ممانعت از زرد شدن گیاه جعفری فرنگی معطر در پس از برداشت توسط تیمارهای نیتریک-اکسید، ۱- متیل‌سیکلوپروپن و سولفیدهیدروژن

مریم عصمتی*[۱]، اورنگ خادمی[۱]، شاهپورخانقلی[۱]

[۱] به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

*نویسنده مسئول: Maryam.esmati@shahed.ac.ir

چکیده

گیاه جعفری‌فرنگی‌معطر گیاهی خوراکی بوده که دارای ارزش غذایی و دارویی قابل توجهی است. مصرف این گیاه به‌عنوان غذا در بسیاری از نقاط کشور رایج است، منتهی این گیاه در پس از برداشت سریعا زرد شده و کیفیت خوراکی خود را از دست می‌دهد. در این آزمایش اثر پیش تیمارهای سولفیدهیدروژن با غلظت ۳۰۰ میکرولیتر بر لیتر، ۱-متیل‌سیکلوپروپن با غلظت ۱۰ میکرولیتر بر لیتر و نیتریک‌اکسید با غلظت ۱۲ میلی مولار در ممانعت از زرد شدن و حفظ کیفیت گیاه جعفری‌فرنگی‌معطر در مرحله پس از برداشت بررسی گردید. گیاهان پس از تیمار در شرایط دمای یخچال و داخل بسته‌های پلی‌اتیلنی ذخیره شده و در زمان‌های صفر، ۷ و ۱۴ روز ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای سولفیدهیدروژن و نیتریک‌اکسید به طور مؤثری موجب حفظ کلروفیل گیاه جعفری‌فرنگی‌معطر در طول آزمایش شدند، در حالیکه در نمونه‌های شاهد مقدار کلروفیل با گذشت زمان آزمایش کاهش یافت. تیمار ۱-میتل‌سیکلوپروپن حتی موجب افزایش مقدار کلروفیل در طی آزمایش شد. بررسی کارایی فتوسنتز با فناوری‌کلروفیل فلورسانس نشان داد که تیمارهای نیتریک-اکسید و ۱-میتل‌سیکلوپروپن موجب حفظ کارایی فتوسنتز در گیاه جعفری‌فرنگی‌معطر شده در حالیکه کارایی فتوسنتز در نمونه‌های شاهد با گذشت زمان آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تیمار سولفیدهیدروژن تأثیر متوسطی در بین تیمارها در حفظ کارایی فتوسنتز داشت. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های تیمار نیتریک‌اکسید مشاهده شد، منتهی نمونه‌های تیمار ۱-میتل‌سیکلوپروپن نیز دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر از نمونه‌های شاهد بودند. در مجموع تیمارهای نیتریک‌اکسید و ۱-میتل‌سیکلوپروپن تیمارهای مؤثر در حفظ کیفیت و ممانعت از زرد شدگی گیاه جعفری‌فرنگی‌معطر بودند.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پس از برداشت، تیمار، کلروفیل فلورسانس

مقدمه

خانواده چتریان (Apiaceae) دارای۳۰۰ جنس و ۳۰۰۰ گونه است. عرصه رویش عمده گیاهان این تیره مناطق مدیترانه‌ای، ترکیه، ایران و ترکمنستان است. کشور ایران ازنظر این تیره، یکی از مناطق بسیار غنی و متنوع شناخته‌شده و احتمالاً خاستگاه بسیاری از جنس‌ها و زیر تقسیمات آن محسوب می‌گردد. ازجمله جنس‌های این خانواده، جنس *Chaerophyllum* می‌باشد که ۱۱۰ گونه از آن گزارش شده‌است و عمدتاً در مناطق معتدل پراکنده‌اند. *C. macrospermum* بیشترین پراکندگی را در ایران دارد و به آن جعفری فرنگی معطر می‌گویند. این گیاه چندساله بوده و ارتفاع آن تا ۱۸۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد. میوه‌های گیاه خطی و به طول ۱ تا ۳ میلی‌متر می‌باشند. بررسی‌های مختلفی روی ترکیبات گونه‌های مختلف جنس *Chaerophyllum* انجام شده‌است. جنس یادشده بـه دلیل داشـتن ترکیب-های اسانسی بـاارزش از یـک‌سو و ترکیب‌های متابولیـت‌ثانویه ازسوی‌دیگر، مـورد توجه خاص پژوهشگران می‌باشد. تحقیقات فیتوشیمیایی روی گونه‌های *Chaerophyllum* حضور لیگنان‌ها، فنیل‌پروپانوئیدها، اسیدهای فنولیک و ترکیبات مرتبط با آنها، فلاونوئیدهای گلیکوزیدی و کربوهیدرات‌ها را نشان داده است. در این بین مصرف جعفری فرنگی معطّر در مناطق مختلفی از ایران همانند آذربایجان غربی و کردستان رایج است و با نام‌هایی همانند جاجیغ، مندی و منه شناخته می‌شود. جعفری فرنگی معطر گیاهی است معطر و خوش‌طعم که همانند کنگر در ابتدای رویش و قبل از بزرگ شدن برگ‌ها جمع‌آوری شده و به عنوان غذا مصرف می‌شود. قسمت مصرفی این گیاه جوانه، برگ‌های جوان و ساقه در حال رشد می‌باشند. تحقیقات قبلی نشان داد بخش خوراکی این گیاه، غنی از

پروتئین، انواع آنتی‌اکسیدان‌ها و متابولیت‌های ثانویه می‌باشد. منتهی این گیاه در پس از برداشت سریعا زرد شده و رنگ سبز خود را از دست می‌دهد، بنابراین ارایه راهکار مناسب جهت حفظ رنگ سبز این محصول دارای ارزش تجاری بالایی است.

نیتریک‌اکسید (NO) مولکول گازی بسیار کوچک محلول در چربی و آب است که در بافت‌های گیاهان و جانوران تولید شده و اثرات سیگنال‌رسانی، تنظیمی و آنتی‌اکسیدانی از خود بروز داده است. این ترکیب در غلظت‌های پایین، عمر انبارمانی محصولات آبدار مانند میوه‌ها، سبزی‌ها و گل‌های شاخه بریده را افزایش داده است. سدیم نیتروپروساید یا SNP ترکیب رهاکننده نیتریک‌اکسید بوده که در پژوهش‌های متعدد کاربرد دارد. استفاده از نیتریک اکسید سبب به تأخیر انداختن پیری در همیشه بهار شد. استفاده از آن روی میوه گواوا نیز سبب شد از بین رفتن اسیداسکوربیک، فنل‌ها، فلاونوئیدها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت مهار رادیکال در در مقایسه با شاهد حداقل باشد (Sahu *et al.*, 2020). ۱-متیل‌سیکلوپروپن نیز از جمله تیمارهای مؤثر در پس از برداشت محصولات تازه می‌باشد. این ترکیب بازدارنده فعالیت اتیلن بوده و اثرات آن به این دلیل می‌باشد. این ترکیب برای محیط زیست سمی نبوده، کاربرد آسانی داشته و بسیار مقرون به‌صرفه می‌باشد. اثر این ترکیب روی پس از برداشت محصولات مختلفی از قبیل توت‌فرنگی رقم سلوا، گل شاخه بریده میخک، گل شاخه بریده آلسترومریا، و خرمالو مؤثر گزارش شده است. سولفیدهیدروژن با فرمول شیمیایی H_2S گازی است بی رنگ، سمی و آتشگیر که بوی آن شبیه به بوی تخم مرغ فاسد است. گاز سولفید هیدروژن به طور طبیعی در نفت خام، مخازن گاز طبیعی، گازهای آتشفشانی و چشمه‌های آب گرم وجود دارد. سولفیدهیدروژن پس از نیتریک‌اکسید و مونوکسیدکربن به عنوان سومین عامل سیگنال‌دهنده گازی در گیاهان شناخته می‌شود. اثر سولفیدهیدروژن در بهبود خواص کیفی و افزایش ماندگاری میوه بادمجان و میوه سیب (Chen *et al.*, 2021) گزارش شده است. در میوه سیب نشان داده شد بیان اکثر ژن‌های مربوط به سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و متابولیسم انرژی پس از تیمار با H_2S تنظیم شده، در حالی که بیان ژن‌های رمزکننده آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز، پراکسیداز و آنزیم‌های تجزیه‌کننده لیپید، مانند لیپوکسیژناز و فسفولیپاز D سرکوب شد (Chen *et al.*, 2021).

به‌دلیل علاقه جهانی به بهداشت، سلامتی و غذای سالم، نیاز بازار برای گونه‌های گیاهی خوراکی جدید افزایش یافته است. علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، این گیاهان می‌توانند ویتامین‌های مهم و عناصر کمیاب را به بدن انسان عرضه کنند. جعفری فرنگی معطر نیز از جمله گیاهان مستعد از این نظر می‌باشد. منتهی یکی از مشکلات سبزی‌های برگی ازجمله جعفری فرنگی زرد شدن آن‌ها در پس از برداشت و در حین بازار رسانی است. لذا ممانعت از زرد شدن آن‌ها دارای اهمیت می‌باشد. بنابراین این پژوهش به منظور ارایه راهکاری مناسب در جهت جلوگیری از زرد شدن جعفری فرنگی معطر در پس از برداشت طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

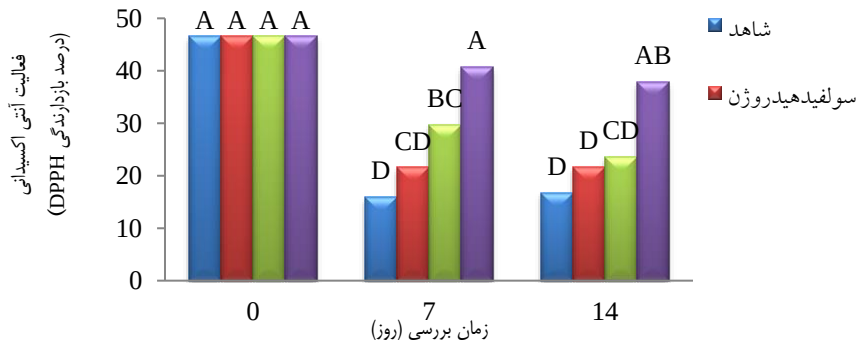
جمع‌آوری گیاه جعفری فرنگی معطر در مراحل اولیه رشد (طبق عرف رایج مصرف این گیاه)، در بهار سال ۱۳۹۸، از منطقه زره‌شوران، بخش تخت سلیمان، شهرستان تکاب، استان آذربایجان غربی به‌صورت تصادفی انجام شد. نمونه‌ها ابتدا تمیز شده و گل‌ولای آن‌ها جدا گردید. نمونه‌های تمیز شده به چهار بخش تقسیم شده و پس از توزین برای تیمار شدن آماده شدند. تیمارهای اعمال شده در این آزمایش شامل: بدون اعمال تیمار به‌عنوان شاهد، تیمار با گاز ۱-متیل‌سیکلوپروپن در غلظت ۱۰ میکرولیتر بر لیتر به مدت ۵ ساعت، تیمار با محلول سدیم نیتروپروساید به عنوان منبع آزاد کننده نیتریک‌اکسید با غلظت ۱۲ میلی مولار به مدت ۵ دقیقه، تیمار با گاز سولفیدهیدروژن در غلظت ۳۰۰ میکرولیتر بر لیتر به مدت ۵ ساعت بود. تیمارهای گازی درون محفظه بسته اعمال‌شده و از فن‌های کامپیوتر برای چرخش هوا داخل محفظه استفاده شد. سپس نمونه‌ها هر تیمار به قسمت‌های ۱۰۰ گرمی تقسیم شده و داخل ظروف پلی‌اتیلنی قرار گرفتند. البته این ظرف کاملا بسته نبوده و امکان تبادل هوا وجود داشت. بسته‌ها در یخچال نگهداری و در زمانهای صفر، ۷ و ۱۴ روز تعداد سه بسته از هر تیمار به عنوان سه تکرار از یخچال خارج و از نظر مقدار کلروفیل، کلروفیل فلورسانس و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بررسی شدند.

اندازه‌گیری خاصیت آنتی‌اکسیدانی به روش خنثی کنندگی DPPH (Prevec *et al.*, 2013)، مقدار کلروفیل a و b به روش آرنون (Arnon, 1949) و کارایی فتوسنتز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری کلروفیل فلورسانس انجام شد (Maxwell and Johnson, 2000). برای تعیین وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و مقدار آسیب وارد شده به دستگاه فتوسنتزی از روش سنجش کلروفیل فلورسانس استفاده می‌شود که این پارامتر سلامت غشاهای تیلاکوئید و همچنین کارایی نسبی انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I و مقدار خسارت وارد شده توسط تنش و به طور کلی کارآیی فتوسنتزی در گیاه را مشخص کند. جهت اندازه‌گیری این پارامتر از نواحی بین رگ‌برگ‌ها استفاده

شد. ابتدا سطح برگ داخل محفظه الکترودهای دستگاه قرار گرفته، دریچه الکترود به مدت ۲۰ دقیقه بسته شد، تا مرحله تاریکی تکمیل شود. در برگ‌های سازگار به تاریکی فلورسانس حداقل مراکز واکنشی باز فتوسیستم II با F_0 و فلورسانس حداکثر با تمامی مراکز واکنشی بسته فتوسیستم II با F_m مشخص شد. سپس در برگ‌های سازگار شده به روشنایی میزان فلورسانس پایدار F_t، فلورسانس حداقل F_0'، فلورسانس حداکثر F_m' و فلورسانس متغیر Fv تعیین شد. در نهایت حداکثر کارایی فتوسنتز با استفاده از رابطه $\frac{Fv}{Fm}$ تعیین شد.

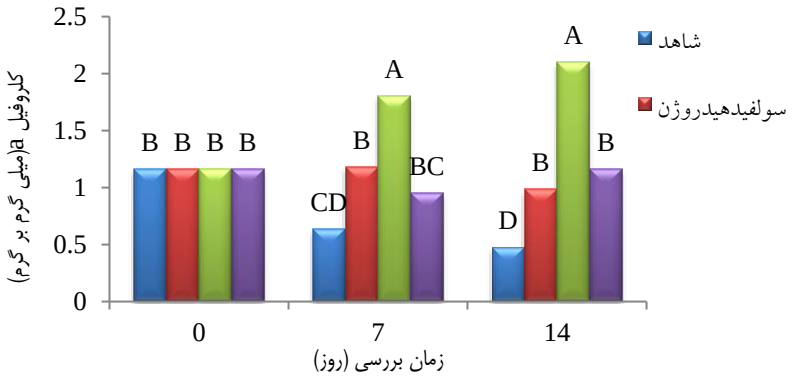
نتایج

نتایج آزمایش نشان داد در زمان بررسی اول اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد، و تیمارهای نیتریک‌اکسید،۱–متیل‌سیکلوپروپن و سولفیدهیدروژن از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده نشد. با گذشت زمان آزمایش مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های شاهد، ۱–متیل‌سیکلوپروپن و سولفیدهیدروژن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت در حالیکه در نمونه‌های تیمار نیتریک‌اکسید تغییر معنی‌داری نشان نداد. در طول این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار سولفیدهیدروژن از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده نشد، ولی نمونه‌های تیمار ۱–متیل‌سیکلوپروپن در زمان بررسی دوم دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری از نمونه‌های شاهد بودند، هرچند در زمان آخر بررسی تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد نشان ندادند. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول این آزمایش در نمونه-های تیمار نیتریک‌اکسید ارزیابی شد، شکل ۱.

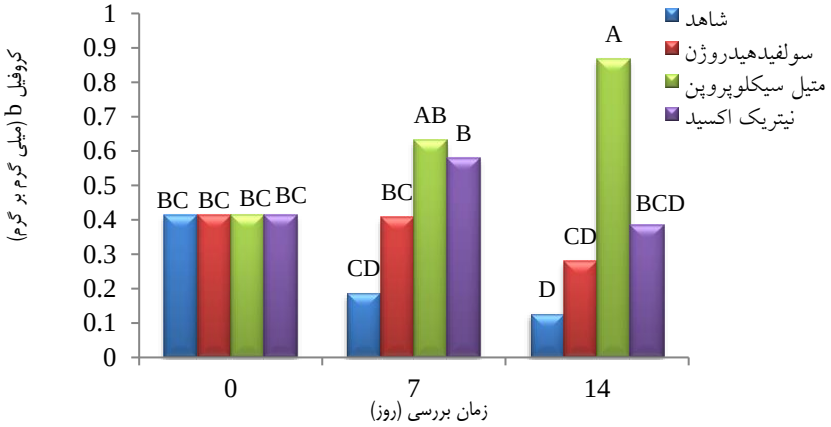


شکل ۱– اثر برهمکنش بین تیمار و زمان نگهداری بر فعالیت آنتی اکسیدانی جعفری فرنگی معطر. میانگین‌ها با حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به یکدیگر از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

بر اساس نتایج آزمایش روند مشابهی در مقادیر کلروفیل‌های a و b درشکل‌های ۲ و ۳ مشاهده شد، به‌طوریکه تنها در نمونه‌های شاهد، مقادیر کلروفیل a و b در طول آزمایش، در مقایسه با زمان صفر، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، در حالیکه در نمونه‌های تیمارهای نیتریک‌اکسید و سولفیدهیدروژن مقادیر کلروفیل a و b با وجود نوسانات جزیی تغییر معنی‌داری در طول این آزمایش نشان نداد. در همین حال مقادیر کلروفیل a و b در نمونه‌های تیمار ۱–متیل‌سیکلوپروپن با گذشت زمان آزمایش افزایش نیز یافت. بیشترین مقدار کلروفیل در پایان آزمایش در نمونه‌های ۱–متیل‌سیکلوپروپن و کمترین مقدار آن در نمونه‌های شاهد اندازه‌گیری شد.

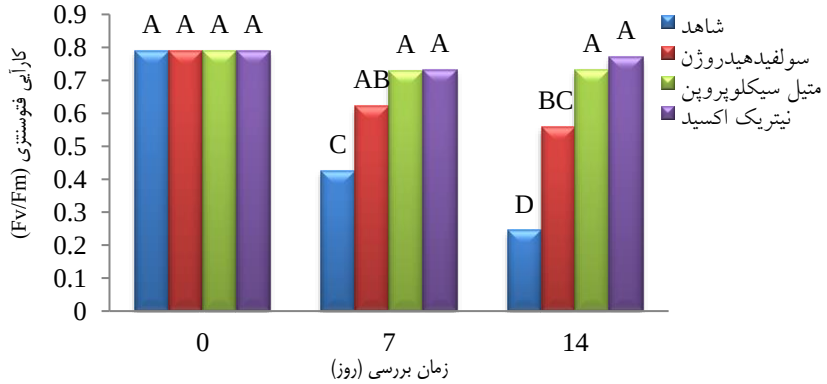


شکل ۲. اثر برهمکنش بین تیمار و زمان نگهداری بر مقدار کلروفیل a جعفری فرنگی معطر. میانگین‌ها با حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به یکدیگر از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل ۳- اثر برهمکنش بین تیمار و زمان نگهداری بر مقدار کلروفیل b جعفری فرنگی معطر. میانگین‌ها با حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به یکدیگر از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

بررسی مقدار کارایی فتوسنتزی نشان داد که با گذشت زمان آزمایش بیشترین میزان کاهش کارایی فتوسنتزی در نمونه‌های شاهد رخ داد و این نمونه‌ها کمترین کارایی فتوسنتز را در بین نمونه‌ها نشان دادند، در حالی که در نمونه‌های نیتریک‌اکسید و ۱-متیل‌سیکلوپروپن تغییر محسوسی در کارایی فتوسنتز در طول این آزمایش مشاهده نشد و این نمونه‌ها بیشترین کارایی فتوسنتز را دارا بودند. در نمونه‌های سولفیدهیدروژن کارایی فتوسنتزی در زمان بررسی دوم با وجود کاهش جزیی اختلاف معنی‌داری با زمان صفر نشان نداد ولی در پایان آزمایش به طور معنی‌داری در نمودار ۴ کاهش یافت.



شکل ۴- اثر برهمکنش بین تیمار و زمان نگهداری بر کارآیی فتوسنتزی جعفری فرنگی معطر. میانگین‌ها با حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به یکدیگر از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

بحث

نتایج نشان داد که تیمار ۱-متیل سیکلوپروپن سبب حفظ کارآیی فتوسنتزی شده و میزان کلروفیل‌های a و b را نیز افزایش داد اما با وجود حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر نسبت به شاهد روند نزولی مشاهده شد. کاربرد ۱-متیل سیکلوپروپن در گیاه برگی آگلونما نیز سبب افزایش حفظ کارآیی فتوسنتزی و تأخیر در روند پیری گیاه شد. در تیمار کلم با ۱-متیل سیکلوپروپن نیز تخریب کلروفیل به تأخیر افتاده، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان حفظ شد (Hu *et al.*, 2021). در تحقیقی بر روی گلابی نیز نشان داده شد که ۱-متیل سیکلوپروپن تولید اتیلن را کمتر و بیان ژن‌های مرتبط با تخریب کلروفیل را سرکوب کرده اما تغییر قابل توجهی در ژن‌های تولیدکننده کلروفیل نداشت (Cheng, 2012). افزایش میزان کلروفیل در تیمار ۱-متیل سیکلوپروپن در تحقیق حاضر می تواند به دلیل عوامل ناشناخته حین آزمایش نیز باشد. طبق نتایج تیمار نیتریک‌اکسید، موجب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار کلروفیل a و b و حفظ کارآیی فتوسنتزی طی مدت نگهداری در مقایسه با شاهد شد. کاربرد نیتریک‌اکسید در پرتقال ناول و موز نیز سبب بالاتر بودن معنی دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به گروه شاهد شد (Zhu *et al.*, 2021). گاز نیتریک‌اکسید نه تنها اثرات آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهد، بلکه به‌عنوان تنظیم‌کننده ژن‌های مسئول پیری طی مدت پس از برداشت محصولات نیز عمل می‌نماید. تیمار نمونه‌ها با نیتریک‌اکسید خارجی، رسیدن آن‌ها را به تأخیر انداخته و به طور متضاد با اتیلن عمل می‌کند. تیمار سولفیدهیدروژن نیز سبب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و حفظ کلروفیل a طی مدت ۲ هفته نگداری و حفظ کلروفیل b و کارآیی فتوسنتزی تنها در هفته اول شد. استفاده از سولفیدهیدروژن در انگور نیز تخریب کلروفیل را به تأخیر انداخت. نتایج Li و هکاران (۲۰۱۵) نیز نقش حیاتی سولفیدهیدروژن را در جلوگیری از زرد شدن و آهسته کردن روند پیری کلم بروکلی از طریق تاثیر تنظیمی بر بیان ژن‌های ROS، ژن‌های متابولیسم و ژن‌های سنتز اتیلن و پروتئاز نشان داد. پیری فرآیندی است که توسط چندین ژن و آنزیم کنترل شده و عمدتا با تولید اتیلن در گیاه آغاز می‌شود (Zheng *et al.*, 2016). سولفیدهیدروژن با اثر تنظیمی روی ژن‌های مرتبط با پیری، این فرآیند را تا حدودی نسبت به شاهد به تاخیر انداخت، اما تیمارهای نیتریک‌اکسید و ۱-متیل سیکلوپروپن از آن مؤثرتر بودند.

به‌طورکلی هر سه تیمار ۱-متیل سیکلوپروپن، نیتریک‌اکسید و سولفیدهیدروژن سبب حفظ کلروفیل گیاه و ممانعت از زرد شدن آن شدند. در نمونه‌های تیمار شده با ۱-متیل سیکلوپروپن به دلایل نامعلوم افزایش میزان کلروفیل نیز رخ داد. تیمارهای نیتریک‌اکسید و ۱-میتل‌سیکلوپروپن و تا حدی سولفیدهیدروژن کارآیی فتوسنتزی را نیز که مربوط به عملکرد بهینه فتوسیستم II است، طی مدت انبارمانی بالاتر از شاهد نگه داشتند. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های تیمار نیتریک‌اکسید مشاهده شد، اما نمونه‌های تیمار ۱-میتل‌سیکلوپروپن نیز دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر از نمونه‌های شاهد بودند. در مجموع تیمارهای نیتریک‌اکسید و ۱-میتل-سیکلوپروپن موثرترین تیمارها از نظر حفظ کیفیت و ممانعت از زرد شدگی گیاه جعفری‌فرنگی‌معطر بودند.

منابع

ARNON, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24:1-15

Chen, C., Jiang, A., Liu, C., Wagstaff, C., Zhao, Q., Zhang, Y., Hu, W. 2021. Hydrogen sulfide inhibits the browning of fresh-cut apple by regulating the antioxidant, energy and lipid metabolism. Postharvest Biology and Technology, 175:111487.

Cheng, Y., Dong, Y., Yan, H., Ge, W., Shen, C., Guan, J., Zhang, Y. 2012. Effects of 1-MCP on chlorophyll degradation pathway-associated genes expression and chloroplast ultrastructure during the peel yellowing of Chinese pear fruits in storage. Food Chemistry, 135(2): 415-422.

Hu, H., Zhao, H., Zhang, L., Zhou, H., Li, P. 2021. The application of 1-methylcyclopropene preserves the postharvest quality of cabbage by inhibiting ethylene production, delaying chlorophyll breakdown and increasing antioxidant capacity. Scientia Horticulturae, 281:109–986.

Li, Z. R., Hu, K. D., Zhang, F. Q., Li, S. P., Hu, L. Y., Li, Y. H., Zhang, H. 2015. Hydrogen sulfide alleviates dark-promoted senescence in postharvest broccoli. HortScience, 50(3): 416-420.

Maxwell, K., Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. Journal of experimental botany, 51(345): 659-668.

Prevec, T., Šegatin, N., PoklarUlrih, N. Cigig, B. 2013. DPPH assay of vegetable oils & model antioxidants in protic and aprotic solvents. Talanta, 109:13–19.

Sahu, S. K., Barman, K., Singh, A. K. 2020. Nitric oxide application for postharvest quality retention of guava fruits. Acta Physiologiae Plantarum, 42(10):1-11.

Zheng, J. L., Hu, L. Y., Hu, K. D., Wu, J., Yang, F., Zhang, H. 2016. Hydrogen sulfide alleviates senescence of fresh-cut apple by regulating antioxidant defense system and senescence-related gene expression. HortScience, 51(2):152-158.

Zhu, L., Yang, R., Sun, Y., Zhang, F., Du, H., Zhang, W., Chen, J. 2021. Nitric oxide maintains postharvest quality of navel orange fruit by reducing postharvest rotting during cold storage and enhancing antioxidant activity. Physiological and Molecular Plant Pathology, 113:101589.

Prevention of yellowing in *Chaerophyllum macrospermum* at postharvest stage by hydrogen sulfide, 1-methylcyclopropene and nitric oxide treatments

Maryam Esmati*[1], Shahpour Khangholi[1], Orang Khademi[1]
[1] Former MS student, Associate professor and Assistant professor of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
[*]*Corresponding Author:* Maryam.esmati@shahed.ac.ir

Abstract

Chaerophyllum macrospermum, an edible wild plant, possesses significant nutritional and medicinal value. The foliage of the plant is consumed as food in some parts of Iran. After harvesting, quality products. The present experiment was conducted to investigate the effects of some pre-treatments to delay yellowing of foliage during postharvest period. The experiment consisted of pre-treatments including of Hydrogen sulfide (300 µL/L), 1-methylcyclopropene (10 µL/L) and nitric oxide (12 mM). After treatment, the plants were packed in polyethylene containers and stored in the refrigerator at temperature of 6 oC. The evaluation of samples was performed at zero, 7 and 14 days intervals. The results showed that the hydrogen sulfide and nitric oxide treatments effectively increased quality in term of chlorophyll contents of the samples during storing periods. In contrast, chlorophyll contents decreased in control. Interestingly, treatment with 1-methylcyclopropene even increased the amount of the chlorophyll during the experiment. Evaluation of photosynthesis efficiency with chlorophyll fluorescence technology showed that in comparison to control, in treated samples nitric oxide and 1-methylcyclopropene prevented significantly deterioration of color by inhibiting of chlorophyll destruction or maintaining of photosynthesis efficiency. In this regard, hydrogen sulfide treatment had a moderate effect on maintaining photosynthetic efficiency. It was found that all the treatments had higher antioxidant capacity compared to control samples. Although, the highest antioxidant capacity was observed in nitric oxide treated samples. In conclusion, nitric oxide and 1-methylcyclopropene treatments were effective in maintaining quality and preventing yellowing in *Chaerophyllum macrospermum*.
***Keywords*:** Antioxidant, *Chaerophyllum macrospermum*, chlorophyll fluorescence, postharvest, treatment