

تأثیر سالیسیلیک اسید، کلرید کلسیم و تیمار آب گرم بر پارامترهای کمی، کیفی و انبارمانی انار

رقم میخوش

ولی ربیعی^{۱*} - سهیلا رحمانی^۲

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)، سالیسیلیک اسید در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ میلی مولار) و کلرید کلسیم در دو سطح (۰.۲٪ و ۰.۴٪) بر حفظ پارامترهای کمی و کیفی و انبارمانی انار رقم میخوش بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً 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 کلرید کلسیم سبب جلوگیری از کاهش وزن و نرم شدن بافت میوه‌ها در مقایسه با میوه‌های شاهد گردید. سالیسیلیک اسید اثر معنی داری در جلوگیری از افزایش کل مواد جامد محلول داشت که غلظت دو میلی مولار مؤثرتر از یک میلی مولار 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 داشتند که تیمار آب گرم ۴۵ درجه سانتیگراد مؤثرتر از ۵۵ درجه سانتیگراد عمل کرد. همچنین مشاهده گردید استفاده از تیمارهای آب گرم و سالیسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایاز^۳ را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بررسی اثر متقابل تیمارهای سه گانه نشان داد که تیمار آب گرم ۴۵ درجه سانتیگراد، سالیسیلیک اسید دو میلی مولار و کلرید کلسیم چهار درصد بهترین نتیجه را در انبارمانی میوه‌های انار داشت.

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

مقدمه

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 در بازارهای 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 میوه‌ها 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 می‌یابد (۳۰). گرانتهی و همکاران (۲۴) گزارش

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 در طی انبارداری از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. 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 از ۵ درجه سانتیگراد توصیه می‌گردد (۱۰)، اما به دلیل نیمه گرمسیری بودن

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

مواد و روش‌ها

جهت انجام آزمایش از میوه‌های انار رقم میخوش روستای هارون آباد 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 در قالب طرح کاملاً 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 = ۴۵ درجه و a_3 = ۵۵ درجه) و تیمار سالیسیک اسید به عنوان فاکتور B در سه غلظت (b_1 = شاهد، b_2 = ۱ میلی مولار و b_3 = ۲ میلی 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^۱ مدل (HWA) ساخت آلمان با ترموستات دقیق استفاده شد و کل میوه‌ها به سه قسمت تقسیم شده که یک سوم 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، میوه‌ها خشک شد (۶). سپس میوه‌ها درون محلول‌های سالیسیک اسید در سه غلظت صفر، یک و دو میلی مولار به مدت ۲۵ دقیقه فرورده شد و بر روی میزهای چوبی قرار گرفتند تا سالیسیک اسید روی پوست میوه‌ها خشک شود (۴).

پس از اینکه سالیسیک اسید به طور کامل بر روی میوه خشک شد کلرید کلسیم در دو غلظت (۲ و ۴ درصد) به صورت دستی بر روی میوه‌ها اسپری شد (۱۳). پس از خشک شدن میوه‌ها، وزن آن‌ها توسط ترازوی وزنه‌ای مدل OHAUS 2610g ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد و جهت شناسایی نمونه‌ها به گلوگاه میوه‌های انار برچسب نصب شد، سپس داخل جعبه‌های پلاستیکی مخصوص نگهداری میوه قرار داده 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، میوه‌ها از سردخانه خارج شدند. سپس دانه‌های خوراکی (آریل‌ها) بادست از میوه‌ها جدا گردید و یک گرم از دانه‌های خوراکی، برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز، بلافاصله با نیتروژن مایع منجمد شده و در فریزر -۸۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. آب میوه بقیه دانه‌ها با آبمیوه‌گیری دستی استخراج گردیده و پس از گذراندن از صافی بلافاصله کل مواد جامد محلول، pH، اسید قابل تیتراسیون و آنتوسیانین اندازه‌گیری شدند. کل مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دستی مدل (Atago (NC-1)، اسید قابل تیتراسیون (TA) به روش قاسم نژاد

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 طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. تیمار آب گرم علاوه بر کنترل عوامل بیماری‌زا با تشکیل مواد لیگنینی در بافت آسیب دیده، از کاهش آب محصول جلوگیری می‌کند (۱۵)، همچنین سرعت تنفس را به طور موقت کاهش داده و سبب 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 را کاهش می‌دهد (۲۷). استفاده از تیمار دمایی، تغییر متناوب دما در سردخانه و التیام دادن میوه‌ها با دمای ۳۳ درجه سانتیگراد قبل از قرار گرفتن آنها در سردخانه از راه‌های کاهش سرمازدگی میوه‌های انار می‌باشند (۱۴). فرورودن 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 دمای ۱۳ درجه سانتیگراد ارائه می‌دهد (۱۰).

سالیسیک اسید به عنوان یک هورمون گیاهی، ترکیبی طبیعی است که پتانسیل بالایی در جلوگیری از تولید اتیلن و پوسیدگی قارچی در پس از برداشت میوه‌ها دارد. این ماده سبب توانایی کاهش تولید اتیلن و پوسیدگی قارچی شده و موجب افزایش عمر انباری توت فرنگی به عنوان یک میوه نافرارگرا و حساس می‌شود (۲). بعد از تیمار با سالیسیک اسید حساسیت هلو به آسیب سرمایی کاهش یافت (۳۲). تیمار قبل از انبار میوه‌های انار ملس ساوه با سالیسیک اسید می‌تواند سرمازدگی را با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز و تقویت سیستم دفاعی کنترل نماید (۴). کاربرد سالیسیک اسید قبل از انبار، سرمازدگی را در گوجه فرنگی کاهش داده است (۱۹). نتایج مشابهی در استفاده از سالیسیک اسید در فلفل شیرین به دست آمده است (۲۳). سالیسیک اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز 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 سالیسیک اسید در قبل و پس از برداشت میوه‌های هلو، آلودگی قارچی را توسط القای سیستم مقاومت دفاعی و تحریک آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، کاهش داد (۳۲).

تعیین بهترین تیمار (تیمارهای سالیسیک اسید، کلرید کلسیم 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.

1- Baine – marie

اما تیمار سالیسیک اسید به تنهایی تاثیری در کاهش وزن میوه‌ها نداشته است، همچنین کلرید کلسیم چهار درصد موثرتر از کلرید کلسیم 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 اثر سرمازدگی 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، سالیسیک اسید تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر کل مواد جامد محلول داشت (جدول ۱). به طوریکه سالیسیک اسید یک میلی مولار مؤثرتر از سالیسیک اسید دو میلی مولار عمل کرده و بین همه سطوح سالیسیک اسید تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل تیمار آب گرم و سالیسیک اسید تاثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر میزان کل مواد جامد محلول داشت. اثرات متقابل تیمار آب گرم، سالیسیک اسید و کلرید کلسیم نیز در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). اثرات سه گانه تیمارها تاثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر کل مواد جامد محلول داشتند.

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

$$\text{وزن میوه‌ها در خاتمه انبارداری} - \text{وزن میوه‌ها در ابتدای انبارداری} = \text{درصد کاهش وزن میوه‌ها}$$

$$\times 100 = \frac{\text{وزن میوه‌ها در ابتدای انبارداری}}{\text{وزن میوه‌ها در خاتمه انبارداری}}$$

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

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن میوه‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تیمار آب گرم و تیمار کلرید کلسیم به تنهایی اثر معنی‌داری به ترتیب در سطح پنج درصد و یک درصد بر درصد کاهش وزن میوه‌ها داشتند و اثر متقابل کلرید کلسیم و تیمار آب گرم و اثرات متقابل تیمار آب گرم، سالیسیک اسید و کلرید کلسیم 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

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

میانگین مربعات (MS)							درجه آزادی	منابع تغییرات
فعالیت آنزیم PAL	سفتی	اسیدیته	آنتوسیانین	اسید قابل تیتراسیون	کل مواد جامد محلول	کاهش وزن		
۰/۰۲۲**	۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۹۱ ^{ns}	۰/۰۴۸ ^{ns}	۱/۲۲*	۲	A
۰/۲۴۵**	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲۷/۰۴**	۰/۰۱۶ ^{ns}	۱۴/۰۳۵**	۱۹/۴۶**	۰/۶۰۵ ^{ns}	۲	B
۰/۰۰۸ ^{ns}	۱۴/۴۴۶*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۴۷ ^{ns}	۴۷/۷**	۱	C
۰/۰۳۳**	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۳۱*	۰/۰۹۰ ^{ns}	۰/۲۴۴*	۰/۸۰۷ ^{ns}	۸	Ab
۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۸۱ ^{ns}	۲۹/۱۵۷**	۵	Ac
۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۳۸ ^{ns}	۰/۰۸۸ ^{ns}	۰/۰۲۴ ^{ns}	۵	Bc
۱/۰۴۶**	۱/۰۱۲*	۳/۰۰۱**	۰/۰۱۴ ^{ns}	۲/۰۱۱**	۰/۲۸۶*	۴/۰۲۴**	۱۷	Abc
۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۳۹	۰/۰۸۲	۰/۹۲۰	۳۴	اشتباه
۳/۴۵	۲/۳۶	۳/۰۶	۹/۳۴	۱۲	۱/۹۴	۶/۰۱	-	ضریب تغییرات (%)

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

a = تیمار آب گرم، b = تیمار سالیسیک اسید، c = تیمار کلرید کلسیم، ab = (تیمار آب گرم × تیمار سالیسیک اسید)، ac = (تیمار آب گرم × تیمار کلرید کلسیم)، bc = (تیمار سالیسیک اسید × تیمار کلرید کلسیم)، abc = (تیمار آب گرم × تیمار سالیسیک اسید × تیمار کلرید کلسیم).

در اثرات سه گانه کمترین میزان TSS مربوط به ترکیب تیمارشاهد آب گرم، سالیسیک اسید ۲ میلی مولار و کلرید کلسیم دو درصد با مقدار عددی ۱۳/۵۶۷ بود و بیشترین مقدار به ترکیب تیمار آب گرم ۴۵ درجه، شاهد سالیسیک اسید و کلرید کلسیم 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

سالیسیک اسید 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 می‌شود تا حد زیادی جلوگیری کرد، بین سطوح مختلف سالیسیک اسید تفاوت معنی داری وجود داشت به طوری که تیمار شاهد سالیسیک اسید کمترین و تیمار دو میلی مولار سالیسیک اسید بیشترین اثر را در جلوگیری از کاهش میزان اسید قابل تیتراسیون نشان داد (جدول ۲). اثر متقابل تیمار آب گرم، سالیسیک اسید و کلرید کلسیم اثر معنی داری در سطح یک درصد بر میزان اسید قابل تیتراسیون داشت (جدول ۱). اثرات متقابل تیمارشاهد آب گرم، سالیسیک اسید 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 سالیسیک اسید شاهد و کلرید کلسیم دو درصد با مقدار ۰/۶۲۷ درصد کمترین تاثیر 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 انبارداری کاهش یافته است (۵).

میزان آنتوسیانین

در بین اثرات ساده و متقابل تیمارها تنها اثر متقابل تیمار آب گرم و سالیسیک اسید در سطح پنج درصد بر مقدار آنتوسیانین معنی دار بود (جدول ۱). کمترین مقدار آنتوسیانین مربوط به میوه‌هایی بود که ترکیب تیمار آب گرم ۵۵ درجه سانتیگراد و شاهد سالیسیک اسید 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 در آب میوه انار می‌تواند افزایش یابد که دلیل این افزایش می‌تواند تبدیل آنتوسیانین‌ها به 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 معنی داری وجود نداشت اما بین سطوح مختلف سالیسیک اسید تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۱ و ۲). همچنین بررسی اثرات متقابل تیمارها نشان داد در تیمارهایی که سالیسیک اسید استفاده شده میزان افزایش pH کمتر از تیمارهایی است که سالیسیک 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 سالیسیک اسید از افزایش pH جلوگیری می‌کند و می‌تواند اسیدهای آلی را حفظ کند.

سفتی بافت

تیمار غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم 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 (جدول ۲). 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 پلی‌گالاکتروانات 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 دلشز با کلرید کلسیم به طور معنی داری 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 طوری که با افزایش غلظت کلرید کلسیم میزان از هم پاشیدگی میوه سیب کاهش می‌یابد (۴).

فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد تیمار آب گرم و تیمار سالیسیک اسید اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز داشته است (جدول ۱). در بررسی اثرات ساده تیمارها مشاهده گردید استفاده از تیمار آب گرم و همچنین تیمار سالیسیک 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 سالیسیک اسید نیز دریافت کردند میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز 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 سالیسیک اسید دو میلی مولار مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین در میوه‌هایی که دو تیمار کلرید کلسیم و سالیسیک 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 سالیسیک اسید و گرما را به طور همزمان دریافت نکرده بودند مشاهده شد، بیشترین فعالیت نیز در انارهایی که تیمار آب گرم و سالیسیک 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 بر لیتر)	اسیدیته	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیم PAL (میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)
a ₁	۱۴/۸۶ ^a	۱۴/۷۰۶ ^a	۱/۶۸۲ ^a	۱/۰۹۶ ^a	۴/۰۷۳ ^a	۳/۵۱۱ ^a	۰/۶۳۱ ^c
a ₂	۱۴/۳۹ ^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	۰/۸۱۳ ^a
b ₁	۱۵/۱۴۳ ^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	۱۵/۰۷۳ ^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

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

a₁ = تیمار آب گرم شاهد، a₂ = تیمار آب گرم ۴۵ درجه، a₃ = تیمار آب گرم ۵۵ درجه، b₁ = تیمار سالیسیک اسید شاهد، b₂ = تیمار سالیسیک اسید ۱ میلی مولار، b₃ = تیمار سالیسیک اسید ۲ میلی مولار، c₁ = تیمار کلرید کلسیم ۲٪، c₂ = تیمار کلرید کلسیم ۴٪.

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

تیمار	کاهش وزن (%)	کل مواد جامد محلول (%)	اسید قابل تیتراسیون (%)	آنتوسیانین (میلی گرم بر لیتر)	اسیدیته	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیم PAL (میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)
a ₁ b ₁	۱۸/۴۳۷ ^a	۱۵/۹ ^a	۰/۷۰۸ ^a	۱/۱۴۵ ^a	۵/۶۸۵ ^a	۳/۵۲۷ ^a	۰/۶۳۸ ^c
a ₁ b ₂	۱۷/۷۶۷ ^a	۱۴/۶۶۷ ^{ab}	۱/۸۱۷ ^a	۱/۰۸۸ ^b	۳/۶۸۵ ^a	۳/۵۰۳ ^a	۰/۷۵۵ ^b
a ₁ b ₃	۱۸/۳۸۸ ^a	۱۳/۵۵ ^b	۲/۵۲ ^a	۱/۰۵۵ ^b	۳/۰۶۷ ^a	۳/۵ ^a	۰/۷۸۶ ^b
a ₂ b ₁	۱۴/۱۵۲ ^a	۱۵/۸۶۷ ^a	۰/۶۶۲ ^a	۱/۰۷۵ ^b	۵/۳۷ ^a	۳/۳۹۷ ^a	۰/۶۱۶ ^c
a ₂ b ₂	۱۴/۳۱۸ ^a	۱۴/۴۸۳ ^{ab}	۱/۹۰۵ ^a	۱/۱۳ ^a	۳/۶۸۳ ^a	۳/۴۹۵ ^a	۰/۷۸۲ ^b
a ₂ b ₃	۱۴/۴۵۲ ^a	۱۳/۸ ^b	۲/۴۹۳ ^a	۱/۰۹۷ ^b	۳/۰۷۸ ^a	۳/۴۸ ^a	۰/۸۵۱ ^a
a ₃ b ₁	۱۵/۸۳۸ ^a	۱۵/۸۳۳ ^a	۰/۶۳۵ ^a	۰/۹۷۳ ^c	۵/۴۵ ^a	۳/۴۸۵ ^a	۰/۶۲۳ ^c
a ₃ b ₂	۱۵/۵۸۸ ^a	۱۴/۴۶۷ ^{ab}	۱/۸۹۳ ^a	۱/۱۵۵ ^a	۳/۶۹۵ ^a	۳/۴۸۸ ^a	۰/۷۹۶ ^b
a ₃ b ₃	۱۵/۴۹۲ ^a	۱۴/۱ ^b	۲/۱۵۵ ^a	۱/۱۴ ^a	۳/۰۴۸ ^a	۳/۴۳۸ ^a	۰/۸۷۵ ^a

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

a₁ = تیمار آب گرم شاهد، a₂ = تیمار آب گرم ۴۵ درجه، a₃ = تیمار آب گرم ۵۵ درجه، b₁ = تیمار سالیسیک اسید شاهد، b₂ = تیمار سالیسیک اسید ۱ میلی مولار، b₃ = تیمار سالیسیک اسید ۲ میلی مولار.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه تیمار آب گرم و کلرید کلسیم برای صفات مورد مطالعه

تیمار	کاهش وزن (%)	کل مواد جامد محلول (%)	اسید قابل تیتراسیون (%)	آنتوسیانین (میلی گرم بر لیتر)	اسیدیته Ph	سفتی بافت (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیم PAL (میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)
a ₁ c ₁	۱۸/۲۸۶ ^a	۱۴/۶۹ ^a	۱/۶۶۹ ^a	۱/۰۸۲ ^a	۴/۰۸۸ ^a	۲/۹۹۸ ^a	۰/۷۸۶ ^a
a ₁ c ₂	۱۳/۴۴۳ ^b	۱۴/۸۱۱ ^a	۱/۶۹۴ ^a	۱/۰۷۷ ^a	۴/۰۵۹ ^a	۴/۰۲۴ ^a	۰/۷۸۱ ^a
a ₂ c ₁	۱۶/۶۵۳ ^a	۱۴/۷۱ ^a	۱/۷۰۶ ^a	۱/۱۰۳ ^a	۴/۰۳۹ ^a	۲/۹۲۴ ^a	۰/۷۵ ^a
a ₂ c ₂	۱۲/۱۶ ^b	۱۴/۷۲۲ ^a	۱/۶۶۸ ^a	۱/۱۰۶ ^a	۴/۰۴۹ ^a	۳/۹۷ ^a	۰/۷۴۹ ^a
a ₃ c ₁	۱۷/۸۵۹ ^a	۱۴/۸۲ ^a	۱/۵۹۹ ^a	۱/۰۸۰ ^a	۴/۰۶۸ ^a	۲/۹۵۳ ^a	۰/۷۳۲ ^a
a ₃ c ₂	۱۳/۴۵ ^b	۱۴/۷۷۸ ^a	۱/۵۲۳ ^a	۱/۱۱۴ ^a	۴/۰۶ ^a	۲/۹۸۴ ^a	۰/۷۳ ^a

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

a₁ = تیمار آب گرم شاهد، a₂ = تیمار آب گرم ۴۵ درجه، a₃ = تیمار آب گرم ۵۵ درجه، c₁ = تیمار کلرید کلسیم ۲٪، c₂ = تیمار کلرید کلسیم ۴٪

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در اثرات متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و کلرید کلسیم

تیمار	کاهش وزن (%)	کل مواد جامد محلول (%)	اسید قابل تیتراسیون (%)	آنتوسیانین (میلی گرم بر لیتر)	اسیدیته	سفتی (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	فعالیت آنزیم PAL (میکرومول بر گرم وزن تر در دقیقه)
b ₁ c ₁	۱۹/۱۲۱ ^a	۱۵/۹۱۱ ^a	۰/۶۳ ^a	۱/۰۸۲ ^a	۵/۴۵ ^a	۲/۹۵۳ ^a	۰/۶۲۸ ^b
b ₁ c ₂	۱۳/۱۶۳ ^a	۱۵/۸۲۲ ^a	۰/۷۰۶ ^a	۱/۰۷۷ ^a	۵/۴ ^a	۳/۹۸ ^a	۰/۶۳۳ ^b
b ₂ c ₁	۱۸/۹۵۹ ^a	۱۴/۴۴ ^a	۱/۹۲۲ ^a	۱/۱۰۳ ^a	۳/۶۷ ^a	۲/۹۵ ^a	۰/۷۸ ^a
b ₂ c ₂	۱۳/۰۲۳ ^a	۱۴/۶۳ ^a	۱/۸۲ ^a	۱/۱۰۶ ^a	۳/۷ ^a	۴/۰۲۹ ^a	۰/۷۷۴ ^a
b ₃ c ₁	۱۸/۶۸۸ ^a	۱۳/۷۷۸ ^a	۲/۴۲ ^a	۱/۰۸ ^a	۳/۰۷ ^a	۲/۹۷۷ ^a	۰/۸۶۳ ^a
b ₃ c ₂	۱۲/۸۶۷ ^a	۱۳/۸۵۶ ^a	۲/۳۵۹ ^a	۱/۱۱۴ ^a	۳/۰۵ ^a	۳/۹۷ ^a	۰/۸۵۹ ^a

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

b₁ = تیمار سالیسیلیک اسید شاهد، b₂ = تیمار سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار، b₃ = تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار، c₁ = تیمار کلرید کلسیم ۲٪، c₂ = تیمار کلرید کلسیم ۴٪

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه 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 آنزیم PAL (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	۱۳/۷۹ ^c	۱۶/۱۶۷ ^a	۰/۷۸۳ ^c	۱/۱۸۷ ^a	۵/۴۲۳ ^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	۱۳/۰۴ ^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	۱۱/۸۹ ^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	۱۶/۸۲ ^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	۱۳/۹۶۷ ^c	۲/۵۱۷ ^a	۱/۰۴ ^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	۰/۶۳۷ ^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	۰/۷۹۳ ^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

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

a₁ = تیمار آب گرم شاهد، a₂ = تیمار آب گرم ۴۵ درجه، a₃ = تیمار آب گرم ۵۵ درجه، b₁ = تیمار سالیسیلیک اسید شاهد، b₂ = تیمار سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار، b₃ = تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار، c₁ = تیمار کلرید کلسیم ۲٪، c₂ = تیمار کلرید کلسیم ۴٪

نتیجه گیری

دریافت نمی کند همچنین مشخص گردید سالیسیک اسید دو میلی مولار موثرتر از یک میلی مولار است. اسیدسالیسیک از مواد طبیعی گیاهی بوده و در رشد ونمو، پاسخهای دفاعی گیاهی، تحریک مقاومت سیستمیک اکتسابی و انتقال علائم نقش مهمی را ایفا می کند (۲۱). بررسیها نشان داده که تیمار قبل از انبارمیوههای انار با سالیسیلیک اسید می تواند سرمازدگی را با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاپاز و تقویت سیستم دفاعی کنترل نماید (۵). در تحقیقی دیگر کاربرد سالیسیک اسید قبل و پس از برداشت، آلودگی قارچی را توسط القای سیستم مقاومت دفاعی و تحریک آنزیمهای آنتی اکسیدانی کاهش داد (۳۲). متابولیتهای ثانویه ای که از اسیدهای آمینه آروماتیک به وجود می آیند مثل لیگنین به نام ترکیبات فنولی معروفاند. لیگنین در دیوارههای سلولی بخصوص در دیوارههای ثانویه عناصر تراکتیدی آوند چوبی یافت می شود و موجب استحکام مکانیکی و سفتی ساقههای چوبی می گردد. هر چند وظیفه اصلی لیگنین ساختمانی است اما به عنوان یک ماده شیمیایی دفاعی نیز مطرح است (۱۱). بنابراین استفاده از سالیسیلیک اسید می تواند از طریق فعال کردن آنزیم فنیل آلانین آمونیاپاز 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 بر کنترل عوامل بیماری زا با تشکیل مواد لیگنینی دریافت آسیب دیده، از کاهش آب محصول جلوگیری می کند. همچنین گرمادهی می تواند با افزایش فسفولیپیدهای غشا سبب افزایش مقاومت میوه به دمای پایین شده و سرمازدگی محصول را کاهش 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 می توان گفت کاربرد همزمان تیمار آب گرم، سالیسیک اسید و کلرید کلسیم می تواند سبب بهبود پارامترهای انبارمانی در میوههای انار شود و تیمار آب گرم ۴۵ درجه سانتیگراد، سالیسیلیک اسید دو میلی مولار و کلرید کلسیم چهار درصد بهترین نتیجه را در برداشت.

نتایج نشان داد تیمار کلرید کلسیم مانع از کاهش سفتی میوه می شود که یک عامل بسیار مهم در بازاریابی 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 می شود که موجب استحکام بافت میوه می گردد. کلسیم عامل اتصال دهنده بین مولکولی است که به ترکیبات پکتین در تیغه میانی ثبات می بخشد (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 و ایجاد تحمل به پاتوژن ها و کاهش حساسیت به سرمازدگی در میوهها و سبزیهای مختلف بوسیله به تاخیر انداختن پیری دیواره سلولی و نگهداری و ثبات غشا و طولانی کردن ظرفیت غشا در انتقال سیگنالهای سلولی می شود (۱۶). در اثر سرمازدگی، کلسیم موجود در دیواره سلولی خارج شده و استحکام دیواره سلولی کاهش می یابد (۳۰). فنیل آلانین آمونیاپاز آنزیمی کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئیدهاست که تبدیل L-فنیل آلانین به ترانس-سینامیک اسید، اولین مرحله در متابولیسم فنولیکها را انجام می دهد. این مرحله یک واکنش بیوشیمیایی کلیدی در نمو و دفاع گیاهان به شمار می رود (۱۸). افزایش میزان ترکیبات فنلی می تواند به دلیل افزایش بیان ژن درگیر در مسیر سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیاپاز، که اولین آنزیم در مسیر سنتز ترکیبات فنلی است ناشی شود (۱۸). سالیسیک اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاپاز می شود. 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 می دهند (۲۱). در این تحقیق نیز مشاهده گردید زمانی که سالیسیلیک اسید به میوهها اضافه می گردد فعالیت آنزیم به مراتب بیشتر از زمانی است که این تیمار را

منابع

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

- علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۴): ۶۷-۷۶.
- ۵- سیاری م.، بابالار م.، کلاتتری س.، علیزاده ه. و عسگری م.ع. ۱۳۸۸. اثر سالیسیلیک اسید بر مقاومت به سرمازدگی و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیااز انار رقم ملس ساوه در انبار. مجله علوم باغبانی ایران، ۳: ۳۸-۲۱.
- ۶- شاکری م. ۱۳۸۶. بررسی و تعیین روش های کنترل پوسیدگی میوه انار 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): ۳۵-۴۴.
- 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.ج. و راحمی م. ۱۳۸۸. تعیین زمان ایجاد خسارت سرمازدگی میوه انار در طول نگهداری در سردخانه. مجله علوم باغبانی ایران، ۱-۸: ۱.
- ۱۱- هاپکینز ج.و. ۱۳۸۶. مقدمه ای بر فیزیولوژی گیاهی. ویرایش دوم. ترجمه احمدی ع. احسانزاده پ. جباری ف. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.
- 12- About 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., Fronteddu F., and Tedde M. 2004. Effects of preharvest and postharvest calcium treatments on chilling injury and decay of cold stored Fortune mandarins. *International Conference Postharvest Verona*, 3:2-5.
- 14- Artes F. 1995. Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad hortofruit cola en la postrecolección. *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 copper/calcium 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 phosphorilation 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 spectrophotometric assay 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 chloride 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.

Archive of SID