Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دهم، شماره ۳۸، تابستان ۱۳۹۴ / صفحات: ۴۷-۳۹

اثر تیمار گلایسین بتائین در کاهش آسیب سرما بر میوه انار در طول انبارمانی

پرویز ملک‌زاده*[۱]، علی‌اصغر حاتم‌نیا[۲]

[۱]استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه قم، قم

[۲] استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ایلام، ایلام

تاریخ دریافت:۹٤/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۵/۱۸

چکیده

گلایسین بتائین یکی از ترکیبات تنظیم کننده می‌باشد که نقش مهمی در سپری کردن تنش سرما در میوه‌ها ایفا می‌نماید. در این مطالعه، میوه‌های انار در مرحله رسیده شدن و پس از برداشت بوسیله غلظت‌های مختلف گلایسین بتائین (۰، ۵، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مول) تیمار شده و به‌مدت ۲۸ روز در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد که القاءکننده تنش سرما بود ذخیره‌سازی شدند. با تیمار میوه‌ها بوسیله گلایسین بتائین علائم آسیب سرما، محتوای مالون دی‌آلدهید و نشست الکترولیت به‌طور چشمگیری کاهش و مقدار اسیدآمینه پرولین افزایش پیدا کرد. تیمار میوه انار بوسیله گلایسین بتائین فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در کل نتایج بدست‌آمده در این مطالعه نشان داد که گلایسین بتائین پتانسیل کاهش دادن علائم تنش سرما را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پس از برداشت، تنش سرما، گلایسین بتائین، میوه انار

مقدمه

نگهداری میوه در دمای پایین یکی از روش‌های سنتی به منظور حفظ کیفیت میوه‌ها در طی زمان ذخیره‌سازی است. هرچند در طی نگهداری میوه در دمای پاسسن آسیب‌هایی به کیفیت میوه وارد می‌شود. یکی از میوه‌های خوراکی قدیمی انار (*Punica granatum* L.) از خانواده پونیکاسه می‌باشد که بعلت استفاده از آن در مراسم‌های گوناگون در طول سال همواره بحث نگه‌داری آن مطرح می‌باشد. انار بطور گسترده در ایران، هند، لبنان، سوریه، اسپانیا، فرانسه و امریکا کشت می‌شود (Al-Said et al., 2009; Fawole and Opara, 2013b). میوه انار منبع مهمی از ترکیبات فعال زیستی همچون فلاونوئیدها، اسیدهای فنلی و ویتامین C و دارای خصوصیات دارویی بسیاری است که برای سلامتی انسان مورد نیاز است.اسیدهای فنلی و ویتامینC عموماً در پوست، مغز و شربت انار وجود دارد. میوه بصورت تازه و یا بصورت شربت استفاده می‌گردد (Zarei et al., 2010).

انار جزو میوه‌های آسیب‌پذیری است که کیفیت پوست و دانه آنها در شرایط انبارداری در دمای سردخانه از بین می‌رود. برای گسترش انبارداری نگهداری کردن در دمای یخچال الزامی می‌باشد. اما این میوه به نگهداری طولانی‌مدت (یک ماه) در دمای انجماد (۳- درجه سانتی گراد) حساس هستند (Sayyari et al., 2011). علائم آسیب سرما بصورت قهوه‌ای شدن، سوراخ شدن و از دست دادن تمامیت

*نویسنده مسئول: p.malekzadeh@qom.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

پوست و حساسیت بالا به پوسیدگی می‌باشد. برای کاهش میزان آسیب سرما یکی از بهترین نتایج غوطه وری در داخل پلی‌آمین‌ها می باشد (Sayyari et al., 2011). این روش یکی از واکنش‌های معمول در سلول‌های گیاهی بوده که در نتیجه افزایش تجمع محلول‌های آلی در سیتوپلاسم رخ می‌دهد. این فرایند به منظور موازنه تعدیل اسمزی واکوئل در سیتوپلاسم و اجزای مختلف سلول انجام می‌گیرد و سلول را در روند افزایش سرعت توسعه خود کمک می‌نماید. تنظیم اسمزی در گیاهان از طریق تولید انواع مختلفی از محلول‌های سازگار (اسمولیت ها) انجام می‌گیرد. این محلول‌های سازگارکننده همانند پرولین، پلی اُل ها، گاماآمینوبوتیریک اسید و گلایسین بتائین در افزایش تحمل به کمبود آب ناشی از تنش سرما موثرهستند (Malekzadeh, 2015).

گلایسین بتائین ($(CH_3)3N^+CH_2COO^-$) یکی از معمول‌ترین ترکیب آلی سازگار می‌باشد که در میکروارگانیسم‌های مختلف گیاهان عالی و حیوانات می‌تواند وجود داشته باشد. غلظت گلایسین بتائین)در بافت‌ها و گونه‌های مختلف گیاهی که این ماده را به عنوان محلول سازگارکننده استفاده می‌کنند، متفاوت می‌باشد (Malekzadeh, 2015).

مطالعات گذشته نشان می‌دهد که استفاده از گلایسین بتائین خارجی در میوه‌ها و گیاهان می‌تواند اثرات منفی حاصل از تنش‌های محیطی را کاهش دهد. مطالعات نشان داده‌اند که گلایسین بتائین می‌تواند سبب محافظت از غشای پلاسمایی سلول‌ها در مقابل اثرات تخریبی دمای محیط گردد (Malekzadeh, 2015). مطالعات بسیاری در مورد گلایسین بتائین عمدتاً در رابطه با اثرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی و مسیر بیوسنتز و اثر این ماده روی سیستم آنتی‌اکسیدان صورت گرفته است (Malekzadeh, 2015; Rahman et al., 2002; Sakamoto and Murata, 2002).

هدف این مطالعه بررسی اثرات استفاده بیرونی گلایسین بتائین روی طول انبارمانی میوه انار و مطالعه محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات فنلی در این میوه در طی تنش سرما است. با این دیدگاه اثرات گلایسین بتائین برون زاد بر پراکسیداسیون چربی‌ها، نشت الکترولیت‌ها و میزان فعالیت تعدادی از آنزیم‌های دخالت کننده در مقابله با تنش سرما مورد ارزیابی قرار داده شد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی میوه: میوه انار (*Punica granatum* L.) در مرحله رسیده شدن از شهرستان هوراند خریداری شد. حدود ٤٠٠ عدد میوه بصورت دستی از باغ چیده و سریعاً به آزمایشگاه منتقل گشت. میوه‌هایی که آسیب دیده بودند کنار گذاشته شدند. حدود ٢٤٠ عدد میوه سالم انتخاب و به ٣ گروه با ٨٠ میوه، برای تیمار با گلایسین بتائین (با ٣ تکرار برای هر تیمار) انتخاب شدند که شامل شاهد (٠ میلی‌مول)، ٢٥ و ٥٠ میلی‌مولار بود. میوه‌ها به‌مدت ٥ دقیقه در داخل محلول گلایسین بتائین با غلظت‌های ذکر شده قرار داده شدند. سپس میوه‌ها در شرایط آزمایشگاه قرار گرفته تا با برخورد هوا خشک شوند. سپس در دمای ١ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ٤ هفته با رطوبت نسبی ٨٠-٩٠ درصد قرار داده شدند. از هر تیمار ٥ میوه انار در هفته‌های ٢ و ٤ برای اندازه‌گیری محتوای پرولین، مالون دی آلدهید و فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز انتخاب و در داخل نیتروژن مایع قرار داده و سپس در یخچال با دمای ٨٠- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ٥ میوه انار از هر تیمار برای ارزیابی آسیب سرما مورد استفاده قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری میزان آسیب سرما: درجه آسیب سرما (CI) به‌صورت رتبه‌بندی چشمی از علائم ظاهری میوه مورد ارزیابی قرار گرفت (Ding et al., 2002). گسترش وسعت قهوه‌ای شدن گوشت میوه به ٤ دسته تقسیم شد: ۱: بدون قهوه‌ای شدن، ۲: قهوه‌ای شدن کمتر از ۲۵ درصد، ۳: قهوه‌ای شدن بین ۲۵ تا ۵۰ درصد، ٤: قهوه‌ای شدن بیش از ۵۰ درصد. میانگین آسیب سرمای وارد شده به عنوان ضریب سرمازدگی معرفی می‌شود که بر اساس فرمول زیر محاسبه گشت.

$$\text{ضریب سرمازدگی } \% = \frac{\sum[(\text{تعداد میوه ها در سطح سرمازدگی}) \times (\text{سطح سرمازدگی})]}{(\text{تعداد کل میوه های تیمار شده})} \times 100$$

اندازه‌گیری محتوای پرولین: محتوای پرولین بر اساس روش اسیدناین هیدرین که توسط Shan و همکاران (۲۰۰۷) توضیح داده شده، اندازه‌گیری شد. بر اساس این روش ابتدا ۵۰۰ میلی‌گرم از بافت‌تر برگ و ریشه توزین شده و با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد در هاون ساییده شد .سپس مخلوط حاصله توسط کاغذ صافی واتمن صاف گردید. به ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصله ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین اضافه شد. سپس لوله‌ها به مدت یک ساعت داخل بن ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا رنگ آجری نمایان شود. پس از تثبیت رنگ آجری، لوله‌ها داخل آب یخ قرار داده شده و به هر کدام از لوله-ها ٤ میلی‌لیتر تولوئن اضافه گردید. بعد از بهم زدن محتویات لوله‌ها، دو فاز تشکیل شد و سپس از فاز رویی توسط پیپت پاستور نمونه‌برداری شده و میزان جذب پرولین با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ nm اندازه‌گیری شد. با قراردادن میزان جذب نمونه‌های گیاهی قرائت شده در معادله خط منحنی استاندارد مقدار پرولین محاسبه گردید.

اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدهید: محتوای مالون‌دی‌آلدهید (MDA) بر اساس روش اسید تیوباربیتوریک اسید که بوسیله روشی که توسط Chen و همکاران (۲۰۰۸) توضیح داده شده محاسبه گردید. ۰/۲ گرم از بافت میوه در ۳ میلی لیتر TCA ۰/۱ درصد سائیده شد و محلول همگن با دور ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. به ۱ میلی لیتر از محلول رویی ٤ میلی لیتر از محلول TCA ۲۰٪ که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید (TBA) بود، اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد حمام آب گرم حرارت داده شد. سپس بلافاصله در یخ سرد گردید و دوباره مخلوط به مدت ۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. میزان جذب این محلول در طول موج های قید شده در فرمول اندازه‌گیری شد.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol g}^{-1}\text{ FW}) = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) \\ 0.56 \times A_{450} \quad (۲)$$

در این فرمول A_{532}، A_{600}و A_{450} به‌ترتیب جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۳۲، ۶۰۰ و ٤۵۰ نانومتر می‌باشد.

اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها: نشت الکترولیت‌ها بر اساس روش Chen و همکاران (۲۰۰۸) اندازه‌گیری شد. از غشاء میوه انار برای اندازه‌گیری خروج نشت الکترولیت‌ها استفاده شد و هدایت‌الکتریکی

www.SID.ir

Archive of SID

اولیه آنها با دستگاه هدایت سنج مدل Jenway4570 اندازه‌گیری شد. سپس برای به دست آوردن هدایت‌الکتریکی ثانویه از اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه به مدت ۲۰ دقیقه استفاده شد و نشت کامل الکترولیت بعد از ۲٤ ساعت به‌دست آمد. در نهایت مقادیر نشت الکترولیت‌ها از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد نشت الکترولیت ها} = \frac{EC1}{EC2} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم

فنل‌آلانین‌آمینولیاز: فعالیت آنزیم PAL براساس روش Galvez و همکاران (۲۰۱۰) محاسبه شد. بدین‌منظور ۳۰۰ میلی‌گرم از بافت تر نمونه ها با ٦/٥ میلی‌لیتر بافر تریس– HCl (pH۸/۸ ، ۵۰ میلی‌مولار) حاوی بتا مرکاپتواتانول (۱۵ میلی‌مولار) در هاون سرد شده سائیده شد. سپس عصاره به‌دست آمده با دور ۵۰۰۰۰g به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ (Eppendorf 5804R Germany) گردید. محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیم مورد استفاده قرار گرفت. در این روش از فنیل آلانین به‌عنوان سوبسترای آنزیمی استفاده و فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز براساس سرعت تشکیل اسید سینامیک تعیین گردید. در یک لوله آزمایش ۱ میلی‌لیتر از بافر استخراج به همراه ۰/۵ میلی‌لیتر ال- فنیل آلانین (۱۰ میلی‌مولار)، ۰/٤ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر و ۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی مخلوط و به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. واکنش با اضافه کردن ۰/۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک (٦ مولار) پایان یافت. محصول بوجودآمده با ۱۵ میلی‌لیتر اتیل استات استخراج و سپس اتیل استات بخار گردید. ماده جامد باقیمانده در ۳ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم (۰/۰۵ مولار) حل شد و غلظت سینامیک اسید با اندازه گیری میزان جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر و با استفاده از فرمول A=εbc به‌دست آمد وضریب خاموشی معادل ۹۵۰۰ $M^{-1}cm^{-1}$ در نظر گرفته شد. یک واحد از فعالیت فنل‌آلانین‌آمینولیاز معادل ۱ میکرومول از سینامیک اسید تولید شده در یک دقیقه می‌باشد.

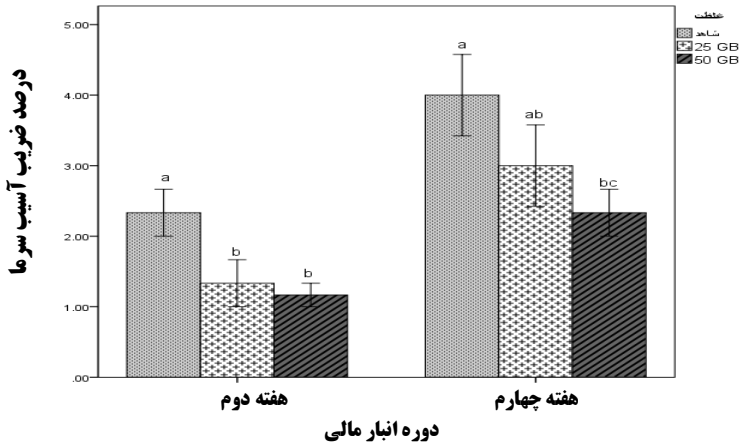
این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت آزمایش فاکتوریل با حداقل ۳ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری تمام داده‌های حاصل از آزمایش‌های متفاوت با استفاده از نرم‌افزار SPSS-16 انجام پذیرفت. میانگین شاخص‌های اندازه گیری شده با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی شد

نتایج

نشت الکترولیت و آسیب سرما: در مقایسه با شاهد استفاده از غلظت‌های مختلف گلاسین بتائین بیرونی روی میوه انار به‌طور معنی‌داری درصد آسیب سرما را کاهش داد. در طی هفته چهارم انبارمانی ضریب سرمازدگی به‌طور معنی‌داری نسبت به هفته دوم افزایش پیدا کرد. ضریب سرمازدگی در هفته چهارم انبارمانی در غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین بیرونی کاهش چشم‌گیری نسبت به میوه شاهد نشان دادند (شکل ۱).

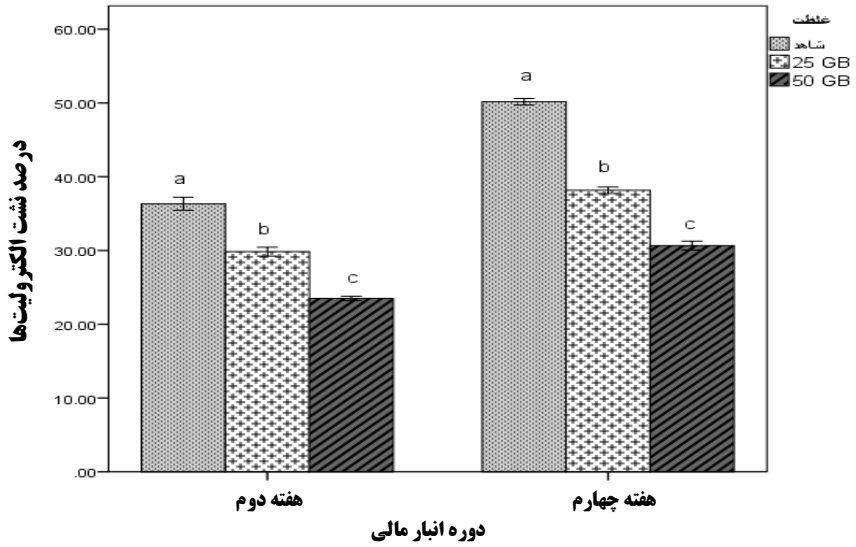
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: اثر تیمار گلایسین بتائین بیرونی روی ضریب آسیب سرما در میوه انار بعد از ۲ و ٤ هفته انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد.

همچنین در این بررسی مقدار نشت الکترولیت‌ها در میوه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. در حالی که در میوه‌های انار که با گلایسین بتائین بیرونی تیمار شده بودند مقدار نشت الکترولیت بطور معنی‌دار کاهش یافت. (شکل ۲).

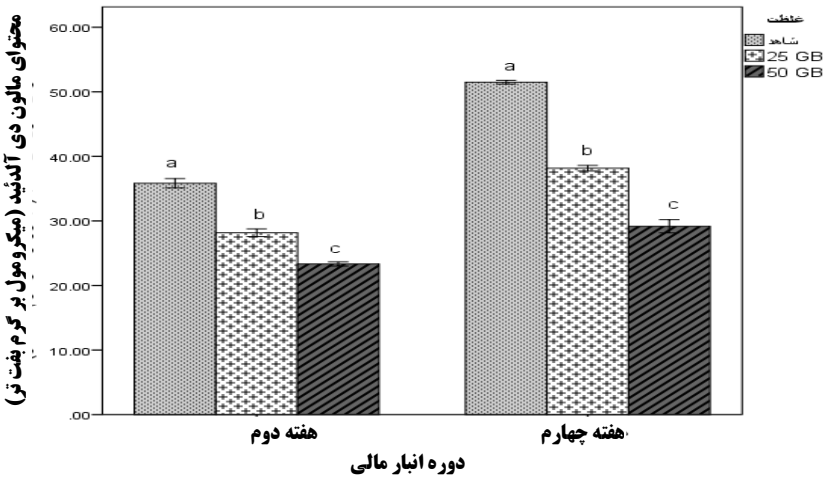


شکل ۲: اثر تیمار گلایسین بتائین بیرونی روی نشت الکترولیت‌ها در میوه انار بعد از ۲ و ٤ هفته انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد.

محتوای پرولین و مالون دی آلدهید: همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در اثر تنش سرما در میوه‌های انار، محتوای مالوندی‌آلدهید به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (میوه‌های شاهد). استفاده از گلایسین بتائین بیرونی سبب شد محتوای مالوندی‌آلدهید به‌طور معنی‌داری در مقایسه با میوه‌های شاهد کاهش یابد.

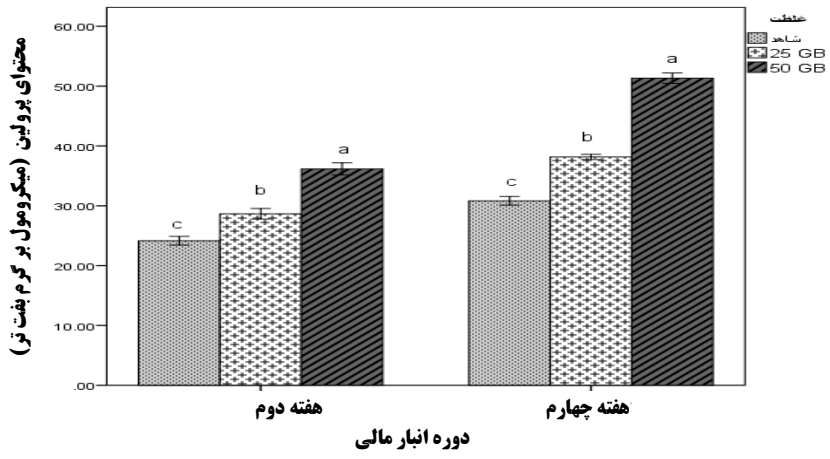
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: اثر تیمار گلایسین بتائین بیرونی روی محتوای مالون‌دی‌آلدهید در میوه انار بعد از ۲ و ٤ هفته انبارمانی در دمای ۱درجه سانتی‌گراد.

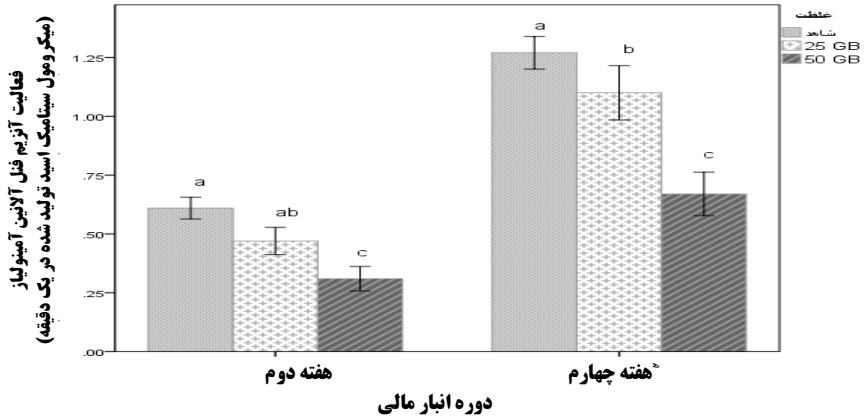
داده‌های بدست آمده در این مطالعه نشان داد که محتوای پرولین در طی دوره انبارمانی در میوه انار افزایش پیدا کرد. این افزایش در طی زمان (هفته چهارم انبارمانی) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ٤). استفاده از گلایسین بتائین بیرونی توانست محتوای پرولین را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. همانطورکه در شکل ٤ نشان داده شده است، در هفته دوم انبارمانی، محتوای پرولین در تیمار ۵۰ میلی‌مول گلایسین بتائین بیرونی ۳۳ درصد در مقایسه با میوه شاهد افزایش پیدا کرد و در هفته چهارم انبارمانی محتوای پرولین در تیمار ۵۰ میلی‌مول گلایسین‌بتائین بیرونی به ۳۹/۲ درصد رسید. همان‌طور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود تیمار ۵۰ میلی‌مول گلایسین بتائین، بیشتر تاثیر در افزایش محتوای پرولین در هر ۲ دوره زمانی انبارمانی داشت.



شکل ٤: اثر تیمار گلایسین بتائین بیرونی روی محتوای پرولین در میوه انار بعد از ۲ و ٤ هفته انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: اثر تیمار گلایسین بتائین بیرونی روی فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز در میوه انار بعد از ۲ و ٤ هفته انبارمانی در دمای ۱ درجه سانتی گراد.

فعالیت آنزیم فنل‌آلانین آمینولیاز: عموماً فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز در میوه‌هایی که از تنش سرما آسیب می‌بینند، تغییر می‌یابد. همانطور که در شکل ۵ مشاهده شد، در طول دوره انبار مانی، فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز در میوه‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری کمتر از میوه شاهد می‌باشد. همان‌طور که مشاهده شده غلظت ۵۰ میلی‌مول گلایسین بتائین بیرونی کمترین فعالیت آنزیم را دارا بود. در هفته ٤ انبارمانی میزان فعالیت آنزیم در میوه‌های تیمار شده و شاهد افزایش پیدا کرد و استفاده از گلایسین بتائین بیرونی توانست میزان فعالیت این آنزیم را در مقایسه با میوه شاهد، کاهش دهد.

بحث

میوه و سبزیجات برای اینکه مدت طولانی به‌صورت سالم حفظ شوند، نیاز به انبارمانی در دمای پایین دارند. انار همانند سایر میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، در طول دوره انبارمانی، به آسیب سرما حساس می‌باشد (Sayyari et al., 2011). عموماً آسیب سرمازدگی در ابتدا روی غشاء سلولی اثر گذاشته و باعث تغییر ترکیب اسیدهای چرب می‌گردد (Lee et al., 2005). تنش سرما از طریق آسیب هایی که به غشاء سلول وارد می نماید باعث کاهش کیفیت میوه می‌گردد. برای افزایش طول عمر انبارمانی در میوه‌ها از ترکیبات آلی همچون گاما آمینوبوتیریک اسید، اسید سالسیلیک و گلایسین بتائین برای حفظ کیفیت میوه در برابر تنش سرما، استفاده می‌گردد (Sakamoto and Murata, 2002).

Malekzadeh (۲۰۱۵) در مطالعه بر روی اثر گلایسین بتائین بر روی کاهش تنش شوری در گیاه سویا مشاهده کرد که گلایسین بتائین با کاهش نشت الکترولیت‌ها، توانست تمامیت غشاء را حفظ نماید. نتایج بدست آمده در این مطالعه نیز نشان داد که گلایسین‌بتائین بطور موثری توانسته علائم آسیب سرما را کاهش دهد و از طریق بهبود ساختار غشاء پلاسمایی موجب کاهش نشت الکترولیت‌ها گردد. نتایج مشابهی نشان داد که گلایسین بتائین می تواند نشت الکترولیت‌ها را کاهش دهد (Malekzadeh, 2015; Zarei et al., 2010).

میزان پرولین در میوه انار در طی دوره انبارمانی افزایش یافت. پرولین به عنوان مخزن ذخیره‌ای نیتروژن و یا ماده محلولی که پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم را کاهش می‌دهد، در شرایط تنش غلظت آن نسبت به سایر اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد و

www.SID.ir

Archive of SID

سبب افزایش تحمل گیاه به تنش می‌شود (Zarei et al., 2010). مقایسه غلظت‌های مختلف گلایسین بتائین نشان داد که بالاترین میزان پرولین را در غلظت ۵۰ میلی مول گلایسین بتائین به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با میانگین غلظت در میوه شاهد داشت (شکل ٤). علت افزایش میزان پرولین با افزایش تنش سرما، به دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیب‌هایی مانند پرولین می‌باشد، لذا افزایش گلایسین بتائین خارجی، به منظور تعدیل اسمزی سلول موجب افزایش پرولین به منظور تخفیف اثر تنش شده است. Alia و Mohanty (۱۹۹۳) عنوان نمودند که تجمع پرولین با کاهش تولید رادیکال های آزاد موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و مانع از تخریب غشاء در شرایط تنش محیطی در گیاهچه های گونه های براسیکا شد.

بسیاری از سلول‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی محتوای پرولین و بتائین را افزایش می‌دهند و این افزایش محتوای پرولین و بتائین در سلول‌ها با افزایش مقاومت سلول به تنش محیطی مرتبط می باشد. پراکسیداسیون چربی‌های غشاء ممکن است اولین اتفاق آشکار در بروز آسیب سرما به میوه باشد، که این آسیب با افزایش مالون‌دی‌آلدهید در غشاء پلاسمایی بروز می‌کند (Yang et al., 2011). محققین سطح پراکسیداسیون چربی‌ها را به‌عنوان مکانیسم گیاهی در برابر تنش‌های متنوع در نظر می گیرند (Yang et al., 2011). بسیاری از دانشمندان معتقدند، بافت‌های گیاهی که در معرض تنش سرما قرار گرفته‌اند، محتوای مالون‌دی‌آلدهید ملاک مناسبی برای نشان دادن سلامت غشاء پلاسمایی است (Antunes and Sfakiotakis, 2008). همانطور که در شکل (٤) مشاهده شد، محتوای پرولین در اثر تنش سرما افزایش یافت. استفاده کردن از گلایسین بتائین بیرونی محتوای پرولین را بیشتر افزایش داده است. این امر ممکن است در اثر کاهش اثرات تنش سرما از طریق اثر روی پتانسیل اسمزی سلول بوسیله گلایسین بتائین بیرونی و یا در اثر حفظ تمامیت غشاء از طریق اثر روی محتوای نشت الکترولیت‌ها و مالون‌دی‌آلدهید باشد.

همانطور که شکل ۵ مشاهده شد مقدار فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز در میوه‌های شاهد در مقایسه با میوه‌های تیمار شده با گلایسین بتائین خارجی، بیشتر بود. مطالعات انجام شده توسط Nguyen و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که همبستگی نزدیکی بین فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز و قهوه‌ای شدن میوه موز وجود دارد. در کل محققین پذیرفته‌اند که در اثر دمای پایین فعالیت آنزیم افزایش می یابد و این افزایش با فعال شدن مکانیسمی جهت کاهش علائم سرما همراه می‌باشد (Lafuente et al., 2003).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که گلایسین بتائین همانند سایر ترکیبات سازگارکننده به تنش، دارای توانایی القاء مقاومت به سلول‌های گیاهی می‌باشد. در این مطالعه گلایسین‌بتائین توانست با تاثیر روی غشاء پلاسمایی میزان ضریب سرمازدگی و نشت‌الکترولیت و محتوای مالون‌دی‌آلدهید را در جهت حفظ سلامت میوه تغییر دهد. از طریق این عملکرد میزان مواد سازگارکننده همچون مقدار پرولین در سلول‌های تیمار شده با گلایسین بتائین یرونی نیز افزایش پیدا کرد. در نهایت با تغییر میزان فعالیت آنزیم فنل‌آلانین‌آمینولیاز از قهوه‌ای شدن و تیره شدن میوه انار جلوگیری نمود. با این وجود برای اثبات اثرات گلایسین‌بتائین روی انبارمانی و فیزیولوژی پس از برداشت میوه نیاز به مطالعات بیشتری در میوه‌های مختلف می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Alia, P.S. and Mohanty, P. (1993). Proline in relation to free radical production in seedlings of *Brassica juncea* raised under sodium chloride stress. Plant and Soil. 156: 497-500.

Al-Said, F.A., Opara, U.L. and Al-Yahyai, R.A. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the sultanateof Oman. Journal of Food Engineering. 90: 129–134.

Antunes, M.D.C. and Sfakiotakis, E.M. (2008). Changes in fatty acid composition and electrolyte leakage of 'Hayward' kiwifruit during storage at different temperatures. Food Chemistry. 110:891-896.

Chen, J.Y., He, L.H., Jiang, Y.M., Wang, Y., Joyce, D.C., Ji, Z.L. and Lu, W.J. (2008). Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatment-induced chilling tolerance in banana fruit. Physiologia Plantarum. 132: 318–328.

Ding, C.K., Wang, C.Y., Gross, K.C. and Smith, D.L. (2002). Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. Planta. 214: 895–901.

Fawole, O.A. and Opara, U.L. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit atfive maturity stages. Scientia Horticulture. 150: 37–46.

Galvez, A.B., Garcia, M.V., Corrales, J.C., Lopez, A.C. and Valenzuela, J.A.L. (2010). Effect of gradual cooling storage on chilling injury and phenylalanine ammonia-lyase activity in tomato fruit. Journal of Food Biochemistry. 34: 295–307.

Lafuente, M.T., Zacarias, L., Martinez-Tellez, M.A., Sanchez-Ballesta, M.T. and Granell, A. (2003). Phenylalanine ammonia - lyase and ethylene in relation to chilling injury as affected by fruit age in citrus. Postharvest Biology and Technology. 29: 308–317.

Lee, S.H., Ahn, S.J., Im, Y.J., Cho, K., Chung, G.C., Cho, B.H. and Han, O. (2005). Differential impact of low temperature on fatty acid unsaturation and lipoxygenase activity in fig leaf gourd and cucumber roots. Biochemical and Biophysical Research Communications. 330:1194–1198.

Malekzadeh, P. (2015). Influence of exogenous application of glycinebetaine on antioxidative system and growth of salt-stressed soybean seedlings (*Glycine max* L.). Physiology and Molecular Biology of Plants. 20:133–137.

Nguyen, T.B.T., Ketsa, S. and Van Doorn, W.G. (2003). Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. Postharvest Biology and Technology. 30: 187–193.

Rahman, M.S., Miyake, H. and Takeoka, Y. (2002). Effects of exogenous glycinebetaine on growth and ultrastructure of salt-stressed rice seedlings (*Oryza sativa* L.). Plant Production Science. 5:33–44.

Sakamoto, A. and Murata, N. (2002). The role of glycinebetaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. Plant Cell Environmental. 25:163–171

Sayyari, M., Castillo S., Valerob, D., Huertas M. Díaz-Mulac H. and Serrano M. (2011). Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. Postharvest Biology and Technology. 60: 136–142.

Shan, D.P., Huang, J.G., Yang, Y.T., Guo, Y.H., Wu, C.A., Yang, G.D., Gao, Z.G. and Zheng, C.C. (2007). Cotton GhDREB1 increases plant tolerance to low temperature and is negatively regulated by gibberellic acid. New Phytologist. 176: 70–81.

Yang, A.P., Cao, S.F., Yang, Z.F., Cai, Z.T. and Zheng Z.H. (2011). γ-aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defense response of peach fruit. Food Chemistry. 129:1619-1622.

Zarei, M., Azizi, M. and Bashiri-Sadr, Z. (2010). Studies on physico-chemical properties and bioactive compounds of six pomegranate cultivars grown in Iran. Journal of Food Technology. 8: 112–117.

www.SID.ir