Archive of SID

Journal of Vegetables Sciences
Vol 3, No 5, Spring & Summer 2019, Pages (23-38)

دو فصلنامه علمی- پژوهشی علوم سبزی‌ها
سال ۳- شماره ۵- بهار و تابستان ۱۳۹۸- صفحات (۳۸-۲۳)

اثر گلایسین بتائین و گرم‌کردن متناوب بر حفظ کیفیت و عمر انبارمانی فلفل‌شیرین

زهرا قهرمانی[۱*]، علی نوبخت[۲]، طاهر برزگر[۳] و ولی ربیعی[۳]

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- دانش آموخته کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
* نویسنده مسئول: Z.ghahremani@znu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۶- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱)

چکیده

به‌منظور بررسی حفظ کیفیت میوه و عمر انبارمانی فلفل‌شیرین با تیمار گلایسین بتائین و گرم‌کردن متناوب، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار گرمایی متناوب در سه سطح (شاهد، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و تیمار گلایسین بتائین در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار) بودند. میوه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۸۵ درصد به‌مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. نتایج نشان دادند که در طول مدت نگهداری در دمای پایین به‌تدریج با افزایش دوره انبارمانی محتوای ویتامین ث، کلروفیل، کاروتنوئید و فعالیت آنزیم پراکسیداز کاهش یافت و کاهش وزن، اسیدیته عصاره و نشت یونی افزایش پیدا کرد. تیمارهای گرمادهی متناوب و گلایسین بتائین بر روی صفات مورد مطالعه اعم از مواد جامد محلول، اسیدیته عصاره، محتوای ویتامین ث، کلروفیل، کاروتنوئید و فعالیت آنزیم پراکسیداز اثرات مثبتی داشتند و موجب بهبود کیفیت میوه فلفل در مدت زمان نگهداری در دمای پایین شدند. این تیمارها از کاهش وزن محصول جلوگیری کرده و موجب کاهش نشت یونی در طول مدت نگهداری شدند. بین سطوح مختلف تیمار حرارتی و گلایسین بتائین، دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت ۵ میلی‌مولار در بهبود خصوصیات کیفی فلفل مفیدتر واقع شدند. لذا استفاده گلایسین بتائین و گرم‌کردن متناوب می‌تواند کیفیت فلفل‌شیرین را افزایش داده و با جلوگیری از افزایش آلودگی‌ها عمر پس از برداشت فلفل‌شیرین را بهبود بخشند.

واژه‌های کلیدی: کاهش وزن، کاروتنوئید، کیفیت پس از برداشت، ویتامین ث.

مقدمه

فلفل‌شیرین از تیره بادمجانیان (Solanaceae)، از جنس *Capsicum* و گونه خوراکی آن *C. annuum* L. می‌باشد که یکی از مهم‌ترین سبزی‌های خانواده بادمجانیان به‌شمار می‌آید. کشورهای چین، اندونزی و مکزیک جایگاه اول تا سوم را از نظر سطح زیرکشت فلفل‌سبز در جهان دارند. ایران با سطح زیر کشت ۴۰۰۰ هکتار رتبه ۳۵ را در میان ۱۱۰ کشور تولیدکننده فلفل‌سبز دارا است. میزان تولید فلفل‌سبز در جهان حدود ۲۸ میلیون تن است و ایران با تولید بیش از ۱۰۰ هزار تن فلفل‌سبز، در رتبه ۲۷ جهان قرار دارد. متوسط عملکرد اراضی زیرکشت فلفل‌سبز ۲۶۲۵۰ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2010). مصرف فلفل به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالای ویتامین ث و آ، تنوع بالا در رنگ، اندازه و طعم، به‌طور گسترده‌ای در

www.SID.ir

Archive of SID

حال افزایش است (Daneshvar, 2005). چروکیدگی و از دست‌دهی آب میوه از دشواری‌های اصلی پس از برداشت فلفل است که بر حمل و نقل و نگهداری آن اثر نامطلوبی دارد. همچنین با از دست‌رفتن آب، روند کاهش ویتامین ث نیز تسریع می‌شود (Smith *et al*., 2006). از دیگر نابسامانی‌های پس از برداشت فلفل، حساسیت به نگهداری در دماهای پایین است. نگهداری فلفل در دمای کمتر از ۷ درجه سانتی‌گراد باعث بروز صدماتی هم‌چون ایجاد لکه‌های فرورفته و پوسیدگی نرم آلترناریایی می‌شود (Smith *et al*., 2006). از جمله اقدامات انجام گرفته در پس از برداشت فلفل، می‌توان به سردکردن اولیه (Precooling) به‌منظور کنترل پوسیدگی نرم، نگهداری در دمای بالای ۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت‌نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد، استفاده از تیمار حرارتی به‌منظور افزایش محتوای آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از صدمات نگهداری در دمای پایین اشاره نمود (Gonzalez-Aguilar *et al*., 2003).

تیمار گرمایی به‌روش‌های مختلفی از جمله بخار آب گرم، هوای داغ و آب‌گرم انجام می‌شود. استفاده از هر کدام از این روش‌ها بستگی به دمای مورد استفاده، مدت زمان تیمار و نوع عامل بیماری‌زا و حساسیت محصول دارد (Vicente *et al*., 2002). تیمارهای گرمایی علاوه بر کنترل عوامل بیماری‌زا با تشکیل مواد لیگنینی در بافت آسیب‌دیده، از اتلاف آب محصول جلوگیری می‌کند (Ben-Yehoshua *et al*., 1987, Ben-Yehoshua *et al*., 2004). در برخی از میوه‌ها به‌طور موقت سرعت تنفس را کاهش داده و سبب حفظ قند و مواد جامد قابل‌حل در میوه‌ها می‌شود (Lingle & Dunlap, 1987). تیمار گرمایی به‌طور گسترده‌ای برای توقف پوسیدگی قارچی، تأخیر در رسیدن، افزایش مقاومت به سرمازدگی و توسعه عمر پس از برداشت در میوه و سبزی‌های استفاده شده است.

مقاومت در برابر بیماری در محصولات باغبانی برداشت‌شده با استفاده از روش‌های فیزیکی، بیولوژیکی و یا الیسیتورهای شیمیایی به‌عنوان یک راهکار مورد نظر برای مدیریت بیماری در نظر گرفته شده است (Wang *et al*., 2015). تیمار گرمایی می‌تواند به‌صورت آب‌گرم یا بخار آب‌گرم اثر مثبتی در حفظ کیفیت محصولات داشته باشد. زیرا گرما علاوه بر این‌که عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برد، باعث تولید ترکیبات دفاعی در محصولات می‌شود که در نهایت منجر به افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردند. مشاهده شده است که هوای داغ به‌طور قابل‌توجهی باعث القای فعالیت‌های کیتیناز و بتا-گلوکوناز شده و پوسیدگی میوه در گیلاس (*Prunus cerasus* L.) را مهار کرده بود (Wang *et al*., 2015) که کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی در اثر تیمار گرمایی می‌تواند کاهش حلالیت پکتین‌ها از طریق افزایش مکان‌های مثبت برای تشکیل پل‌های کلسیمی در دیواره سلولی باشد (Mirdehghan *et al*., 2007).

به‌منظور حفظ کیفیت و عمر انباری میوه‌ها و سبزی‌ها از ترکیبات آلی سازگار نیز استفاده می‌شود. این محلول‌های سازگارکننده همانند پرولین، گاما آمینو بوتیریک اسید و گلایسین بتائین در افزایش تحمل به کمبود آب ناشی از سرمازدگی مؤثر هستند (Malekzadeh, 2015). کاربرد خارجی گلایسین بتائین می‌تواند گیاهان را در مقابل تنش‌های مختلفی که منجر به یخزدگی یا سرمازدگی می‌شود، محافظت کند (Chen & Murata, 2002). مطالعات نشان داده‌اند که گلایسین بتائین می‌تواند سبب محافظت از غشای پلاسمایی سلول‌ها در مقابل اثرات تخریبی دمای محیط گردد. با تیمار میوه‌های انار (*Punica granatum* L.) به‌وسیله گلایسین بتائین علائم

www.SID.ir

Archive of SID

آسیب سرما، محتوای مالون دی آلدهید و نشست الکترولیت به‌طور چشم‌گیری کاهش و مقدار اسید آمینه پرولین افزایش پیدا کرد (Malekzadeh & Hatamnia, 2015). کاربرد گلایسین بتائین با افزایش محتوای کلروفیل، پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش نشت یونی، مالون دی آلدئید و پراکسید هیدروژن سبب کاهش صدمه‌ای سرمازدگی گیاهچه‌های خیار (*Cucumis sativus* L.) شد (Seaidpor *et al*., 2015). گزارش شده است که تیمار گلایسین بتائین موجب جلوگیری از آسیب سرمازدگی و حفظ سفتی گوشت میوه و آب میوه هلو (*Prunus persica* L.) در طول نگهداری در دمای پایین شده است (Shan *et al*., 2016). Rodríguez-Zapata و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاربرد برگی قبل از برداشت گلایسین بتائین در کاهش آسیب سرمایی میوه موز (*Musa sapientum* L.) در طول دوره ذخیره‌سازی پس از برداشت مؤثر واقع شد (Rodríguez-Zapata *et al*., 2015). اخیراً، کاربرد خارجی گلایسین بتائین در افزایش تحمل به سرما و اثرات مثبت در القای تحمل به تنش در برخی میوه‌ها و سبزی‌ها از جمله ازگیل‌ژاپنی (*Eriobotrya japonica* L.)، فلفل‌تند، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) گزارش شده است (Sun *et al*., 2014; Park *et al*., 2006; Ding *et al*., 2012; Wang *et al*., 2015). در مطالعات Wang و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده شد که تیمار ۲/۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌طور معنی‌داری کاهش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز را به تأخیر انداخت (Wang *et al*., 2015). نتایج نشان داد که قارچ دکمه‌ای تحت تیمار با گلایسین بتائین آب کمتری از دست داد و سرعت تنفس، باز شدن کلاهک و قهوه‌ای‌شدن هم کنترل شد و تیمار گلایسین بتائین با غلظت ۲ میلی‌مولار بر لیتر در افزایش عمر انباری قارچ دکمه‌ای مؤثر واقع شد (Zhaogai *et al*., 2015). بنابراین، این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر تیمار گلایسین بتائین و گرم‌کردن متناوب بر حفظ کیفیت میوه فلفل‌شیرین انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان ۱۳۹۵ در محل سردخانه و آزمایشگاه مرکزی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار گرمایی متناوب در سه سطح (بدون تیمار، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) و تیمار گلایسین بتائین در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار) بودند. پس از شست‌وشوی میوه‌ها و خشک‌نمودن آن‌ها، میوه‌های فلفل با سطوح مختلف گلایسین بتائین تیمار شد. برای پوشش‌دهی از روش غوطه‌وری (Singthong & Thongkaew, 2009) استفاده شد. در این روش نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ ثانیه درون محلول گلایسین بتائین با دمای اتاق غوطه‌ور شدند. نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در محیط آزمایشگاه باقی ماندند تا محلول گلایسین بتائین اضافی از روی آن‌ها جدا شود. سپس بسته‌بندی (۳۰ میوه در هر بسته) شده و به مدت چهار روز در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به‌منظور اعمال تیمار گرم‌کردن متناوب، میوه‌ها به مدت ۲۴ ساعت به دمای ۲۰ یا ۳۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند و بعد از اعمال تیمار گرمایی مجدداً به مدت چهار روز در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و تا ۳۰ روز نگهداری شدند. نمونه‌برداری از میوه‌ها در چهار مرحله (میوه‌های شاهد تازه برداشت‌شده سپس با فاصله ۱۰ روز یک‌بار) انجام

www.SID.ir

Archive of SID

شد. پس از شروع انبارمانی در هر مرحله صفات کمی و کیفی میوه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه‌های هر واحد آزمایشی با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش و پس از انتقال به آزمایشگاه و نیز به فواصل معین وزن شدند و درصد کاهش وزن از طریق رابطه یک محاسبه گردید (Meng *et al.*, 2007).

رابطه (۱) $LW=\frac{W_1-W_2}{W_1}\times 100$

W_1: وزن اندازه‌گیری شده قبل از نگهداری در انبار، W_2: وزن اندازه‌گیری شده بعد از خروج از انبار و LW: درصد کاهش وزن.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل با دستگاه رفراکتومتر دستی (Refractometer ساخت ایتالیا ARBO 45) انجام شد و مقدار مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس ثبت شد. اسیدیته میوه با استفاده از دستگاه pH متر (ساخت کشور آلمان، مدل Inolab) و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. اندازه‌گیری میزان ویتامین ث با روش تیتراسیون با ید در یدور پتاسیم انجام شد. پایان تیتراسیون زمانی بود که رنگ عصاره میوه‌ها آبی تیره شده و این رنگ چند ثانیه پایدار ماند (Arya, 2000).

رابطه (۲) $A=(S\times N\times F\times 88.1\times 100)/10$

A: مقدار اسید آسکوربیک در عصاره میوه (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره)

S: مقدار محلول ید مصرف‌شده (میلی‌لیتر)، N: نرمالیته محلول مصرف‌شده، F: فاکتور محلول ید مصرف‌شده.

اندازه‌گیری کلروفیل به روش آرنون انجام شد (Arnon, 1967). میزان کلروفیل با استفاده از استون ۸۰ درصد استخراج و در نهایت میزان جذب نور توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-600) در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل و دو طول موج ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر برای کاروتنوئید قرائت و طبق رابطه‌های (۳ و ۴) محاسبه گردید.

رابطه (۳) $Chlorophyll= (20.2\times A645+8.02\times A663)\times\frac{V}{W}$

رابطه (۴) $Chlorophyll= (20.2\times A645+8.02\times A663)\times\frac{V}{W}$

نشت یونی به روش (Ezhilmathi *et al.*, 2007) انجام شد و میزان هدایت الکتریکی نهایی از طریق رابطه ۵ محاسبه شد (Ezhilmathi, *et al.*, 2007).

رابطه (۵) $EC(\%)=1-(EC1/EC2)$

EC: میزان هدایت الکتریکی نهایی، EC_1: میزان هدایت الکتریکی اولیه، EC_2: میزان هدایت الکتریکی ثانویه برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز از ترکیبات فنولیک گایاکول به‌عنوان دهنده الکترون برای تجزیه پراکسید هیدروژن استفاده می‌شود. به همین علت به آن آنزیم گایاکول پراکسیداز گفته می‌شود که بر اساس میزان اکسیدشدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر تعیین می‌شود (Ghanati *et al.*, 2002). برای منظور سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=7) با ۷ میکرولیتر پراکسید هیدروژن و ۶ میکرولیتر گایاکول مخلوط و دستگاه اسپکتروفتومتر را با استفاده از این مخلوط صفر گردید. دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل SAFAS MONACO (RS 232 و کشو سازنده آلمان)، روی برنامه کینتیک با

www.SID.ir

Archive of SID

مشخصات طول موج لاندا برابر ۴۷۰ نانومتر به‌مدت ۳ دقیقه در فواصل زمانی ۲۰ ثانیه و جذب نور تنظیم شد. سپس ۱۵ میکرولیتر عصاره به مخلوط اضافه و بلافاصله تغییرات جذب نور آن با فواصل زمانی ۲۰ ثانیه و به‌مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری بایستی دمای بافر اندازه‌گیری و عصاره هم دمای اتاق باشند. میزان فعالیت آنزیم به‌صورت میکرومول تتراگایاکول تشکیل‌شده در دقیقه در واحد گرم میوه تازه بیان شد (Ghanati *et al*., 2002).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS var (9.1) انجام شد. میانگین صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

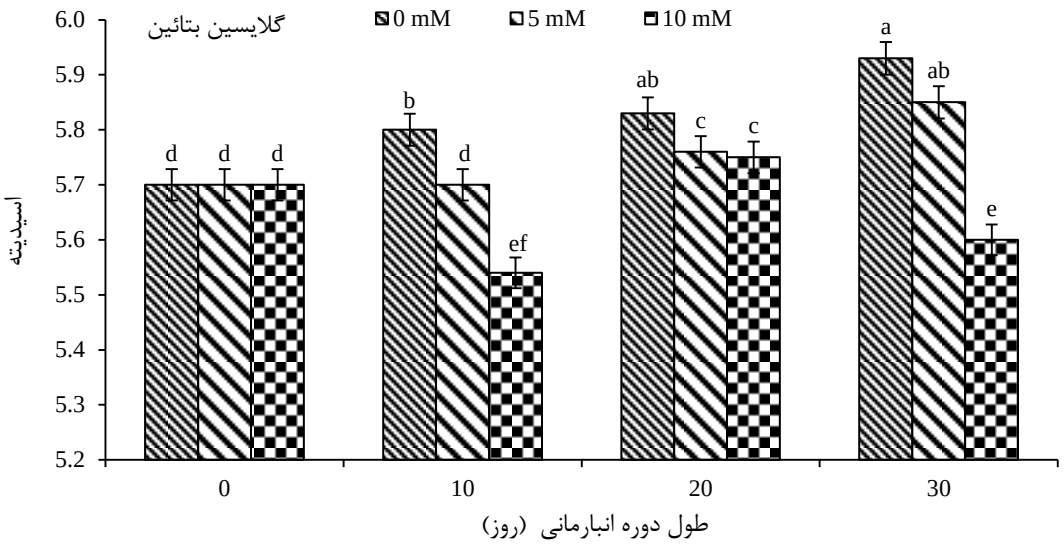
pH عصاره‌ی میوه

طبق نتایج به‌دست آمده از اثرات متقابل گلایسین بتائین و طول دوره انبارمانی به‌تدریج با افزایش دوره انبارمانی میزان اسیدیته عصاره میوه روند افزایشی نشان داد و بیشترین مقدار آن (۵/۹) در ۳۰ روز پس از انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده شد (شکل ۱). طبق نتایج به‌دست آمده از اثرات متقابل تیمار گرمادهی متناوب و طول دوره انبارمانی بر اسیدیته عصاره میوه روند افزایشی رو نشان داد و بیش‌ترین مقدار آن (۶) در ۳۰ روز پس از انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده شد (شکل ۲). تیمار گلایسین بتائین و تیمار حرارتی افزایش مقدار اسیدیته عصاره میوه را در طول دوره انبارمانی تا حدودی به تأخیر انداختند. در واقع گلایسین بتائین و تیمار حرارتی افزایش میزان این شاخص را متعادل‌تر کردند. بین سطوح تیمار گلایسین بتائین غلظت ۱۰ میلی‌مولار و تیمار گرمادهی متناوب دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اثرات مفیدتری در متعادل‌کردن اسیدیته عصاره میوه در طول دوره انبارمانی ۳۰ روزه داشتند (شکل‌های ۱ و ۲).

طی دوران انبارمانی اسیدیته آب میوه تا حدودی افزایش می‌یابد که می‌تواند بیانگر مصرف اسیدهای آلی در طول زمان نگهداری باشد (Stow, 1993). احتمالاً ثابت نگه‌داشتن این شاخص تحت تیمار گرمادهی متناوب و گلایسین بتائین به‌دلیل کند کردن تنفس و کاهش مصرف اسیدهای آلی باشد. در این راستا گزارش شده است که تیمار گرمایی ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه در میوه انار موجب کاهش اسیدیته گردید (Mirdehghan *et al*., 2007).

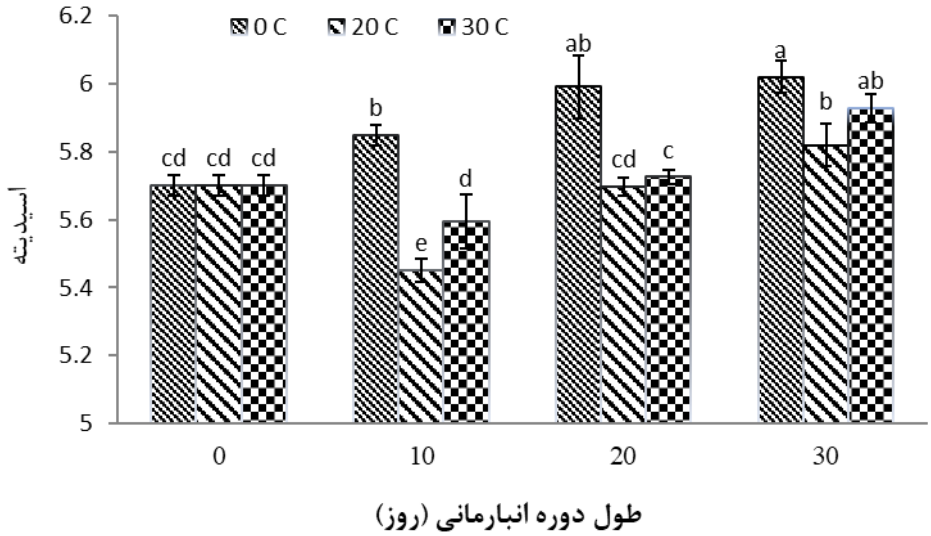
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثرات متقابل گلایسین بتائین و طول دوره انبارمانی بر اسیدیته عصاره میوه

(ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند)



شکل ۲- اثرات متقابل تیمار گرمادهی متناوب و طول دوره انبارمانی بر اسیدیته عصاره میوه

(ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند)

درصد کاهش وزن میوه، مواد جامد محلول (TSS) و ویتامین ث میوه

طبق نتایج مقایسه میانگین، درصد کاهش وزن فلفل با گذشت زمان و در طی دوره انبارمانی افزایش پیدا کرد و بیشترین (۳۴/۹۳ درصد) مقدار آن در روز ۳۰ انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده شد. کمترین درصد کاهش وزن (۷/۱۵ درصد) تحت تیمار ۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین و تیمار گرمادهی متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طی مدت انبارمانی ۱۰ روز مشاهده شد (جدول ۱).

کاهش وزن میوه به‌طور عمده با تنفس، تبخیر رطوبت از پوست میوه و فعالیت‌های متابولیکی کنترل می‌شود. کاهش وزن میوه در نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

دهیدراسیون و آب از دست‌رفته از سطح میوه‌ها می‌باشد (Martinez-Romero *et al*., 2006). کاهش وزن فلفل در طول دروه انبارداری اتفاق افتاد که نتایج مشابه آن در میوه خرما (*Phoenix dactylifera*) و آووکادو (*Persea americana*) که کاهش وزن تر نسبت به شاهد صورت گرفت، گزارش شده است (Perez *et al*., 2004). کاهش وزن آثار سوئی بر کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها در طی دوره انبارداری دارد که با تیمار گرمایی می‌توان آن را کاهش داد. گزارشات نشان می‌دهد که پس از ۱۴ روز انبارداری در سرما، کاهش وزن لیموها و آلوهای تیمارشده با گرما، ۵۰ درصد کمتر از میوه‌های گرما ندیده بوده است. گرچه بروز آسیب‌های مکانیکی کاهش وزن زیادی ایجاد می‌کند، اما کاربرد آب گرم ۴۵ درجه سانتی‌گراد طی ۱۰ دقیقه، از طریق کم‌کردن تغییرات غشایی مرتبط با رسیدگی و افزایش اسیدهای چرب اشباع، در از دست رفتن وزن آلوهای دارای آسیب مکانیکی کاهش چشم‌گیری ایجاد نمود (Serrano *et al*., 2004). ثابت شده است که علت کم‌شدن کاهش وزن میوه در هنگام گرمادهی، ممکن است در اثر جذب آب در حین تیمار باشد (Serrano *et al*., 2004).

گلایسین بتائین از جمله ترکیباتی است که درون سیتوپلاسم بوده و از دهیدراته‌شدن و پلاسمولیز سلول‌ها در شرایط بالای اسمزی ممانعت به عمل می‌آورد (Taiz & Zaiger, 2006). جلوگیری از کاهش وزن میوه در طول مدت ذخیره‌سازی توسط گلایسین بتائین می‌تواند به‌دلیل اثر گلایسین بتائین بر فشار اسمزی و حفظ تعادل رطوبتی بافت میوه باشد (Ashraf and Foolad, 2007)

طبق نتایج به‌دست آمده با افزایش مدت انبارمانی، افزایش مواد جامد محلول میوه مشاهده شد و بیشترین (۷/۳۳ درصد) مقدار آن در ۳۰ روز بعد از انبارمانی در تیمار شاهد گرمادهی متناوب و با غلظت صفر میلی‌مولار گلایسین بتایین به‌دست آمد. کمترین مقدار مواد جامد محلول (۳/۷۱ درصد بریکس)، ۳۰ روز پس از انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با گلایسین بتائین ۱۰ میلی‌مولار و تیمار گرمادهی متناوب شاهد حاصل شد. کاربرد گلایسین بتائین و تیمار گرمایی هر دو به یک نسبت موجب افزایش متعادل مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی در فلفل شده است (جدول ۱).

با افزایش زمان انبارمانی، مواد جامد محلول به‌صورت تابعی از زمان انبارمانی، روند افزایشی را طی می‌کند. تغییر مواد جامد محلول در مدت نگهداری با هیدرولیز پلی‌ساکاریدها و تغلیظ شدن عصاره میوه به‌دلیل کاهش آب میوه مرتبط می‌باشد (Kobayashi *et al*., 2008; Vargas *et al*., 2008). افزایش میزان قندها در پی تیمار گرمایی احتمالاً به این علت بوده است که قندهای خنثی حاصل از بقایای پلیمر پکتین به‌صورت محلول در می‌آیند. به‌کار بردن یک تیمار گرمایی ملایم آنزیم‌هایی را فعال می‌کند که منجر به القای آزادشدن قندهای خنثی می‌گردد که در نتیجه، منجر به شیرین‌تر شدن میوه می‌شود (Beirao-da-Costa *et al*., 2006). طی گزارشی، تیمار گرمایی ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ دقیقه در میوه گلابی، سبب افزایش مواد جامد محلول و شاخص طعم شدند (Hoseiny *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد افزایش مواد جامد محلول تحت تیمار گلایسین بتائین به تنظیم اسمزی این ترکیب مربوط می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقایسات میانگین اثر متقابل گلایسین بتائین، تیمار گرمایی و طول دوره انبارمانی بر کیفیت فلفل‌شیرین

مدت زمان انبارمانی (روز)	گلایسین بتائین (میلی‌مولار)	تیمار گرمادهی متناوب (درجه سانتی‌گراد)	کاهش وزن (درصد)	مواد جامد محلول (درصد)	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)
		شاهد	۱۹/۹۳ ± ۲/۴۰	۵/۸۳ ± ۱/۳۶	۲۰/۲۳ ± ۱/۴۵
	۰	۲۰	۹/۴۲ ± ۰/۹۹	۴/۳ ± ۰/۵۵	۲۶/۷۴ ± ۵/۰۶
		۳۰	۹/۸۸ ± ۱/۵۳	۵/۶۴ ± ۰/۳۳	۲۲/۶۶ ± ۲/۸۶
		شاهد	۹/۱۶ ± ۲/۴۸	۵/۲۳ ± ۰/۳۳	۲۷/۳۲ ± ۲/۴۲
۱۰	۵	۲۰	۷/۱۵ ± ۰/۵۴	۵/۲۶ ± ۰/۰۶	۳۰/۸۴ ± ۴/۶۱
		۳۰	۸/۴۱ ± ۲/۸۹	۴/۹۳ ± ۰/۳۸	۳۰/۸۴ ± ۴/۱۹
		شاهد	۹/۵۴± ۰/۰۲	۴/۶۳ ± ۰/۲۹	۲۳/۰۹ ± ۱/۰۶
	۱۰	۲۰	۷/۹۹± ۱/۰۷	۴/۹۶ ± ۰/۵۷	۲۹/۷۲ ± ۷/۰۳
		۳۰	۸/۸۲ ± ۱/۵۷	۴/۲۴ ± ۰/۳۷	۲۸/۵۰ ± ۲/۰۱
		شاهد	۲۸/۱۷ ± ۳/۱۴	۶/۶۶ ± ۱/۴۵	۴۸/۵۰ ± ۴/۶۸
	۰	۲۰	۲۴/۴۲ ± ۰/۲۵	۵/۷۳ ± ۰/۳۳	۶۳/۹۵ ± ۵/۸۱
		۳۰	۲۴/۸۸ ± ۱/۱۵	۵/۳۳ ± ۰/۲۱	۶۲/۷۹ ± ۴/۰۲
		شاهد	۱۹/۲۶ ± ۲/۴۸	۵/۸۳ ± ۰/۱۶	۵۰/۳۲ ± ۳/۰۷
۲۰	۵	۲۰	۲۱/۱۵ ± ۰/۵۸	۴/۸۶ ± ۰/۰۸	۶۷/۸۴ ± ۴/۶۵
		۳۰	۱۸/۴۱ ± ۲/۶۸	۴/۳۰ ± ۰/۴۹	۶۵/۸۴ ± ۲/۳۲
		شاهد	۲۴/۵۴ ± ۰/۳۸	۵/۶۳ ± ۰/۳۳	۴۹/۰۴ ± ۳/۴۸
	۱۰	۲۰	۲۲/۹۹ ± ۱/۶۳	۵/۷۲ ± ۰/۱۳	۶۵/۷۲ ± ۳/۸۱
		۳۰	۱۹/۸۲ ± ۴/۲۱	۴/۹ ± ۰/۱۰	۶۲/۵۰ ± ۴/۰۲
		شاهد	۳۴/۹۳ ± ۹/۴۴	۷/۳۳ ± ۰/۲۱	۱۸/۷۹ ± ۴/۶۵
	۰	۲۰	۲۷/۴۲ ± ۲/۱۱	۵/۸۳ ± ۰/۴	۳۲/۷۹ ± ۲/۳۲
		۳۰	۲۹/۸۸ ± ۲/۰۹	۵/۱۷ ± ۱/۱۵	۲۵/۲۲ ± ۶/۱۵
		شاهد	۲۰/۴۳ ± ۳/۰۱	۴/۹۱ ± ۰/۲۸	۲۷/۳۲ ± ۳/۱۴
۳۰	۵	۲۰	۱۴/۱۵ ± ۰/۴۲	۵/۲۸ ± ۰/۷۶	۳۳/۸۴ ± ۳/۰۷
		۳۰	۱۸/۴۱ ± ۱/۴۴	۴/۳۰ ± ۰/۴۸	۳۰/۸۴ ± ۰/۰۵
		شاهد	۱۸/۵۴ ± ۱/۴۵	۳/۷۱ ± ۰/۳۰	۲۶/۰۹ ± ۰/۸۱
	۱۰	۲۰	۱۶/۹۹ ± ۲/۲۸	۴/۷۲ ± ۰/۱۱	۳۰/۷۲ ± ۲/۳۲
		۳۰	۱۷/۸۲ ± ۲/۵	۴/۲۴ ± ۰/۱۵	۲۷/۵۰ ± ۸/۰۵

داده‌ها میانگین سه تکرار می‌باشند و مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، محتوای ویتامین ث با افزایش مدت انبارمانی رو به افزایش بوده و در روز ۲۰ انبارمانی بیش‌ترین مقدار را داشت. با افزایش مدت انبارمانی تا ۳۰ روز از میزان ویتامین ث کاسته شد. کاربرد تیمار گلایسین بتائین و تیمار گرمادهی متناوب محتوای ویتامین ث را در طول مدت انبارمانی افزایش دادند و این افزایش نسبت به شاهد چشم‌گیر بود. حداکثر مقدار ویتامین ث

www.SID.ir

Archive of SID

(۶۷/۸۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) تحت تیمار ۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین به همراه تیمار گرمادهی متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول مدت انبارمانی ۲۰ روزه مشاهده شد (جدول ۱).

معمولاً میزان ویتامین ث در طی انبارمانی دست‌خوش تخریب قرار می‌گیرد که دلیل آن مصرف این ویتامین به‌عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Spinardi & Ferrante 2005). همان‌طور که از نتایج برمی‌آید، تیمار حرارتی و گلایسین بتائین از کاهش میزان ویتامین ث در طول مدت انبارمانی در دمای پایین ممانعت کرده‌اند. حفظ ویتامین ث می‌تواند به‌دلیل به تأخیر انداختن پیری توسط تیمار گرمادهی متناوب و گلایسین بتائین باشد که سبب جلوگیری از تجزیه‌ی دیواره سلولی شده، تولید رادیکال‌های آزاد کاهش‌یافته؛ نیاز سلول به مصرف ویتامین ث کمتر شده و در نتیجه ویتامین ث در میوه حفظ گردیده است (Smirnoff & Stewart, 1985). مطابق با نتایج این مطالعه، گزارش شده است که محتوای اسید آسکوربیک قارچ دکمه‌ای تحت تیمار ۲/۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین در طول مدت ذخیره‌سازی کاهش کمتری نشان داد (Wang *et al.*, 2015). همچنین، تیمار گرمایی در گوجه‌فرنگی سبز رسیده از افزایش مقدار ویتامین ث در مدت نگهداری در دمای پایین جلوگیری کرده است.

محتوای کلروفیل و کاروتنوئید

طبق نتایج مشاهده شده از مقایسات میانگین (جدول ۲)، محتوای کلروفیل فلفل به‌تدریج با افزایش مدت زمان انبارمانی روند کاهشی نشان داد. به‌طوری‌که در ۳۰ روز پس از انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با گرمای متناوب ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با غلظت ۱۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین کمترین میزان محتوای کلروفیل (۰/۳۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مشاهده شد. تیمارهای گلایسین بتائین و تیمار گرمادهی متناوب موجب افزایش و حفظ محتوای کلروفیل نسبت به شاهد شدند و بیش‌ترین (۰/۷۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مقدار این شاخص تحت تیمار ۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین در تیمار عدم گرمادهی متناوب ۳۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد.

تنش دمای پایین به‌طور مستقیم بر سیستم فتوسنتزی گیاه تأثیر می‌گذارد و بخش‌های اصلی نظیر غشای تیلاکوئید و رنگیزه‌های فتوسنتزی را تخریب می‌کند و سبب بروز آسیب در واکنش‌های کلروپلاست می‌شود (Hola *et al.*, 2007). فعالیت آنزیم کلروفیلاز و تجزیه کلروفیل و مشتقات آن در طی فرآیند بلوغ و پیری سبزی‌ها و میوه‌هایی نظیر توت‌فرنگی، لیمو عمانی، لیچی، خیار و کلم بروکلی گزارش شده است (Costa *et al.*, 2006; Win *et al.*, 2006; Nilsson, 2005). به تأخیر انداختن زوال کلروفیل و حفظ بازارپسندی میوه لیموی بالغ و سبز رنگ توسط تیمار آب داغ با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد ثابت شده است (Kaewsuksaeng *et al.*, 2011). با توجه به این‌که احتمالاً اولین مکان دریافت تنش سرما فتوسیستم II است و سبب کاهش فلورسانس این فتوسیستم و توقف فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود. در برخی مطالعات بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد گلایسین بتائین بر گیاهان تحت تنش به تأثیر مثبت آن بر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو ربط داده می‌شود (Serraj & Sinclair, 2002). به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت گلایسین بتائین موجب افزایش داخلی پیش ماده کولین شده و از تخریب کلروفیل و فعالیت آنزیم کلروفیلاز ممانعت کرده است. ساتو و همکاران (Sato *et al.*, 2004) بیان نمودند گلایسین بتائین موجب حفظ غشاهای سلولی از

www.SID.ir

Archive of SID

خطرات پسابیدگی و جلوگیری از کاهش مقدار کلروفیل می‌شود.

نتایج نشان داد که محتوای کاروتنوئید با افزایش دوره انبارمانی تا روز ۲۰ انبارمانی روند افزایشی داشته و بعد از آن رو به کاهش می‌باشد. تیمارهای گلایسین بتائین و تیمار گرمادهی متناوب از کاهش محتوای کاروتنوئید در طی دوره انبارمانی جلوگیری کرده و میزان این شاخص را بهبود بخشیدند. به‌طوری‌که حداکثر محتوای کاروتنوئید (۰/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در میوه‌های تیمار شده با ۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین به همراه تیمار گرمادهی متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول مدت انبارمانی ۱۰ روز مشاهده شد. در واقع تیمارهای گلایسین بتائین و تیمار گرمادهی متناوب موجب حفظ محتوای کاروتنوئید نسبت به شاهد (۰/۱۰ میلی‌گرم) در طول مدت انبارمانی شدند (جدول ۲).

افزایش کاروتنوئیدها به هنگام تنش به این علت است که آن‌ها در محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی و جلوگیری از اکسیداسیون نوری کلروفیل‌ها مؤثر می‌باشند (Lawlor & Cornic, 2002). به‌نظر می‌رسد افزایش میزان کاروتنوئید تحت تیمار گرمادهی متناوب، مربوط به اثرات این تیمار در کاهش تنفس و تولید اتیلن باشد که موجب کاهش سرعت پیری شده، سرعت تولید رادیکال‌های آزاد را کاهش داده و در نتیجه موجب کاهش مصرف آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند کاروتنوئیدها می‌شود. مطابق با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، گزارش شده است که میزان کاروتنوئید در گیاهان مختلف در طول مدت نگهداری در دمای پایین رو به افزایش بوده و تیمار گرمادهی متناوب مقدار این شاخص را به‌طور متعادل‌تری افزایش داده و موجب حفظ آن در طول دوره انبارداری می‌شود (Lawlor & Cornic, 2002). از آن‌جایی که گلایسین بتائین به‌عنوان محافظ اسمزی در برابر تنش عمل می‌کند، افزایش آن به‌منظور تنظیم اسمزی سلول همراه با افزایش کاروتنوئید که نقش محافظت از غشاهای تیلاکوئیدی دارد، انجام می‌گیرد (Lawlor & Cornic, 2002). افزایش غلظت گلایسین بتائین خارجی موجب افزایش پیش‌ماده داخلی آن و افزایش کاروتنوئید به‌منظور حفظ ساختار و ثبات غشاء و رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش می‌شود (Harinasut *et al*., 1996). در این راستا در گیاه ذرت، گلایسین بتائین به‌مقدار ۱۵۰ پی‌پی‌ام روند افزایشی در میزان کاروتنوئید را نشان داد (Miri & Zamaeemoghadam, 2014).

نشت یونی

طبق نتایج، نشت یونی با افزایش مدت زمان انبارمانی روند افزایشی داشته و بیش‌ترین مقدار آن (۸۰/۰۲ درصد) در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و با غلظت صفر میلی‌مولار گلایسین بتائین در روز ۳۰ انبارمانی مشاهده شد. تیمارهای گرمادهی متناوب و گلایسین بتائین در طی دوره انبارمانی میزان نشت یونی را نسبت به شاهد کاهش دادند. کمترین مقدار نشت یونی (۵۰/۵۳ درصد) تحت تیمار ۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین به همراه تیمار گرمادهی متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان انبارمانی ۳۰ روزه مشاهده شد (جدول ۲).

تنش سرما از طریق تأثیر بر نفوذپذیری سبب افزایش نشت محلول‌های سلولی می‌شود (Rab & Salveit, 1996). این رادیکال‌های آزاد درون سلول در غلظت‌های زیاد سلولی سمی‌اند و سبب پراکسیده‌شدن لیپیدهای غشای سلولی و اندامک‌ها می‌شوند و در نتیجه‌ی آن ظهور صدمات ناشی از تنش سرما در گیاهان است. ضمن این‌که این رادیکال‌ها بسیار واکنش‌گرند و می‌توانند با خارج‌کردن H^+ از فسفولیپیدها موجب تشکیل رادیکال فعال اسید چرب شوند و رادیکال اسید

www.SID.ir

Archive of SID

چرب در حضور اکسیژن با تولید پراکسید اسید چرب، ضمن تخریب چربی‌ها و پروتئین‌ها رادیکال‌های بیشتری تولید می‌کند (Taiz & Zeiger., 2006). یکی از مهم‌ترین وظایف گلایسین بتائین به‌عنوان محافظ اسمزی، تنظیم پتانسیل اسمزی و محافظت از نفوذپذیری غشای سلول است که سبب حفظ و ثبات غشاهای سلولی در برابر پراکسیداسیون و در نتیجه نشت مواد داخل به خارج سلول می‌شود (Park *et al*., 2006). مطابق با نتایج این مطالعه، در میوه‌های انار که با گلایسین بتائین خارجی تیمار شده بودند، مقدار نشت یونی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Malekzadeh & Hatamnia,. 2015).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در طی مدت زمان انبارمانی تا روز ۲۰ انبارمانی رو به کاهش بوده و در روز ۳۰ انبارمانی افزایش پیدا کرد ولی میزان افزایش آن زیاد چشمگیر نبود. تیمارهای آزمایشی گلایسین بتائین و تیمار گرمادهی متناوب از کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز طی دوره انبارمانی جلوگیری کرده و افزایش این شاخص را نسبت به شاهد در پی داشتند. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (۵۰/۵۵ درصد) تحت تیمار ۵ میلی‌مولار گلایسین بتائین به همراه تیمار گرمادهی متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول مدت نگهداری ۳۰ روزه مشاهده شد (جدول ۲).

پراکسیداز در گیاهان دارای چندین وظیفه‌ی فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بوده و در ایجاد پیوند با مولکول‌های دیواره سلولی، اکسایش اکسین، تولید لیگنین و پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده دخالت داشته؛ به‌عنوان پذیرنده الکترون عمل می‌کند و از این طریق سبب مهار گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (Quiroga *et al*., 2000). تجمع گلایسین بتائین علاوه بر کاهش مستقیم آسیب‌های ناشی از تنش اکسیداتیو می‌تواند با حفاظت از آنزیم‌های درگیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی از جمله پراکسیداز به مهار ROS کمک کند (Ashraf & Foolad, 2007). میزان خسارت ناشی از ROS با افزایش سطوح فعالیت آنزیم پراکسیداز از گیاه می‌تواند تقلیل یابد. در گیاه ذرت تحت تنش کم‌آبی، تأثیر گلایسین بتائین بر افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های POD،SOD و CAT تأیید شده است (Anjum *et al*., 2012).

از طرفی گرما در بافت‌های گیاهی، القای تنش اکسیداتیو کرده و گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive Oxygen Species) (ROS) از جمله سوپراکسید و پراکسید هیدروژن را تولید می‌کند. مطالعات نشان می‌دهد که گرما فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها را به‌دلیل افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی ترکیبات طبیعی یا تشکیل ترکیبات جدید مانند محصولات واکنش میلارد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند، افزایش می‌دهد (Manzocco *et al*., 2001). در این راستا گزارش شده است که میوه گوجه‌فرنگی تحت تیمار آب گرم به‌مدت ۱۰ دقیقه افزایش فعالیت پراکسیداز و کاتالاز را در دمای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده و پوسیدگی میوه گوجه‌فرنگی با افزایش فعالیت کاتالاز و پراکسیداز کاهش پیدا کرد (Boonkorn, 2016).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسات میانگین اثر متقابل گلایسین بتائین، تیمار گرمایی و طول دوره انبارمانی بر کیفیت فلفل‌شیرین

مدت زمان انبارمانی (روز)	گلایسین بتائین (میلی‌مولار)	تیمار گرمادهی متناوب (درجه سانتی‌گراد)	محتوای کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	محتوای کلروفیل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	نشت یونی (درصد)	آنزیم پراکسیداز (درصد)
		شاهد	۰/۱۰ ± ۰/۰۳	۰/۴۰ ± ۰/۰۲	۶۲/۰۲ ± ۴/۸۴	۷/۱۱ ± ۱/۱۸
	۰	۲۰	۰/۱۷ ± ۰/۰۲	۰/۴۶ ± ۰/۰۵	۵۷/۵۶ ± ۵/۶۵	۱۰/۷۲ ± ۱/۴۱
		۳۰	۰/۱۳ ± ۰/۰۱	۰/۴۲ ± ۰/۰۲	۵۹/۹۹ ± ۴/۶۲	۹/۰۴ ± ۳/۵۸
		شاهد	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۴۷ ± ۰/۰۱	۵۸/۹۷ ± ۵/۸۴	۱۲/۳۸ ± ۳/۲۶
۱۰	۵	۲۰	۰/۳۸ ± ۰/۲	۰/۴۴ ± ۰/۰۴	۵۲/۵۳ ± ۱/۱۲	۱۵/۵۵ ± ۰/۹۸
		۳۰	۰/۱۴ ± ۰/۰۱	۰/۴۲ ± ۰/۰۱	۵۲/۲۲ ± ۱/۱۷	۱۴/۵۵ ± ۰/۳۲
		شاهد	۰/۱۱ ± ۰/۰۰	۰/۴۲ ± ۰/۰۱	۶۰/۵۶ ± ۳/۹۶	۱۰/۱۵ ± ۰/۳۴
	۱۰	۲۰	۰/۱۴ ± ۰/۰۱	۰/۴۰ ± ۰/۰۲	۵۲/۳۶ ± ۲/۳۱	۱۲/۰۶ ± ۰/۶۷
		۳۰	۰/۱۲ ± ۰/۰۱	۰/۴۴ ± ۰/۰۲	۵۵/۸۶ ± ۴/۵۳	۹/۳۳ ± ۴/۵۵
		شاهد	۰/۱۶ ± ۰/۰۱	۰/۳۹ ± ۰/۰۳	۷۴/۵۳ ± ۵/۷۰	۴/۶۲ ± ۱/۲۱
	۰	۲۰	۰/۲۰ ± ۰/۰۲	۰/۵۶ ± ۰/۱۱	۶۸/۵۶ ± ۷/۵۱	۶/۰۷ ± ۱/۸۹
		۳۰	۰/۱۷ ± ۰/۰۲	۰/۵۲ ± ۰/۰۸	۶۹/۹۹ ± ۵/۶۴	۵/۹۵ ± ۲/۹۸
		شاهد	۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۵۳ ± ۰/۰۷	۶۰/۸۱ ± ۵/۳۳	۱۳/۹۶ ± ۰/۹۸
۲۰	۵	۲۰	۰/۲۷ ± ۰/۰۲	۰/۵۶ ± ۰/۰۵	۵۶/۵۳ ± ۴/۶۷	۲۰/۳۳ ± ۲/۲۰
		۳۰	۰/۲۲ ± ۰/۰۱	۰/۴۴ ± ۰/۰۱	۶۱/۲۲ ± ۲/۳۴	۱۲/۵۵ ± ۰/۹۹
		شاهد	۰/۱۶ ± ۰/۰۱	۰/۴۹ ± ۰/۰۵	۵۹/۵۶ ± ۲/۸۱	۱۲/۱۵ ± ۱/۹۲
	۱۰	۲۰	۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۵۴ ± ۰/۰۵	۵۲/۳۶ ± ۲/۷۱	۱۸/۰۶ ± ۲/۷۷
		۳۰	۰/۱۵ ± ۰/۰۱	۰/۴۲ ± ۰/۰۱	۵۵/۸۶ ± ۱/۷۳	۱۶/۳۳ ± ۱/۵۱
		شاهد	۰/۱۲ ± ۰/۰۲	۰/۳۵ ± ۰/۰۱	۸۰/۰۲ ±۱/۸۴	۱۳/۸۴ ± ۱/۷۸
	۰	۲۰	۰/۱۶ ± ۰/۰۱	۰/۵۹ ± ۰/۰۳	۶۰/۵۶ ± ۲/۲۹	۳۰/۷۲ ± ۴/۳۱
		۳۰	۰/۱۳ ± ۰/۰۱	۰/۶۷ ± ۰/۰۶	۶۵/۹۹ ± ۶/۰۱	۲۹/۰۴ ± ۳/۹۵
		شاهد	۰/۲۹ ± ۰/۰۱	۰/۷۴ ± ۰/۰۵	۵۶/۸۱ ± ۰/۸۷	۳۲/۰۸ ± ۵/۶۶
۳۰	۵	۲۰	۰/۲۱ ± ۰/۰۰	۰/۵۹ ± ۰/۰۶	۵۰/۵۳ ± ۴/۴۵	۵۰/۵۵ ± ۴/۰۳
		۳۰	۰/۱۱ ± ۰/۰۳	۰/۴۲ ± ۰/۰۷	۵۳/۲۲ ± ۷/۵۷	۳۴/۵۵ ± ۵/۸۳
		شاهد	۰/۱۸ ± ۰/۰۲	۰/۵۶ ± ۰/۰۶	۵۹/۵۶ ± ۲/۶۵	۲۷/۱۵ ± ۳/۴۴
	۱۰	۲۰	۰/۲۶ ± ۰/۰۲	۰/۳۸ ± ۰/۰۶	۵۵/۳۶ ± ۲/۲۳	۲۲/۰۶ ± ۳/۹۷
		۳۰	۰/۲۲ ± ۰/۰۱	۰/۳۰ ± ۰/۰۷	۵۵/۸۶ ± ۱/۲۰	۲۰/۳۳ ± ۰/۸۱

داده‌ها میانگین سه تکرار می‌باشند و مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، تیمارهای گرمادهی متناوب و گلایسین بتائین بر محتوای مواد جامد محلول، اسیدیته عصاره، ویتامین ث، محتوای کلروفیل، محتوای کاروتنوئید و فعالیت آنزیم پراکسیداز اثرات مثبتی داشتند و موجب بهبود کیفیت میوه فلفل در مدت زمان نگهداری در دمای پایین شدند. همچنین، این

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارها از کاهش وزن محصول جلوگیری کرده و موجب کاهش نشت یونی در طول مدت نگهداری شدند. بین سطوح مختلف تیمار گرمادهی متناوب و گلایسین بتائین، گرمادهی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و گلایسین بتائین با غلظت ۵ میلی‌مولار در بهبود خصوصیات کیفی فلفل مفیدتر واقع شدند.

Refrences

- Anjum, S. A., Saleem, M. F., Wang, L. C., Bilad, M. F. & Saeed, A. (2012). Protective role of glycine betaine in maize against drought- induced lipid peroxidation capacity of antioxidative system. *Australian Journal of Crop Science*, 6, 576-583.
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 5(23), 112-121.
- Arya, S. P. N. (2000). Spectrophotometric methods for the determination of vitamin C. *Analytica Chimica Acta*, 417, 1-14.
- Ashraf, M. & Foolad M. R. (2007). Roles of glycine betaine proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216.
- Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B. & Moran, R. (1987). Individual seal-packaging enables the use of curing at high temperatures to reduce decay and heal injury of citrus fruits. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 29(3), 75-90.
- Ben-Yehoshua, S., Rodov, V. D'hallewin, D. & Dore, A. (2004). Elicitation of resistance against pathogens in citrus fruits by combined UV illumination and heat treatments. *International Postharvest Symposium*, 682, 2013-2020
- Beirao-da-Costa, S. Steiner, A. Correia, L. Empis, J. & Moldao-Martins, M. (2006). Effects of maturity stage and mild heat treatments on quality of minimally processed kiwifruit. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 616-625.
- Boonkorn, P. (2016). Impact of hot water soaking on antioxidant enzyme activities and some qualities of storage tomato fruits. *International Food Research Journal*, 23(3), 934-938.
- Chen, T. H. H. & Murata, N. (2002). Enhancement of tolerance to abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5, 250-257.
- Ding, T., Pang, J., Wang, Q., Yang, N. & Gao, L. P. (2012). Effect of exogenous glycine betaine treatment on chilling injury of hot pepper. *Guang Dong Agricultur Science*, 21, 52-55.
- Daneshvar, M. (2005). Growing vegetables (5th ed.). *University of Shahid Chamran*. (In Farsi)
- Ezhilmathi, K., Singh, V. P., Arora, A. & Sairam, R. K. (2007). Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of Gladiolus cut flowers. *Plant Growth Regulation*, 51(2), 99-108.
- Ghanati, F., Morita, A. & Yokota, H. (2002). Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(3), 357-364.
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Buta, J. G. & Wang, C. Y. (2003). Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ‘Sunrise’. *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 361-370.

www.SID.ir

Archive of SID

- FAO. (2010). FAOSTAT [online]. Available at.
- Harinasut, P., Tsutsui, K., Takabe, T., Nomura M. & Kishitani, S. (1996). Exogenous glycine betaine accumulation and increased salt tolerance in rice seedlings. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 60, 366-368.
- Hola, D. M., Kocova, M., Rothova, O., Wilhelmova, N. & Benesove, M. (2007). Recovery of maize (*Zea mays* L.) inbreds and hybrids from chilling stress of various duration: Photosynthesis and antioxidant enzymes. *Journal of Plant Physiology*, 164, 868-877.
- Hoseiny, M. S., Babalar, M. & Asghari, M. A. (2014). Effect of putrescin and heat treatment on pear quality postharvest (*Pyrus communis*) Spadona cultivar. *Iranian Horticultural Science*, 45(3), 225-234. (In Farsi)
- Kaewsuksaeng, S., Urano, Y., Aiamlaor, S., Shigyo M. & Yamauchi, N. (2011). Effect of UV-B irradiation on chlorophyll-degrading enzyme activities and postharvest quality in stored lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 61, 124-13
- Kobayashi, F., Maeta, E., Terashima, A. & Takumi, S. (2008). Positive role of a wheat HvABI5 ortholog in abiotic stress response of seedlings. *Physiologia Plantarum*, 134 (1), 74-86.
- Lawlor, D. W. & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 25(2), 275-294.
- Lingle, S. E. & Dunlap, J. R. (1987). Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development. *Plant Physiology*, 84(2), 386-389.
- Malekzadeh, P. (2015). Influence of exogenous application of glycinebetaine on antioxidative system and growth of salt- stressed soybean seedlings (*Glucine max* L.). *Physiology and Molecular biology of Plants*, 20, 133-137.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C. & Lerici, C. R. (2001). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science Technology*, 11, 340-346.
- Malekzadeh, P. & Hatamnia, A. A. (2015). Effect of glycine betaine treatment on reducing cold damage to pomegranate fruit during storage. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 10(38), 39-47.
- Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Valero & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93-100.
- Mencarelli, F., Lipton, W. J. & Peterson S. J. (1983). Responses of 'Zucchini' squash to storage in low-02 atmospheres at chilling and non-chilling temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108, 884-890.
- Meng, X., Li, B., Liu, J. & Tian, S. (2007). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106, 501-508.
- Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P. J., Serrano, M. & Valero, D. (2007) Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 19-25.

www.SID.ir

Archive of SID

- Miri, H. R. & Zamaeemoghadam, A. (2014). External application of glycine betaine to reduce the effects of drought stress in corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Agronomy Research*, 12(4), 704-717. (In Farsi)
- Nilsson, T. (2005). Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 113-125.
- Park, E. J., Jeknic Z. & Chen T. H. (2006). Exogenous application of glycinebetaine increases chilling tolerance in tomato plants. *Plant Cell Physiology*, 47, 706-714.
- Perez, K., Mercado, J. & Valdez, H. S. (2004). Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado (*Persea Americana*). *Food Science and Technology International*, 10, 73-77.
- Quiroga, M., Guerrero, C., Botella, M. A., Barcelo, A., Amaya, I., Medina, M. I., Alocso, F. J., De Forchetti, S. M., Tigier, H. & Valpusesta, V. (2000). A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. *Plant Physiology*, 122, 1119-1127.
- Rab, A. & Salveit, M. E. (1996). Differential chilling sensitivity in cucumber seeding. *Physiologia Plantarum*, 96, 375-382.
- Rodríguez-Zapata, L. C., Gil, F. L. E., Cruz-Martínez, S., Talavera-May, C. R., Contreras- Marin, F. & Fuentes, G. (2015). Preharvest foliar applications of glycine-betaine protects banana fruits from chilling injury during the postharvest stage. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2, 6-16.
- Sato, F., Yoshioka, H., Fujiwara, T., Higashio, H., Uragami, A. & Tokuda, S. (2004). Physiological responses of cabbage plug seedlings to water stress during low- temperature storage in darkness. *Scientia Horticulturae*, 101, 349-357.
- Serraj, R. & Sinclair, T. R. (2002). Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions?. *Plant, Cell and Environment*, 25, 333-341.
- Seaidpor, F., Sayyari, M. & Ghanbari, F. (2015), Effect of glycine betaine on frost resistance of cucumber seedlings. *Journal of Agricultural Agriculture*, 17(1), 53-67.
- Serrano, M., Martınez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. & Valero, D. (2004). Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. *Postharvest Biology and Technology*, 34, 155-167.
- Singthong, J. & Thongkaew, C. (2009). Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *Food Science and Technology*, 42(7), 1199-1203.
- Shan, T., Jin, P., Zhang, Y., Huang, Y. & Wang, X. (2016). Exogenous glycine betaine treatment enhances chilling tolerance of peach fruit during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 114, 104-110.
- Smith, S. C., Allen, J., Blair, S. N., Bonow, R. O., Brass, L. M., Fonarow, G. C., Grundy, Smirnoff, N. & Stewart, G. R. (2006). Stress metabolites and their role in coastal plants. *Vegetation*, 62, 273-278.
- Spinardi, A. & Ferrante, A. (2005). Effect of storage temperature on quality changes of minimally processed baby lettuce. Journal of Food, *Agriculture and Environment*, 10(1), 38-42.
- Stow, J. (1993). Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 3(1), 1-9.
- Sun, Y. J., Jin, P., Shan, T. M., Xu J. & Zheng, Y. H. (2014). Effect of glycinebetaine treatment on postharvest chilling injury and active oxygen metabolism in loquat fruits. *Food Science*, 35, 210-215.

www.SID.ir

Archive of SID

- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology* (4th ed.). Sinauer Associates, Inc., Sunderland.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J. & Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(6), 496-511.
- Vicente, A. R., Martínez, G. A., Civello, P. M. & Chaves, A. R. (2002) Quality of heattreated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 59-71.
- Wang, Z. G., Chen, L. J., Yang, H. & Wang, A. J. (2015). Effect of exogenous glycine betaine on qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *European Food Research and Technology*, 240, 41-48.
- Win, T. O., Srilaong, V., Heyes, J., Kyu, K. L. & Kanlayanarat, S. (2006). Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 42, 23-30.
- Zhaogai, W., Lijun, C., Hui, Y. & Anjian, W. (2015). Effect of exogenous glycinebetaine qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during Postharvest storage. *European Food Research and Technology*, 240, 41-48.

www.SID.ir