نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۱۵-۱۰۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 1, Spring 2014, P. 107-115
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر سالسیلیک‌اسید، کلریدکلسیم و تیمار آب گرم برپارامترهای کمی، کیفی و انبارمانی انار رقم میخوش

ولی ربیعی[1*] - سهیلا رحمانی[2]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۰/۳۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۷/۱۳

چکیده

اثر تیمارهای آب گرم (۴۵ درجه سانتیگراد به مدت پنج دقیقه، ۵۵ سانتیگراد به مدت ۲۵ ثانیه و بدون تیمار- شاهد)، سالسیلیک اسید در سه سطح (صفر، ۱ و ۲میلی مولار) و کلریدکلسیم در دو سطح (۲٪ و ۴٪) برحفظ پارامترهای کمی و کیفی وانبارمانی انار رقم میخوش بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. میوه‌ها به مدت ۴ ماه انبارشده و نمونه برداری در پایان ماه چهارم انجام شد. نتایج نشان داد تیمار کلریدکلسیم سبب جلوگیری از کاهش وزن ونرم شدن بافت میوه‌ها در مقایسه با میوه‌های شاهد گردید. سالسیلیک‌اسید اثر معنی‌داری در جلوگیری از افزایش کل مواد جامد محلول داشت که غلظت دو میلی‌مولار مؤثرتر از یک میلی‌مولار عمل کرد، همچنین میوه‌های تیمار شده با این ماده کاهش کمتری در میزان اسید قابل تیتراسیون داشتند. میوه‌های تیمار شده با آب گرم درصد کاهش وزن کمتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتندکه تیمار آب گرم۴۵ درجه سانتیگراد مؤثرتر از ۵۵ درجه سانتیگراد عمل کرد. همچنین مشاهده گردید استفاده از تیمارهای آب گرم و سالسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز[3] را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بررسی اثر متقابل تیمارهای سه گانه نشان دادکه تیمار آب گرم ۴۵ درجه سانتیگراد، سالسیلیک اسید دو میلی مولار و کلرید کلسیم چهار درصد بهترین نتیجه را در انبارمانی میوه‌های انار داشت.

واژه‌های کلیدی: آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، پس از برداشت، سفتی میوه

مقدمه

انار با نام علمی . *Punica granatum* L از میوه‌های نیمه گرمسیری و نافرازگرا محسوب می‌شود که کشت آن در ایران و خاورمیانه از سابقه بسیار طولانی برخوردار است و ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان انار در جهان محسوب می‌شود (۹). با توجه به سطح زیر کشت بالای انار در کشور و افزایش روز افزون تولید آن، نگهداری و کنترل عوامل مؤثر در کاهش کیفیت میوه انار درطی انبارداری از اهمیت بسیار زیادی برخورداراست. نگهداری انار در دماهای بالا باعث کاهش وزن، چروکیدگی، تنفس بالا، خشک شدن پوست و پوسیدگی حاصل از فعالیت پاتوژنهای قارچی می‌شود که برای غلبه بر این مشکلات و حفظ کیفیت میوه، دماهای پایین‌تر از۵ درجه سانتیگراد توصیه می‌گردد (۱۰)، اما به دلیل نیمه‌گرمسیری بودن و حساسیت به سرما، در این دما میوه‌ها دچار سرمازدگی می‌شوند که یکی از مشکلات عمده انبارداری انار در دماهای پایین محسوب می‌شود که علائم معمول آن قهوه‌ای شدن رنگ پوست، فرورفتگی سطحی و افزایش حساسیت به عوامل پوسیدگی می‌باشد که این علائم پس از انتقال میوه از سردخانه به دمای حدود ۲۰ درجه سانتیگراد به مدت سه روز، ظاهر می‌شوند. علائم داخلی به صورت رنگ پریدگی آریل‌ها و قهوه‌ای شدن غشای جداکننده قاچها می‌باشد (۲۰). بنابراین تحقیقات بنیادی جهت حفظ صفات کمی و کیفی میوه و همچنین بالابردن عمر انباری انار لازم است و باکسب اطلاعات لازم می‌توان میوه انار را با کیفیت عالی دربازارهای داخلی در مدت زمان طولانی‌تر عرضه کرد و همچنین باعث توسعه و گسترش صادرات انار به دیگر کشورها شد. استفاده از ترکیبات کلسیم‌دار و تیمار خارجی آن در بسیاری از میوه ها از جمله گیلاس، هلو و سیب باعث بهبود شاخص‌های انباری آن‌ها می‌شود (۴، ۷ و ۱۶). کلسیم سبب افزایش سفتی غشای میانی دیواره سلولی میشود. در اثر سرمازدگی، کلسیم موجود در دیواره سلولی خارج شده و استحکام دیواره سلولی کاهش می یابد (۳۰). گرانتلی و همکاران (۲۴) گزارش

۱ و ۲ - به ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email:rabiei@znu.ac.ir)

3- PAL: Phenylalanine Ammonialyase Enzyme

کردند که بین غلظت کلسیم درونی و میزان بروز آثار سرمازدگی در میوه آووکادو ارتباط مستقیمی وجود دارد.

امروزه جهت کنترل سرمازدگی محصولات گرمسیری و نیمه-گرمسیری تیمارهای آب گرم به طورگسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. تیمار آب گرم علاوه برکنترل عوامل بیماری‌زا با تشکیل مواد لیگنینی دربافت آسیب دیده، از کاهش آب محصول جلوگیری می‌کند (۱۵)، همچنین سرعت تنفس را به طور موقت کاهش داده وسبب حفظ قند و کل مواد جامد قابل حل در میوه‌ها می‌گردد و با افزایش فسفولیپیدهای غشا، سبب افزایش مقاومت میوه به دمای پایین شده و سرمازدگی محصول راکاهش می‌دهد (۲۷). استفاده از تیمار دمایی، تغییر متناوب دما در سردخانه و التیام دادن میوه‌ها با دمای۳۳درجه سانتیگراد قبل از قرار گرفتن آنها در سردخانه از راه‌های کاهش سرمازدگی میوه‌های انارمی‌باشند (۱۴). فروبردن میوه‌های انار در آب گرم پیش از انبارداری میزان فاسد شدن را کاهش می‌دهد و زمان مجاز جهت نگهداری آن را زیاد می‌کند فرو بردن میوه‌ها در آب گرم در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت پنج دقیقه، یک نتیجه خوبی از مدت انبارداری به مدت ۶۰ روز را در مدت انبارداری در دمای۱۳ درجه سانتیگراد ارائه می‌دهد (۱۰).

سالسیلیک‌اسید به عنوان یک هورمون گیاهی، ترکیبی طبیعی است که پتانسیل بالایی در جلوگیری از تولید اتیلن وپوسیدگی قارچی در پس از برداشت میوه ها دارد. این ماده سبب توانایی کاهش تولید اتیلن و پوسیدگی قارچی شده و موجب افزایش عمر انباری توت فرنگی به عنوان یک میوه نافرازگرا و حساس می‌شود (۲). بعد از تیمار با سالسیلیک‌اسید حساسیت هلو به آسیب سرمایی کاهش یافت (۳۲). تیمار قبل از انبارمیوه‌های انار ملس ساوه با سالسیلیک‌اسید می‌تواند سرمازدگی را با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و تقویت سیستم دفاعی کنترل نماید (۴). کاربرد سالسیلیک‌اسید قبل از انبار، سرمازدگی را در گوجه فرنگی کاهش داده است (۱۹). نتایج مشابهی در استفاده از سالسیلیک‌اسید در فلفل شیرین به دست آمده است (۲۳). سالسیلیک‌اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز می‌شود با افزایش فعالیت این آنزیم، سنتز و تجمع ترکیبات فنلی افزایش یافته و در نهایت ترکیبات فنولی با خواص آنتی اکسیدانتی مقاومت بافت به تنش‌های زنده و غیر زنده را افزایش می‌دهند (۲۱). همچنین کاربرد سالسیلیک‌اسید در قبل و پس از برداشت میوه‌های هلو، آلودگی قارچی را توسط القای سیستم مقاومت دفاعی وتحریک آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، کاهش داد (۳۲).

تعیین بهترین تیمار (تیمارهای سالسیلیک‌اسید، کلریدکلسیم و تیمار گرمایی) جهت افزایش عمر انباری در انار رقم میخوش، کاهش ضایعات پس از برداشت، جلوگیری از سرمازدگی میوه‌ها در سردخانه از اهداف مهم این پژوهش بوده است.

مواد و روش‌ها

جهت انجام آزمایش از میوه‌های انارقم میخوش (*P. granatum*cv. Maykhosh) از یک باغ الگویی انار واقع در روستای هارون‌آباد شهرستان طارم استان زنجان، استفاده شد. میوه‌های انار بصورت تصادفی از درختچه‌ها با چرخش دست و مطابق برداشت معمول منطقه از شاخه‌ها جدا و در جعبه‌های مخصوص حمل انار منطقه قرار داده شد و بلافاصله از باغ مورد نظر به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت منتقل شد.

این آزمایش به صورت فاکتوریل درقالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل تیمار آب گرم به عنوان فاکتور A در سه سطح (a_1= بدون تیمار(شاهد)، a_2= ۴۵درجه و a_3=۵۵درجه) و تیمار سالسیلیک‌اسید به عنوان فاکتور B در سه غلظت (b_1= شاهد، b_2= ۱میلی مولار و b_3=۲میلی مولار) و تیمار کلرید کلسیم ($CaCl_2$) به عنوان فاکتور C در دو غلظت (c_1 =۲ درصد و c_2 = ۴ درصد) بود.

برای اعمال تیمار آب گرم از یک بن ماری[1] مدل (HWA) ساخت آلمان با ترموستات دقیق استفاده شد وکل میوه هابه سه قسمت تقسیم شده که یکسوم میوه‌ها در آبگرم ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت پنج دقیقه، یک سوم دیگر در آبگرم ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۵ ثانیه و یک سوم باقیمانده بعنوان شاهد در نظر گرفته شد. بعد از تیمار آب گرم، میوه‌هاخشک شد (۶). سپس میوه‌ها درون محلول‌های سالسیلیک اسید در سه غلظت صفر، یک و دو میلی مولار به مدت ۲۵ دقیقه فروبرده شد و برروی میزهای چوبی قرار گرفتند تا سالسیلیک‌اسید روی پوست میوه‌ها خشک شود (۴).

پس از اینکه سالسیلیک‌اسید به طور کامل برروی میوه خشک شد کلریدکلسیم در دوغلظت (۲ و ۴ درصد) به صورت دستی برروی میوه‌ها اسپری شد (۱۳). پس از خشک شدن میوه ها، وزن آن‌هاتوسط ترازوی وزنه‌ا ی مدل OHAUS 2610g ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد و جهت شناسایی نمونه‌هابه گلوگاه میوه‌های انار برچسب نصب شد، سپس داخل جعبه‌های پلاستیکی مخصوص نگهداری میوه قرارداده شدند، جعبه‌ها به محل سردخانه بادمای سه درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد منتقل گردید. طول مدت انبارداری چهارماه بود که در پایان ماه چهارم، میوه ها ازسردخانه خارج شدند. سپس دانه‌های خوراکی (آریل ها) بادست از میوه‌ها جدا گردید و یک گرم از دانه های خوراکی، برای اندازه گیری فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، بلافاصله با نیتروژن مایع منجمدشده و در فریزر ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. آب میوه بقیه دانه‌ها با آبمیوه گیری دستی استخراج گردیده و پس ازگذراندن از صافی بلافاصله کل مواد جامد محلول، pH، اسید قابل تیتراسیون و آنتوسیانین اندازه گیری شدند. کل مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی مدل Atago(NC-1)، اسید قابل تیتراسیون (TA) به روش قاسم نژاد

1- Baine – marie

(۸)، سفتی بافت توسط دستگاه سفتی‌سنج پنج کیلوگرمی مدل (OSK 10576) ساخت ژاپن، pH توسط pH متر دیجیتالی مدل (JENWAY3020)، مقدارکل آنتوسیانین به روش فولکیوفرانسیس (۲۲) اندازه گیری شدند. برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز از روش ساندرس و همکاران (۲۹) استفاده شد. برای اندازه گیری درصد کاهش وزن، میوه ها در ابتدای انبارداری و در پایان دوره انبارداری (پایان ماه چهارم) وزن شدند و توسط فرمول زیرمحاسبه شد.

$$\text{درصد کاهش وزن میوه ها} = \frac{\text{وزن میوه ها در ابتدای انبارداری} - \text{وزن میوه ها در خاتمه انبارداری}}{\text{وزن میوه ها در ابتدای انبارداری}} \times ۱۰۰$$

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، توسط نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه قرارگرفتند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج وبحث

درصد کاهش وزن میوه ها

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تیمار آب گرم و تیمار کلریدکلسیم به تنهایی اثر معنی‌داری به ترتیب در سطح پنج درصد و یک درصد بر درصد کاهش وزن میوه‌ها داشتند و اثر متقابل کلریدکلسیم و تیمار آب گرم و اثرات متقابل تیمار آب گرم، سالسیلیک‌اسید و کلریدکلسیم بر درصد کاهش وزن در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه اثرات ساده تیمارها نشان می‌دهد که استفاده از آب گرم در جلوگیری از کاهش وزن موثر بوده اما تیمار سالسیلیک اسید به تنهایی تاثیری در کاهش وزن میوه‌ها نداشته است، همچنین کلریدکلسیم چهار درصد موثرتر از کلریدکلسیم دو درصد بود (جدول ۲). در بررسی اثرات سه گانه تیمارها نیز مشاهده می‌گردد در تیمارهایی که کلرید کلسیم چهار درصد استفاده شده درصد کاهش وزن میوه‌ها به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها به دست آمد (جدول ۶).

یکی از دلایل کاهش وزن می‌تواند ناشی از خسارت وارده به غشای سیتوپلاسمی باشد و تشدید کاهش وزن می‌تواند به دلیل افزایش تراوایی غشای سلول در اثرسرمازدگی باشد (۱۰). تیمار آب گرم باعث افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع می‌شود در نتیجه خسارت ناشی به دیواره سلولی را کاهش می‌دهد (۳۰).

کل مواد جامد محلول (TSS)

از بین تیمارها، سالسیلیک‌اسید تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر کل مواد جامد محلول داشت (جدول ۱). به طوریکه سالسیلیک‌اسید یک میلی مولار مؤثرتر از سالسیلیک‌اسید دو میلی مولار عمل کرده و بین همه سطوح سالسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل تیمار آب گرم و سالسیلیک‌اسید تاثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر میزان کل مواد جامد محلول داشت.اثرات متقابل تیمار آب گرم، سالسیلیک‌اسید و کلریدکلسیم نیز در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول۱). اثرات سه گانه تیمارها تأثیر معنی داری در سطح پنج درصد بر کل مواد جامد محلول داشتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه انار رقم میخوش تحت تأثیر تیمارها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)						
		کاهش وزن	کل مواد جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون	آنتوسیانین	اسیدیته	سفتی	فعالیت آنزیم PAL
A	۲	۱/۲۴*	۰/۰۴۸^{ns}	۰/۰۹۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}	۰/۰۲۴**
B	۲	۰/۶۰۵^{ns}	۱۹/۴۶**	۱۴/۰۳۵**	۰/۰۱۶^{ns}	۲۷/۰۴**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۲۴۵**
C	۱	۴۷/۷**	۰/۰۴۷^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۴/۴۴۶**	۰/۰۰۰۸^{ns}
Ab	۸	۰/۸۰۷^{ns}	۰/۲۴۴*	۰/۰۹۰^{ns}	۰/۰۳۱*	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۳۳**
Ac	۵	۲۹/۱۵۷**	۰/۰۸۱^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}
Bc	۵	۰/۰۲۴^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}
Abc	۱۷	۴/۰۲۴**	۰/۲۸۶*	۲/۰۱۱**	۰/۰۱۴^{ns}	۳/۰۰۱**	۱/۰۱۲*	۱/۰۴۶**
اشتباه	۳۴	۰/۹۲۰	۰/۰۸۲	۰/۰۳۹	۰/۰۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۰۱	۱/۹۴	۱۲	۹/۳۴	۳/۰۶	۲/۳۶	۳/۴۵

ns، * و**- به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

a= تیمارآب گرم، b = تیمار سالسیلیک‌اسید، c= تیمار کلریدکلسیم، ab= (تیمارآب گرم×تیمار سالسیلیک‌اسید)، ac= (تیمارآب گرم×تیمار کلرید کلسیم)، bc= (تیمار سالسیلیک-اسید×تیمار کلرید کلسیم)، abc (= تیمارآب گرم×تیمار سالسیلیک‌اسید×تیمار کلریدکلسیم).

در اثرات سه گانه کمترین میزان TSS مربوط به ترکیب تیمارشاهد آب گرم، سالسیلیک‌اسید ۲ میلی مولار و کلریدکلسیم دو درصد با مقدار عددی ۱۳/۵۶۷ بود و بیشترین مقدار به ترکیب تیمار آب گرم ۴۵ درجه، شاهد سالسیلیک‌اسید و کلریدکلسیم دو درصد با مقدار عددی ۱۶/۲ بود (جدول ۶). یکی از دلایل افزایش میزان قند در طول انبارداری می‌تواند در اثر کاهش آب میوه و تغلیظ محتویات آب میوه در طول زمان انبارداری باشد (۵).

میزان اسید قابل تیتراسیون

سالسیلیک‌اسید تاثیر معنی داری بر میزان اسید قابل تیتراسیون در سطح یک درصد داشت (جدول ۱) و از کاهش اسید در طی انبارداری که از تجزیه اسیدهای آلی در طی انبارداری ناشی می شود تا حد زیادی جلوگیری کرد، بین سطوح مختلف سالسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوریکه تیمار شاهد سالسیلیک‌اسید کمترین و تیمار دو میلی‌مولار سالسیلیک‌اسید بیشترین اثر را در جلوگیری از کاهش میزان اسید قابل تیتراسیون نشان داد (جدول ۲). اثر متقابل تیمار آب گرم، سالسیلیک‌اسید و کلریدکلسیم اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان اسید قابل تیتراسیون داشت (جدول ۱). اثرات متقابل تیمارشاهدآب گرم، سالسیلیک‌اسید دو میلی مولار و کلرید کلسیم دو درصد با مقدار ۲/۵۷۳ درصد بیشترین اثر را داشتند و اثر متقابل تیمار آب گرم ۵۵ درجه و سالسیلیک‌اسید شاهد و کلرید کلسیم دو درصد با مقدار ۰/۶۲۷ درصد کمترین تأثیر را بر میزان اسید قابل تیتراسیون داشتند (جدول ۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد تغییرات اسید قابل تیتراسیون در زمان‌های مختلف در طی انبارداری در میوه‌های انار از الگوی ثابتی پیروی نکرده است، اما در مجموع میزان آن در پایان دوره انبارمانی کاهش یافته است (۵).

میزان آنتوسیانین

در بین اثرات ساده و متقابل تیمارها تنها اثر متقابل تیمار آب گرم و سالسیلیک‌اسید در سطح پنج درصد بر مقدار آنتوسیانین معنی‌دار بود (جدول۱). کمترین مقدار آنتوسیانین مربوط به میوه‌هایی بود که ترکیب تیمار آب گرم ۵۵ درجه سانتیگراد و شاهد سالسیلیک‌اسید را دریافت کرده بودند (جدول ۳).

عوامل مختلفی مانند دما، اکسیژن، pH، اسیدآسکوربیک، یون‌های فلزی و قندها و تجزیه آن‌ها بر سرعت تخریب آنتوسیانین‌ها مؤثرند. تجزیه آنتوسیانین‌ها مانند اغلب واکنش‌ها با افزایش دما به میزان چشمگیری تسریع می‌گردد (۲۵). میزان آنتوسیانین کل درآب میوه انار می‌تواند افزایش یابد که دلیل این افزایش می‌تواند تبدیل آنتوسیانین‌هابه انواعی باشد که میزان جذب بیشتری نسبت به انواع قبلی دارا می‌باشند (۵).

Hp آب میوه

بین سطوح مختلف تیمار آب گرم و کلرید کلسیم از نظر pH آب میوه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما بین سطوح مختلف سالسیلیک‌اسید تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱ و ۲). همچنین بررسی اثرات متقابل تیمارها نشان داد در تیمارهایی که سالسیلیک اسید استفاده شده میزان افزایش pH کمتر از تیمارهایی است که سالسیلیک اسید استفاده نشده است (جدول ۶).

طی دوران انبارداری pH آب میوه تا حدودی افزایش می‌یابد که می‌تواند بیانگر مصرف اسیدهای آلی در طول زمان نگهداری باشد (۳۰). اما دیده شد استفاده از سالسیلیک اسید از افزایش pH جلوگیری می‌کند و می‌تواند اسیدهای آلی را حفظ کند.

سفتی بافت

تیمار غلظت‌های مختلف کلریدکلسیم بر سفتی بافت میوه انار در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱) و باعث جلوگیری از کاهش سفتی میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌هایی که با این ماده تیمار نشده بودند گردید (جدول۲). بیشترین میزان سفتی در اثرات سه گانه متعلق به تیمارهایی بود که کلرید کلسیم چهار درصد استفاده شده بود (جدول ۶). سفتی بافت میوه از پارامترهای مهم کیفی در فروش و مصرف میوه محسوب می‌شود بنابراین برای افزایش زمان نگهداری آن در سردخانه و حفظ کیفیت میوه از نظر سفتی، در مدت زمان عرضه آن در بازار جهت فروش، باید میزان سفتی میوه در سطح ثابتی حفظ شود یا مقدار کاهش آن را به حداقل رساند. اثر سفت کنندگی کلسیم به طور کلی به وسیله‌ی کمپلکس شدن آن با دیواره سلولی و پلی‌گالاکترونات غشای میانی که سفتی دیواره سلولی و چسبندگی سلول به سلول را افزایش می‌دهد (۲۸). افزایش طبیعی در کلسیم باند شده با دیواره سلولی در طی انبارداری موجب می‌شود که جدا شدن سلول روند آهسته تری را در پیش گیرد و این با کاهش در حساسیت دیواره سلولی به آنزیم‌های هیدرولیز کننده با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز و همچنین با اتصالات عرضی پلیمرهای دیواره سلولی به واسطه اتصالات کلسیم اتفاق می‌افتد (۳۱). در تحقیقی مشخص گردید که تیمار سیب‌های گلدن دلیشز با کلرید کلسیم به طور معنی‌داری باعث افزایش میزان کلسیم گوشت میوه شده و از این طریق سفتی بافت میوه نیز افزایش پیدا کرد، بین غلظت کلسیم و سفتی گوشت میوه رابطه معنی داری وجود دارد به طوریکه با افزایش غلظت کلرید کلسیم میزان از هم پاشیدگی میوه سیب کاهش می‌یابد (۴).

فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد تیمار آب گرم و تیمار سالسیلیک اسید اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز داشته است (جدول ۱). در بررسی اثرات ساده تیمارها مشاهده گردید استفاده از تیمار آب گرم و همچنین تیمار سالسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم را نسبت به تیمار شاهد افزایش داده است (جدول ۲).

میوه‌های که تیمار آب گرم دریافت کرده بودند زمانی که تیمار سالسیلیک اسید نیز دریافت کردند میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالاز بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر داشتند طوری که فعالیت این آنزیم در میوه‌هایی که تیمار گرمایی دریافت نکردند کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. در تیمارهای آب گرم ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد بیشترین فعالیت آنزیم در تیمار سالسیلیک اسید دو میلی مولار مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین در میوه‌هایی که دو تیمار کلرید کلسیم و سالسیلیک اسید دریافت کرده بودند، مقدار فعالیت آنزیم بالاتر از انارهایی بود که این تیمار را دریافت نکرده بودند (جدول ۵). در اثرات سه گانه کمترین فعالیت آنزیم در تیمارهایی که سالسیلیک اسید و گرما را به طور همزمان دریافت نکرده بودند مشاهد شد، بیشترین فعالیت نیز در انارهایی که تیمار آب گرم و سالسیلیک اسید دو میلی مولار دریافت کرده بودند، مشاهده گردید (جدول ۶).

جدول ۲- نتایج مربوط به مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه برای اثرات ساده تیمارها

تیمار	کاهش وزن(٪)	کل مواد جامد محلول (٪)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	آنتوسیانین(میلی گرم برلیتر)	اسیدیته	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیم PAL (میکرومول برگرم وزن تردر دقیقه)
a_1	۱۴/۸۶۴^{a}	۱۴/۷۰۶^{a}	۱/۶۸۲^{a}	۱/۰۹۶^{a}	۴/۰۷۳^{a}	۳/۵۱۱^{a}	۰/۶۳۱^{c}
a_2	۱۴/۳۹۷^{b}	۱۴/۷۱۷^{a}	۱/۶۷۸^{a}	۱/۱۰۱^{a}	۴/۰۴۴^{a}	۳/۴۴۷^{a}	۰/۷۴۹^{b}
a_3	۱۴/۵۳۹^{b}	۱۴/۸^{a}	۱/۵۶۱^{a}	۱/۰۸۹^{a}	۴/۰۶۴^{a}	۳/۴۶۹^{a}	۰/۸۸۳^{a}
b_1	۱۵/۱۴۲^{a}	۱۵/۸۶۷^{a}	۰/۶۶۸^{c}	۱/۰۸۴^{a}	۴/۳۲۹^{a}	۳/۴۶۸^{a}	۰/۶۲۶^{c}
b_2	۱۵/۲۹۱^{a}	۱۴/۵۳۹^{b}	۱/۸۷۲^{b}	۱/۱۲۴^{a}	۳/۶۸۸^{b}	۳/۴۸۶^{a}	۰/۷۷۸^{b}
b_3	۱۵/۰۷۷^{a}	۱۳/۸۱۷^{c}	۲/۳۸۹^{a}	۱/۰۹۷^{a}	۳/۰۶۴^{c}	۳/۴۷۴^{a}	۰/۸۶۱^{a}
c_1	۱۴/۰۲۳^{a}	۱۴/۷۱۱^{a}	۱/۶۵۸^{a}	۱/۰۹۲^{a}	۴/۰۶۵^{a}	۳/۷۵۹^{b}	۰/۸۵۶^{a}
c_2	۱۳/۰۱۸^{b}	۱۴/۷۷^{a}	۱/۶۲۹^{a}	۱/۰۹۹^{a}	۴/۰۴۵^{a}	۳/۹۹۳^{a}	۰/۸۵۳^{a}

درهر ستون هر یک از تیمارها حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد است.

a_1= تیمارآب گرم شاهد، a_2 = تیمارآب گرم ۴۵درجه، a_3 = تیمارآب گرم۵۵درجه، b1 = تیمار سالسیلیک‌اسید شاهد b2 = تیمار سالسیلیک‌اسید ۱میلی مولار b3 = تیمار سالسیلیک‌اسید ۲میلی مولار c_1 = تیمارکلرید کلسیم ۲٪c_2= تیمارکلرید کلسیم ۴٪.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه تیمار آب گرم و سالسیلیک‌اسید برای صفات مورد مطالعه

تیمار	کاهش وزن (٪)	کل مواد جامدمحلول (٪)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	آنتوسیانین (میلی گرم برلیتر)	اسیدیته	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیم PAL (میکرومول برگرم وزن تردر دقیقه)
a_1b_1	۱۸/۴۳۷^{a}	۱۵/۹^{a}	۰/۷۰۸^{a}	۱/۱۴۵^{a}	۵/۶۸۵^{a}	۳/۵۲۷^{a}	۰/۶۳۸^{c}
a_1b_2	۱۷/۷۶۷^{a}	۱۴/۶۶۷^{ab}	۱/۸۱۷^{a}	۱/۰۸۸^{b}	۳/۶۸۵^{a}	۳/۵۰۳^{a}	۰/۷۵۵^{b}
a_1b_3	۱۸/۳۸۸^{a}	۱۳/۵۵^{b}	۲/۵۲^{a}	۱/۰۵۵^{b}	۳/۰۶۷^{a}	۳/۵^{a}	۰/۷۸۶^{b}
a_2b_1	۱۴/۱۵۲^{a}	۱۵/۸۶۷^{a}	۰/۶۶۲^{a}	۱/۰۷۵^{b}	۵/۳۷^{a}	۳/۳۹۷^{a}	۰/۶۱۶^{c}
a_2b_2	۱۴/۳۱۸^{a}	۱۴/۴۸۳^{ab}	۱/۹۰۵^{a}	۱/۱۳^{a}	۳/۶۸۳^{a}	۳/۴۹۵^{a}	۰/۷۸۲^{b}
a_2b_3	۱۴/۴۵۲^{a}	۱۳/۸^{b}	۲/۴۹۳^{a}	۱/۰۹۷^{b}	۳/۰۷۸^{a}	۳/۴۸^{a}	۰/۸۵۱^{a}
a_3b_1	۱۵/۸۳۸^{a}	۱۵/۸۳۳^{a}	۰/۶۳۵^{a}	۰/۹۷۳^{c}	۵/۴۵^{a}	۳/۴۸۵^{a}	۰/۶۲۳^{c}
a_3b_2	۱۵/۵۸۸^{a}	۱۴/۴۶۷^{ab}	۱/۸۹۳^{a}	۱/۱۵۵^{a}	۳/۶۹۵^{a}	۳/۴۸۸^{a}	۰/۷۹۶^{b}
a_3b_3	۱۵/۴۹۲^{a}	۱۴/۱^{b}	۲/۱۵۵^{a}	۱/۱۴^{a}	۳/۰۴۸^{a}	۳/۴۳۸^{a}	۰/۸۷۵^{a}

درهر ستون حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد است.

a_1= تیمار آب گرم شاهد،a_2 = تیمار آب گرم ۴۵درجه، a_3 = تیمار آب گرم۵۵درجه، b_1 = تیمارسالسیلیک‌اسید شاهد، b_2 = تیمارسالسیلیک‌اسید ۱میلی مولار، b_3 = تیمارسالسیلیک‌اسید ۲میلی مولار.

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه تیمار آب گرم و کلریدکلسیم برای صفات مورد مطالعه

تیمار	کاهش وزن (٪)	کل مواد جامدمحلول (٪)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	آنتوسیانین (میلی‌گرم برلیتر)	اسیدیته Ph	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	فعالیت آنزیمPAL (میکرومول برگرم وزن تر در دقیقه)
a_1c_1	۱۸/۲۸۶^{a}	۱۴/۶۹ ^{a}	۱/۶۶۹ ^{a}	۱/۰۸۲ ^{a}	۴/۰۸۸ ^{a}	۲/۹۹۸ ^{a}	۰/۷۸۶ ^{a}
a_1c_2	۱۳/۴۴۲^{b}	۱۴/۸۱۱ ^{a}	۱/۶۹۴ ^{a}	۱/۰۷۷ ^{a}	۴/۰۵۹ ^{a}	۴/۰۲۴ ^{a}	۰/۷۸۱ ^{a}
a_2c_1	۱۶/۶۵۳^{a}	۱۴/۷۱ ^{a}	۱/۷۰۶ ^{a}	۱/۱۰۳ ^{a}	۴/۰۳۹ ^{a}	۲/۹۲۴ ^{a}	۰/۷۵ ^{a}
a_2c_2	۱۲/۱۶^{b}	۱۴/۷۲۲ ^{a}	۱/۶۶۸ ^{a}	۱/۱۰۶ ^{a}	۴/۰۴۹ ^{a}	۳/۹۷ ^{a}	۰/۷۴۹ ^{a}
a_3c_1	۱۷/۸۵۹^{a}	۱۴/۸۲ ^{a}	۱/۵۹۹ ^{a}	۱/۰۸۰ ^{a}	۴/۰۶۸ ^{a}	۲/۹۵۳ ^{a}	۰/۷۳۲ ^{a}
a_3c_2	۱۳/۴۵^{b}	۱۴/۷۷۸ ^{a}	۱/۵۲۳ ^{a}	۱/۱۱۴ ^{a}	۴/۰۶ ^{a}	۳/۹۸۴ ^{a}	۰/۷۳ ^{a}

درهر ستون حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد است.

a_1= تیمار آب گرم شاهد، a_2 = تیمار آب گرم ۴۵درجه، a_3 = تیمار آب گرم۵۵ درجه، c_1 = تیمارکلرید کلسیم ۲٪، c_2= تیمارکلرید کلسیم ۴٪

جدول ٥- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در اثرات متقابل تیمارسالسیلیک‌اسید و کلریدکلسیم

تیمار	کاهش وزن (٪)	کل موادجامدمحلول (٪)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	آنتوسیانین (میلی گرم برلیتر)	اسیدیته	سفتی (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیمPAL (میکرومول برگرم وزن تردر دقیقه)
b_1c_1	۱۹/۱۲۱ ^{a}	۱۵/۹۱۱ ^{a}	۰/۶۳ ^{a}	۱/۰۸۲ ^{a}	۵/۴۵ ^{a}	۲/۹۵۳ ^{a}	۰/۶۲۸^{b}
b_1c_2	۱۳/۱۶۳ ^{a}	۱۵/۸۲۲ ^{a}	۰/۷۰۶ ^{a}	۱/۰۷۷ ^{a}	۵/۴ ^{a}	۳/۹۸ ^{a}	۰/۶۳۳^{b}
b_2c_1	۱۸/۹۵۹^{a}	۱۴/۴۴ ^{a}	۱/۹۲۲ ^{a}	۱/۱۰۳ ^{a}	۳/۶۷ ^{a}	۲/۹۵ ^{a}	۰/۷۸ ^{a}
b_2c_2	۱۳/۰۲۳ ^{a}	۱۴/۶۳ ^{a}	۱/۸۲ ^{a}	۱/۱۰۶ ^{a}	۳/۷ ^{a}	۴/۰۲۹ ^{a}	۰/۷۷۴ ^{a}
b_3c_1	۱۸/۶۸۸^{a}	۱۳/۷۷۸ ^{a}	۲/۴۲ ^{a}	۱/۰۸ ^{a}	۳/۰۷ ^{a}	۲/۹۷۷ ^{a}	۰/۸۶۳^{a}
b_3c_2	۱۲/۸۶۷ ^{a}	۱۳/۸۵۶ ^{a}	۲/۳۵۹ ^{a}	۱/۱۱۴ ^{a}	۳/۰۵ ^{a}	۳/۹۷ ^{a}	۰/۸۵۹^{a}

درهر ستون حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد است.

b_1 =تیمارسالسیلیک‌اسید شاهد، b_2 = تیمارسالسیلیک‌اسید ۱میلی مولار، b_3 = تیمارسالسیلیک‌اسید ۲ میلی مولار، c_1 = تیمارکلرید کلسیم ۲٪، c_2 =تیمارکلریدکلسیم ۴٪

جدول ٦- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه صفات مورد مطالعه برای تیمارهای آزمایشی

تیمار	کاهش وزن (٪)	کل مواد جامد محلول(٪)	اسید قابل تیتراسیون(٪)	آنتوسیانین (میلی گرم بر لیتر)	اسیدیته	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیمPAL (میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)
$a_1 b_1 c_1$	۲۳/۰۸۳^{a}	۱۵/۶۳۳^{a}	۰/۶۳۳^{c}	۱/۱۰۳ ^{a}	۵/۵۱۳^{a}	۳/۰۵۷ ^{b}	۰/۶۳۵ ^{c}
$a_1 b_1 c_2$	۱۳/۷۹۰^{c}	۱۶/۱۶۷^{a}	۰/۷۸۳ ^{c}	۱/۱۸۷ ^{a}	۵/۴۲۲^{a}	۳/۹۹۷ ^{a}	۰/۶۴۱ ^{c}
$a_1 b_2 c_1$	۲۲/۰۳۷^{a}	۱۴/۶۰۰^{b}	۱/۸۰۰^{b}	۱/۰۴۳^{a}	۳/۶۸۳^{b}	۲/۹۳۳^{b}	۰/۷۶۳^{b}
$a_1 b_2 c_2$	۱۳/۴۹۷^{c}	۱۴/۷۳۳^{b}	۱/۸۳۳^{b}	۱/۱۳۳ ^{a}	۳/۶۸۷^{b}	۴/۰۷۳^{a}	۰/۷۴۷^{b}
$a_1 b_3 c_1$	۲۱/۷۳۷^{a}	۱۳/۵۶۷^{c}	۲/۵۷۳^{a}	۱/۰۷۷^{a}	۳/۰۶۷^{c}	۳/۰۰۳^{b}	۰/۷۶۴^{b}
$a_1 b_3 c_2$	۱۳/۰۴۰^{c}	۱۴/۵۳۳^{c}	۲/۴۶۷^{a}	۱/۰۳۳^{a}	۳/۰۶۶^{c}	۴/۰۰۳^{a}	۰/۷۶۱^{b}
$a_2 b_1 c_1$	۱۶/۴۱۳^{b}	۱۶/۲۰۰^{a}	۰/۶۳۳^{c}	۱/۰۶۷^{a}	۵/۳۷۰^{a}	۲/۸۲۷^{b}	۰/۷۸۳^{b}
$a_2 b_1 c_2$	۱۱/۸۹۰^{c}	۱۵/۵۳۳^{a}	۰/۶۹۰^{c}	۱/۰۸۳^{a}	۵/۳۷۱^{a}	۳/۹۶۷^{a}	۰/۷۶۸^{b}
$a_2 b_2 c_1$	۱۶/۸۲۰^{b}	۱۴/۳۰۰^{b}	۱/۹۶۷^{b}	۱/۱۳۳^{a}	۳/۶۶۷^{b}	۲/۹۳۷^{b}	۰/۷۸۲^{b}
$a_2 b_2 c_2$	۱۲/۴۱۷^{c}	۱۴/۶۶۷^{b}	۱/۸۴۳^{b}	۱/۱۲۷^{a}	۳/۷۰۰^{b}	۳/۹۹۳^{a}	۰/۷۶۲^{b}
$a_2 b_3 c_1$	۱۶/۷۲۷^{b}	۱۳/۶۳۳^{b}	۲/۵۱۷^{a}	۱/۰۴۰^{a}	۳/۰۸۰^{c}	۳/۰۱۰^{b}	۰/۹۵۸^{a}
$a_2 b_3 c_2$	۱۲/۱۷۷^{c}	۱۳/۹۶۷^{c}	۲/۴۷۰^{a}	۱/۱۵۳^{a}	۳/۰۷۷^{c}	۳/۹۵۰^{a}	۰/۹۵۶^{a}
$a_3 b_1 c_1$	۱۷/۸۶۷^{a}	۱۵/۹۰۰^{a}	۰/۶۲۷ ^{c}	۰/۹۸۷^{a}	۵/۴۶۷^{a}	۲/۹۷۷^{b}	۰/۷۷۷^{b}
$a_3 b_1 c_2$	۱۳/۸۱۰^{c}	۱۵/۷۶۷^{a}	۰/۶۴۳^{c}	۰/۹۶۰^{a}	۵/۴۳۳^{a}	۳/۹۸۳^{a}	۰/۷۷۶^{b}
$a_3 b_2 c_1$	۱۸/۰۲۰^{a}	۱۴/۴۴۳^{b}	۲/۰۰۰^{b}	۱/۲۵۳^{a}	۳/۶۷۰^{b}	۲/۹۶۷^{b}	۰/۷۹۸^{b}
$a_3 b_2 c_2$	۱۳/۱۵۷^{c}	۱۴/۵۰۰^{b}	۱/۷۸۷^{b}	۱/۰۵۷^{a}	۳/۷۲۰^{b}	۴/۰۱۰^{a}	۰/۷۹۴^{b}
$a_3 b_3 c_1$	۱۷/۶۰۰^{a}	۱۴/۱۳۳^{c}	۲/۱۷۰^{a}	۱/۱۲۳^{a}	۳/۰۶۷^{c}	۲/۹۱۷^{b}	۰/۹۴۸^{a}
$a_3 b_3 c_2$	۱۳/۳۸۳^{c}	۱۴/۰۶۷^{c}	۲/۱۴۰^{a}	۱/۱۵۷^{a}	۳/۰۳۰^{c}	۳/۹۶۰^{a}	۰/۹۴۴^{a}

درهر ستون حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد است.

a_1= تیمار آب گرم شاهد، a_2 = تیمار آب گرم ۴۵درجه، a_3 = تیمار آب گرم۵۵درجه، b_1 = تیمار سالسیلیک‌اسید شاهد، b_2 = تیمار سالسیلیک‌اسید ۱میلی مولار، b_3 = تیمار سالسیلیک‌اسید ۲میلی مولار، c_1 = تیمارکلرید کلسیم ۲٪، c_2= تیمارکلرید کلسیم ۴٪.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد تیمار کلرید کلسیم مانع از کاهش سفتی میوه می‌شود که یک عامل بسیار مهم در بازارپسندی و کیفیت میوه است. تیمار کلرید کلسیم چهار درصد موثرتر از دو درصد بود و سبب افزایش سفتی میوه‌ها شد. میوه‌هایی که کلسیم کافی دارند در شرایط مساعد مدت بیشتری قابل نگهداری هستند زیرا حدود ۶۰ درصد از کلسیم در دیواره‌های سلولی استفاده می‌شود که موجب استحکام بافت میوه می‌گردد. کلسیم عامل اتصال دهنده بین مولکولی است که به ترکیبات پکتین در تیغه میانی ثبات می‌بخشد (۱۲). به همین دلیل کلسیم بکار رفته قبل و پس از برداشت برای جلوگیری از ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی، به تاخیر انداختن رسیدن و بهبود کیفیت میوه‌های مختلف مؤثر است (۲۶). کلسیم باعث کاهش سرعت پیرشدن، رسیدگی وایجاد تحمل به پاتوژن‌ها و کاهش حساسیت به سرمازدگی درمیوه‌ها و سبزی‌های مختلف بوسیله به تاخیرانداختن پیری دیواره سلولی ونگهداری و ثبات غشا و طولانی کردن ظرفیت غشا در انتقال سیگنالهای سلولی می‌شود (۱۶). در اثر سرمازدگی، کلسیم موجود در دیواره سلولی خارج شده واستحکام دیواره سلولی کاهش می‌یابد (۳۰). فنیل آلانین آمونیالیاز آنزیمی کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئیدهاست که تبدیل L–فنیل آلانین به ترانس–سینامیک اسید، اولین مرحله در متابولیسم فنولیک‌ها را انجام می‌دهد. این مرحله یک واکنش بیوشیمیایی کلیدی در نمو و دفاع گیاهان به شمار می‌رود (۱۸). افزایش میزان ترکیبات فنلی می‌تواند به دلیل افزایش بیان ژن‌درگیر در مسیر سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، که اولین آنزیم در مسیر سنتز ترکیبات فنلی است ناشی شود (۱۸). سالسلیک اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز می‌شود. با افزایش فعالیت این آنزیم، سنتز و تجمع ترکیبات فنلی افزایش یافته و در نهایت ترکیبات فنلی با خواص آنتی اکسیدانی، مقاومت بافت به تنش‌های زنده و غیر زنده را افزایش می‌دهند (۲۱). در این تحقیق نیز مشاهده گردید زمانی که سالسیلیک اسید به میوه‌ها اضافه می‌گردد فعالیت آنزیم به مراتب بیشتر از زمانی است که این تیمار را دریافت نمی‌کند همچنین مشخص گردید سالسیلیک اسید دو میلی مولار موثرتر از یک میلی مولار است. اسیدسالسلیک از مواد طبیعی گیاهی بوده و در رشد ونمو، پاسخ‌های دفاعی گیاهی، تحریک مقاومت سیستمیک اکتسابی و انتقال علائم نقش مهمی را ایفا می‌کند (۲۱). بررسی‌ها نشان داده که تیمار قبل از انبارمیوه‌های انار با سالیسیلیک اسید می‌تواند سرمازدگی را با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و تقویت سیستم دفاعی کنترل نماید (۵). در تحقیقی دیگر کاربرد سالسلیک اسید قبل و پس از برداشت، آلودگی قارچی را توسط القای سیستم مقاومت دفاعی و تحریک آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاهش داد (۳۲). متابولیت‌های ثانویه‌ای که از اسیدهای آمینه آروماتیک به وجود می‌آیند مثل لیگنین به نام ترکیبات فنولی معروف‌اند. لیگنین در دیواره‌های سلولی بخصوص در دیواره‌های ثانویه عناصر تراکئیدی آوند چوبی یافت می‌شود و موجب استحکام مکانیکی و سفتی ساقه‌های چوبی می‌گردد. هر چند وظیفه اصلی لیگنین ساختمانی است اما به عنوان یک ماده شیمیایی دفاعی نیز مطرح است (۱۱). بنابراین استفاده از سالسیلیک اسید می‌تواند از طریق فعال کردن آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز سبب افزایش بیان ژن‌های دخیل در تولید ترکیبات فنلی شده و علاوه بر استحکام و سفتی بافت میوه‌ها سبب مقاومت در مقابل آلودگی‌ها نیز شود. گزارش شده تیمار گرمایی علاوه برکنترل عوامل بیماری زا با تشکیل مواد لیگنینی دربافت آسیب دیده، از کاهش آب محصول جلوگیری می‌کند. همچنین گرمادهی می‌تواند با افزایش فسفولیپیدهای غشا سبب افزایش مقاومت میوه به دمای پایین شده و سرمازدگی محصول راکاهش دهد (۳۲). در این تحقیق نیز مشاهده گردید که استفاده از تیمار آب گرم سبب کم شدن درصد کاهش وزن میوه‌ها گردید (جدول ۱). بنابراین به طور کل می‌توان گفت کاربرد همزمان تیمار آب گرم، سالسیلیک اسید و کلرید کلسیم می‌تواند سبب بهبود پارامترهای انبارمانی در میوه‌های انار شود و تیمار آب گرم ۴۵ درجه سانتیگراد، سالسیلیک اسید دو میلی مولار و کلرید کلسیم چهار درصد بهترین نتیجه را در برداشت.

منابع

۱- ارشادی م. ۱۳۸۵. فیزیولوژی پس از برداشت. انتشارات دانشگاه ایلام. ۴۵-۳۲.

۲- اصغری م .۱۳۸۵. تعیین اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای آنتی اکسیدان کل، تولید اتیلن و برخی خواص کمی و کیفی میوه توت فرنگی رقم سلوا. رساله دکتری دانشگاه تهران.

۳- رنجبر ح.، ذوالفقاری نسب ر.، قاسم نژادم. و سرخوش ع. ۱۳۸۴. تأثیر متیل‌جاسمونات در القای مقاومت به سرمازدگی میوه انار رقم ملس ترش ساوه، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۵: ۴۹-۴۳.

۴- سیاری م. و راحمی م.۱۳۸۱. نقش گرمادهی، کلرید کلسیم و پرمنگنات پتاسیم بر عمر انباری و سفتی گوشت میوه سیب گلدن دلیشس.

علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۴): ۷۶-۶۷.

۵- سیاری م.، بابالار م.، کلانتری س.، علیزاده ه. و عسگری م.ع. ۱۳۸۸. اثر سالسیلیک‌اسید بر مقاومت به سرمازدگی و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز انار رقم ملس ساوه در انبار. مجله علوم باغبانی ایران، ۳: ۳۸-۲۱.

۶- شاکری م. ۱۳۸۶. بررسی و تعیین روش‌های کنترل پوسیدگی میوهانار در انبار. پژوهش و سازندگی،۷۴: ۱۷۷-۱۶۵.

۷- غلامیان م.، معلمی ن.، عالم زاده انصاری ن. و صدرزاده م. ۱۳۸۷. اثر کلرید کلسیم و پرتوتابی UV-C بر کیفیت و عمر انباری میوه هلو رقم البرتا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۹(۱):۴۴-۳۵.

۸- قاسم نژاد م. ۱۳۸۵. واکنش میوه ارقام مختلف مرکبات نسبت به دمای پایین انبار. رساله دکتری. گروه باغبانی دانشگاه تهران. ۱۹۹ ص.

۹- محسنی ع. ۱۳۸۹. انار. انتشارات نشر آخر. ۲۱۲ ص.

۱۰- میردهقان س.ح. و راحمی م. ۱۳۸۸. تعیین زمان ایجادخسارت سرمازدگی میوه انار درطول نگهداری درسردخانه. مجله علوم باغبانی ایران، ۱: ۸-۱.

۱۱- هاپکینز ج.و. ۱۳۸۶. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی. ویرایش دوم. ترجمه احمدی ع. احسانزاده پ. جباری ف. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.

12- Aboot J.A., and Conway W.S. 1989. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. Journal of the American Society for Horticultural Science, 114: 932- 936.

13- Aquino S., Palma A., Fronteddue F., and Tedde M. 2004. Effects of preharvest andpostharvest calcium treatments on chilling injury and decay of cold stored Fortune mandarins.International Conference PostharvestVerona, 3:2-5.

14- Artes F. 1995. Innovaciones en los tratamientos fisicos modulados para preservar la calidad hortofruit cola en la postrecoleccion. Revista española de ciencia y tecnología de alimentos,35:139-149.

15- Ben-Yehoshua Sh. 1985. Individual seal packaging of fruits and vegetables in plastic film, new postharvest technique. Horticulture Science, 1:32-37.

16- Brown G., Wilson S., Boucher W., Graham B., and McGlasson B. 2005. Effect of coppercalcium sprays on fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium*). Horticulturae Science, 62:75-80.

17- Cai X., and Zhang Z. 1999. Induction of systemic resistance in tomato by and incompatible race of Cladosporium. Accumulturae sinica, 29:261-264.

18- Chang A., Lim M.H., Lee S.W., Robb E.J., and Nazar R.N. 2008. Tomato PAL gene family: highly redundant but strongly underutilized. Journal of Biology and Chemistry, 283: 33591-33601.

19- Ding C.Y., Wang K., and Gross L. 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. Plant Science, 161: 1153-1159.

20- Elyatem S.M., and Kader A. 1984. Post-harvest physiology and storage behavior of pomegranate fruits. Horticulturae Science, 24: 287-298.

21- Eraslan F., Inal A., Gunes A., and Alpaslan M. 2007. Impact of exogenous Salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plant subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae, 27: 287- 298.

22- Fuleki T., and Francis J.F. 1986. Quantitative methods for anthocyanins determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry Juice. Journal of food science, 33: 78-83

23- Fung R.W.M., Wang C.Y., Smith D.L., and Gross K.C. 2000. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Plant Science, 166:711-719.

24- Grantely R., Chaplin K., and Scott J. 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored Avocados. Horticulturae Science, 15:514-515.

25- Main J.H., Clydesdale F.J., and Francis F. 1978. Spray drying anthocyanin concentrates for use as food colorants. Journal of Food Science, 43:1693-1697

26- Pooviah B.W.1997. Role of calcium in ripening and senescence. Soil Science, 10: 83–88.

27- Pota S., Keta S., and Thongtham M.L.C. 1989. Effect of packing materials and temperatures on quality and storage life of pomegranate fruits. Horticulture Abstract, 59:7059.

28- Redalen A.S.N., and Glene E.M. 1998. Effect calcium on cell wall structure, protein phophorilation and protein on senescing apples. Journal of plant cell physiology, 29:565-572.

29- Saunders J.A., and McClure J.W. 1974. The suitability of a quantitative spectrophotometricassay for phenylalanine ammonia-lyase activity in barley, pea, and buckwheat seedlings. Plant Physiology,54:412-413.

30- Stow J. 1993. Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. Postharvest Biology and Technology, 3:1-9.
31- Traglazova N.V., and Fataliev A.T. 1989. The effect of treatment with calcium choloride on pomegranate fruit storage. Sadovstvo vinogradarstvo, 9:25-27
32- Wang L., Chen S., Kong W., and Li S. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 41:244-251.