده در این پژوهش، کاربرد بنزیل آدنین به صورت افشانه فرآیند پیری را در گل‌های شاخه بریدنی آنتوریوم به تعویق انداخت و سبب افزایش عمر پس از برداشت این گل‌ها گردید (۳۵). بنزیل آدنین ماندگاری گل‌ها را ممکن است بوسیله توسعه پایداری غشاء یاخته و تأخیر پراکسیداسیون لیپید غشاء و کاهش نشت یونی افزایش دهد (۱۴). همچنین برخی از باکتری‌های موجود در محلول‌های نگهدارنده با تولید اتیلن می‌توانند منجر به پیری و پژمردگی گل شوند که ارتباط مستقیم با بازارپسندی و کیفیت گل شاخه بریدنی دارد. سیتوکینین‌ها به عنوان یک عامل ضد اتیلن شناخته شده‌اند که سبب تاخیر در پیری گلبرگ و حفظ کلروفیل می‌گردند (۳۳). این هورمون با فعال نگه داشتن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجب پایداری غشا می‌گردد (۲۴). در واقع با توجه به اهمیت بنزیل آدنین در جذب و انتقال مواد، کاهش سرعت تنفس، کاهش میزان اتیلن و تنظیم رشد گیاهی، نقش این ماده در افزایش کیفیت گل‌های شاخه بریده مشهود است (۹).

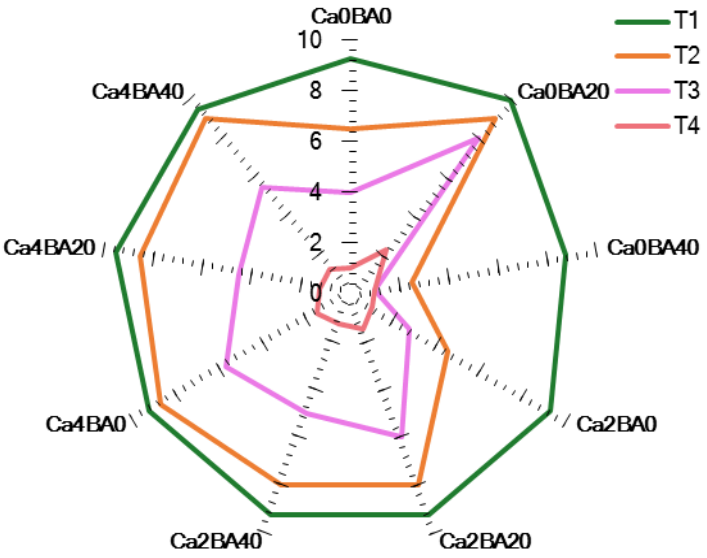


Fig. 7. Effect of Nano calcium and benzyl adenine on the marketplace of chrysanthemum cut flowers during storage at ambient temperature. The storage period consists of four times: day one (T1), day 4 (T2), day 8 (T3) and day 12 (T4). Nano-calcium contains three concentrations: 0 (Ca0), 2 g $L^{-1}$ (Ca2) and 4 g $L^{-1}$ (Ca4). Benzyl adenine contains three concentrations: zero (BA0), 20 mg $L^{-1}$ (BA20) and 40 mg $L^{-1}$ (BA40).

شکل ۷- اثر نانوکلسیم و بنزیل آدنین بر بازارپسندی گل شاخه بریدنی داوودی طی دوره نگهداری در دمای محیط. دوره نگهداری شامل چهار زمان: روز اول (T1)، روز چهارم (T2)، روز هشتم (T3) و روز دوازدهم (T4). نانو کلسیم شامل سه غلظت: صفر (Ca0)، ۲ گرم در لیتر (Ca2) و ۴ گرم در لیتر(Ca4). بنزیل آدنین شامل سه غلظت: صفر (BA0)، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (BA20) و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (BA40).



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

## همبستگی

همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است بازارپسندی گل و مقدار کلروفیل کل همبستگی مثبت معنی‌دار و با درصد کاهش وزن و مقدار باکتری همبستگی منفی معنی‌داری را نشان دادند. همچنین بین مقدار باکتری با مقدار فنول کل و کلروفیل کل همبستگی منفی درحالیکه با درصد کاهش وزن همبستگی مثبت دیده شد. همچنین بین مقدارکارتنوئید، درصد کاهش وزن و مقدار باکتری با کلروفیل کل همبستگی منفی مشاهده شد.

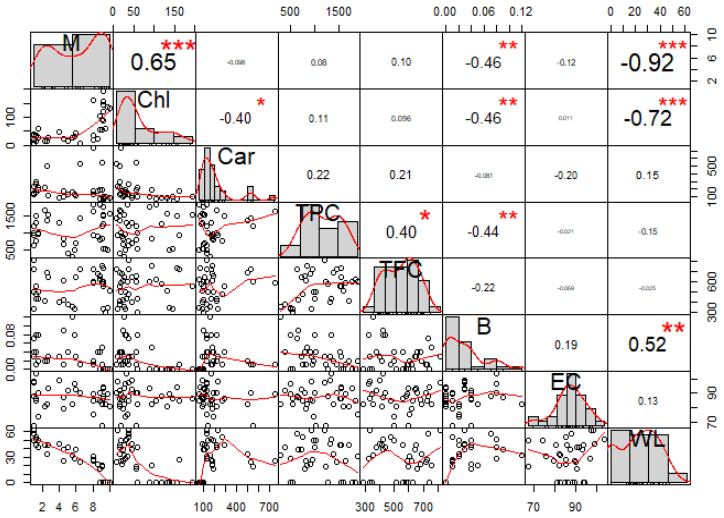


Fig.8. Correlation coefficient Between parameters marketplace (M), Chlorophyll (Chl), Carotenoid (Car), Total Phenol (TPC), Bacteria (B), Electrolyte leakage (EC), and weight loss (WL) In chrysanthemum cut flowers stored at ambient temperature for 12 days.

شکل ۸- ضریب همبستگی بین پارامترهای بازارپسندی (M)، کلروفیل (Chl)، کاروتنوئید (Car)، فنول کل (TPC)، فلاونوئید کل (TFC)، باکتری (B)، نشت الکترولیت (EC) و کاهش وزن (WL) در گل شاخه بریدنی داوودی نگهداری شده در دمای محیط به مدت ۱۲ روز.

# نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آنست که بین تیمارها، نمونه های تیمار شده با بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین کاهش وزن و در پارامتر جذب آب تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و نانوکلسیم ۴ گرم در لیتر بالاترین جذب را نشان داده‌اند. همچنین غلظت چهار گرم در لیتر نانوکلسیم سبب کاهش مقدار باکتری‌ها شد. گل‌های تیمار شده با نانوکلسیم ۲ گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین مقدار کلروفیل b، a و کل را نشان دادند درحالیکه مقدار کاروتنوئید تنها با کاربرد تیمار نانوکلسیم چهار گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. همچنین تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی و همراه با نانوکلسیم چهار گرم در لیتر و بنزیل آدنین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه نانوکلسیم چهار گرم در لیتر بالاترین میزان فنول را نشان داد، درحالیکه بالاترین مقدار فلاونوئید در تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی مشاهده شد. در پایان دوره نگهداری تیمار بنزیل آدنین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین بازارپسندی را به خود اختصاص داده است. بنابراین، این نتایج نشان می‌دهد کاربرد ترکیبی بنزیل آدنین و نانوکلسیم به‌ویژه در غلظت‌های به‌ترتیب ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و ۴ گرم در لیتر می‌تواند به عنوان یک تیمار موثر برای حفظ کیفیت و بازارپسندی گل داوودی در طی نگهداری در دمای محیط مورد استفاده قرار بگیرد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند قدم موثری جهت توسعه صنعت پس از برداشت گل زینتی و مجبوب داوودی به شمار رود.

## منابع

## References

1. Abbassi, A., A. Khalighi, A. Khadivi and M. Solgi. 2019. The effect of preservative solutions containing benzyl



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

adenine and salicylic acid on the vase life of Lily cv. Fangio. J. Sci.Technol.Greenhouse. 10(38): 1–10 (In Persian).

2. AlbinoGarduño, R., H.A. ZavaletaMancera, L.M. RuizPosadas, M. SandovalVilla and A. CastilloMorales. 2007. Response of gerbera to calcium in hydroponics. J. Plant Nutr. 31(1): 91–101.
3. Bagheri, H. and S. Sedaghathour. 2013. Effect of Thidiazuron and Naphthalene acetic acid (NAA) on the vase life and quality of cut Alestroemeria Hybrid.J. Ornament. Hort. Plants (In Persian).
4. Buban, T. 2000. The use of benzyladenine in orchard fruit growing: a mini review. PGRs. 32(2): 381–390.
5. Bufler, G., Y. Mor, M.S. Reid and S.F Yang. 1980. Changes in 1-aminocyclopropane-1-carboxylic-acid content of cut carnation flowers in relation to their senescence. Planta,150(5): 439–442.
6. BrandWilliams, W., M.E. Cuvelier and C.L.W.T. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28(1): 25-30.
7. Chinnamuthu, C.R. and P.M. Boopathi. 2009. Nanotechnology and agroecosystem. Madras. Agr. J. 96(1/6)17-31.
8. Chang, C.C., M.H. Yang, H.M. Wen and J.C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 10(3).
9. Chandrashekar, S.Y. and G. GOPINATH, 2001. Influence of chemicals on the Postharvest Quality of Camation Cut Flowers. Karnatak J. Agr. Sci. 14(3): 731-735.
10. Chamani, E., M. Fazel Kouhi, Y. Pour BEIRAMI Hir, S.K. Tahami and H. Maleki Lajayer. 2020. Investigation of the effect of benzyl-adenine and hydrogen peroxide on the physicochemical properties of Anthurium andreanum cut flowers. Plant Prod. Res. 27(2) : 153-166 (in Persian).
11. Faraji, E., S. kalatehjari., Y. Mostofi and fuad Moradi. 2010. Effect of banzyladenine, gibberellic acid and cold, dry storage on the longevity of lilium (*Lilium longiflorum* cv. Fangio) cut flowers. Agroeco. J. 6(4): 75-84 (in Persian).
12. Freidooni mehr E., A. Babaei, P. Moradi and M. Shafiei. 2012. The effect of benzyl adenine, nanosilver, 8-hydroxy quinoline sulfate and sucrose on longevity improvement and some other quality characteristics of dianthus CV. 'cream viana cut flower. P. Eco. 7(29): 77 - 86 (In Persian).
13. Chawla, H. S., 2014. Principles of plant biotechnology, Translation by Farsani, M. and G. Zolala., 6th ed, Ferdowsi University of Mashhad , 554p. (In Persian).
14. Guo, Y. and Z. Zhang. 2005. Establishment and plant regeneration of somatic embryogenic cell suspension cultures of the Zingiber officinale Rosc. Scientia Hort. (Amsterdam). 107(1): 90–96.
15. Halevy, A.H., S. Torre, A. Borochov, R. Porat, H. Friedman, S. Meir and S. Philosoph-Hadas. 2001. Calcium in regulation of postharvest life of flowers. Acta Hort. 345–352.
16. Harpaz-Saad, S., T. Azoulay, T. Arazi, E. Ben-Yaakov, A. Mett, Y.M. Shiboleth, S. Hörtensteiner, D. Gidoni, A. Gal-On, E.E. Goldschmidt and others. 2007. Chlorophyllase is a rate-limiting enzyme in chlorophyll catabolism and is posttranslationally regulated. Plant Cell. 19(3): 1007–1022.
17. Hosseini, E., H. Farahmand and V. Saffari. 2017. Effect of foliar application of ascorbic acid, thiamine and benzyl adenine on growth, flowering and some biochemical properties of parsley (*Tagetes erecta* L.) Plant Prod. 40( 2): 25 - 36 (in Persian).
18. Jordi, W., G.M Stoopen, K. Kelepouris and W.M. Van Der Krieken. 1995. Gibberellin-induced delay of leaf senescence of Alstroemeria cut flowering stems is not caused by an increase in the endogenous cytokinin content. J. Plant Growth Regulat. 14(3): 121–127.
19. Joshi, M., L.R. Varma and M.M. Masu. 2009. Performance of different varieties of chrysanthemum on flower yield under North Gujarat condition. J. Maharashtra. Agr. Univ. 34(2): 170–172.
20. Kaijv, M., L. Sheng and C. Chao. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Sci. 27(2): 110–115.
21. Kioshi, O. 2003. Effect of gibberellins and benzyladenin on dormancy and flowering of Liliumspecrosum. Kanagaw a Hort. Exp. Station. Ninomiya, Nakagum, Kanagawa 259–301.
22. Koohsari, A., V. Chalavi and V. Akbarpour. 2020. Effect of explant types and growth regulators on callus induction and secondary metabolites of chicory (*Cichorium intybus* L.). J . Plant Prod. Res. 27(2): 59–72 (in Persian).

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

23. Liu, X. and B. Huang. 2002. Cytokinin effects on creeping bentgrass response to heat stress: II. Leaf senescence and antioxidant metabolism. Crop Sci. 42(2): 466–472.
24. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. InMethods in enzymology. 148: 350-382.
25. Miller, G., R. Senjen. 2019. Nanotechnology in food and agriculture. Jenny Stanford Publishing.
26. Mortazavi, N., R. Naderi, A. Khalighi, M. Babalar and H. Allizadeh. 2007. The effect of cytokinin and calcium on cut flower quality in rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Illona. Food and Agr.organization (In Persian).
27. Mortazavi, S.N.A.D., R.A. Naderi., M. Kafi., A. Khalighi ., M. Babalar and H. Alizadeh. 2008. A study of the effect of cytokinin and calcium application on some morphophysiological traits in rosa (*Rosa Hybrida* CV. Iilona ). ). Intl. J. Health Sci. 39(1): 137–145 (In Persian).
28. Moallaye Mazraei, S., M. Chehrazi and E. khaleghi. 2021.The effect of calcium nano-chelated sprays on physiological, morphological parameters and vase life of gerbera. Intl. J. Health Sci. 51(4): 849-860 (In Persian).
29. Nabigol, A., R.A. Naderi and M. Kafi. 2006. The effect of vase life of chrysanthemum using preservative solutions and recutting the end of stem. J. Hort. Sci. Technol. Irn. 7(4): 207–216 (In Persian).
30. Nakhaee, F., A. Khalighi, M. Naseri and P. Abroomand. 2009. Effect of plant growth regulators on morphological traits and essential amaryllis (*Narcissus tazetta* L.). J. Sust Agr. 4(21): 47–59 (In Persian).
31. Ouraei, A., T. Ouraei, M. Kiyani and A. Ganjimoghadam. 2015. Evaluation of growth control of stem flowers of cut flowers (Dolce vita) using preservatives. J. Crop Prod. Proc. 4(13): 227-231 (In Persian).
32. Paull, R.E. and T. Chantrachit. 2001. Benzyladenine and the vase life of tropical ornamentals. Postharvest Biol. Technol. 21(3): 303–310.
33. Pressey, R. and J.K. Avants. 1978. Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. J. Food Sci. 43(5): 1415–1417.
34. Piri Sh., J. Hajilou and S. Piri. 2019. The Effect of Benzyl Adenine on Qualitative Characteristics and Antioxidant Capacity of Plum Fruit during Storage. J. Crop Prod. Proc. 9(1): 127-137 (In Persian).
35. Rabizawider, J., A. Łukaszewska, E. Skutnik, Z. Rybka and M. Wachowicz. 2004. Lipoxygenase in senescing cut leaves of Zantedeschia aethiopica Spr. and Hosta 'Undulata erromena'treated with GA 3 or BA. Acta Physiol. Plant. 26(4):411–415.
36. Sakakibara, H. 2006. Cytokinins: activity, biosynthesis, and translocation. Annu. Rev. Plant Biol. 57: 431–449.
37. Sarlak, F., O. Khademi, and J. Erfani moghadam. 2017. Effect of ascorbic acid, cacl2, and hydrogen peroxide on mushrooms (*Agricus bisporus*) shelf life. J. Crop Prod. Proc. 6(22): 135 - 147 (In Persian).
38. Saify Nabiabad h., m. Naierifard, M. Sharifani and KH. Piri. 2018. Effects of natural extract of *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus vulgaris* L. and benzyl adenine hormone on some quality traits and shelf-life of *Polianthes tuberosa* L. cut flowers. I. J. Medical . Aromatic. P. 34(87): 17 - 28 (In Persian).
39. Salehi, M., V.R. Safari and H. Farahmand. 2016. The effects of foliar application of benzyl adenine, ascorbic acid and thiamine on some morphological and biochemical characteristic of petunia (*Petunia hybrida*). JCPP. 6(19): 165–175 (In Persian).
40. Samadzadeh, H. and F. kamiab. 2017. Effects of silver and calcium nanoparticles on vase life and some physiological traits of 'Konst Coco/ Alstroemeria cut flower . J. Stat Planning and Inference. 8(3): 75-89 (In Persian).
41. Sheela, V.L. *Flowers for trade*. Vol. 10. New India Publishing, 2008.
42. Sanap, P.B., B.A. Patil, B.V Gondhali and others. 2000. Effect of growth regulators on quality and yield of flowers in tuberose (*Polianthes tuberose* L.) cv. Single. Orissa J. Hort Sci. 28(1): 68–72.
43. Serek, M. and A.S. Andersen. 1994. Polyamine uptake does not affect floral longevity in miniature potted roses.J Hort Sci. 29(3): 196–198.
44. Singh, T. and M. Bala. 2020. Effect of putrescine and benzyl adenine on growth, flowering and post-harvest keeping quality parameters in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). J. Hort Sci. 15(2):191–196.
45. Singh, A., J. Kumar and P. Kumar. 2008. Effects of plant growth regulators and sucrose on post harvest



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. J. Plant Growth Regulat. 55(3): 221-229.

46. Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol. Viticult. 16(3): 144-158.
47. Soad, M., T.S. Lobna and M.M. Farahat. 2010. Vegetative growth and chemical constituents of croton plants as affected by foliar application of benzyl adenine and gibberellic acid. J. Amer. Sci. 6(7).
48. Seyfi nabi abad, H., M. Nayerifard, M. Sharifanini and KH. Piri. 2018. Effects of Natural Extracts Rosmarinus officinalis L, Thymus vulgaris L and Benzyl adenine hormone on some qualitative traits and shelf life of cut flowers Polianthes tuberosa L. cut flowers. Iranian J. Medic. Aroma. Plant Res. 17-28 (In Persian).
49. Soltanmoradi, F.S. and S. Sedaghathoor. 2018. Antioxidant capacity and pigment synthesis of marigold (Calendula officinalis L.) as influenced by benzyladenine and epibrassinolide [J]. AIMS Agr.Food. 3(2): 109–119, 10.3934/agrfood.2018.2.109,(in Persian).
50. Taheri, M., M. Haghighi and others. 2018. Benzyl adenine is more effective than potassium silicate on decreasing the detrimental effects of heat stress in pepper (*Capsicum annum* cv. PS301). Iranian Agr Res. 37(1): 89–98 (In Persian).
51. Tantawy, A.S., Y.A.M. Salama, M.R Abdel-Mawgoud and A.A. Ghoname. 2014. Comparison of chelated calcium with nano calcium on alleviation of salinity negative effects on tomato plants. Middle East J. Agr. Res. 3(4): 912–916.
52. Taheri M. and M.Haghighi. 2019. Benzyl adenine is more effective than potassium silicate on decreasing the detrimental effects of heat stress in pepper (*Capsicum annum* cv. PS301). Intl. J. -Health Sci. 37(1): 89–98 (In Persian).
53. White, P.J. and M.R. Broadley. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92(4): 487–511.

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 24 (1): 27-42 (2023)
Research article

# Effects of Postharvest Nano Calcium and Benzyl Adenine Application On Physicochemical Properties of Chrysanthemum Cut Flowers

**R. Mahmoudzehi, R. Etemidpour* and N. Ghorbani[1]**

Chrysanthemum is one of the most important ornamental plants in the world and post-harvest studies on this valuable flower will improve its quality and marketability. In this study, the effects of preservative solutions containing Nano calcium (0, 2 and 4 g $L^{-1}$) and benzyl adenine (0, 20 and 40 mg $L^{-1}$) and the combined effect of two treatments in a factorial experiment in the form of a complete design randomized study with three replications to maintain the quality and increase the life of the chrysanthemum at room temperature (20-22 ° C) and relative humidity between 60 and 70% was investigated. The results showed that the treatment of benzyl adenine 20 mg $L^{-1}$ maintained higher marketability in cut flowers, chrysanthemum through reduced weight loss and increased water absorption. Treatment with concentrations of 4 g $L^{-1}$ Nano calcium showed 66% difference in bacteria less than the control, respectively, and its combination with treatment with benzyl adenine had positive effects on the preservation of the main pigments of photosynthesis, phenol and flavonoids. In general, according to the results obtained in this study, the treatment of 20 mg $L^{-1}$ benzyl adenine and 2 g $L^{-1}$ Nano calcium in comparison with the control and other treatments is recommended to maintain quality and increase the shelf life of chrysanthemums cut flower.

**Keywords:** Benzyl adenine, Chrysanthemum, Cut flower, Postharvest, Nano calcium.

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-09-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.16807154.1402.24.1.3.8 ]

1. M. Sc. Student, Assistant Professor of Horticultural Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University, and Ph.D. Student of Breeding and Physiology of Ornamental Plants, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (retemadypoor@hormozgan.ac.ir).