نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 3، پاییز 1396، ص. 532-517
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 517-532
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر سالیسیلیک اسید در جلوگیری از آسیب سرما در گوجه فرنگی گیلاسی

(*Lycopersicun esculentum* cv. Messina)

حنیفه سید حاجی زاده[1*] - شهلا صفخانی[2]

تاریخ دریافت: 1394/09/09
تاریخ پذیرش: 1395/12/08

چکیده

سرما یکی از عوامل محدود کننده در تولید گوجه فرنگی محسوب می‌شود. تحمل به سرما در طی انبارداری یکی از شاخصه های مهم نگهداری محصولات باغی به شمار می‌رود. در این راستا آزمایش فاکتوریل برپایه طرح کاملا تصادفی به منظور اثر تیمار سالیسیلیک اسید در دوره‌های پیش و پس از برداشت روی ماندگاری گوجه فرنگی گیلاسی در دمای پایین انجام شد. بوته‌ها یکبار در مرحله تشکیل میوه با آب مقطر و سالیسیلیک اسید 0/75 میلی‌مولار و بار دوم میوه‌های هر دو بوته در مرحله رسیده کامل با همان غلظت‌های سالیسیلیک اسید تیمار شده (آب مقطر-آب مقطر، آب مقطر-سالیسیلیک اسید، سالیسیلیک اسید- آب مقطر، سالیسیلیک اسید- سالیسیلیک اسید) و به مدت 5 هفته در دمای 1 درجه سانتی گراد نگهداری شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که اثر سالیسیلیک اسید در مرحله پیش از برداشت بر روی آسیب سرمازدگی معنی‌دار بود و میوه های شاهد و تیمار شده به ترتیب 16/66 و1/38درصد آسیب را داشتند. بیشترین میزان مواد جامد محلول کل درهفته پنجم و اسیدیته در هفته چهارم مربوط به ترکیب تیماری سالیسیلیک اسید-آب مقطر می باشد که نشان می دهد تیمار پیش از برداشت سالیسیلیک اسید ضمن افزایش خصوصیات کیفی میوه، میزان پرولین و کربوهیدرات و افزایش فعالیت گایاکول پراکسیداز موجب کاهش آسیب غشای سلول شد. بطور کلی تاثیر تیمار پیش از برداشت سالیسیلیک اسید در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری گوجه فرنگی گیلاسی محسوس تر از تیمار پس از برداشت بود ولی با این وجود میوه های شاهد بهترین طعم را نسبت به سایر تیمارها در هفته پنجم داشتند.

واژه‌های کلیدی: تنش سرما، گوجه چری، عمر انباری و کیفیت میوه

مقدمه

یکی از مشکلات اصلی محصولات گرمسیری و نیمه گرمسیری در دوره پس از برداشت حساسیت آن‌ها به دمای پایین می‌باشد که منجر به ایجاد آسیب سرمازدگی می‌شود. آسیب سرمازدگی انبارمانی این محصولات را محدود کرده و منجر به کاهش معنی‌داری در کیفیت محصول می‌گردد (47) که در درجه حرارتهای پایین اما نه درجه حرارت هایی که منجر به یخ زدگی شود و در درجه حرارت‌های 15-0 درجه سانتی گراد ایجاد می‌شود (26). غشای سلولی اولین حسگر سرما در سلول بوده و اولین مکان برای توسعه آسیب سرمازدگی می‌باشد. غشای سلولی در بافت های سرمازده تحت انتقال فاز از مایع کریستالی انعطاف پذیر به ساختار ژلی جامد قرار می‌گیرند (22). گوجه فرنگی حساسیت بالایی به سرمازدگی داشته و نگهداری آن در دمای زیر 12 درجه سانتی گراد موجب ایجاد سرمازدگی می‌شود (46). گوجه فرنگی گیاهی علفی و یکساله است که بعد از سیب زمینی مهترین گیاه خانواده Solanaceae می‌باشد و به عنوان یکی از مهمترین سبزی‌ها در رژیم غذایی مردم سراسر جهان محسوب می‌شود. متأسفانه هر سال بخش زیادی از میوه ها و سبزی‌های تولید شده به شکل ضایعات از بین می‌روند که این امر باعث کاهش دسترسی اقشار مختلف به مواد غذایی به ویژه میوه‌ها و سبزی ها می‌شود و موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (25). به دلیل فسادپذیری میوه‌ها و سبزی ها، استفاده از فناوری‌های نوین برای جلوگیری از ضایعات پس از برداشت این محصولات بسیار ضروری می‌باشد (28). امروزه برای بالا بردن میزان بهره‌وری و استفاده بهتر از منابع کار وکارگر، انرژی و سرمایه، به جای افزایش در تولید، توجه و تأکید بیشتری روی نگهداری پس از برداشت

1 و 2- دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
(*-نویسنده مسوول: (Email: hajizade@maragheh.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i3.51793

فرآورده‌های کشاورزی می‌شود (43). استفاده از مواد شیمیایی در رفع خطر سرمازدگی اثرات سوئی در تغذیه دارد، از این رواستفاده از سالیسیلیک اسید به عنوان ماده ای مفید در حال حاضر رو به رواج است (43). سالیسیلیک اسید متعلق به گروهی از تر کیبات فنلی است که به طور وسیعی در گیاهان وجود دارد و امروزه به عنوان ماده شبه هورمونی محسوب می‌گردد. این گروه از ترکیبات به عنوان تنظیم‌کننده رشد عمل می‌کنند. سالیسیلیک اسید یا اسید اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، یک تنظیم کننده ی رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد (27). سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول سیگنالی درونی نقش بسیار مهمی در رشد و نمو گیاهان و پاسخ به تنش های محیطی بازی می‌کند و علاوه بر اینکه نقش مهمی در برابر تنش‌های زنده در گیاهان ایفا می‌کند، در برطرف کردن اثر سوء تنش های غیر زنده مثل دمای پایین نیز نقش مهمی دارد و آسیب سرمازدگی را در پس از برداشت در میوه‌ها و سبزیجات با مکانیسم‌های مختلف مثل افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی آ نزیمی و غیر آنزیمی کاهش می‌دهد (43). این ماده در گوجه فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت‌های پایین و بالا شده است (31).

نتایج حاصل از تحقیقات سلیمانی اقدم و همکاران (37) نشان داد که اسید سالیسیلیک در غلظت یک میلی مولار بیشترین تاثیر را در کاهش میزان سرمازدگی، نشت یونی و میزان مالون دی آلدئید و همچنین افزایش میزان پرولین میوه ها داشته است. تیمار اسید سالیسیلیک با کاهش معنی دار فعالیت این آنزیم ها در طول دوره نگهداری در دمای سرمازدگی منجر به افزایش انسجام غشای سلولی گردید (37). تیمار با سالیسیلیک اسید در غلظت 500 میکرومولار مانع کاهش شدید گل و میوه گردید اما در غلظت های بالاتر نتوانست از این کاهش جلوگیری کند. خصوصیات کیفی میوه شامل Brix، pH و EC تحت تنش خشکی افزایش یافتند و استفاده از سالیسیلیک اسید تا غلظت 500 میکرومولار از افزایش این فاکتورها جلوگیری کرد (1). در آزمایشی اثر سالیسیلیک اسید در مراحل مختلف رشد گوجه‌فرنگی بر روی خصوصیات کمی و کیفی این گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که به‌طور کلی استفاده از سالیسیلیک اسید با غلظت 4-10 مولار در تیمار محلول‌پاشی از ابتدا تا انتهای کشت باعث افزایش سفتی و ضخامت پوست میوه می‌شود که برای کارخانجات صنایع تبدیلی و به ویژه در صنعت فرایندسازی این میوه از اهمیت زیادی برخوردار است (2). در این پژوهش سعی شد اثرسالیسیلیک اسید روی افزایش تحمل به سرمازدگی گوجه فرنگی گیلاسی ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه گروه علوم باغبانی دانشگاه مراغه در تابستان سال 1393 انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل تیمار سالیسیلیک اسید به صورت اسپری قبل از برداشت در مرحله تشکیل میوه و غوطه وری پس از برداشت و زمان نمونه برداری بود. تیمارهای قبل از برداشت در مرحله میوه بندی در دو سطح شاهد (آب مقطر) و اسیدسالیسیلیک 0/75 میلی مولار به صورت اسپری انجام شد. بعد از برداشت محصول جهت انجام تیمارهای پس از برداشت از میوه های قرمز رسیده از هر دو بوته که پیش از برداشت مورد تیمار قرار گرفته بودند، استفاده شد و سپس تیمارها در دو سطح شاهد و غوطه وری در 0/75 میلی مولار اسید سالیسیلیک (آب مقطر-آب مقطر، آب مقطر- سالیسیلیک اسید، سالیسیلیک اسید- آب مقطر، سالیسیلیک اسید- سالیسیلیک اسید) به اجرا در آمد. سپس تیمارها به دمای یک درجه سانتی گراد منتقل شدند. نمونه برداری از میوه ها به صورت هفتگی و در طی 5 هفته انجام شد. در آخرین هفته آزمایش، میوه ها به مدت سه روز در دمای معمول اتاق (25-24 درجه سانتی گراد) قرار گرفتند تا اثر سرمازدگی در کل دوره ارزیابی گردد.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده

مواد جامد محلول (TSS) کل توسط دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی اندازه گیری شد. درصد مواد جامد محلول کل براساس درجه بریکس بیان شد (Brix=0-32%).

شاخص طعم (TSS/TA) از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته بدست آمد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) با سدیم هیدروکسید 0/1 نرمال اندازه‌گیری شد. سپس درصد اسیدیته با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{اسیدیته}(\%) = \frac{(\text{میلی اکی والان اسیدغالب میوه} \times \text{نرمالیته سود} \times \text{میلی لیترسود مصرفی})}{\text{میلی لیتر حجم آب میوه}} \times$$

0/064=میلی اکی والان اسید غالب میوه 100

درصد کاهش وزن میوه‌ها نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد کاهش وزن}(\%) = \frac{(M1 - M2)}{M1} \times 100$$

وزن ثانویه:M2 وزن اولیه:M1

آسیب سرمازدگی مطابق روش دینگ و همکاران (19) انجام گرفت.

$$\text{شاخص آسیب سرمازدگی}(\%) = \sum \left(\frac{(\text{تعداد میوه های سرمازده}) \times (\text{سطح سرمازدگی})}{4 \times (\text{تعداد میوه های آزمایش})} \times 100 \right)$$

پرولین: میزان پرولین با روش ارائه شده توسط ایریگوین و همکاران (17) تعیین گردید. جذب در طول موج 515 نانومترقرائت گردید. میزان پرولین با واحد میکروگرم بر گرم وزن تر بیان شد.

کربوهیدرات کل: میزان کربوهیدرات کل در نمونه‌ها به روش

ایریگوین و همکاران (17) اندازه‌گیری شد. جذب در طول موج 625 نانومترقرائت گردید. میزان کربوهیدرات با واحد میکروگرم بر گرم وزن تر بیان شد.

میزان مالون دی آلدئید: مالون دی آلدهید مطابق روش بولی و استوارت (35) اندازه گیری شد و از میزان جذب نمونه ها در طول موج‌های 532 و 600 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پراکسیده شدن لیپیدها از اختلاف بین طول موج‌های جذبی در ضریب خاموشی $155mM^{-1}cm$ محاسبه شد. بر حسب نانومول بر گرم وزن تازه($nmol.g^{-1}$Fresh weight)بیان شد.

سنجش میزان پروتئین کل: برای سنجش مقدار پروتئین‌کل به اقتباس از روش بردفورد (6) عمل شد. میزان پروتئین‌کل برای تک‌تک نمونه‌ها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر ($mg.g^{-1}$ Fresh weight) محاسبه گردید.

سنجش میزان گایاکول پراکسیداز: میزان فعالیّت آنزیم پراکسیداز موجود در بافت میوه ها با استفاده از روش منکارلی و همکاران (1995) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیّت آنزیم پراکسیداز بر حسب میکرومول گایاکول اکسید شده در دقیقه بر گرم وزن تازه ($\mu mol\ guaiacol.min^{-1}.g^{-1}$Fresh weight) بیان شد.

پراکسید هیدروژن: میزان پراکسید هیدروژن به روش سرگیو و همکاران (34) اندازه‌گیری شد. میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 390 نانومتر قرائت گردید. سپس مقدار پراکسید هیدروژن با واحد میکرومول بر گرم وزن تر بیان گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تعیین اثر اسیدسالیسیلیک روی درصد آسیب دیدگی گوجه‌فرنگی گیلاسی، تجزیه واریانس به صورت طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اجراشد. برای سایر صفات آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل تیمار سالیسیلیک اسید به صورت اسپری قبل از برداشت در مرحله تشکیل میوه و غوطه‌وری پس از برداشت، هر یک در دو سطح با آب مقطر و 0/75 میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شش زمان نمونه‌برداری بود. داده‌های به دست آمده به وسیله نرم افزار SAS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن به منظور مقایسه میانگین تیمارها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

شاخص سرمازدگی: نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری در کاهش آسیب سرمازدگی در میوه های گوجه فرنگی گیلاسی در طی مدت زمان نگهداری داشت ($P\leq0/01$). میوه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید در مرحله قبل از برداشت که تیماری بعد از برداشت دریافت نکرده بودند دارای کمترین درصد سرمازدگی بود، در مقابل میوه های شاهد، بیشترین درصد سرمازدگی را نشان دادند (جدول 1).

جدول 1- مقایسه میانگین اثرات اسیدسالیسیلیک روی صفت آسیب سرمازدگی گوجه فرنگی گیلاسی

Table 1- Compares the average effect of salicylic acid on chilling injury of cherry tomato

تیمار Treatment	آسیب سرمازدگی Chilling injury (%)
آب مقطر-آب مقطر(T_{00}) distilled water	16.66^{a}
آب مقطر-سالیسیلیک اسید(T_{01}) distilled water-salicylic acid	12.49^{ab}
سالیسیلیک اسید-آب مقطر(T_{10}) salicylic acid-distilled water	1.387^{c}
سالیسیلیک اسید-سالیسیلیک اسید(T_{11}) salicylic acid-salicylic acid	8.33^{b}

حروف هم نام اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

نتایج ما بایافته های حاصل از پژوهش سلیمانی اقدم و همکاران (37) در گوجه فرنگی و ابراهیم زاده و همکاران در نارنگی کینو (12) مطابقت داشت. اولین خسارت تنش سرما، اختلال در عملکرد غشاء و نفوذپذیری انتخابی آن است که موجب نشت یون ها به خارج از سلول شده و باعث افزایش رادیکال های آزاد بیش از ظرفیت آنتی اکسیدانی می‌شود و بنابراین واکنش رادیکال های آزاد با اسیدهای چرب غیر اشباع در غشای سلولی اتفاق می‌افتد و باعث پراکسیده شدن لیپیدهای غشاء ودر نهایت باعث نفوپذیری انتخابی و نشت یون‌ها به بیرون سلول می‌شود (17). احتمالا سالیسیلیک اسید استفاده شده در مرحله پیش از برداشت نقش زیادی در پایداری غشاء گوجه فرنگی گیلاسی داشته است و باعث ثبات غشاء و جلوگیری از آسیب سرمازدگی شده است.

میزان مواد جامد محلول(TSS): نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمارxزمان بر روی میزان مواد جامد محلول کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می باشد (جدول 2).

جدول2 - تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک روی اسیدیته، مواد جامد محلول کل و کاهش وزن گوجه فرنگی گیلاسی در طی زمان
Table 2- ANOVA of the effect of salicylic acid on acidity, total soluble solids and weight loss of cherry tomato during time

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی Degrees of Freedom	میانگین مربعات Mean of Squares		
		اسیدیته Acidity	مواد جامد محلول کل Total Soluble Solids	کاهش وزن Weight Loss
تیمار Treatment	3	0.057^{**}	0.544^{ns}	0.166^{ns}
زمان Time	5	0.140^{**}	1.939^{**}	2.984^{**}
تیمارxزمان Treatment × Time	15	0.009^{*}	0.641^{*}	0.167^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	46	0.004	0.30	0.136
ضریب تغییرات (%) CV		9.80	6.26	44.24

ns , * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح 5 و 1 درصد احتمال
ns , * and **: non-significant and significant at 5 and 1 % levels of probability, respectively.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): نتایج نشان داد که اثر متقابل اسید سالیسیلیک در زمان در مقدار اسیدیته میوه ها در سطح احتمال 5 % معنی‌دار شد (جدول 2). همانطورکه مشاهده میشود اعمال تیمار سالیسیلیک اسید در پیش از برداشت تأثیر بیشتری در حفظ کیفیت میوه‌های گوجه فرنگی گیلاسی و سرمازدگی داشت (شکل 1).

استفاده از سالیسیلیک اسید می‌تواند به دلیل کاهش میزان تنفس و تولید اتیلن منجر به کاهش استفاده از اسیدهای آلی به عنوان سوبسترای تنفسی شود. طبق بررسی که بر روی میوه موز و هلو انجام شده است نشان داد که استفاده از سالیسیلیک اسید میزان تنفس را در بافت ها کاهش داده و نقطه اوج فرازگرایی را به تعویق می‌اندازد و باعث حفظ اسیدهای آلی نسبت به میوه های شاهد می‌شود (15). در کل میزان اسیدیته قابل تیتراسیون با افزایش مدت انبارمانی کاهش می‌یابد (21). احتمالا علت کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در طی دوره انبارمانی و پس از آن مصرف اسیدیته (اسیدهای آلی) به عنوان سوبسترا در فرآیند تنفس است. در آزمایش انجام شده استفاده از 0/75 میلی مولار سالیسیلیک اسید در محله پیش و پس از برداشت و اسپری آن در مرحله قبل برداشت موجب حفظ مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون شده است به طوری که بیشترین میزان آن در هفته چهارم آزمایش است.

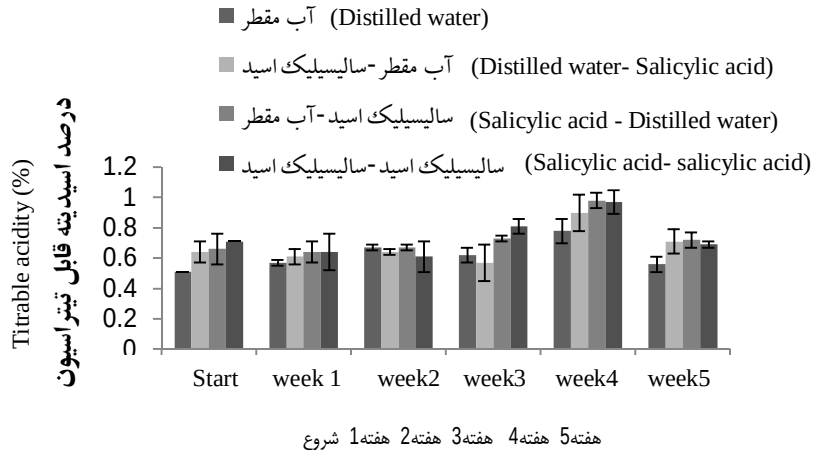
مواد جامد محلول کل (TSS): در بررسی اثر متقابل تیمارxزمان بر میزان مواد جامد محلول، مشاهده شد که میوه های تیمار شده با سالیسیلیک اسید 0/75 میلی مولار پیش از برداشت، 5 هفته پس از برداشت دارای مواد جامد محلول بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد بودند (شکل 2).

احتمالا دلیل اصلی افزایش مواد جامد محلول در آخرین هفته پس از برداشت به دلیل سوخت و ساز اسیدهای آلی میوه در جریان تنفس و نیز احتمالا کاهش آب میوه ها وتبدیل نشاسته به قندهای محلول می‌باشد. میوه های انبه تیمار شده با سالیسیلیک اسید با غلظت 2 میلی مولار طی نگهداری در انبار سرد تفاوت معنی داری در مقدار مواد جامد محلول نشان ندادند (10) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. این در حالیست که کاربرد سالیسیلیک اسید بر روی انار رقم ملس ساوه در میزان مواد جامد محلول در طی انبارداری بهبود یافت (32) که با یافته های ما مطابقت ندارد.

کاهش وزن: کاهش وزن میوه ها در طی انبارداری در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول 2) و از ابتدای روز انبارداری تا انتهای هفته پنجم درصد کاهش وزن میوه ها افزایش یافت بطوریکه بیشترین کاهش وزن مربوط به هفته پنجم آزمایش بود (شکل 3). ولی اثر تیماراسیدسالیسیلیک روی کاهش وزن تأثیر معنی داری نداشت. رستگاری و همکاران (30) در میوه انار و ربیعی و همکاران (29) در مطالعاتش بر روی انار رقم میخوش به این نتیجه رسیدندکه تیمارسالیسیلیک اسید تأثیری درکاهش وزن میوه ها نداشته است که با این نتایج همخوانی دارد.

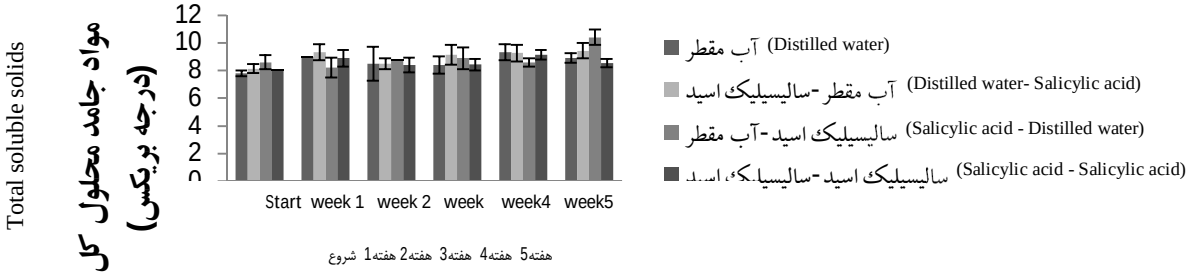
از دلایل کاهش وزن در طول زمان میتوان به تنفس، خسارت وارده به غشای سیتوپلاسمی و افزایش تراوایی غشای سلول اشاره کرد. طبق گزارش چن و همکاران (8) میوه لیمو رقم ویلا فرانکا در طی نگهداری در دمای 2 درجه سانتی گراد در اثر تنش دما کاهش وزن بیشتری داشتند که این افزایش به طور عمده به علت ایجاد شکاف و پوست مردگی های ناشی از سرمازدگی روی پوست می‌باشد. به نظر می‌رسد در طی دوره انبارداری افزایش تبخیر و تعرق از سطح

میوه مهمترین عامل کاهش وزن میوه می‌باشد.



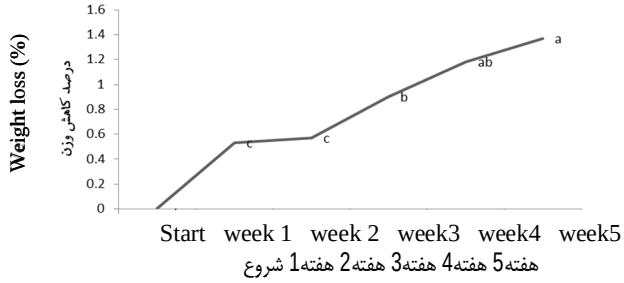
شکل1 - برهمکنش زمان × سالیسیلیک اسید روی اسیدیته میوه گوجه فرنگی گیلاسی
بارهای روی ستون‌ها نشاندهنده‌ی انحراف معیار میانگین‌ها هستند

Figure1- Interaction effect of salicylic acid ×time on the acidity of cherry tomato fruit
Bars in column indicade standard error of means



شکل 2- برهمکنش زمان × اسید سالیسیلیک روی مواد جامد محلول کل میوه گوجه فرنگی گیلاسی
بارهای روی ستون‌ها نشاندهنده‌ی انحراف معیار میانگین‌ها هستند

Figure2-Effects of salicylic acid and time on the total soluble solids of cherry tomato fruit
Bars in clumn indicadestandard error of means



شکل3- اثر زمان روی کاهش وزن میوه گوجه فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Figure3- Effect time on weight loss cherry tomato fruit
Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

جدول 3- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک روی شاخص طعم میوه گوجه فرنگی گیلاسی در طی زمان

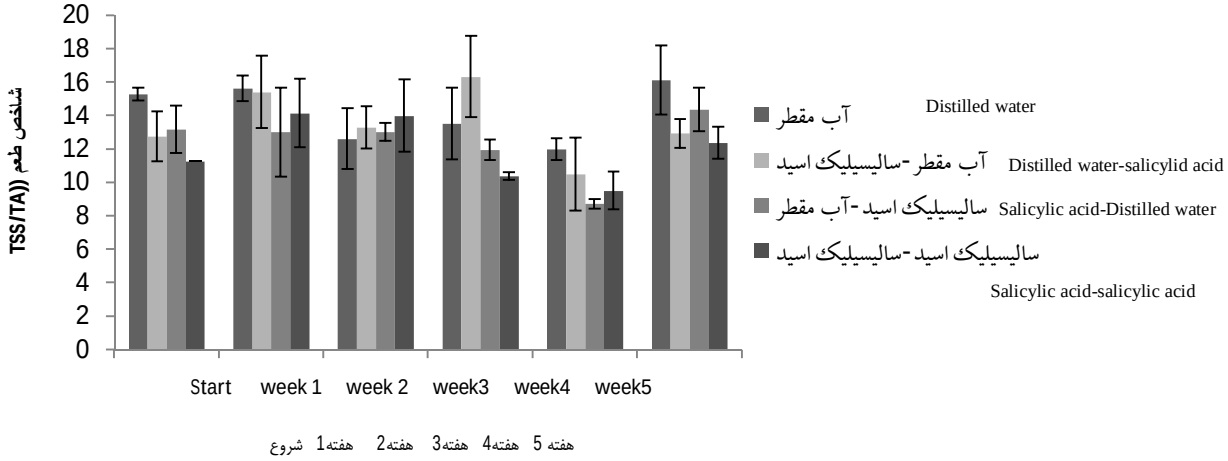
Table 3- Analysis of variance effects of salicylic acid on taste index (TSS/TA) of cherry tomato fruit during time

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی	شاخص طعم TSS/TA
تیمار Treatment	3	19.30**
زمان Time	5	27.12**
تیمار×زمان Treatment × Time	15	5.52**
اشتباه آزمایشی Error	48	2.34
ضریب تغییرات % CV		11.77

ns , * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح 5 و 1 درصد احتمال

ns , * and **: non-significant and significant at 5 and 1 % levels of probability, respectively.

شاخص طعم (TSS/TA): برای محاسبه شاخص طعم یکه یکی از صفات کیفی میوه بوده و نمایانگر طعم میوه می باشد از نسبت میزان مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون استفاده گردید. نتایج نشان داد که اثر تیمار سالیسیلیک اسید و زمان و نیز اثر متقابل اسید سالیسیلیک در زمان روی شاخص طعم در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد (جدول3) و نتایج اثر متقابل تیمار در زمان نشان داد میوه های شاهد در هفته پنجم دارای طعم بهتر و بیشتری نسبت به سایر میوه های تیمار شده دارند (شکل 4).



شکل 4- برهمکنش زمان × سالیسیلیک اسید روی شاخص طعم میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی

بارهای روی ستون‌ها نشاندهنده‌ی انحراف معیار میانگین‌ها هستند

Figure4-Interaction effects of salicylic acid ×time on the taste index of cherry tomato fruit

Bars in column indicade standard error of means

یکی از فاکتورهای مهم در تعیین رسیدگی در زمان برداشت کسر رسیدگی یا شاخص طعم می‌باشد که هر کدام از آن ها به تنهایی کیفیت میوه را بهتر نشان می‌دهد (19). طبق گزارش سونگ و همکاران (36) بالاترین شاخص طعم در طول دوره انبارداری، در تیمار شاهد بود که با نتایج ما همخوانی دارد.

پروتئین کل: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده زمان نگهداری در خصوص میزان پروتئین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول 4). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که میزان پروتئین در شروع آزمایش بیش از سایر زمان‌های نگهداری بوده و مقدار آن کاهش یافته است و در هفته دوم و سوم و چهارم نسبت به هفته اول کاهش داشته است (شکل 5).

احتمالا به دلیل کاهش سنتز مجدد پروتئین و تخریب قابل توجه پروتئین در طی گذر زمان می‌باشد که نتایج ما با یافته‌های ارشادی و همکاران (11) در میوه انگور بیدانه سفید و زینالی یادگاری و همکاران (45) در گیاه سویا مطابقت دارد.

کربوهیدرات کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان میدهدکه اثر متقابل تیمار×زمان بر روی میزان کربوهیدرات در سطح احتمال یک درصد معنی دار می‌باشد (جدول4). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان می‌دهد میوه های شاهد در هفته اول آزمایش دارای بیشترین میزان کربوهیدرات می‌باشند که با تیمار شاهد و تیمار

پس از برداشت سالیسیلیک اسـید در هفتـه سـوم آزمـایش اخـتلاف معنی‌داری ندارند (شکل 6).

جدول 4 – تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک روی پروتئین، کربوهیدرات و پرولین میوه گوجه فرنگی گیلاسی در طی زمان

Table4-Analysis of variance effects of salicylic acid on the attributes of proteins, carbohydrates and proline cherry tomato fruit over time.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square		
		پروتئین Protein	کربوهیدرات Carbohydrate	پرولین Proline
تیمار Treatment	3	0.00014^{ns}	0.07^{*}	0.0001^{**}
زمان Time	5	0.0011^{*}	1.73^{**}	0.00008^{**}
تیمار×زمان Treatment×Time	15	0.00030^{ns}	0.12^{**}	0.00002^{ns}
اشتباه آزمایشی Error)	44	0.00044	0.031	0.00002
ضریب تغییرات CV (%)		2.11	1.51	4.60

ns , * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح 5 و 1 درصد احتمال

ns , * and **: non-significant and significant at 5 and 1 % levels of probability, respectively.

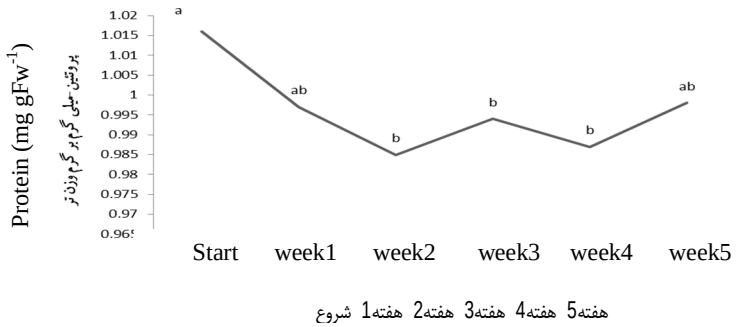
ادامه جدول 4- تجزیه واریانس اثرات اسید سالیسیلیک روی صفات گایاکول پراکسیداز، هیدروژن پراکسید ومالون دی آلدهید میوه گوجه فرنگی گیلاسی در طی زمان

Continued table 4- Analysis of variance effects of salicylic acid on characteristics guaiacol peroxidase, hydrogen peroxide, Malondialdehyd(MDA) cherry tomato fruit over time

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of Square		
		هیدروژن پراکسید H_2O_2 (Hydrogen peroxide)	گایاکول پراکسیداز GPX (Guaiacol peroxidase)	مالون دی آلدهید MDA (Malondialdehyd)
تیمار Treatment	3	0.00066^{ns}	0.0017^{*}	129.74^{*}
زمان Time	5	0.0010^{*}	0.0044^{**}	637.94^{**}
تیمار×زمان Treatment×Time	15	0.00039^{ns}	0.0010^{ns}	71.43^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	44	0.0005	0.0007	93.17
ضریب تغییرات CV (%)		30.38	0.027	12.02

ns , * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح 5 و 1 درصد احتمال

ns , * and **: non-significant and significant at 5 and 1 % levels of probability, respectively.

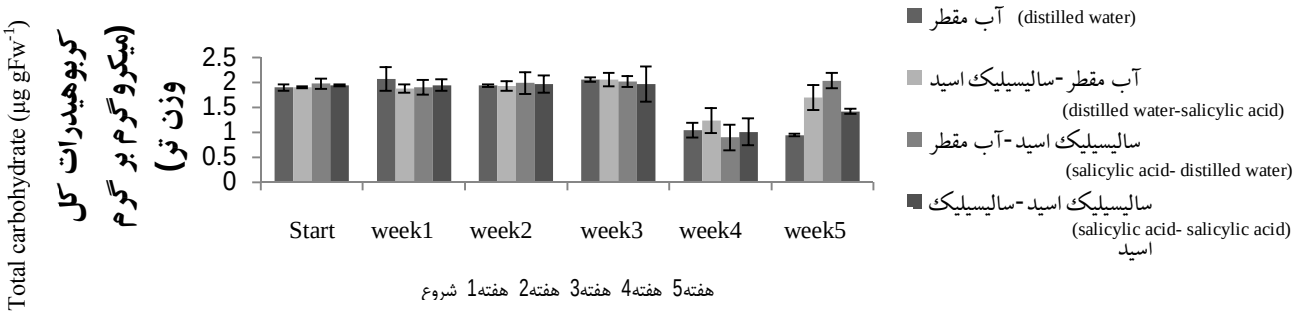


شکل5- اثر زمان بر میزان پروتئین میوه گوجه فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Figure 5- Effect of Time on protein content of cherry tomato fruit

Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test



شکل 6- برهمکنش تیمارسالیسیلیک اسید ×زمان بر میزان کربوهیدرات میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی

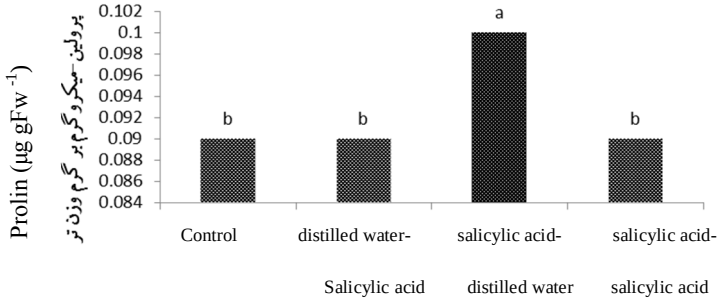
بارهای روی ستون‌ها نشان‌دهنده‌یانحراف معیار میانگین ها هستند

Figure6- interaction effects of salicylic acid ×time on the carbohydrate content of cherry tomato fruit

Bars in clumn indicade standard error of means

تیمار سالیسیلیک اسید سیستم آنزیمی هیدرولیزکننده پلی ساکارید هارا مهار کرده و تبدیل قندهای نامحلول به قندهای محلول را کاهش می‌دهد. سالیسیلیک اسید با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده پلی ساکاریدها می‌تواند منجر به افزایش مقدار قندها شده و یا تشکیل قندهای محلول از پلی ساکاریدها را تسریع کند (20). نتایج بدست آمده از شاخص سرمازدگی، کربوهیدرات و میزان پرولین حاکی از آن است که تیمار قبل از برداشت سالیسیلیک اسید توانسته آسیب سرما و کیفیت میوه‌ها را نسبت به میوه‌های شاهد و میوه هایی که قبل از برداشت تیماری دریافت نکرده‌اند، بهبود بخشد که با نتایج فرزانه و همکاران (13) در محلول پاشی گیاه بادمجان با سالیسیلیک اسید و ارشادی و همکاران (11)، محلول پاشی بوته‌های انگور مطابقت دارد. از آنجایی که سالیسلیک اسید به طور طبیعی داخل گیاه ساخته می‌شود با محلول پاشی مقدار سالیسیلیک اسید درونی افزایش پیدا کرده و موجب بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش می‌شود.

پرولین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 4) نشان می‌دهد که اثر تیمار ساده سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری در خصوص میزان پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است و میوه‌هایی که قبل برداشت سالیسیلیک اسید دریافت کرده‌اند دارای بیشترین میزان پرولین بوده اند. سایر تیمارها با یکدیگر و نیز تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ندارند (شکل 7).



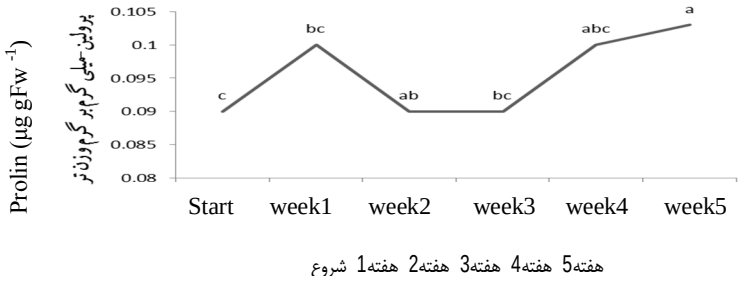
شکل 7- اثر سالیسیلیک اسید بر میزان پرولین میوه گوجه فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Figur 7- The effect of salicylic acid on proline content of cherry tomato fruit

Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

میزان پرولین در طی زمان نیز روند صعودی داشت (شکل 8) که با نتایج سلیمانی اقدم و همکاران (37) درگوجه فرنگی و سیاری و همکاران (38) در نهال خیار و فرزانه و همکاران (13) در گیاه بادمجان مطابقت دارد.



شکل 8- اثر زمان بر میزان پرولین میوه گوجه فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

Figure 8- Effect time on proline cherry tomato fruit

Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test.

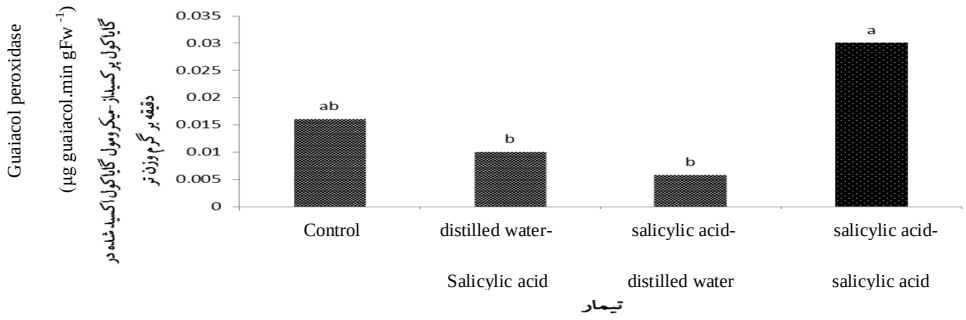
زمانی که گیاه در معرض تنش سرما قرار می‌گیرد پرولین تجمع می‌یابد که نقش مهمی در تنظیم اسمز سلولی بین سیتوپلاسم و واکوئل، سمیت زدایی رادیکال های آزاد و حفظ انسجام غشای سلولی دارد (45). در اثر تخریب آنزیم پروتئین سنتتاز تبدیل پرولین به پروتئین کاهش می‌یابد و منجر به افزایش پرولین می‌شود (4). چنین به نظر می‌رسد که محلول پاشی با 0/75میلی مولار سالیسیلیک اسید قبل از برداشت، تأثیر بیشتری در انباشته شدن پرولین و نیز ایجاد مقاومت در گیاه داشتند به طوریکه چنین میوه هایی دارای کمترین درصد سرمازدگی بودند که با مقادیر زیاد پرولین در آنها همخوانی دارد. از طرف دیگر بیشترین میزان تجمع پرولین در هفته پنجم می‌باشد که با افزایش زمان قرار گرفتن میوه ها در دمای پایین چنین نتیجه ای قابل پیش بینی می‌باشد.

گایاکول پراکسیداز: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان میدهد که اثر تیمار ساده سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری در خصوص میزان گایاکول پراکسیداز میوه ها به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی دار می‌باشد (جدول 4). نتایج مقایسه میانگین نشان می دهد میوه‌های گوجه فرنگی که در پیش و پس از برداشت با سالیسیلیک اسیدتیمارشده اند اختلاف معنی داری با میوه‌های شاهد داشتند و دارای گایاکول پراکسیداز بیشتری نسبت به سایر تیمارها، می‌باشند (شکل 9).

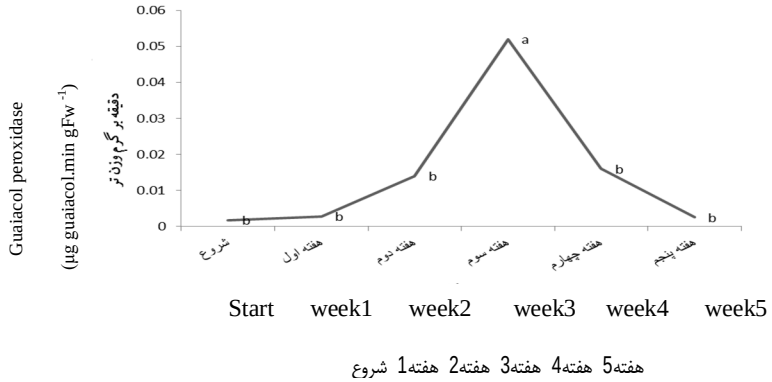
میزان گایاکول پراکسیدازدر طی زمان نگهداری در هفته سوم آزمایش اختلاف معنی‌داری با سایر زمان‌ها داشت (شکل10) که با نتایج آواد (3) و تارین و همکاران (40) در هلو مطابقت دارد.

ایجاد خسارت در غشاهای زیستی به دلیل افزایش اکسیژن فعال و رادیکال های آزاد در طی فرآیند رسیدن میوه ها در اثر تنفس سلولی و متابولیسم اکسیداتیو در میوه ها به خصوص میوه های

فرازگرا، ایجاد می‌شود. سالیسیلیک اسید به طور مستقیم یا غیر مستقیم با افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان موجب پاکسازی رادیکال های آزاد اکسیژن ایجاد شده در اثر تنش می‌شود. پراکسیدازها از جمله آنزیم هایی هستند که نقش زیادی در پاسخ به تنش های غیر زیستی مثل خشکی و سرما دارند. نتایج این پژوهش نشان دهنده تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید بر میزان فعالیت گایاکول پراکسیداز می‌باشد به طوری تیمار که پیش و پس از برداشت سالیسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم را افزایش داده و در هفته سوم آزمایش در بالاترین میزان خود می‌باشد و در هفته های چهارم و پنجم که شدت تنش افزایش یافته، فعالیت آنزیم کاهش یافته است.

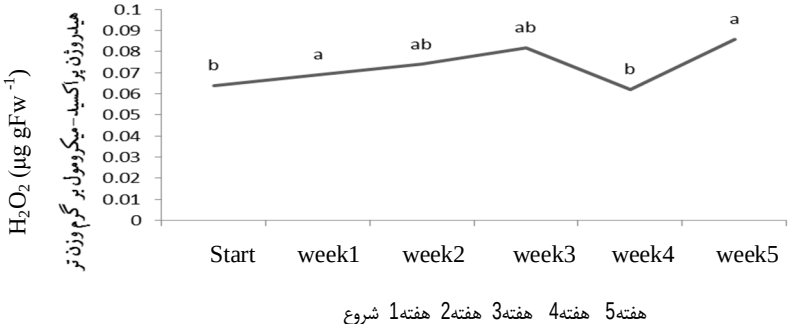


شکل 9- اثر سالیسیلیک اسید بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی
حروف همنام اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند
Figure 9- Effects of salicylic acid on the enzyme activity of guaiacol peroxidase of cherry tomato fruit
Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test



شکل 10- اثر زمان بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز میوه گوجه فرنگی گیلاسی
حروف همنام اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند
Figure 10- Effect of Time on enzyme activity of guaiacol peroxidase of cherry tomato fruit
Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

هیدروژن پراکسید (H_2O_2): نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر ساده زمان نگهداری بر روی میزان هیدروژن پراکسید در سطح احتمال پنج درصد معنی دار می‌باشد (جدول 4). با توجه به نتایج مقایسه میانگین میزان هیدروژن پراکسید در طی زمان نگهداری روند صعودی داشت و در هفته چهارم کاهش داشته است (شکل13). هیدروژن پراکسید علاوه بر اثر سمی و مخرب، می‌تواند سبب تولید رادیکال هیدروکسیل (رادیکال آزاد فعال و بسیار مخرب) شود که سطح هیدروژن پراکسید در گیاه تحت تنش سرمازدگی از اهمیت زیادی برخوردار است (8). احتمالاً افزایش مقدار هیدروژن پراکسید در میوه گوجه فرنگی گیلاسی به موازات زمان انبارمانی به دلیل تنش وارد شده و آسیب به غشاهای سلولی و اندامک های مختلف سلولی باشد که منجر به تولید پراکسید هیدروژن شده است



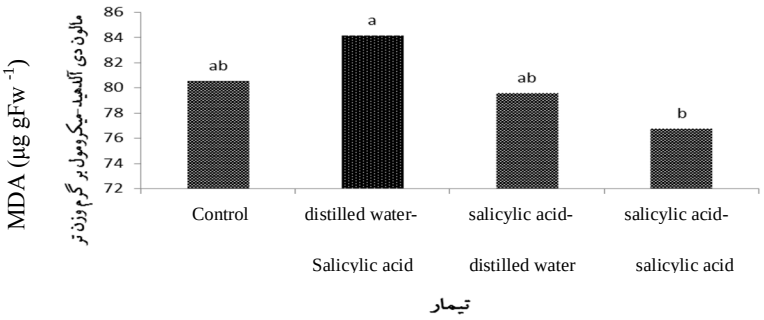
شکل 11- اثر زمان بر میزان هیدروژن پراکسید میوه گوجه فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Figure 11-Effect of time on hydrogen peroxide content of cherry tomato fruit

Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

مالون دی آلدهید: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تیمار ساده سالیسیلیک اسید و زمان نگهداری به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول 4). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که میوه‌های گوجه فرنگی گیلاسی که پس از برداشت با سالیسیلیک اسید تیمارشده‌اند، میزان مالون دی آلدهید آن‌ها اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارند (شکل 13).



شکل 12- اثر سالیسیلیک اسید بر میزان مالون دی آلدهید میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

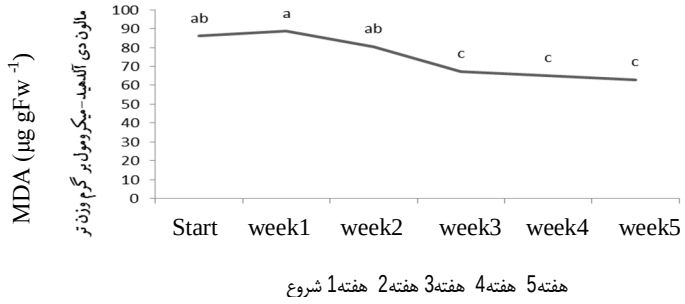
Figure 12- Effects of salicylic acid on malondialdehyde content of cherry tomato fruit

Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

در طی زمان نگهداری میزان مالون دی آلدهید در هفته سوم آزمایش کاهش یافت (شکل 12). همانطور که در مقدار مالون دی آلدهید تولید شده در میوه ها، مشاهده می‌شود که کمترین تنش وارد شده به میوه هایی بوده که با 0/75 میلی مولار سالیسیلیک اسید در مرحله پس از برداشت تیمار شده اند و در طی زمان نگهداری میزان تولید مالون دی آلدهید کاهش یافته است که نشان دهنده پایداری غشا و جلوگیری از تنش می‌باشد که نتایج ما با یافته های سلیمانی اقدم و همکاران (38) در گوجه فرنگی مطابقت دارد.

سالیسیلیک اسید با غلظت یک میلی مولار موجب حفظ سفتی و کاهش سرمازدگی، پوسیدگی و میزان مالون دی آلدئید در میوه هلو شده بود (43). از عوامل مهم در مقاومت محصولات باغی در برابر تنش سرما، حفظ انسجام غشای سلولی در دمای پایین است (44). از عواملی که به عنوان شاخص های آسیب غشایی به منظور اندازه گیری غیر مستقیم انسجام غشای سلولی مورد توجه قرار گرفته است، نشت یونی و میزان مالون دی آلدهید است که می‌توانند کاهش انسجام غشای سلولی و وقوع سرمازدگی را در محصولات باغی نشان دهند (36). در تنش سرمازدگی تجمع مالون دی آلدئید به دنبال پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی موجب ایجاد آسیب

درمحصولات شده و بکارگیری سالیسیلیک اسید با کاهش تجمع مالون دی آلدهید می‌تواند آسیب سرمازدگی را کاهش دهد (4). محصول نهایی اسیدهای چرب مالون دی آلدهید است که در اثر تولید گونه های فعال اکسیژن به وجود می‌آید و می‌تواند به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی مورد توجه قرار گیرد (14).



شکل 13- اثر زمان بر میزان مالون دی آلدهید میوه گوجه فرنگی گیلاسی

حروف همنام اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح احتمال 5 درصد با استفاده آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند

Figure 13-Effect of time on malonidealdehyde content f cherry tomato fruit

Means followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05) based on Duncan's multiple range test.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تیمار پیش و پس از برداشت 0/75 میلی مولار سالیسیلیک اسید به منظور کاهش آسیب سرمازدگی میوه گوجه فرنگی گیلاسی انجام گرفت. طی این پژوهش، صفات مورفولوژیکی از جمله آسیب سرمازدگی، درصد کاهش وزن، شاخص طعم، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و صفات بیوشیمیایی از جمله میزان پرولین، مالون دی آلدهید، پروتئین، پراکسید هیدروژن، کربوهیدرات کل و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنزیم گایاکول پراکسیداز مورد بررسی قرار گرفت. سالیسیلیک اسید به عنوان یک ترکیب فنولی طبیعی می‌تواند آسیب های اکسیداتیو ناشی از سرمازدگی را کاهش داده و از انباشت مالون دی آلدهید جلوگیری می‌کند و بنابراین به عنوان جایگزین مناسب برای مواد شیمیایی که در صنعت انبارداری استفاده می‌شود، به کار می‌رود. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان بیان کرد که سالیسیلیک اسید با غلظت 0/75 میلی مولار، تیمار مؤثری جهت حفظ ویژگی های کمی و کیفی گوجه فرنگی گیلاسی و کنترل آسیب سرمازدگی است و می‌تواند به عنوان یک تکنولوژی توانمند برای کاهش آسیب سرمازدگی در میوه گوجه فرنگی گیلاسی مورد استفاده قرار بگیرد. در نهایت در این پژوهش نشان داده شد که استفاده از 0/75 میلی مولار سالیسیلیک اسید توانسته درصد آسیب سرمازدگی میوه های گوجه فرنگی گیلاسی را در طی نگهداری در دمای یک درجه سانتی گراد کاهش دهد به طوری که بیشترین میزان آسیب در میوه های شاهد (آب مقطر) و کمترین آن در میوه های تیمار شده با سالیسیلیک اسید بود. همچنین نتایج حاصل از درصد آسیب سرمازدگی، میزان پرولین ، کربوهیدرات و شاخص های مربوط به کیفیت میوه گوجه فرنگی گیلاسی نشان داد تیمار اسید سالیسیلیک می تواند روی تحمل به سرمازدگی در طی انبارداری موثر باشد. در مقایسه با شاهد تیمارهای قبل از برداشت بیشترین اثر را در پایداری گوجه فرنگی گیلاسی به سرمازدگی داشتند همچنین با افزایش دفعات کاربرد اسید سالیسیلیک اثرگذاری این تیمار کم شد. به نظر می رسد استفاده از تیمار پیش از برداشت نقش مهم تری در القا مکانیسم های مقاومت به گیاهان دارد ولی برای اعلام نظر قطعی بدیهی است که پژوهش‌های بیشتری باید انجام گیرد.

منابع

1- Aghaei K., Shekari F., and Alimadad A. 2014. The effect of salicylic acid priming on flowering and quality of tomato under drought stress. 2th national congress on medicinal plant and sustained agriculture. 1-14 (in persian)

2- Hafeznia M., Mashayekhi K., and Ghaderifar F. 2013. The effect of salicylic acid during different stages of tomato growh and investigation of quaniti and quality traits of the plant. MS.c Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Faculty of Agriculture and Natural Resources (in Persian)

3- Awad R.M. 2013. Effect of postharvest salicylic acid treatments on fruit quality of peach cv."Flordaprince" during cold storage. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7: 920-927.

4- Asgharia M.R., and Aghdam M.S. 2010. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural

crops.Trends in Food Science and Technology. 21:502-509.
5- Ashraf M., and Foolad M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress esistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
6- Bradford M.M. 1979. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of proteindye binding. Anal. Biochem, 72: 248-254.
7- Cag S., Cevahir-Oz G., Sarsag M., and Goren S.N. 2009. Effect of salicylic acid on pigment, protein content and peroxidase activity in excised sun flower cotyledons. Pak. Journal of Botany, 41: 2297-2303.
8- Chen Y.Z., and Patterson B.D. 1988. The Effect of Chilling Temperature on the Level of Superoxide Dismutase, Catalase and Hydrogen Peroxide in Some Plant Leaves. Acta Phytophysiology Science, 14:8-323.
9- Ding C.K., Wang C.Y., Gross K.C., and Smith D.L. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. Planta, 214:895-901.
10- Ding Z.S., Tian S.P., Zheng X.L., Zhou Z.W., and Xu, Y. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and qualityin mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. Physiology Plant, 130: 112–121.
11- Ershadi A. and Taheri S. 2013. Investigion salicylic acid treatment on spring tolerance to freezing grapes (*VitisVinifera*) white seedless varieties. To farmers, 15(2); 146-135.
12- Ebrahimzadeh M., Aboutalebi S., Kamelmanesh M.M., and Kavand A. 2012. Effect of salicylic acid on chilling injury and some quantitative and qualitative characteristics Kinnow (*Citrus reticulate* Blanco. Cv.Kinnow). Journal of Physiology and post-harvest technology products horticultural, l (1): 29-13.
13- Farzaneh M., Ghanbari M., Eftekharian Jahromi A., and Javanmardi SH. 2013. The effect of foliar application of salicylic acid on photosynthetic pigments Osmolytes and eggplant (*Solanum melongenal* L.). Journal of plant physiological Iran, 32(4): 83-75.
14- Hodges D., Delong J.M., Forney C.F., and Prange R.K. 1999. Improving the thio barbituric acid reactive substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. Planta, 207: 604–611.
15- Huang Y.F., Chen C.T., and Kao C.H. 1993. Salicylic acid inhibits the biosynthesis of ethylene in detached rice leaves. Plant Growth Reglature, 12: 79-82.
16- Hasandokht M. 2012. Vegetable production technology. Publications series. 493pp.
17- Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez D.M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*). Plants Physiology Plantarum, 84: 55-60.
18- Kang G., and Wang C.H. 2003. Salicylic acid changes activites of H_2O_2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environmental and Experimental Botany, 42: 9-50.
19- Kader A., Heintz C., and Chordas A. 1982. Postharvest quality of fresh and canned clingstone Peaches as influenced by genotypes and maturity at harvest. Journal of the American Society for Horticulture Science, 107: 947- 951.
20- Khodary S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants.International Journal Agriculture and Biology, 6: 5–8.
21- Lau O.L., Liu Y., and Yanh S.F. 1986. Effect of fruit detachment on ethylene ebio synthesis, and loss of flesh firmness skin color, and starch in ripening‘Golden delicious’ apples. Journal of the American Society for Horticulture Science, 111: 731-734.
22- Lyons J.M. 1973. Chilling injury in plants. Ann. Reviwe. Plant Physiology, 24: 445–466.
23- Morris L.L. 1982. Chilling injury of horticultural crops an overview. Horticulture Science, 17: 161–162.
24- Murbach C.M., Arquesand M.O., and Coast M. 2006. Effects of sesonalvariation on the central nervosa system activity of Cimumgratissimuml L. essential oil. Journal of Ethno pharmacola, 105: 161-166.
25- Peyvast G. 2005. Olericulture. Publications possible knowledge. 487pp
26- Raison J.K. and Lyons J.M. 1986. Chilling injury aplea for uniform terminology. Plant Cell Environ, 9: 685–686.
27- Raskin I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Reviwe. Plant Physiology Plant Mol. Biology, 43:439-463.
28- Rohi Z., Asghari M., Rasmi Y., and Aslani Z. 2010. Effect of salicylic acid on postharvest quality characteristics and antioxidant activity of kiwifruit cultivars Howard. Journal of Horticultural Science (Sciences Agriculture industry), 42(1): 108-102.
29- Rabii V., and Rahmani S. 2014. Effect of salicylic acid, calcium chloride and heat water treatments based on quantitative parameters, quality and shelf-life, sweet-and-sour pomegranate varieties. College of Horticulture, 28(1): 115-107.
30- Rasteghari H., Tehranfar A., Nemati S.H., and Vazifeh Shenas M.R. 2014. Salicylic acid to harvest pomegranate fruit characteristics and post-harvest cold storage. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology), 28 (3): 368-360.
31- Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regulature, 30:157-161.
32- Sayyari M. 2009. Improving Chilling Resistance of Cucumber Seedlings by Salicylic Acid. American-Eurasian

Journal. Agriculture and Environmental Sciences, 12: 204-209.
33- Srivastava M.K., and Dwivedi U.N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Science, 158: 87-96.
34- Sergiv I., Alexieva V., and Karanov E. 1997. Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plants. Acad Bulg Science, 51: 121-124
35- Stewart R.R.C., and Bewley J.D. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant physiology, 65: 245-248.
36- Seung K., and Kader A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20(3):207-220.
37- Soleimani Aghdam M., Asghari M., Khorsandi A., Muradbeygi H., Mohamadkhani N., Mohayeji M., and Hassanpor aghdam, M.B. 2014. Possible mechanisms of salicylic acid to reduce the effects of frost after harvest tomato fruit. Journal of plant research (Journal of Biology Iran), 27(2): 34-46.
38- Sayyari M., Babalar M., and Kalantari S. 2011. Effect of salicylic acid of increased resistance to chilling injuri, antioxidant activity and quality of pomegranate cv. Rabab cold during storage. Iranian Horticultural Science Journal, 42(4): 247-339.
39- Shang H., Cao S., Yang Z., Cai Y., and Zheng Y. 2011. Effect of exogenous γ-Aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. Journal of Agriculture Food Chemistry, 59: 1264–1268.
40- Tareen M.J., Abbasi A.N., and Ahmad hafiz I. 2010. Effect of Salicylic acid Treatments on Storage Life of Peach Fruit cv.Flordaking .Chapter 3. 97-206.
41- Wang C.Y. 1994. Chilling injury in horticultural commodities.HortScience,U.S. Department of Agriculture, Beltsville, MD 20705-2350.
42- Wang L., Chen S., Kong W., Li S., and Archbold D.D. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and effects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 41: 244-251.
43- Wonsheree T., Kesta S., and Vandoorn W.G. 2009 .The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (*Ocimumcitriodourum*) leaves. Postharvest Biology and Technology, 51: 91–96.
44- ZeinaliYadegari L., Heidari R., and Carapetian J. 2007. The Tnfluence of cold acclimatiom on proline, m alondialdehyde (9MDA), total protein and pigments in soybean (*glycine max*) seedlings. Journal of Biological Sciences, 7: 1436-1441.
45- Zhang Y., Chen K., Zhang S., and Ferguson I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwi fruit.Post harvest Biology and Technology, 28: 67–74.
46- Zhao D.Y., Shen L., Fan B., Liu K.L., Yu M.M., Zheng Y., Ding Y., and Sheng J.P. 2009. Physiological and genetic properties of tomato fruits from 2 cultivars differing in chilling tolerance at cold storage. Journal of Agriculture Food Chemistry, 74: 348–352.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 517-532
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 3، پاییز 1396، ص. 532-517
شاپا: 2008 - 4730

Effect of Salicylic Acid on Prevention of Chilling Injury of Cherry Tomato (*Lycopersicun esculentum* cv. Messina)

H. Seyed Hajizadeh[1*]- Sh. Safkhani[2]

Received: 30-11-2015
Accepted: 26-02-2017

Introduction: Fruits and vegetables play a major role in providing vitamins and minerals that are essential in the metabolism. In addition to providing vitamins and minerals compounds, they are called secondary metabolites. Tomatoes are one of the most vegetables in diets of people around the world. Low temperature stress associated with the production of reactive oxygen species causing damage can occur before or after harvest, farm, transportation, storage and marketing. Today, a greater emphasis is placed on post-harvest storage of agricultural products to increase productivity and make better use of labor resources, worker, energy and money, rather than an increase in production. One of the most promising treatments is the use of salicylic acid for prevention of the frost damage of post-harvest fruits and vegetables with different mechanisms such as increased enzymatic and non-enzymatic antioxidant system activity. Salicylic acid is known as a signal molecule in the induction defense mechanisms in plants. SA is a well-known phenol that can prevent ACO activity that is the direct precursor of ethylene and decreases Reactive Oxygen Species (ROS) with increasing enzyme antioxidant activity. Salicylic acid is a natural phenolic compound known as a plant hormone having positive effect on storage life and quality of fruits. This study aimed to investigate the effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid on antioxidant properties and quality of tomato and its effect was evaluated on prevention of chilling injury of cherry tomatoes during cold storage.

Material and Methods: This research was conducted in a greenhouse of Horticulture Department of University of Maragheh. Treatments were included before harvest at fruit set stage with the control (distilled water) and 0.75 mM salicylic acid spraying and after harvest, red ripened fruits were used for treatments control and immersion in 0.75 mM salicylic acid. Then all the treated fruits were transferred to 1 $^{\circ}$C. Sampling of fruits was done weekly and continued five weeks. In the last week of the experiment, fruits were kept for three days at room temperature (24-25°C) to evaluate the effects of frost on the whole period. To determine the effect of salicylic acid on percentage of cherry tomatoes injury, analysis of variance for a completely randomized design with three replications was used. For other traits factorial experiment with completely randomized design was applied. The treatments included salicylic acid treatment and six periods of storage. Duncan test was used for comparison of means.

Results and discussions: The results showed that the effect of salicylic acid significantly reduced frost damage in cherry tomato fruits during the storage period ($P\leq 0/01$). Treated fruit with salicylic acid before harvest showed the lowest damage of chilling in comparison with controls. Titratable acidity is directly related to the concentration of organic acids present in the fruit which is an important parameter in maintaining the quality of fruits. Titratable acidity increased gradually in all treatments except control and it seems to be influenced by the postharvest SA. Cell membrane of injured tissue was exposed to transform from a crystal liquid phase to a solid gel together and thus membrane permeability and ion membrane leak were increased (Wang *et al*., 2006). Salicylic acid may be used in the pre-harvest cherry tomatoes had a large role in the stability of the membrane and prevention of chilling injury. Salicylic acid was used before conception and chilling injury (Wang *et al*., 2006). Salicylic acid may be used in the pre-harvest cherry tomatoes that had a large role in the stability of the membrane and prevention of chilling injury. Application of salicylic acid before harvest on cherry tomatoes was more effective in maintaining the quality of the fruit and preventing of chilling injury. Organic acids reduce the consumption of sugars that occur during breathing and are directly related to metabolic activities (Jalili Marandi, 1383; Rahemi, 1384). It seems that spraying with 0.75 mM salicylic acid before conception, had a greater impact on the accumulation of proline and resistance in the plants and so the fruit had the lowest percentage of frost and high levels of proline matches. The maximum amount of proline in fruits at low temperature was obtained by increasing the exposure time after fifth week.

1 and 2- Associate Professor and MS.c. Geaduated student of Departement of Horticultural Sciences and Enginering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh
(*- Corresponding Author Email: hajizade@maragheh.ac.ir)

Conclusion: The results of the percentage of chilling injury, proline, carbohydrate and indicators related to quality of tomato fruits cherry tomato showed that treatment with salicylic acid can be effective on chilling tolerance during storage. Compared with the control treatments before harvesting frost cherry tomato had the greatest influence on stability by increasing the number of applications of salicylic acid that also reduced the effectiveness of this treatment.

Keywords: Cold stress, Cherry tomato, Storage life and Fruit quality