

## اثر سالیسیلیک اسید بر خسارت سرمازدگی و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نارنگی کینو (*Citrus reticulata* Blanco., cv. Kinnow)

مریم ابراهیم زاده\*

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جهرم، کارشناسی ارشد علوم باغبانی

عبدالحسین ابوطالبی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم، استان فارس- ایران

محمد مجتبی کامل منش

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی شیراز- استان فارس- ایران

عبدالرضا کاوند

کارشناس ارشد باغبانی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

### چکیده

به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر افزایش عمر انباری و کاهش خسارت سرمازدگی نارنگی کینو، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار و دو فاکتور شامل: غلظت SA در سه سطح (۰، ۴ و ۸ میلی‌مولار) و مدت زمان انبارداری در پنج سطح (زمان برداشت، ۲، ۴، ۸ هفته پس از برداشت) انجام گرفت. میوه‌ها در محلول‌های SA به مدت ۷ دقیقه غوطه‌ور شدند و سپس به مدت ۲ ماه در انبار سرد با دمای  $+3/5$  درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. صفات کمی و کیفی شامل آسیب سرمازدگی، پوسیدگی، درصد نشت یون، اسیددیده قابل تیتراسیون (TA)، مواد جامد محلول (TSS) و ویتامین ث مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که SA در هر دو غلظت به طور معنی‌داری موجب کاهش آسیب سرمازدگی، پوسیدگی، درصد نشت یون و میزان TSS نسبت به شاهد می‌شود. همچنین SA در غلظت ۴ میلی‌مولار تاثیر به سزایی در حفظ مقدار TA و ویتامین ث میوه‌ها در طی مدت انبارداری داشت. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان داد، با افزایش مدت انبارداری مواد جامد محلول افزایش و اسیددیده قابل تیتراسیون و ویتامین ث کاهش می‌یابد. به طور کلی موثرترین تیمار بر روی صفات ارزیابی شده تیمار سالیسیلیک اسید ۴ میلی‌مولار بود.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، نارنگی کینو، آسیب سرمازدگی، درصد نشت یون

## مقدمه

سالیسیلیک اسید دارای یک حلقه آروماتیک با یک گروه هیدروکسیل است و به عنوان ترکیبی فنولی با ماهیت هورمونی، باعث کاهش تنفس اکسیداتیو از طریق افزایش سطح آنتی اکسیدانت‌ها می‌گردد. همچنین نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و بهره‌وری زیستی، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و روابط آبی گیاه، همزیستی لگوم - ریزوبیوم، جوانه‌زنی و تاثیر روی گیاهانی که در معرض تنش‌های زیستی و غیر زیستی قرار گرفته‌اند، ایفا می‌کند. یکی از مشتقات سالیسیلیک اسید، استیل سالیسیلیک اسید می‌باشد که پس از جذب به سرعت به سالیسیلیک اسید تبدیل می‌شود (Glass, 1974; Hsein *et al.*, 2001; Huang *et al.*, 1993; Raskin, 1992). تیمار سالیسیلیک اسید منجر به کاهش موقت فعالیت کاتالاز (CAT) و افزایش سطح  $H_2O_2$  می‌شود، که نقش کلیدی در بهبود بخشیدن مقاومت همه گیر اکتسابی شده و عوامل مضر در استرس‌های اکسیداتیو در گیاهان بازی می‌کند (Gille & Singler 1995). گیاهان به طور مداوم در معرض خطراتی از جمله حمله پاتوژن‌ها قرار دارند. از طرف دیگر آن‌ها برای دفاع از خود در برابر این صدمه‌ها، مکانیزم‌های دفاعی دارند. به عنوان مثال یکی از این مکانیزم‌ها تجمع مقادیر بالای سالیسیلیک اسید می‌باشد (Amborabe, 2002). زمانی که سالیسیلیک اسید و مشتق‌های آن به صورت خارجی به کار می‌روند، فعالیت ژن‌های مربوط به پاتوژن‌سیز (PR) را القا می‌کند و مقاومت در برابر پاتوژن‌ها را در گیاه بالا می‌برد (Ryals *et al.*, 1996).

قرار دادن گیاهان حساس به سرما در معرض دماهای پایین، سبب تحریک تولید اتیلن می‌شود. اتیلن هورمون گیاهی گازی شکل است که در رسیدن میوه‌ها نقش بسیار مهمی دارد. با در نظر گرفتن اینکه تولید اتیلن تحت تاثیر سالیسیلیک اسید قرار می‌گیرد، به نظر می‌رسد یکی از موادی که می‌تواند بیوسنتز و یا تاثیر اتیلن را تحت تاثیر قرار دهد، سالیسیلیک اسید می‌باشد (راحمی، ۱۳۸۴). سالیسیلیک اسید اثر مهارکنندگی روی بیوسنتز اتیلن دارد که این اثر نیز به pH محیط عمل وابسته است. سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات می‌باشد، بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACC اکسیداز موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می‌شود. علاوه بر این سالیسیلیک اسید بر ACC سنتتاز نیز اثر می‌گذارد. اثر سالیسیلیک اسید بر تنش وابسته به اثر آن در مهار اتیلن است (Zhang *et al.*, 2002). در میوه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید، سرعت تنفس و فعالیت‌های عمده آنزیم‌های سست کننده دیواره سلولی مثل سلولاز و پلی‌گالاکتروناز نسبت به میوه‌های شاهد کاهش می‌یابد. به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که تیمار سالیسیلیک اسید رسیدن و پیری میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد (غلامی، ۱۳۸۸). میزان مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون نقش مهمی در ایجاد طعم و مزه دارد (Plotto, 1997). به طور کلی با افزایش تنفس و میزان اتیلن، میزان TSS افزایش و TA

کاهش می‌یابد (Lau et al., 1986). یکی از دلایل کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در طول انبار و دوره پس از انبار، شرکت اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا در پدیده تنفس می‌باشد. بازدارنده‌های تولید یا عمل اتیلن می‌توانند باعث افزایش اسیدهای آلی شوند (Defilippi et al., 2004). در میوه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان تنفس کاهش می‌یابد. همچنین تیمار سالیسیلیک اسید موجب حفظ مقدار TA و اسید اسکوربیک میوه‌ها می‌شود. در واقع روند کاهش ویتامین ث را در طول انبارداری کندتر می‌کند (حضور اهل، ۱۳۸۸).

با توجه به این که یکی از روش‌های افزایش عمر پس از برداشت محصول استفاده از دماهای پایین می‌باشد، یکی از نقش‌های سالیسیلیک اسید حفظ کیفیت میوه در برابر استرس دمای پایین به ویژه در محصول‌های حساس به سرمازدگی در پس از برداشت می‌باشد. پروتئین‌های شوک حرارتی، یک گروه از پروتئین‌های ذخیره‌ای القا شده یا افزایش یافته در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها، در پاسخ به استرس‌های محیطی شامل: گرما، سرما و محرک‌های فیزیکی و شیمیایی، از جمله استرس‌های اکسیداتیو هستند. پروتئین‌های شوک حرارتی نقش مهمی در حفظ ثبات سلولی از طریق عمل حفاظتی در پوشش دادن و تجمع پلی پپتیدهای آسیب دیده و نابالغ یا پروتئین‌ها، ایفا می‌کنند. یکی از نقش‌های سالیسیلیک اسید در کنترل سرمازدگی را به توانایی آن در القای سیستم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی از پروتئین‌های شوک حرارتی نسبت می‌دهند. همچنین تحت تنش دماهای پایین نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد. تیمار سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری میزان قندهای محلول را افزایش و میزان نشت الکترولیت‌ها را کاهش می‌دهد. گفته می‌شود کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط دمای پایین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را فعال می‌سازد. افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، منجر به افزایش متابولیسم  $H_2O_2$  به وجود آمده تحت تنش سرمازدگی می‌شود و از این طریق مقاومت در برابر استرس سرمازدگی را بالا می‌برد (Wang et al., 2006). همچنین سالیسیلیک اسید در کنترل یخ‌زدگی در گیاهان نقش مهمی دارد (باغبان‌ها و همکاران، ۱۳۸۶).

با توجه به اهمیت انبارداری در کنترل قیمت و نقش آن در کاهش واردات میوه و حساسیت میوه نارنگی به قرار گرفتن طولانی مدت در انبار و کاهش کیفیت، و همچنین نظر به جایگاه سالیسیلیک اسید در علم فیزیولوژی پس از برداشت، هدف از این پژوهش بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر خسارت سرمازدگی و ویژگی‌های کمی و کیفی پس از برداشت نارنگی رقم کینو بوده است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز در سال ۱۳۸۹ انجام شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با پنج تکرار و دو فاکتور، که فاکتور A شامل شاهد و

غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۴ و ۸ میلی‌مولار) و فاکتور B شامل مدت زمان انبارداری با پنج سطح (زمان برداشت، ۲، ۴، ۶ و ۸ هفته پس از برداشت) بود، به اجرا درآمد. پس از برداشت میوه‌ها و حذف میوه‌های آسیب دیده تیمار سالیسیلیک اسید با دو غلظت ۴ و ۸ میلی‌مولار به صورت غوطه‌وری به مدت ۷ دقیقه استفاده گردید. میوه‌ها پس از خشک شدن، به سردخانه با دمای ۳/۵+ درجه سانتی‌گراد منتقل و به مدت ۲ ماه نگهداری شدند. صفات مورد نظر قبل از انبار و در حین نگهداری در انبار هر پانزده روز یکبار مورد بررسی قرار گرفتند. برای ارزیابی آسیب سرمازدگی استفاده از شاخص امتیاز به صورت امتیاز ۱: بدون نشانه سرمازدگی، امتیاز ۱:۲ تا ۲۵ درصد خسارت، امتیاز ۳: ۲۶ تا ۵۰ درصد خسارت، امتیاز ۴: با بیش از ۵۰ درصد علائم سرمازدگی، در نظر گرفته شد. سنجش میزان پوسیدگی از طریق شمارش تعداد نمونه‌های آلوده در هر تیمار و بیان آن به صورت درصد انجام گرفت. جهت تعیین درصد نشت یون پس از به دست آوردن هدایت الکتریکی آب درون ظرف‌های حاوی نمونه، درصد نشت یون از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد نشت یون} = (L_t/L_0) \times 100$$

بعد از استخراج آب میوه از نمونه‌ها، TSS توسط دستگاه رفاکتومتر، اسید اسکوربیک و اسیدیته کل توسط روش‌های تیتراسیون اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار MSTAT-C و رسم نمودارها با نرم‌افزار هاروارد گرافیک انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان می‌دهد، اثر تیمار، مدت زمان انبارداری و تاثیر متقابل تیمار و مدت زمان انبارداری بر روی تمامی صفات معنی‌دار شده است (جدول ۱).

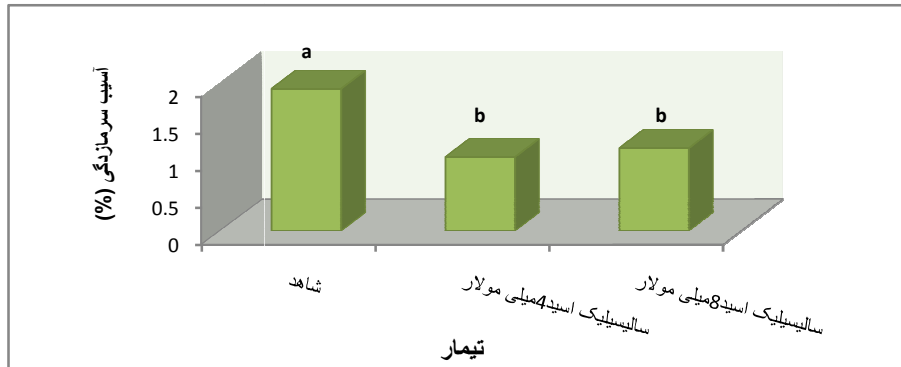
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

میانگین مربعات							df	منابع تغییر
ویتامین ث	TA	TSS	درصد نشت یون	پوسیدگی میوه	آسیب سرمازدگی	ویتامین ث		
۰/۵۲*	۰/۱۶*	۹/۰۱**	۸/۳۴*	۷۰۰/۰۰**	۲/۸۱**	۲	نوع تیمار اعمال شده (A)	
۱۶/۲۳**	۰/۴۱**	۲۱/۳۹**	۱۸۸/۷۲**	۵۳۳/۳۳**	۲/۴۶**	۴	مدت زمان انبارداری (B)	
۰/۶۶*	۰/۰۴*	۳/۵۱*	۱۳/۵*	۲۸۳/۳۳**	۰/۶۹**	۸	اثر متقابل AxB	
۰/۳۹	۰/۰۵	۱/۵۰	۱۱/۵۹	۰/۰۰۰۱	۰/۱۳	۶۰	خطای آزمایشی	
۱۳/۵۳	۱۳/۳۸	۱۰/۲۷	۳/۵۸	۱/۰۱	۲۷/۳۹	-	ضریب تغییرات (/)	

\*، \*\* و \*\*\* به ترتیب بی معنی، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

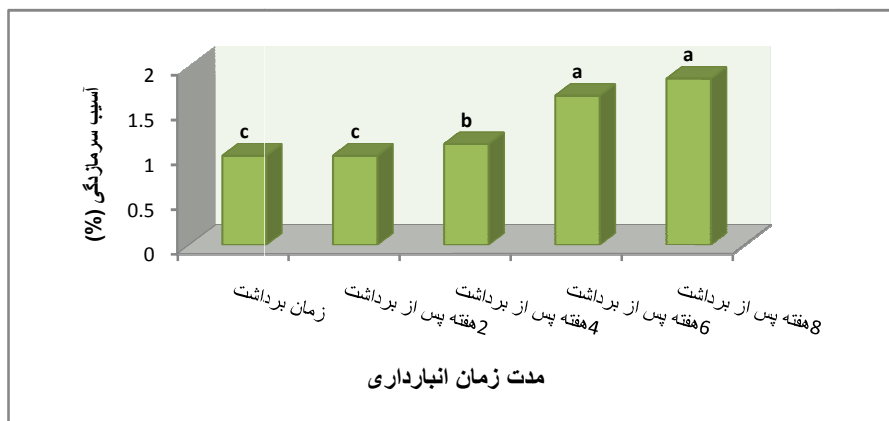
با مشاهده نمودار ۱ در خصوص آسیب سرمازدگی می‌توان گفت که کمترین و بیشترین آسیب سرمازدگی به ترتیب مربوط به تیمارهای سالیسیلیک اسید ۴ میلی‌مولار و شاهد

می‌باشد. بین غلظت‌های سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌دار نبوده ولی هر دو غلظت اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان می‌دهند.



**نمودار ۱- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر آسیب سرمازدگی در میوه نارنگی کینو**

با توجه به نمودار ۲ در خصوص مدت انبارداری تا سطح چهار هفته نگهداری هیچ گونه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آسیب سرمازدگی مشاهده نمی‌شود.



**نمودار ۲- طول انبارداری بر آسیب سرمازدگی در میوه نارنگی کینو**

بیشترین آسیب سرمازدگی مربوط به هشت هفته پس از برداشت می‌باشد که با شش هفته پس از برداشت اختلاف معنی‌داری ندارد، ولی هر دو زمان نسبت به سایر زمان‌ها افزایش معنی‌داری نشان می‌دهند. با توجه به جدول ۲ در بررسی اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارداری مشاهده می‌شود افزایش آسیب سرمازدگی در تیمار شاهد بیشتر از تمامی تیمارها بوده است. بیشترین آسیب سرمازدگی مربوط به تیمار شاهد در هشت هفته پس از برداشت می‌باشد و کمترین آن در همین زمان در تیمار سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار مشاهده می‌شود.

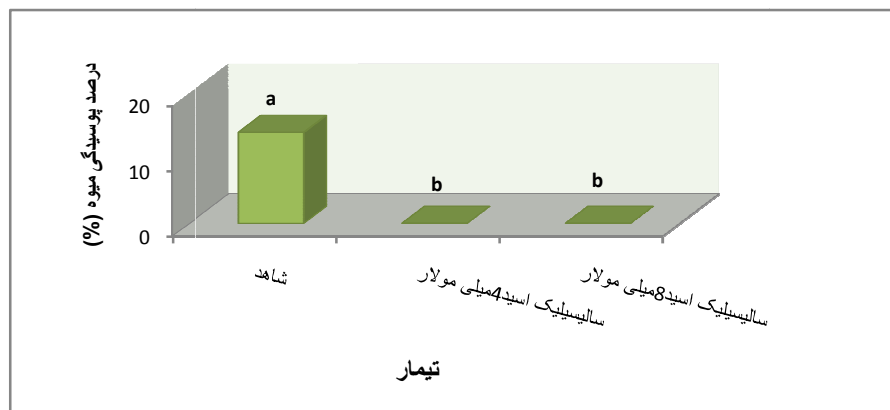
جدول ۲- تاثیر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و طول انبارداری بر آسیب سرمازدگی در میوه نارنگی کینو

آسیب سرمازدگی (%)			صفت تیمار	زمان انبارداری
سالیسیلیک ۸ میلی مولار	سالیسیلیک ۴ میلی مولار	شاهد		
۰/۰۰b	۰/۰۰b	۱/۰۰b		زمان برداشت
۰/۰۰b	۰/۰۰b	۱/۰۰b		۲ هفته پس از برداشت
۰/۰۰b	۰/۰۰b	۱/۴۰b		۴ هفته پس از برداشت
۰/۷۵ab	۰/۴a	۲/۴۰a		۷ هفته پس از برداشت
۱/۰۰a	۰/۴a	۲/۸۰a		۸ هفته پس از برداشت

میانگین های دارای حروف مشابه در یک ستون از لحاظ آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند

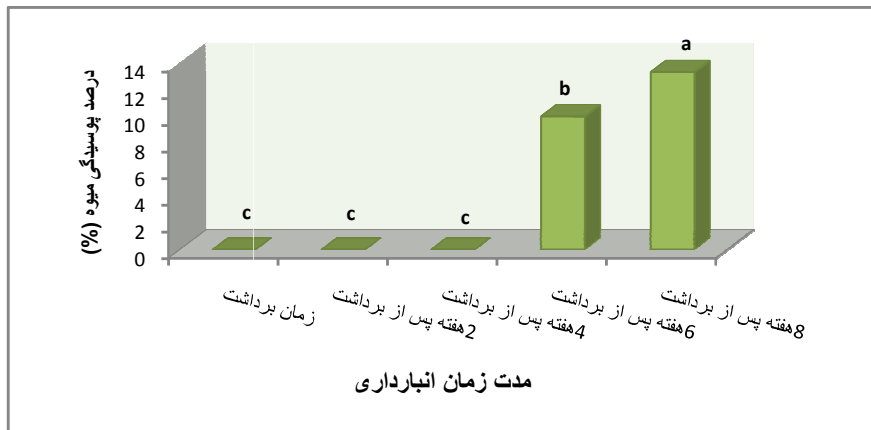
نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که خسارت سرمازدگی و حساسیت به دمای پایین در تمام تیمارها با بروز علائمی از قبیل ایجاد فرورفتگی در پوست، قهوه‌ای شدن پوست و افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها و به دنبال آن فساد قارچی میوه، همراه بود. Sayyari و همکاران (2009)، عنوان کردند آسیب سرمازدگی در میوه‌های شاهد انار نگه‌داری شده در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد برای سه ماه بیشتر از میوه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید بود و تیمار سالیسیلیک اسید به ویژه در غلظت ۲ میلی‌مولار، بیشترین تأثیر را در کاهش خسارت سرمازدگی داشت (Sayyari et al., 2009)، که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. تیمار سالیسیلیک اسید، منجر به سازگاری به دمای پایین شده و در حفظ سیالیت غشاء در دمای پایین مؤثر واقع گردیده و در نهایت درصد نشت یون و خسارت سرمازدگی به میزان قابل توجهی در میوه‌های این تیمار، کاهش می‌یابد.

با توجه به نمودار ۳ می‌توان گفت بیشترین درصد پوسیدگی مربوط به تیمار شاهد می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با غلظت‌های ۴ و ۸ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید دارد.



نمودار ۳- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر پوسیدگی در میوه نارنگی کینو

غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید به لحاظ پوسیدگی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. براساس نمودار ۴ مشخص شد که طی مدت انبارداری درصد پوسیدگی افزایش یافت.



نمودار ۴- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر پوسیدگی در میوه نارنگی کینو

از زمان برداشت تا چهار هفته پس از برداشت اختلاف معنی‌داری به لحاظ پوسیدگی وجود ندارد. بیشترین درصد پوسیدگی مربوط به هشت هفته پس از برداشت می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با سایر زمان‌ها دارد. در بررسی اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارداری با توجه به جدول ۳ مشخص شد که بیشترین میزان پوسیدگی مربوط به شاهد در هشت هفته پس از برداشت می‌باشد. استفاده از سالیسیلیک اسید در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی‌داری در کنترل پوسیدگی موثر واقع شد که این نتایج با مطالعات Wang و همکاران، مبنی بر اینکه اثر سالیسیلیک اسید بر کنترل پوسیدگی را می‌توان به نقش آن در حفظ ثبات و یکنواختی دیواره سلولی نسبت داد مطابقت دارد (Wang et al., 2006).

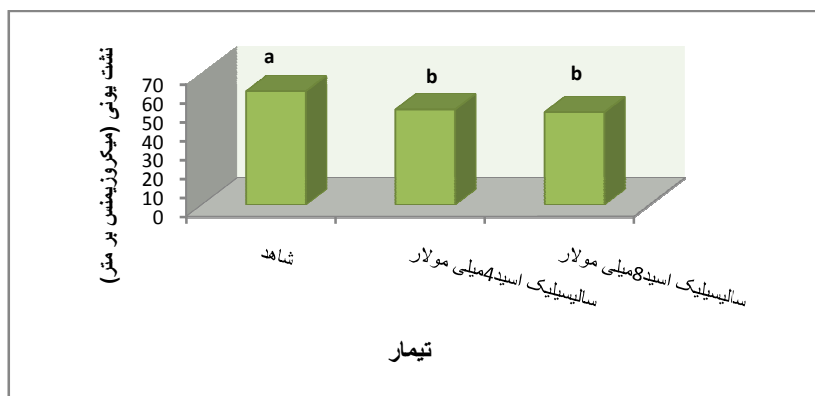
جدول ۳- تاثیر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و طول مدت انبارداری بر پوسیدگی

در میوه نارنگی کینو

درصد پوسیدگی میوه (%)		شاهد	صفت تیمار	زمان انبارداری
سالیسیلیک	سالیسیلیک			
اسید ۸ میلی مولار	اسید ۴ میلی مولار			
۰/۰۰b	۰/۰۰a	۱/۰۰d		زمان برداشت
۰/۰۰b	۰/۰۰a	۱/۰۰d		۲ هفته پس از برداشت
۰/۰۰b	۰/۰۰a	۲/۰۰		۴ هفته پس از برداشت
۰/۰۰b	۰/۰۰a	۴۰/۰۰b		۷ هفته پس از برداشت
۱۰/۰۰a	۰/۰۰a	۸۰/۰۰a		۸ هفته پس از برداشت

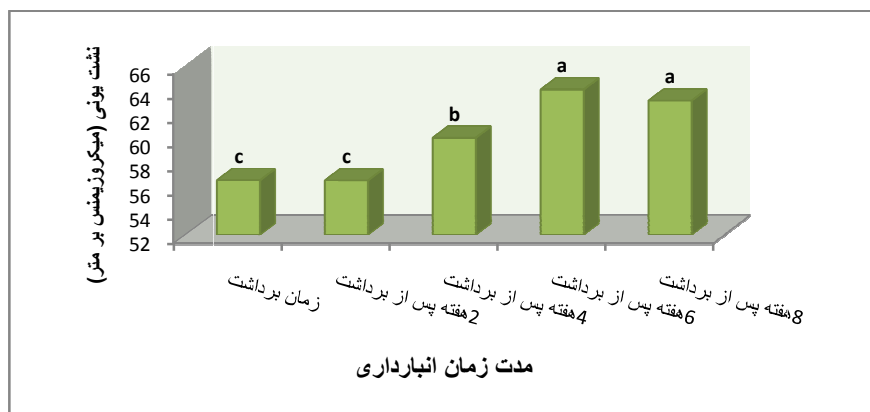
میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون از لحاظ آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

با توجه به نمودار ۵ در مقایسه تیمارها، بیشترین درصد نشت یون در تیمار شاهد و کمترین درصد نشت یون در تیمار سالیسیلیک اسید ۸ میلی مولار مشاهده می‌شود. بین دو غلظت استفاده شده از سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌دار نبود.



نمودار ۵- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر درصد نشت یوندر میوه نارنگی کینو

به طور کلی تیمار سالیسیلیک اسید به میزان قابل توجهی، درصد نشت یون را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. با توجه به نمودار ۶ می‌توان گفت کمترین درصد نشت یون مربوط به زمان برداشت و دو هفته پس از برداشت می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و پس از آن افزایش معنی‌داری مشاهده می‌شود.



نمودار ۶- تاثیر طول مدت انبارداری بر درصد نشت یوندر میوه نارنگی کینو

بیشترین درصد نشت یون در شش هفته پس از برداشت می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با هشت هفته پس از برداشت ندارد. با توجه به جدول ۴ در بررسی اثر متقابل تیمارها و مدت زمان انبارداری مشخص شد درصد نشت یون در تمام تیمارها افزایش یافته است. بیشترین درصد نشت یون مربوط به تیمار شاهد در شش هفته پس از برداشت می‌باشد. شرایط



سرمازدگی در بافت‌های گیاهی باعث تغییر لیپیدهای غشای سلولی از فرم مایع-کریستالی به فرم جامد-ژله‌ای می‌شود و در نتیجه منجر به افزایش نفوذپذیری غشا و نشت یون‌ها از غشا می‌گردد. به علاوه با افزایش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع غشا، سازگاری موقت و یا دائمی به دمای پایین ایجاد می‌گردد که از این موضوع به عنوان یک فاکتور اساسی در افزایش مقاومت غشا تحت شرایط سرمازدگی یاد می‌شود (Mirdehghan *et al.*, 2006). در این پژوهش نیز با استفاده از سالیسیلیک اسید درصد نشت یون و خسارت سرمازدگی کاهش یافت، که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق Sayyari و همکاران (2009)، که افزایش در میزان نشت یون در میوه‌های انار نگهداری شده در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد را نشان داد و تیمار سالیسیلیک اسید تاثیر قابل توجهی بر کاهش نشت یون، در این میوه‌ها داشت، مطابقت دارد.

#### جدول ۴- تاثیر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و طول مدت انبارداری بر درصد نشت یوندر میوه نارنگی کینو

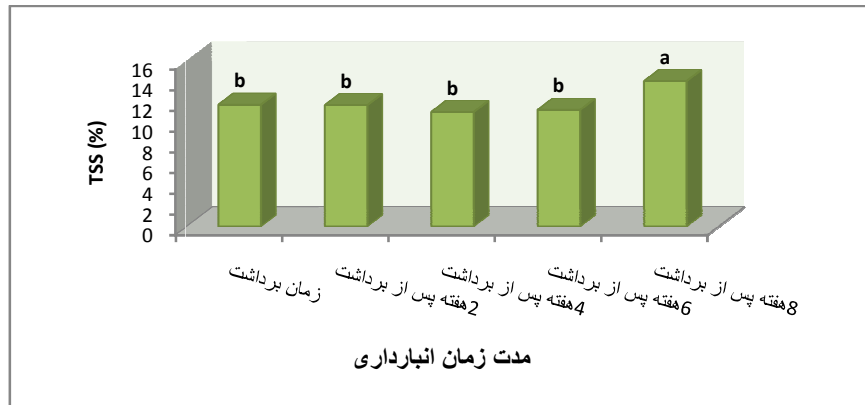
نشست یونی (میکرو زیمنس به متر)			شاهد	صفت تیمار	زمان انبارداری
سالیسیلیک	سالیسیلیک	سالیسیلیک			
اسید ۸ میلی مولار	اسید ۴ میلی مولار	سالیسیلیک	شاهد	تیمار	زمان انبارداری
۴۵/۸۴c	۴۷/۴۰b	۵۶/۳۵c			زمان برداشت
۴۸/۵۱bc	۴۶/۷۲b	۵۴/۵۱c			۲ هفته پس از برداشت
۴۸/۳۰bc	۵۰/۹۱ab	۶۰/۷۳b			۴ هفته پس از برداشت
۵۴/۰۴a	۵۴/۰۴a	۶۵/۴۰a			۷ هفته پس از برداشت
۵۰/۳۷ab	۵۳/۶۰a	۶۴/۰۴ab			۸ هفته پس از برداشت

میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون از لحاظ آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند. هد و کمترین میزان آن مربوط به تیمار سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار می‌باشد که اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند.



نمودار ۷- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر TSS در میوه نارنگی کینو

بر اساس نمودار ۸ مشخص شد که در طی مدت انبارداری درصد TSS افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان TSS مربوط به هشت هفته پس از برداشت بود که اختلاف معنی داری با سایر زمانها داشت.



نمودار ۸- تاثیر طول مدت انبارداری بر TSS در میوه نارنگی کینو

با توجه به جدول ۵ در تمامی تیمارها در طول مدت انبارداری افزایش معنی دار میزان TSS مشاهده می‌شد. در تیمار شاهد بیشترین میزان TSS در هشت هفته پس از برداشت مشاهده شد. که دارای تفاوت معنی دار با سایر مدت زمانها است. با اعمال تیمار سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار کمترین درصد TSS در زمان برداشت بود که دارای تفاوت معنی دار با سایر زمانها بود و بیشترین درصد با تفاوت معنی دار نیز در هشت هفته پس از برداشت مشاهده شد.

جدول ۵- تاثیر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و طول مدت انبارداری بر میزان TSS میوه نارنگی کینو

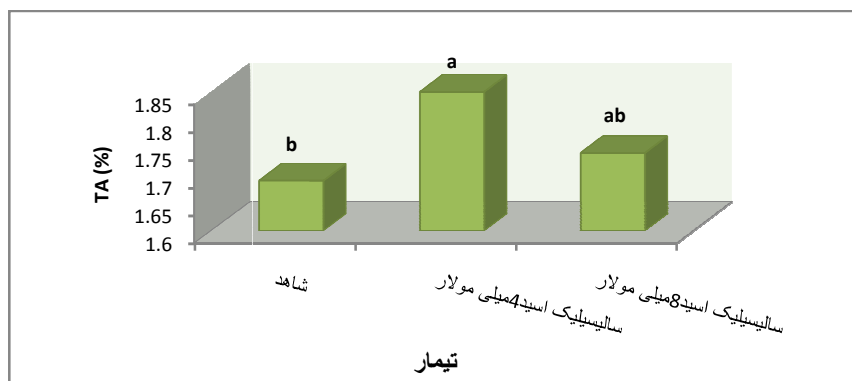
میزان مواد جامد محلول (%)			شاهد	صفت تیمار	زمان انبارداری
سالیسیلیک اسید ۸ میلی مولار	سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار	سالیسیلیک اسید ۰ میلی مولار			
۱۱/۵۴b	۹/۱۹c	۱۲/۱۶b			زمان برداشت
۱۰/۹۵b	۱۱/۹۸b	۱۲/۲۰b			۲ هفته پس از برداشت
۱۰/۸۲b	۱۰/۵۸bc	۱۱/۷۵b			۴ هفته پس از برداشت
۱۲/۱۷ab	۱۱/۵۴b	۱۲/۴۱b			۷ هفته پس از برداشت
۱۳/۳۲a	۱۴/۱۲a	۱۴/۶۴a			۸ هفته پس از برداشت

میانگین های دارای حروف مشابه در یک ستون از لحاظ آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند

همچنین در تیمار سالیسیلیک اسید ۸ میلی مولار بیشترین درصد TSS در هشت هفته پس از برداشت مشاهده می‌شود که تفاوت معنی داری با شش هفته پس از برداشت تمامی تیمارها میزان TSS در طول دوره نگهداری اندکی افزایش نشان می‌دهد. Rodove و همکاران نشان دادند که در هیبرید اوربلانکو میزان TSS در طول مدت انبارداری در دمای پایین افزایش

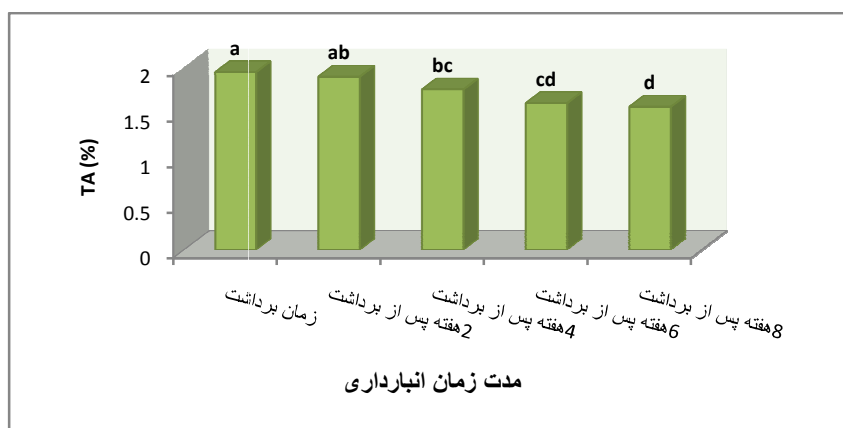
می‌یابد که بیشترین میزان افزایش در میوه‌های تیمار نشده دیده می‌شود. دلیل این افزایش نیز از دست رفتن آب میوه و غلیظتر شدن مواد جامد محلول می‌باشد (Rodove *et al.*, 2000). نتایج بدست آمده در این پژوهش نیز نشان می‌دهد که بیشترین افزایش TSS در تیمار شاهد می‌باشد.

با توجه به نمودار ۹ مشخص شد که کمترین و بیشترین درصد TA به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند.



نمودار ۹- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر TA در میوه نارنگی کینو

بر طبق نمودار ۱۰ بیشترین میزان TA مربوط به زمان برداشت و دو هفته پس از برداشت می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند و پس از آن کاهش یافت به طوری که کمترین درصد TA در هشت هفته پس از برداشت مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری با شش هفته پس از برداشت ندارد.



نمودار ۱۰- تاثیر طول مدت انبارداری بر TA در میوه نارنگی کینو

با توجه به جدول ۶ در بررسی تیمار شاهد و تیمارهای سالیسیلیک اسید ۴ و ۸ میلی مولار و طول مدت انبارداری مشاهده می‌شود که در تمامی تیمارها درصد TA روند نزولی داشت و

بیشترین درصد TA مربوط به هفته‌های اولیه انبارداری و کمترین میزان آن مربوط به هفته‌های ششم و هشتم پس از برداشت بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۶- تاثیر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و طول مدت انبارداری بر TA

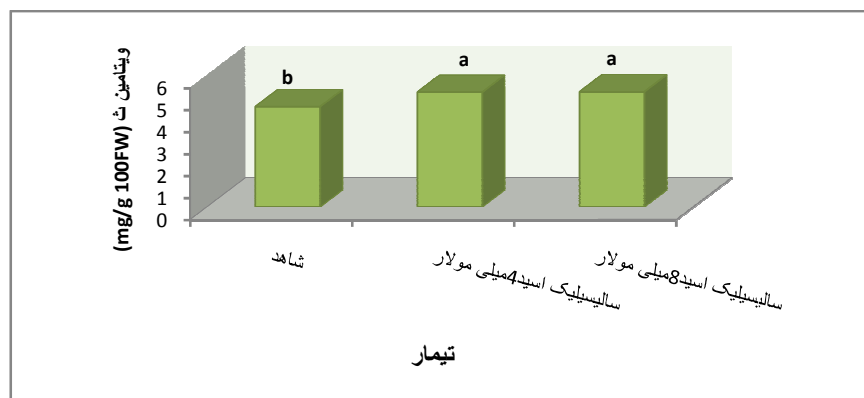
در میوه نارنگی کینو

TA (%)		شاهد	صفت تیمار	زمان انبارداری
سالیسیلیک	سالیسیلیک			
اسید ۸ میلی مولار	اسید ۴ میلی مولار			
۱/۷۶ab	۱/۷۶ab	۱/۷۶a		زمان برداشت
۱/۹۶a	۲/۰۲a	۱/۷۲ab		۲ هفته پس از برداشت
۱/۹۵a	۲/۰۲a	۱/۸۷a		۴ هفته پس از برداشت
۱/۴۶c	۱/۷۴ab	۱/۶۴ab		۷ هفته پس از برداشت
۱/۵۸bc	۱/۶۹b	۱/۴۶b		۸ هفته پس از برداشت

در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند LSD میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون از لحاظ آزمون

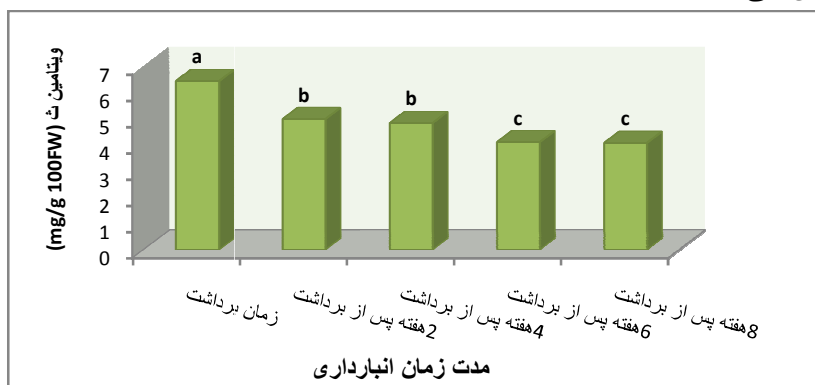
به طور کلی با افزایش مدت زمان انبارداری میزان TA کاهش می‌یابد (Lau et al., 1986). یکی از دلایل کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در طول انبار و دوره پس از انبار شرکت اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا در پدیده تنفس می‌باشد. بازدارنده‌های تولید یا عمل اتیلن می‌توانند باعث افزایش اسیدهای آلی شوند (Defilippi et al., 2004). در این پژوهش مشاهده شد کاربرد سالیسیلیک اسید که به عنوان یک بازدارنده اتیلنی عمل می‌کند سبب حفظ مقدار TA گردید. این نتایج با نتایج حضوری اهل که بیان داشت، تیمار سالیسیلیک اسید به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد موجب حفظ مقدار TA میوه‌ها می‌گردد، مطابقت دارد (حضوری اهل، ۱۳۸۸).

بر اساس نمودار ۱۱ مشاهده می‌شود کمترین میزان ویتامین ث مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.



نمودار ۱۱- تاثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر ویتامین ث در میوه نارنگی کینو

بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار سالیسیلیک اسید ۸ میلی مولار مشاهده می‌شود که تفاوت معنی‌داری با تیمار سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار ندارد. بین تیمارهای سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی‌دار ملاحظه گردید. با توجه به نمودار ۱۲ مشاهده می‌شود در طی مدت انبارداری میزان ویتامین ث کاهش یافت به طوری که بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به زمان برداشت بود که اختلاف معنی‌داری با سایر زمان‌ها داشت. کمترین میزان ویتامین ث مربوط به هشت هفته پس از برداشت می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با شش هفته پس از برداشت ندارد، ولی هر دو زمان شش و هشت هفته پس از برداشت با سایر زمان‌ها اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهند.



نمودار ۱۲- تاثیر طول مدت انبارداری بر ویتامین ث در میوه نارنگی کینو

با توجه به جدول ۷ در بررسی اثر متقابل تیمارها و مدت زمان انبارداری، بیشترین میزان ویتامین ث در تمامی تیمارها مربوط به زمان برداشت است که تفاوت معنی‌داری با سایر زمان‌ها نشان می‌دهد. به طور کلی میزان ویتامین ث در تمام تیمارهای به کار رفته کاهش نشان می‌دهد، اما روند کاهش ویتامین ث در تیمار سالیسیلیک اسید کمتر می‌باشد. در تیمارهای سالیسیلیک اسید ۴ و ۸ میلی مولار کمترین میزان ویتامین ث در هشت هفته پس از برداشت مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری به لحاظ آماری با دیگر زمان‌ها نشان داد.

جدول ۷- تاثیر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و طول مدت انبارداری بر ویتامین ث

در میوه نارنگی کینو

ویتامین ث (mg/g 100 Fw)		شاهد	صفت تیمار	زمان انبارداری
سالیسیلیک اسید ۸ میلی مولار	سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار			
۶/۵۱a	۵/۷۰ <sup>a</sup>	۶/۳۸a		زمان برداشت
۴/۳۴b	۴/۶۸ <sup>b</sup>	۴/۸۴b		۲ هفته پس از برداشت
۴/۹۵b	۴/۷۸ <sup>b</sup>	۴/۰۰b		۴ هفته پس از برداشت
۴/۷۳b	۴/۰۰ <sup>b</sup>	۳/۳۲c		۷ هفته پس از برداشت
۳/۴۱c	۳/۴۶ <sup>c</sup>	۳/۰۰d		۸ هفته پس از برداشت

میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون از لحاظ آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

کاهش وزن می‌تواند کاهش اسکوربیک اسید را سرعت بخشد. این ویتامین در اثر فعالیت اسکوربیک اسید اکسیداز، تجزیه و آنگاه هیدرولیز می‌شود. نتایج این تحقیق با پژوهش‌های انجام شده توسط Tavarine و همکاران، مبنی بر کاهش میزان ویتامین ث در انبار مطابقت دارد (Tavarini *et al.*, 2008). با کاربرد تیمار سالیسیلیک اسید، کاهش کمتری در مقدار ویتامین ث میوه‌ها مشاهده شد. احتمال داده می‌شود که تیمار سالیسیلیک اسید به دلیل کاهش حساسیت میوه‌ها به سرما و ممانعت از آب از دست‌دهی، از کاهش شدید ویتامین ث در طول دوره انبارداری جلوگیری کرده و در حفظ آن مؤثر واقع گردیده است. همچنین با توجه به پایداری بیشتر ویتامین ث در محیط‌های اسیدی‌تر، احتمال داده می‌شود که تیمار سالیسیلیک اسید با کمک حفظ شرایط اسیدی میوه و کمک به حفظ اسید کل عصاره میوه، بر روی پایداری و دوام ویتامین ث در طول دوره انبارداری مؤثر واقع گردید. ویتامین ث در محیط‌های فاقد اتیلن، به مقدار قابل توجهی بالاتر است. همچنین در رابطه با بسیاری از محصولات، گزارش شده است که فرآیند بلوغ باعث کاهش در مقدار ویتامین ث می‌گردد. احتمال داده می‌شود که سالیسیلیک اسید به دلیل دارا بودن اثر رقابتی با هورمون اتیلن و همچنین به دلیل ایجاد تأخیر در فرآیند بلوغ، در ممانعت از کاهش شدید ویتامین ث در طول دوره انبارداری مؤثر می‌باشد (Raskin, 1992; Zhang *et al.*, 2009).

به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان سالیسیلیک اسید ۴ میلی مولار را موثرترین تیمار جهت حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نارنگی رقم کینو و کنترل آسیب سرمازدگی معرفی نمود.

## منابع

باغبان‌ها، م.، فتوحی قزوینی، ر.، حاتم زاده، ع. و حیدری، م. ۱۳۸۶. اثر سالیسیلیک اسید بر تحمل تنش یخ‌زدگی دان‌نهال‌های لیمو آب شیراز. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۸. شماره ۳. ۱۹۸-۱۸۵.

حضور اهل، س. ۱۳۸۸. بررسی اثر آب گرم و اسید سالیسیلیک بر انبارهای گلایی رقم سر درود. ششمین کنگره علوم باغبانی ایران.

راحی، م. ۱۳۸۴. فیزیولوژی پس از برداشت، انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ چهارم.

غلامی، م. ۱۳۸۸. اثر تیمار اسید سالیسیلیک و اسید جیبرلیک بر زمان رسیدن، میزان آنتوسیانین و تولید میوه گیلاس رقم مشهد. ششمین کنگره علوم باغبانی ایران.

Amborabe, B. E., (2002). Antifungal effects of salicylic acid and benzoic acid derivatives toward *Eutypa* late: Structure activity relationship. *Plant physiol. Biochem.* 40: 1051-1060.

- Plotto, A., (1997). Eating quality of 'Gala' and 'Fuji' apples from multiple harvest and storage duration. *HortScience*, 32: 903-908.
- Defilippi, B. G., Dandekar, A. M., & Kader, A. A., (2004). Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavor metabolites in apple 'Malus domestica Borkh.' *Fruit, J. Agric. Food. Chem.*, 52: 5701-5710.
- Gille, G., & Singler, K., (1995). Oxidative stress in living cells. *Folia Microbiol.* 2: 131-152.
- Glass, A. D., (1974). Influence of phenolic acids upon ion uptake. III. Inhibition of potassium absorption. *J. Exp. Bot.*, 25: 1037-1041.
- Hsein, J., Wen, C. H., Josef, K., & Yaw, H., (2001). Ca<sup>2+</sup> - dependent and Ca<sup>2+</sup> - independent excretion modes of salicylic acid in tobacco cell suspension culture. *J. of Experimental Botany.* 52: 1219-1226.
- Huang, Y. F., Chen, C. T., & Kao, C. H., (1993). Salicylic acid inhibits the biosynthesis of ethylene in detached rice leaves. *Plant Growth Reg.* 12: 79-82.
- Lau, O. L., Liu, Y., & Yanh, S. F., (1986). Effect of fruit detachment on ethylene biosynthesis, and loss of flesh firmness skin color, and starch in ripening 'Golden delicious' apples, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111: 731-734.
- Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, J. M., Zapata, P. J., Serrano, M., & Valero, D., (2006). Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat temperature. *Postharvest Biol. And technol.* 44: 19-25.
- Raskin, I., (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol., Plant Mol. Biol.*, 43: 439-463.
- Rodove, V., Agar, T., Pertz, J., & Kim, J. J., (2000). Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of "Oroblanco" fruit (*Citrus grandis* L.-C. *Pardisi* Marc.). *Postharvest Biology and Technology.* 20: 287-294.
- Ryals, J. A., Neuenschwander, U. H., Willits, M. G., Molina, A., Steiner, H. Y., & Hunt, M. D., (1996). Systemic acquired resistance. *Plant Cell* 8: 1809-1819.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M., & Valero, D., (2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology.* 53: 152-154.
- Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R. & Guidi, L., (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwi fruit. *Food Chemistry*, 107: 282-288.
- Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., & 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 Biol. Technol.* 41: 244-251.
- Zhang, W., Curtin, C., Kikuchi, M., & Franco, C., (2002). Integration of jasmonic acid and light irradiation for enhancement of anthocyanin biosynthesis in *Vitis -vinifera* suspension cultures. *Plant Sci.* 162: 459-468.

**The effect of salicylic acid on chilling injury and some quantitative and qualitative characteristics of kinnow mandarin (*Citrus reticulata* Blanco., CV. kinnow)**

M. Ebrahimzadeh, A. Aboutalebi, M. M. Kamelmanesh, A. R. Kavand

**Abstract**

In order to assess the effects of salicylic acid on the storage life increase and the chilling injury decrease of kinnow mandarin an experiment was conducted in a factorial completely randomized design, with five replications and two factors including: SA with 3 levels (0 (control), 4 and 8 mM) and storing with 5 levels (the time of harvest, 2, 4, 6 and 8 weeks post harvest). The fruit were immersed in SA solutions for 7 minutes and then they were kept in cold storage in temperature +3.5 °C of for 2 months. The quantitative and qualitative characteristics are chilling injury, decay; electrolyte leakage percentage, titratable acidity (TA), total solid soluble (TSS) and vitamin C were measured. The results indicate that SA in both concentration significantly cause a decrease in chilling injury, decay, electrolyte leakage percentage and the amount of TSS in comparison with control. SA in 4 mM concentration has a significant effect in keeping the amount of TA and vitamin C of fruits in storage life. The results obtained from this study indicate that with increase the storage period, the soluble solid content increased continuously during storage and titratable acidity and vitamin C decreased during storage. In general, the most effective treatment on assessed characteristics was SA in 4 mM concentration.

**Keywords:** salicylic acid, kinnow mandarin, chilling injury, electrolyte leakage percentage