

## بررسی تأثیر سطوح مختلف متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید بر کاهش تغییرات بیوشیمیایی میوه هلو طی انبارمانی

حمیده محمدی، زهرا پاک کیش\* و وحید رضا صفاری

کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش علوم باغبانی

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۸

### چکیده

میوه هلو دارای ارزش غذایی بالایی است که به صورت تازه و فرایند شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه از هورمون‌ها و عناصر غذایی به‌منظور بهبود عمر انبارمانی در بسیاری از محصولات باغبانی در دنیا استفاده می‌شود. در این تحقیق، تأثیر سطوح مختلف متیل جاسمونات (۲۰۰ ppm و ۱۰۰) و سالیسیلیک اسید (۱ و ۲ mM) و همچنین اثرات متقابل آنها بر تغییرات بیوشیمیایی میوه هلو رقم آبرتا طی انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین ترتیب، آزمایش در طرح کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار انجام شد و ویژگی‌هایی مانند سرمازدگی، نشت یون، پراکسیداسیون لیپیدها، پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و پراکسیداز، مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میوه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد، کمترین میزان سرمازدگی، نشت یون، پراکسیداسیون لیپیدها و پراکسید هیدروژن و بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را داشتند. بطور کلی، در بین تیمارها، تیمار متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و ترکیب توأم با سالیسیلیک اسید ۱ mM بیشترین تأثیر را در کاهش ویژگی‌های نامطلوب و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی طی انبارمانی داشتند.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، متیل جاسمونات، هلو

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۳۴۳۳۲۲۰۴۲، پست الکترونیکی: zpakkish@gmail.com

### مقدمه

ژنتیکی به منظور افزایش عمر انبار مانی میوه (۴۰) و تیمار های شیمیایی مختلف (۴). ولی از آنجایی که این میوه بسیار مورد پسند است و ارزش تغذیه ای بالایی دارد، بنابراین تحقیق در این زمینه همچنان ادامه دارد.

غشای سلولی اولین دریافت کننده سرما در سلول زنده و اولین محل برای ایجاد آسیب سرمازدگی می باشد. غشاهای سلولی بر اثر آسیب سرمازدگی از حالت مایع کریستالی انعطاف پذیر به ساختار ژلی جامد تغییر می یابند (۵۰). اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات به عنوان هورمون‌های گیاهی نقش بسیار مهمی در رشد و نمو گیاهان و پاسخ به تنش های محیطی بازی می کنند (۱۱ و ۶۳). اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات از طریق سازوکارهای مختلفی مانند افزایش بیان ژن آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند پراکسیداز،

میوه ها بعد از برداشت، با وجود عدم تأمین منابع کربوهیدرات، مواد غذایی و آب توسط گیاه، به فعالیت متابولیکی ادامه می‌دهند. از این رو، دوره پس از برداشت شامل مدیریت مناسب تنش است که سرعت متابولیک یا افزایش فرایندهای متابولیکی مضر را به حداقل می‌رساند (۳،۲). هلو میوه بسیار ظریف و حساسی است و فقط می‌توان آن را برای مدت کوتاهی نگهداری کرد (۱). میوه هلو را می‌توان در دمای ۰-۴ °C و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت ۴ هفته نگهداری کرد (۲۳ و ۲۵). بنابراین تا کنون راهکارهای زیادی برای افزایش عمر انبار مانی این میوه استفاده شده است، از جمله انبار با اتمسفر کنترل شده (۳۴، ۳۷ و ۷۵)، تیمار دمایی (۲۱، ۲۴ و ۵۲)، استفاده از ارقامی با انبار مانی بالا (۵۰)، تیمار های گرمایی (۳۵)، تغییرات

ارزیابی میزان سرمازدگی میوه‌ها هر ۵ روز یکبار به مدت ۲۵ روز نگهداری در دمای منفی یک درجه سانتیگراد انجام شد. وجود لکه‌های قهوه‌ای رنگ به همراه فرورفتگی‌های سطح میوه به عنوان علائم سرمازدگی در نظر گرفته شد. خسارت سرمازدگی بدین صورت محاسبه گردید (۵۴).

۱۰۰-۱۰۰×(تعداد کل میوه / تعداد میوه آسیب دیده - تعداد کل میوه) = خسارت سرمازدگی

برای اندازه‌گیری نشت یونی از روش رودو و همکاران (۱۹۹۵) استفاده گردید (۵۵)، برای سنجش مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، غلظت مالون د آلدئید حاصل از این واکنش به روش یازرسی و همکاران (۲۰۰۷) محاسبه شد (۷۳).

برای سنجش پراکسید هیدروژن از روش ولیکووا و همکاران استفاده شد. برای این منظور، ۰/۱ گرم از بافت گیاهی را با ۳ میلی‌لیتر تری کلور استیک اسید (۰/۱ درصد یعنی ۰/۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) در حمام یخ مخلوط، سپس در ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ کرده و بعد ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل با ۰/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی مولار با pH=7 و ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم (KI) یک مولار مخلوط و بعد هر نمونه در طول موج ۳۹۰ نانومتر خوانده شد (۶۷).

فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز بر اساس روش کوچبا و همکاران (۴۶) انجام شد. پس از آماده سازی عصاره پروتئینی (با استفاده از روش بردفورد)، برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز به معرف‌های زیر نیاز است: ۲ میلی‌لیتر بافر تریس ۱۰۰ میلی‌مولار (PH=7/5)، ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار، ۲۰۰ میکرولیتر پیروگال ۱۰ میلی‌مولار که همگی آنها را در حمام یخ با هم مخلوط کرده و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه نموده و منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و کاتالاز بر اساس روش بیر و سیزر انجام شد (۱۴). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، مواد زیر با هم مخلوط شدند: ۲۰۰

کاتالاز و گلوکاتایون ردوکناز در گوجه فرنگی (۲۶)، ذرت (۱۴)، موز (۴۷)، فلفل (۳۶)، انار (۵۸)، هلو (۷۰)، کدو خورشی (۶۸) و افزایش بیان پروتئین‌های شوک حرارتی (۳۸ و ۱۹) مقاومت فرآورده‌های باغبانی را به سرمازدگی افزایش می‌دهند. بنابراین، گزارش‌های محدودی در ارتباط با تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها، روی عمر انبارمانی میوه هلو وجود دارد. از این رو، هدف از این پژوهش، بررسی تیمار بعد از برداشت میوه هلو رقم آلبرتا با متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل آنها بر کاهش اثرات نامطلوب تغییرات بیوشیمیایی مانند سرمازدگی، پراکسیداسیون، لیپیدها، پراکسید هیدروژن، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و بالابردن کیفیت آن طی انبارمانی بوده است.

## مواد و روشها

به منظور اعمال تیمار پس از برداشت، میوه‌های هم‌شکل و هم‌اندازه و بدون صدمه مکانیکی و آلودگی به آفات و بیماری‌ها در مرحله بلوغ تجاری برداشت شدند. پژوهش به صورت آزمایش کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. میوه‌ها، در محلول‌های حاوی تیمارهای متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و ۲۰۰ ppm، سالیسیلیک اسید ۱ mM و ۲ mM و متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm به همراه سالیسیلیک اسید ۱ mM، متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm به همراه سالیسیلیک اسید ۲ mM، متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm به همراه سالیسیلیک اسید ۱ mM، متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm به همراه سالیسیلیک اسید ۲ mM و شاهد در آب مقطر، به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند (۴۴). سپس میوه‌های تیمار شده، در سبد‌هایی قرار گرفته تا کاملاً خشک شدند و در نهایت به انبار با دمای منفی یک درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی  $90 \pm 5$  درصد به مدت ۲۵ روز انبارمانی شدند و خصوصیات مانند سرمازدگی، نشت یون، پراکسیداسیون لیپیدها، پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز اندازه‌گیری شد.

نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم شد.

## نتایج

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار پس از برداشت میوه هلو با متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید، درصد خسارت سرمازدگی و میزان نشت یون را در دمای پایین انبارمانی کاهش داد. به طوری که طی ۲۵ روز انبارمانی میوه هلوئی آلبرتا، بیشترین میزان میوه‌های سرمازده و نشت یون، مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان را تیمار متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار داشتند (جدول های ۱ و ۲).

میلی گرم نمونه تازه، ۵ میلی لیتر بافر NaOH، (pH=8)، ۰/۵ میلی مولار EDTA، ۲ درصد PVP(V/W)، ۰/۵ درصد تریتون X-100. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۲۲۰۰۰ سانتریفیوژ کرده و بعد ۱/۵ میلی لیتر از محلول رویی برای سنجش آنزیم استفاده و با مواد زیر مخلوط می شود: ۱۰۰۰ میلی لیتر بافر KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ۱۰۰ میلی مول با pH=۷، ۴۰۰ میلی لیتر آب اکسیژنه ۲۰۰ میلی مول، و بعد در طول موج ۴۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد (۱۴ و ۴۶).

**تجزیه و تحلیل آماری:** آنالیز آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و

جدول ۱- اثر تیمار پس از برداشت متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی خسارت سرمازدگی (درصد) میوه هلوئی "آلبرتا" طی انبارمانی

تیمار	زمان (روز)				
	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵
۱	۸۱/۱۱±۰/۰۸a	۴۳/۲۵±۰/۵۳a	۳۰/۳۸±۰/۰۴a	۱۸/۳۶±۰/۰۶a	۳/۵۴±۰/۱۱a
۲	۵۳/۸۹±۰/۳۴b	۳۵/۸۶±۰/۶۲b	۲۶/۵۰±۰/۱۱b	۱۴/۵۰±۰/۰۶b	۰/۳۳±۰/۳۳b
۳	۳۴/۴۹±۰/۱۲d	۲۶/۶۶±۰/۰۸d	۱۹/۹۶±۰/۲۶d	۱۱/۴۶±۰/۱۳d	۰/۰۰±۰/۰۰b
۴	۵۰/۰۳±۰/۱۰c	۳۴/۴۴±۰/۲۸c	۲۵/۳۳±۰/۰۶c	۱۳/۳۵±۰/۰۵c	۰/۶۷±۰/۳۳b
۵	۳۲/۶۴±۰/۵۸e	۲۶/۳۰±۰/۰۹d	۱۸/۴۹±۰/۱۳e	۱۰/۳۳±۰/۰۴e	۰/۰۰±۰/۰۰b
۶	۳۲/۸۵±۰/۲۹e	۲۵/۶۵±۰/۳۱de	۱۸/۳۳±۰/۱۷e	۱۱/۲۲±۰/۰۲d	۰/۳۳±۰/۳۳b
۷	۳۳/۳۱±۰/۰۴de	۲۵/۱۱±۰/۰۴e	۱۸/۳۶±۰/۰۴e	۱۱/۴۶±۰/۱۳d	۰/۳۳±۰/۳۳b
۸	۲۶/۵۸±۰/۷۸g	۱۸/۴۷±۰/۱۵f	۱۵/۳۴±۰/۰۴g	۹/۱۷±۰/۰۴f	۰/۳۳±۰/۳۳b
۹	۲۸/۷۴±۰/۷۲f	۱۹/۳۳±۰/۵۰f	۱۶/۶۴±۰/۳۳f	۱۰/۳۴±۰/۰۴e	۰/۳۳±۰/۳۳b

\* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد ± خطای استاندارد. ۱: شاهد، ۲: سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۳: سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۴: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm، ۵: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm، ۶: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۷: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۸: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۹: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM.

جدول ۲- اثر تیمار پس از برداشت متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی نشت یون (درصد) میوه هلوئی "آلبرتا" طی انبارمانی

تیمار	زمان (روز)				
	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵
۱	۸۴/۲۱±۰/۶۶a	۴۷/۲۷±۰/۵۰a	۳۴/۱۸±۰/۱۴a	۲۲/۵۶±۰/۳۳a	۷/۳۴±۰/۲۱a
۲	۵۸/۹۹±۰/۰۱b	۳۹/۸۸±۰/۵۲b	۳۰/۳۰±۰/۰۱b	۱۸/۷۰±۰/۱۶b	۴/۳۳±۰/۱۳b
۳	۲۸/۵۸±۰/۳۳d	۳۰/۶۸±۰/۳۳d	۲۳/۷۶±۰/۰۶d	۱۵/۶۶±۰/۱۰d	۴/۰۰±۰/۱۰۰b
۴	۵۵/۱۲±۰/۱۱c	۳۸/۴۶±۰/۲۱c	۲۹/۱۳±۰/۲۶c	۱۸/۵۵±۰/۶۶c	۴/۶۷±۰/۳۰b
۵	۳۶/۷۲±۰/۲۱e	۳۰/۳۲±۰/۱۲d	۲۲/۲۹±۰/۳۳e	۱۴/۵۳±۰/۰۰e	۴/۰۰±۰/۱۰b

۳۶/۹۷±۰/۳۵e	۲۹/۶۷±۰/۳۰de	۲۲/۱۳±۰/۱۱e	۱۵/۴۲±۰/۰۰d	۴/۳۳±۰/۰۰b	۶
۳۷/۴۰±۰/۰۲de	۲۹/۱۳±۰/۲۰e	۲۲/۱۶±۰/۲۴e	۱۵/۶۶±۰/۱۳d	۴/۳۳±۰/۱۳b	۷
۳۰/۴۵±۰/۳۸g	۲۲/۴۹±۰/۱۱f	۱۹/۱۴±۰/۱۱g	۱۳/۲۷±۰/۱۴f	۴/۳۳±۰/۲۱b	۸
۳۲/۸۵±۰/۲۴f	۲۳/۳۵±۰/۶۶f	۲۰/۴۴±۰/۳۳f	۱۴/۵۴±۰/۲۴e	۴/۳۳±۰/۲۰b	۹

\* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. اعداد  $\pm$  خطای استاندارد. ۱: شاهد، ۲: سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۳: سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۴: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm، ۵: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm، ۶: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۷: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۸: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۹: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و پراکسید هیدروژن میوه های تیمار شده و تیمار نشده در طول مدت انبارمانی افزایش یافت. نتایج نشان داد، بین تیمار متیل جاسمونات، سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به طوری که بین تیمارهای مورد بررسی، بیشترین میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و پراکسید هیدروژن، مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و ترکیب توام با سالیسیلیک اسید ۱ mM بوده است (جدول های ۳ و ۴).

جدول ۳- اثر تیمار پس از برداشت متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (mM/gFW) میوه هلو "آلبرتا" طی انبارمانی

تیمار	زمان (روز)					
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
۱	۱۳/۱۹±۰/۰۵ab	۱۶/۹۱±۰/۰۷a	۲۰/۰۷±۰/۱۲a	۲۳/۲۱±۰/۲۳a	۲۹/۸۵±۰/۱۳a	۳۹/۹۱±۰/۲۴a
۲	۱۳/۰۹±۰/۰۳ab	۱۵/۶۲±۰/۰۶b	۱۷/۴۳±۰/۰۴b	۲۰/۲۸±۰/۰۲b	۲۴/۷۵±۰/۱۴b	۲۹/۱۴±۰/۰۸b
۳	۱۲/۵۵±۰/۱۷c	۱۴/۷۱±۰/۱۶d	۱۶/۰۴±۰/۰۳c	۱۸/۴۶±۰/۰۴c	۲۲/۲۱±۰/۱۲c	۲۵/۲۵±۰/۰۹d
۴	۱۳/۱۵±۰/۰۳ab	۱۵/۱۱±۰/۰۴c	۱۷/۲۶±۰/۰۶b	۲۰/۳۳±۰/۰۲b	۲۴/۱۰±۰/۰۵b	۲۸/۲۷±۰/۰۹c
۵	۱۳/۰۸±۰/۱۱ab	۱۴/۴۹±۰/۱۱d	۱۵/۸۴±۰/۱۴c	۱۸/۳۷±۰/۰۶c	۲۱/۴۶±۰/۲۸d	۲۵/۱۸±۰/۰۵d
۶	۱۲/۹۲±۰/۰۶b	۱۴/۱۰±۰/۰۴e	۱۵/۲۲±۰/۰۵d	۱۶/۴۳±۰/۰۵d	۲۱/۳۱±۰/۰۸d	۲۳/۲۲±۰/۱۳e
۷	۱۳/۱۶±۰/۰۳ab	۱۴/۱۹±۰/۰۶e	۱۵/۱۸±۰/۰۴d	۱۶/۳۴±۰/۰۴d	۲۱/۵۱±۰/۲۹dc	۲۳/۰۹±۰/۰۳e
۸	۱۳/۲۹±۰/۰۷a	۱۳/۵۹±۰/۱۶f	۱۴/۳۳±۰/۰۹e	۱۵/۴۶±۰/۲۱e	۱۷/۰۷±۰/۰۷e	۲۱/۰۸±۰/۰۳g
۹	۱۳/۳۵±۰/۰۸a	۱۴/۰۸±۰/۰۷e	۱۴/۵۳±۰/۰۲e	۱۶/۰۷±۰/۰۲d	۱۷/۴۳±۰/۰۸e	۲۲/۱۸±۰/۰۸f

\* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. اعداد  $\pm$  خطای استاندارد. ۱: شاهد، ۲: سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۳: سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۴: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm، ۵: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm، ۶: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۷: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۸: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۹: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM.

جدول ۴- اثر تیمار پس از برداشت متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان پراکسید هیدروژن (mg/gFW) میوه هلو "آلبرتا" طی انبارمانی

تیمار	زمان (روز)					
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
۱	۱۱/۲۴±۰/۰۵b	۱۵/۱۵±۰/۳۹a	۱۹/۳۴±۰/۲۰a	۲۴/۳۶±۰/۰۲a	۳۰/۹۲±۰/۳۶a	۳۸/۱۳±۰/۳۷a
۲	۱۱/۳۶±۰/۰۵ab	۱۲/۴۲±۰/۰۱b	۱۴/۴۸±۰/۰۵b	۱۸/۵۴±۰/۰۴b	۲۳/۵۳±۰/۰۴b	۲۷/۰۱±۰/۰۵b
۳	۱۱/۳۳±۰/۰۶ab	۱۲/۰۱±۰/۰۶cbd	۱۳/۴۴±۰/۰۳cd	۱۵/۶۳±۰/۰۹d	۱۸/۶۷±۰/۰۲d	۲۱/۹۵±۰/۰۴d
۴	۱۱/۵۰±۰/۱۱a	۱۲/۳۶±۰/۰۳cb	۱۴/۰۴±۰/۳۹cb	۱۸/۳۳±۰/۰۶c	۲۲/۹۷±۰/۳۵c	۲۶/۳۹±۰/۰۶c

۲۱/۱۶±۰/۱۳e	۱۸/۵۰±۰/۰۳d	۱۵/۲۸±۰/۰۱e	۱۳/۶۹±۰/۰۴cd	۱۱/۷۶±۰/۰۲de	۱۱/۳۴±۰/۰۴ab	۵
۲۱/۶۴±۰/۰۷de	۱۸/۴۷±۰/۰۱۳d	۱۵/۲۶±۰/۰۳e	۱۳/۲۵±۰/۰۳d	۱۱/۷۲±۰/۰۱۲de	۱۱/۳۰±۰/۰۲b	۶
۲۲/۰۴±۰/۰۶d	۱۸/۳۵±۰/۰۵d	۱۵/۳۹±۰/۰۱e	۱۳/۳۵±۰/۰۲d	۱۱/۷۳±۰/۰۵ed	۱۱/۳۵±۰/۰۴ab	۷
۱۷/۹۳±۰/۰۳g	۱۵/۲۶±۰/۰۸f	۱۳/۳۱±۰/۰۶g	۱۲/۲۲±۰/۰۴e	۱۱/۴۰±۰/۰۲e	۱۱/۳۹±۰/۰۳ab	۸
۲۰/۵۵±۰/۰۲۹f	۱۶/۳۶±۰/۰۵e	۱۴/۵۰±۰/۰۸f	۱۳/۲۲±۰/۰۳d	۱۱/۹۵±۰/۰۴cd	۱۱/۳۱±۰/۰۳b	۹

\* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. اعداد  $\pm$  خطای استاندارد. ۱: شاهد، ۲: سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۳: سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۴: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm، ۵: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm، ۶: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۷: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۸: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۹: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز، مربوط به متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و ترکیب توام با سالیسیلیک اسید ۱ mM و کمترین میزان مربوط به شاهد بوده است و بین سایر تیمارها نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵ - اثر تیمار پس از برداشت متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (Unit/mg protein) میوه هلو "آلبرتا" طی انبارمانی

تیمار	زمان (روز)					
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
۱	۲۵/۲۶±۰/۰۹a	۲۵/۴۵±۰/۰۹e	۲۵/۴۷±۰/۰۳f	۲۵/۸۰±۰/۰۴f	۲۶/۱۹±۰/۰۶e	۲۶/۲۹±۰/۰۷e
۲	۲۵/۲۶±۰/۰۳a	۲۶/۱۰±۰/۰۴d	۲۷/۳۰±۰/۰۲e	۲۸/۲۷±۰/۰۶e	۲۹/۶۵±۰/۰۱d	۳۱/۳۱±۰/۰۵d
۳	۲۵/۲۶±۰/۰۲a	۲۷/۳۴±۰/۰۳b	۲۸/۵۴±۰/۰۴c	۲۹/۶۱±۰/۰۶c	۳۱/۳۵±۰/۰۱۳c	۳۴/۱۹±۰/۰۱c
۴	۲۵/۲۷±۰/۰۳a	26.26±۰/۰۸c	۲۷/۳۷±۰/۰۳e	۲۸/۴۴±۰/۰۳ed	۲۹/۶۷±۰/۰۱۵d	۳۱/۵۹±۰/۰۲۶d
۵	۲۵/۲۷±۰/۰۱a	۲۷/۴۴±۰/۰۲b	۲۸/۷۵±۰/۰۳b	۲۹/۸۱±۰/۰۵b	۳۱/۴۱±۰/۰۹c	۳۴/۴۰±۰/۰۸c
۶	۲۵/۲۴±۰/۰۴a	۲۷/۳۳±۰/۰۱b	۲۸/۳۶±۰/۰۸d	۲۸/۴۲±۰/۰۹ed	۳۱/۳۰±۰/۰۶c	۳۴/۲۴±۰/۰۲c
۷	۲۵/۳۱±۰/۰۵a	۲۷/۳۱±۰/۰۴b	۲۸/۳۴±۰/۰۴d	۲۸/۶۰±۰/۰۵d	۳۱/۳۳±۰/۰۳c	۳۴/۲۸±۰/۰۰c
۸	۲۵/۲۶±۰/۰۰a	۲۸/۲۹±۰/۰۷a	۳۰/۱۹±۰/۰۴a	۳۲/۰۳±۰/۰۶a	۳۴/۴۳±۰/۰۴a	۳۷/۹۳±۰/۰۲۳a
۹	۲۵/۲۲±۰/۰۱a	۲۷/۴۴±۰/۰۲b	۲۸/۷۹±۰/۰۵b	۲۹/۷۷±۰/۰۷cb	۳۲/۱۶±۰/۰۳b	۳۵/۰۸±۰/۰۹b

\* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. اعداد  $\pm$  خطای استاندارد. ۱: شاهد، ۲: سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۳: سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۴: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm، ۵: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm، ۶: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۷: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۸: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۹: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM.

جدول ۶ - اثر تیمار پس از برداشت متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید روی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (Unit/mg protein) میوه هلو "آلبرتا" طی انبارمانی

تیمار	زمان (روز)					
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
۱	۲۷/۶۴±۰/۰۲۳b	۲۷/۴۰±۰/۰۷f	۲۷/۶۰±۰/۰۵g	۲۷/۸۳±۰/۰۴f	۲۸/۰۳±۰/۰۲f	۲۸/۲۷±۰/۰۴e
۲	۲۷/۴۱±۰/۰۲b	۲۸/۵۳±۰/۰۵e	۲۹/۰۶±۰/۰۲f	۳۱/۲۰±۰/۰۲e	۳۳/۲۴±۰/۰۳e	۳۵/۱۵±۰/۰۳d

۳۸/۵۶±۰/۱۴c	۳۶/۴۹±۰/۰۱c	۳۳/۱۸±۰/۰۵d	۳۱/۴۵±۰/۰۴dc	۳۰/۲۶±۰/۰۳c	۲۷/۵۳±۰/۱۹b	۳
۳۵/۱۶±۰/۰۳d	۳۳/۴۰±۰/۰۷e	۳۱/۲۹±۰/۰۹e	۲۹/۲۴±۰/۰۷e	۲۸/۹۴±۰/۱۳d	۲۸/۱۸±۰/۰۶a	۴
۳۸/۷۸±۰/۰۷c	۳۶/۵۳±۰/۱۳c	۳۳/۳۴±۰/۰۸dc	۳۱/۶۵±۰/۰۵b	۳۰/۳۴±۰/۰۵c	۲۷/۴۷±۰/۰۲b	۵
۳۸/۵۵±۰/۰۴c	۳۶/۵۴±۰/۱۱c	۳۳/۴۴±۰/۰۴c	۳۱/۵۳±۰/۰۳bc	۳۰/۲۹±۰/۰۳c	۲۷/۴۴±۰/۰۷b	۶
۳۸/۵۲±۰/۱۲c	۳۶/۲۷±۰/۰۴d	۳۳/۴۵±۰/۰۹c	۳۱/۵۰±۰/۰۱bc	۳۰/۲۵±۰/۰۸c	۲۷/۶۶±۰/۱۹b	۷
۴۱/۵۳±۰/۱۳a	۳۹/۱۲±۰/۰۳a	۳۷/۰۱±۰/۰۶a	۳۴/۰۲±۰/۱۱a	۳۱/۳۲±۰/۰۸a	۲۷/۴۳±۰/۰۶b	۸
۳۹/۱۰±۰/۰۴b	۳۷/۰۰±۰/۰۲b	۳۴/۱۵±۰/۰۲b	۳۱/۳۲±۰/۰۴b	۳۰/۷۷±۰/۰۸b	۲۷/۲۴±۰/۰۷b	۹

\*: میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. اعداد  $\pm$  خطای استاندارد. ۱: شاهد، ۲: سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۳: سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۴: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm، ۵: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm، ۶: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۷: متیل جاسمونات ۱۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM، ۸: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۱ mM، ۹: متیل جاسمونات ۲۰۰ ppm و سالیسیلیک اسید ۲ mM.

## بحث

گوجه‌فرنگی (۲۲)، گریپ‌فروت (۲۷)، فلفل (۳۶)، ذرت (۴۱)، خیار (۴۲)، موز (۴۷)، آلو (۴۴ و ۴۹)، انار (۵۹)، کدو خورشیدی (۶۸)، گیلاس (۷۱ و ۷۲) و هلو (۷۲) مطابقت دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد، کاربرد تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری نشت یون، پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و پروکسید هیدروژن را نسبت به شاهد کاهش دادند. گیاهان در برابر تنش‌های محیطی تولید گونه‌های فعال اکسیژن از جمله رادیکال‌های سوپراکسید، پروکسید هیدروژن و ... می‌کنند. این گونه‌های فعال اکسیژن توانایی از بین بردن تقریباً همه ترکیبات سلول از جمله لیپیدهای غشاء و پروتئین‌ها را دارند و غشا سلول و متعاقباً نشت یون را ایجاد می‌نمایند (۴۵). در اثر تنش سرما تغییر فیزیکی در غشاء حاصل شد و غشاء از حالت قابل انعطاف (مایع- کریستال) به یک ساختار (ژل - جامد) تبدیل گردید و چربی‌های غشاء در یک دمای بحرانی سخت می‌شوند و این تغییر حالت موجب ایجاد شکاف و کانال‌هایی در غشا سلول می‌گردد (۵۸ و ۶۱). افزایش در علائم سرمازدگی سبب تنش اکسیداتیو و گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌شوند (۱۸)، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۳). افزایش در سطح پراکسید هیدروژن درونی و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ممکن است تا حدی مسئول آغاز پراکسیداسیون لیپیدها باشد، زیرا

براساس نتایج حاصل از این تحقیق، تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید، به طور چشمگیری میزان سرمازدگی میوه را طی انبار مانی کاهش دادند. متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید باعث افزایش استحکام و تغییر در نفوذپذیری غشا و انتقال فعال مواد از طریق آن می‌گردد و در پی آن کاهش صدمه سرمازدگی را به دنبال دارد. میوه‌های تیمار شده با متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید مواد آنتی‌اکسیدانی بیشتری ایجاد کرده که جلوی اثرات منفی رادیکال‌های آزاد را می‌گیرند و بدین ترتیب پایداری غشا حفظ می‌گردد (۳۲، ۴۱، ۴۲ و ۶۶). در واقع علت اصلی سرمازدگی آسیب به غشا یاخته‌های گیاهی است و تغییر حالت فیزیکی غشاها منجر به بروز فرایندهای فیزیولوژیکی می‌شود (۳۶ و ۵۸). مطالعات متعددی نقش متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید را به عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در پاسخ‌های گیاهی به تنش‌های متعدد زیستی و غیر زیستی را تأکید کرده است (۲۸ و ۵۱). پژوهش‌های پیشین نشان داده است، افزودن سالیسیلیک اسید به محلول رشد آبکشت نهال‌های ذرت، با تحریک تولید عوامل آنتی‌اکسیدان، باعث افزایش تحمل به سرما گردید (۴۱). بنابراین، طبق نتایج حاصل از این تحقیق، تیمارهای سالیسیلیک اسید و متیل جاسمونات، باعث کاهش خسارت سرمازدگی میوه‌ها طی انبار مانی شدند، که نتایج انجام شده روی توت‌فرنگی (۱۲)، ازگیل (۱۸)،

تنش شوری در این پژوهش عمل کرده است. زیرا سالیسیلیک اسید، باعث فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیداتیو گیاه شده است. این مسئله باعث تقویت دیواره سلولی و خنثی کردن خطر افزایش مقدار گونه‌های فعال اکسیژن، در مدت زمانی که گیاه در معرض تنش بوده، شد. در نتیجه مانع از آسیب به ساختمان غشای سلولی و تغییر در نفوذ پذیری آن، در شرایط تنش شده است (۷). این آزمایش‌ها در گیاه کنجد هندی (۶) و خرفه (۷۳) نیز انجام و نتایج مشابهی داشته‌اند. علاوه بر این، متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید، به عنوان جارو کننده رادیکال‌های آزاد در کاهش تنش یون و پراکسیداسیون لیپیدها نقش دارند (۲۹، ۲۶ و ۴۳). کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدها و تنش یون با کاربرد متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید در گیاهان تحت تنشی مانند ذرت (۱۷ و ۳۰)، جو (۷۱)، دو گونه چغندر (۶۴)، هلو (۲۸) و انگور (۷۰) شده است. بنابراین، نتایج حاصل از این تحقیق مبنی بر اثر متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید بر کاهش تنش یون، پراکسیداسیون لیپیدها و پراکسیدهدروژن میوه هلو طی انبارمانی در دمای پایین توسط این یافته‌های علمی تأیید می‌گردد.

طبق این نتایج، میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز با تیمار متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. آنزیم پراکسیداز به عنوان یک آنتی‌اکسیدان نقش مهمی در سیستم دفاعی گیاه به عهده دارد و در کیفیت نهایی میوه‌ها مؤثر می‌باشد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پراکسیدازها سبب تجزیه آب اکسیژنه می‌شوند (۱۳) و در حضور ترکیبات فنلی و اسید آسکوربیک احیا، می‌توانند به عنوان از بین برنده مؤثر عمل کنند (۷۴ و ۷۵). با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز میوه‌های تیمار شده و تیمار نشده در طول مدت انبارمانی افزایش یافت. کاتالاز از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌باشد که سبب تجزیه آب اکسیژنه می‌شود. آب اکسیژنه یک مولکول سمی است که می‌تواند سبب اکسید و احیا مواد

پروکسید هیدروژن یک اکسیدانت قوی است که باعث ایجاد پراکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌گردد (۵۶). همچنین مشخص شده که افزایش در میزان پروکسید هیدروژن با افزایش پروکسیداسیون لیپیدها و تنش یون در سلول زنده همراه می‌باشد (۶۵). پروکسیداسیون لیپیدها با حمله رادیکال‌های فعال اکسیژن آغاز می‌شوند، آنتی‌اکسیدان‌ها نیز نقش قابل توجهی در نگهداری میوه‌ها در طول انبارمانی به عهده دارند (۱۰). سالیسیلات‌ها عمر گلجایی را بوسیله افزایش فعالیت مهارکننده‌های گونه‌های فعال اکسیژن در گل بریده گلابول، افزایش دادند (۳۱، ۱۶ و ۴۷). تحت شرایط بهینه گونه‌های اکسیژن فعال مانند رادیکال‌های سوپراکسید، پروکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل به عنوان محصولات حاصل از متابولیسم نرمال در قسمت‌های مختلف سلول تولید می‌شوند (۵۴ و ۹). بررسی‌ها نشان داد، تنش سرما سبب تحریک تولید پروکسید هیدروژن و دیگر گونه‌های فعال اکسیژن در ساختارهای سلولی می‌شود، در نتیجه باعث پراکسیداسیون لیپیدها و دیگر خسارت‌های اکسیداتیو در سلول شده و در نهایت منجر به کاهش استحکام سلولی و افزایش تنش یون می‌گردد (۴۵، ۲۰ و ۵۶). افزایش در میزان پراکسیدهدروژن با افزایش پراکسیداسیون لیپیدها در برگ برنج تحت تنش‌های مختلف همراه است (۱۶ و ۶۵). متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید به عنوان نابودکننده رادیکال‌های آزاد در سلول‌های زنده می‌شوند (۱۹، ۱۲ و ۶۹). کاهش خسارت غشا در اثر کاربرد متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید، به عنوان راهی برای افزایش مقاومت به انواع تنش در گیاهان شناخته شده است و به طور معنی‌داری، تنش یونی و تجمع یون‌های سمی را در گیاهان کاهش می‌دهد، همچنین سبب افزایش حفظ غشای سلول می‌شوند (۵۳، ۵۶ و ۵۹). این نتایج، یافته‌های حاصل از این تحقیق را تأیید می‌کند. در گیاه گندم تحت تنش شوری و تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان پروکسیداسیون لیپیدها کاهش یافت که نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید به عنوان عامل افزایش مقاومت گیاه به

افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپر اکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و گلوکاتایون رداکتاز شد. بنابراین از بررسی این نتایج می‌توان به نقش سالیسیلیک اسید و متیل‌جاسمونات در کاهش تنش سرما در اثر افزایش سنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند پراکسیداز و کاتالاز پی‌برد و با یافته‌های علمی مانند گوجه‌فرنگی (۲۲)، گریپ‌فروت (۲۷)، فلفل (۳۶)، ذرت (۴۱)، آلو (۴۹)، کدو خورشیدی (۶۸) و هلو (۷۲) مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد، اسید سالیسیلیک و متیل‌جاسمونات می‌توانند به عنوان یک راهکار عملی پس از برداشت و توانمند برای کاهش آسیب سرمازدگی در میوه هلو مورد استفاده قرار گیرند. تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک و متیل‌جاسمونات در کاهش آسیب سرمازدگی و نشت یون در هلو می‌تواند به افزایش انسجام غشای سلولی، کاهش تجمع پراکسید هیدروژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر کاتالاز و پراکسیداز باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، کاربرد متیل‌جاسمونات و سالیسیلیک اسید به صورت تجاری به جهت افزایش عمر انبارمانی و در نهایت افزایش سود اقتصادی در بسیاری از محصولات باغبانی، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

آلی در سلول شود. کاتالاز این سمیت را توسط تجزیه آب اکسیژنه به آب و اکسیژن مولکولی از بین می‌برد (۱۵). همچنین کاتالاز، نقش مهمی در تنش‌های اکسیداتیو و افزایش مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در سلول ایفا می‌کند و سبب کاهش خطر رادیکال‌های آزاد می‌شود، همچنین در همه ارگانیسم‌های هوازی و غیر هوازی فعال وجود دارد. تحت شرایط محیطی نرمال، آنتی‌اکسیدان‌ها در برابر اثرات مخرب گونه‌های اکسیژن‌فعال به عنوان محافظ عمل می‌کنند (۸). پژوهش‌ها نشان داده‌اند، کاتالاز به عنوان ماده بیولوژیکی مهم، عملکرد اصلی آن شرکت در فرایند متابولیسم اکسیژن‌فعال و نقش قابل توجهی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و پروکسید هیدروژن و جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل دارد (۶۲). مطالعات گسترده‌ای نشان می‌دهد که تیمار بعد از برداشت و قبل از انبارمانی محصولات، سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و کاهش نابسامانی‌های انباری می‌شود. در پژوهشی استفاده از تیمارهای آب گرم بر روی ماندارین، سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه‌ها به همراه کاهش آسیب سرمازدگی شد (۵۷). بنابراین آنزیم کاتالاز نقش مهمی را در به تأخیر انداختن پیری در طول مدت انبارمانی ایفا می‌کند. سالیسیلیک اسید فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، گلوکاتایون رداکتاز و گایاکل پراکسیداز را تغییر و موجب کاهش نشت یونی گردید (۴۸ و ۶۰). پیش تیمار گیاه جو با سالیسیلیک اسید باعث کاهش استرس اکسیداتیو می‌شود، از طریق

### منابع

- ۱- آبرومند ع، ۱۳۸۴. کاربرد سردخانه و انبار در نگهداری مواد غذایی. تهران نشر. ۲۶۷ صفحه.
- ۲- جلیلی مرنندی ر، ۱۳۸۳. میوه کاری. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۲۵۱ص.
- ۳- راحمی م و توللی و. ۱۳۹۰. دانشنامه مختصر درختان میوه معتدله (ترجمه). انتشارات آوند اندیشه. ۴۰۸ص.
- 4- Abbasi NA, Hafeez S and Tareen MJ, 2010. Salicylic acid prolongs shelf life and improves quality of "Mari Delicia" peach fruit. Acta Hort, 880: 191-197.
- 5- Abdul- Jalil C, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Jasim H, Juburi A, Somasundaram A and Panneersel-Vam R, 2009. Drought stress in plant: A review on morphologicccal characteristics and pigments composition. J. Agr. Biol, 11: 100-105.
- 6- Agarawal S and Pandey V M, 2007. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biol. Plant, 48: 555-560.



- 7- Agarawal S, Sairam RK, Srivasta GC, and Meena RC, 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biol. Plant*, 49:541-550.
- 8- Alscher J, Donahue L, and Cramer CL, 1997. Reactive oxygen species and antioxidants, Relationship in green cells. *Plant Physiol. Plant Molecul. Biol*, 100: 22-24.
- 9- Apel K and Hirt H, 2004. Reactive oxygen species: metabolism oxidative stress and signaling transduction. *Ann. Rev. Plant Biol*, 55: 373-399.
- 10- Arora A, Sairam RK and Srivastava G C, 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Sci*, 82: 1227-1238.
- 11- Asghari M and Soleimani Aghdam M, 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends Food Sci. Technol*, 21: 502-509.
- 12- Ayala-Zavala JF, Wang SY, Wang CY, and Gonzalez-Aguilar GA, 2004. Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. *LWT*, 37: 87-695.
- 13- Bartosz G, 1997. Oxidative stress in plants. *Acta Physiol. Plantarum*, 19 :47-64.
- 14- Beers R F and Sizer IW, 1952. Colorimetric method for estimation of catalase. *J. Biol. Chem*, 195: 133-139.
- 15- Beulah B, and Ramana T, 2013. Purification, properties and kinetic studies of catalase. *Chem. Biol. Sci*, 3: 940-948.
- 16- Blokhina O, Violainen E and Fagerstedt KV, 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. *Ann. Bot*, 91: 179-194.
- 17- Bor M, Ozdemir F and Turkan I, 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. *Plant Sci*, 164 :77-84.
- 18- Cao SF and Zheng YH, 2008. Postharvest biology and handling of loquat fruit. *Stewart Postharvest Rev*, 4: 1-5.
- 19- Capitani F, Biondi S, Falasca G and Ziosi V, 2005. Methyl jasmonate disrupts shoot formation in tobacco thin cell layers by over-inducing mitotic activity and cell expansion. *Planta*, 22: 507-519.
- 20- Casano LM, Lascano HR and Trippi VS, 1994. Hydroxyl radicals and a thylakoid-bound endopeptidase are involved in light and oxygen induced proteolysis in chloroplasts. *Plant Cell Physiol*, 35: 145-152.
- 21- Chang S, Tan C, Frankel EN and Barrett DM, 2000. Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. *J. Agr. Food Chem*, 48:147-151.
- 22- Cohen Y, Gisi U and Niderman T, 1993. Local and systemic protection. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 124: 184-188.
- 23- Coles R, Mc Dowell D, Kirwant MJ and Mullan M, 2003. Food packaging technology (Modified Atmosphere Packaging), Blackwell Publishing. 368 p.
- 24- Crisosto C H, Garner D, Andris HL and Day KR, 2004. Controlled delayed cooling extends peach market life. *HortTechnol*, 14: 99-104.
- 25- Crisosto C H, Mitchell FG and Ju Z, 1999. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. *HortSci*, 34:1116-1118.
- 26- Ding CK, Wang CY, Gross K C and Smith DL, 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis related- protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta*, 214: 895-901.
- 27- Droby S, Porta R, Cohen L, Weiss B, Shapiro B, Philosoph-Hadas S and Meir S, 1999. Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 124: 184-188.
- 28- El-Tayeb MA, 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul*, 45: 215-225.
- 29- El-Tayeb MA, EL-Enany AE and Ahmed NL, 2006. Salicylic acid -induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regul*, 50 :191-199.
- 30- Eraslan F, Inal A, David J and Gunes A, 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv Matador) grown under boron toxicity and salinity. *Plant Growth Regul*, 55 :207-219.
- 31- Ezhilmathi K, Singh VP, Arora A Sairam R K, 2007. Effect of 5- sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life gladiolus cut flowers. *Plant Growth Regul*, 51:99-108.

- 32- Foyer C H, Lelandais M Kunert KJ, 1994. Photooxidative stress in plants. *Plant Physiol*, 92: 696-717.
- 33- Gapinska M., and Sklodowska M., 2008. Effect of short -and long-term salinity on the activities of antioxidative enzymes and lipid peroxidation in tomato roots. *Acta Physiol Plant*, 30 :11-18.
- 34- Garner D, Crisosto CH and Otieza E, 2001. Controlled atmosphere storage and aminoethoxyvinyl-glycine postharvest dip delay post cold storage softening of 'Snow King' peach. *HortTechnol*, 11: 598-602.
- 35- Girardi CL, Corrent A R and Lucchetta L, 2005. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripa' ) during cold storage. *Postharvest Biol Technol*, 38:25-33.
- 36- Gonzalez-Aguilar GA, Gayosso L, Cruz R, Baez R and Wang CY, 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biol Technol*, 18: 19-26.
- 37- Gorny J R, Hess-Pierce B and Kader AA, 1999. Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *J. Food Sci*, 64:429-432.
- 38- Hayat A and Ahmad T, 2007. Salicylic Acid . A plant Hormone, Salicylic acid :biosynthesis, metabolism and physiological role in plants Pp.15-23.
- 39- Heath RL and Packer L, 1969. Photoperoxidation in isolated chloroplast I . Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archi Biochem. Biophysiol*, 125:189-198.
- 40- Infante R, Meneses C and Byrne D, 2006. Present situation of peach breeding programs: post harvest and fruit quality assessment. *Acta Horticulture*, 713: 121-124.
- 41- Janda T, Szalai G, Tari I and Paldi E, 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. *Planta*, 208:175-180.
- 42- Kang HM and Saltveit ME, 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected b salicylic acid. *Physiol Plant*, 115 :571-576
- 43- Kawano T and Muto S, 2000. Mechanism of peroxide actions for salicylic acid -induced generation of active oxygen species and increase in cytosolic calcium in tobacco cell suspension. *J. Exper. Bot*, 51 :685-693.
- 44- Khademi O, Zamani Z, Mostofi Y, Kalantari S and Ahmadi A, 2012. Extending storability of persimmon fruit cv. Karaj by postharvest application of salicylic acid. *J. Agr. SciTechnol*, 14: 1067-1074
- 45- Khan MH and Panda SK, 2002. Induction of oxidative stress in roots of *Oryza sativa* L. in response to salt stress. *Biol Plant*, 45: 625-627.
- 46- Kochba J, Lavee S, and Spiegel-Roy P, 1977. Differences in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and non-embryonic "Shamouti" orange ovular callus lines. *Plant Cell Physiol*, 18: 463-497.
- 47- Kumar P, 1999. Effect of Salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Indian J. Plant physiol*, 4: 327 - 330.
- 48- Liang SJ, Wang HY, Yang EM and Wu EH, 2009. Sequential actions of pectinases and cellulases during secretory cavity formation in Citrus fruits. *Trees*, 23: 19-27.
- 49- Lu X, Sun D, Li Y, Shi W, and Sun G, 2011. Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. *Scientia Hort*, 130: 97-101.
- 50- Lurie S and Crisosto C H, 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biol Technol* 37:195-208. doi:10.1016/j.postharvbio.2005.04.012.
- 51- Malamy J, Carr JP, Klessig DF, and Raskin I, 1990. Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. *Sci*, 250:1002-1004.
- 52- Mitchell FG, 1987. Influence of cooling and temperature maintenance on the quality of California grown stone fruit. *Int. J. Refri*, 10:77-81.
- 53- Nilprapruck P, Authanitheer F, and Keebjan P, 2008. Effect of exogenous methyl-jasmonate on chilling injury and quality of pineapple. *Silpakorn University Science and Technology*, 2: 33-42.
- 54- Noctor G and Foyer CH, 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Molecul. Biol*, 49: 249-279.

- 55- Rodov V, Ben-Yehoshua S, Albagli R and Fang DQ, 1995. Reducing chilling injury and decay of stored Citrus fruit by hot water dips. *Postharvest Biol. Technol*, 5: 119-127.
- 56- Sairam RK and Srivastava GC, 2002. Changes in antioxidant activity in sub cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Sci*, 162: 897-904.
- 57- Sala JM and Lafuente MT, 2000. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling. *Postharvest Biol. Technol*, 20, 81-89.
- 58- Saltveit ME, 2000. Chilling injury is reduced in cucumber and rice seedlings and in tomato pericarp discs by heat-shocks applied after chilling. *Postharvest Biol. Technol*, 21: 169-177.
- 59- Sayari M, Babalar M, Kalantari S, Serrano S and Valero D, 2009. Effect of Salicylic acid treatment on reducing injury in stored pomegranate. *Postharvest Biol. Technol*, 53: 152-154.
- 60- Senaranta T, Teuchell D, Bumm E and Dixon K, 2002. Acetyl salicylic acid(asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul*, 30: 157-161.
- 61- Shewfelt R L and Purvis AC, 1995. Toward a comprehensive model for lipid peroxidation in plant tissue disorders. *Hort Sci*, 30: 213-218.
- 62- Spanou C I, Veskokoukis AS, Stagos D, Liadaki K, Aligiannis N, Angelis A, Skaltsounis AL, Anastasiadi M, Haroutounian SA and Kouretas D, 2011. Effects of Greek legume plant extracts on xanthine oxidase, catalase and superoxide dismutase activities. *J. Physiol. Biochem*, 68: 37-45
- 63- Suza WP, Avila C, Carruthers K, Kulkarni S, Goggin SL and Lorence A, 2010. Exploring the impact of wounding and jasmonates on ascorbate metabolism. *Plant Physiol. Biochem*, 48: 337-350.
- 64- Tari I, Csiszar J, Szalai G, Horvath F, Pecsvaradi A, Kiss G, Szepsi A, Szabo M, and Erdei L, 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Biol Szeged*, 46: 55-56
- 65- Upadhyaya H, Khani M H, and Panda SK, 2007. Hydrogen peroxidase induced oxidative stress in detached leaves of *Oryza sativa* L. *Plant Physiol*, 33: 83-95.
- 66- Valero D, Perez-Vicente A, Martinez-Romero D, Castillo S, Guillen F and Serrano M, 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatment: role of polyamines. *J. Food Sci*, 677: 2571-2575.
- 67- Velikova V, Yordanov I, and Edreva A, 2000. Oxidative stress and some antioxidant system in acid rain treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Sci*, 151: 59-66.
- 68- Wang CY and Buta JG, 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Cucurbita pepo* through its regulation of abscisic acid and polyamine levels. *Environ. Exp. Bot*, 34: 427-432.
- 69- Wang K, Jin P, Cao S, Shang H, Yang Z and Zheng Y, 2009. Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in "Chinese" bayberries. *J. Agr. Food Chem*. 57: 5809-5815.
- 70- Wang LJ, Chen SHJ, Kong WF, Li SHH and Archbold DD, 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affect the antioxidant system and shock proteins of peach during coldstorage. *Postharvest Biol. Technol*, 91: 244-251.
- 71- Xu X and Tian S, 2008. Salicylic acid alleviated pathogen- induced oxidative stress in harvested sweet cherry fruit. *Postharvest Biol. Technol*, 49: 379-385.
- 72- Yao HJ and Tian SP, 2005. Effects of a bio-control agent and methyl jasmonate on postharvest diseases of peach fruit and the possible mechanisms involved. *J. Applied Microbiol*, 98: 941-950
- 73- Yazici I, Turkan F, Sekmen AH, Demiral T, 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L). Is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environ. Exp. Bot*. 61: 49-57
- 74- Zheng Y, Funga RWM, Wang SY and Wang CY, 2008. Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to super-atmospheric oxygen. *Postharvest Biol Technol*, 47: 151-15.
- 75- Zhou HW, Lurie S, Lers A, Khatchitski A, Sonogo L and Ben Arie R, 2000a. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: Two strategies to prevent woolliness. *Postharvest Biol. Technol*, 18: 133-141.

## Effect of methyl jasmonate and salicylic acid postharvest treatments to reduce biochemical changes on peach fruit during storage

Mohamadi H., Pakkish Z. and Saffari V.R.

Horticultural Science Dept., Shahid Bahonar University, Kerman, I.R. of Iran

### Abstract

Peach has high nutritional value that can be used fresh or processed. Today, hormones and nutrients are used in order to improve shelf life of many horticultural crops in the world. This study, the effect of different levels of methyl jasmonate (0, 100 and 200 ppm) and salicylic acid (0, 1 and 2 mM), and their interactions on biochemical characteristics of "Elberta" peach to be considered during storage. Thus, experiment, in a randomized complete design with 9 treatments and 4 replications. Then, shelf life characteristics such chilling injury, electrolyte leakage, lipid peroxidation and peroxide hydrogen content, and antioxidant enzymes activities such as catalase and peroxidase were studied. Generally, the results showed that treated fruits had lowest chilling injury, electrolyte leakage, lipid peroxidation and peroxide hydrogen content and highest antioxidant enzymes activity, compared with control and between treatments, methyl jasmonate 200 ppm and combined with salicylic acid 1 mM had highest effect on shelf life peach.

**Key words:** Salicylic acid, Methyl jasmonate, Peach.