کارایی محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر بهبود خصوصیات میوه نارنگی پرل تانجلو در انبار خنک و معمولی

سارا کیانی‌مجد[۱]، سیدمهدی میری(نویسنده مسئول)[۱*] و سیامک کلانتری[۳]

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، sara.kianimajd@yahoo.com

۲*- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، smmiri@kiau.ac.ir

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی و مهندسی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، kalantaris@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۰

Efficiency of salicylic acid spraying on improving the characteristics of Pearl Tangelo mandarin in cold and common storages

Sara Kiani Majd[1], Seied Mehdi Miri[2]* (Corresponding author) and Siamak Kalantari[3]

1- M.Sc, Department of Horticulture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, sara.kianimajd@yahoo.com

2*- Associate Professor, Department of Horticulture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, smmiri@kiau.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran, kalantaris@ut.ac.ir

Received: April 2021 Accepted: July 2021

چکیده

محلول‌پاشی پیش از برداشت میوه‌های مرکبات با اسید سالیسیلیک، یکی از روش‌های کارا و بی‌خطر برای حفظ و بهبود کیفیت میوه‌ها در مدت انبارداری است. در این پژوهش تاثیر محلول‌پاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک با غلظت‌های صفر، ۱، ۳ و ۵ میلی‌مولار بر خصوصیات پس از برداشت میوه‌های نارنگی پرل‌تانجلو انبار شده در دو دمای محیط (۲±۱۲ درجه سلسیوس) و سردخانه (۱±٤ درجه سلسیوس) به مدت یک ماه بررسی گردید. فاکتورهای مورد بررسی عبارت بودند از مقدار رطوبت و ماده خشک پوست، درصد وزنی پوست، عصاره و تفاله میوه، pH، TA، TSS، TSS/TA و ویتامین C آب میوه‌ها که هر هفته ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک نقش قابل توجهی در افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها دارد. بالاترین درصد رطوبت پوست در هر دو شرایط دمایی با تیمار ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد. بیشترین مقدار ویتامین C (٦٤ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) به تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در انبار معمولی و سردخانه و کمترین TSS/TA به تیمار عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در انبار معمولی (۹/۲) تعلق داشت. همچنین درصد رطوبت پوست، میزان ویتامین C و شاخص TSS/TA در طول مدت انبارمانی (به ویژه در انبار معمولی) کاهش یافت. در مجموع میتوان گفت که محلول‌پاشی قبل از برداشت میوه‌های نارنگی با اسید سالیسیلیک می‌تواند موجب بهبود و یا حفظ ویژگی‌های کیفی میوه در مدت انبارداری گردد.

کلمات کلیدی: انبارمانی، تنظیم کننده‌های رشد، مرکبات، مواد جامد محلول کل، ویتامین C.

Abstract

Citrus is one of the most important fruit crops known by human. They are mainly grown in humid and arid sub-tropical regions. Citrus fruit undergo physico-chemical changes such as shrinkage, weight loss, decay as well as decrease in vitamin C during storage, which directly affects on fruits quality. Pre-harvest foliar application of salicylic acid (SA) is an efficient and safe technique to maintain fruit quality during storage. This study was carried out to evaluate the pre-harvest spray of SA (0, 1, 3 and 5 mM) on improving the shelf life and fruit quality of mandarin (*Citrus reticulata* L. 'Pearl Tangelo'). The fruits were stored for one month at common storage (12±2˚C) and refrigerator (4±1˚C) and factors included peel moisture (%), fruit peel, juice and pulp weight (%), pH, TSS, TA, TSS/TA and vitamin C evaluated every week. The results showed that salicylic acid played a major role in increasing of fruit storage life. The highest percentage of peel moisture in both temperature conditions was observed with 5 mM salicylic acid. Low concentration of SA significantly preserved vitamin C, as the highest amount of vitamin C (64 mg per 100 ml of juice) were belonged to 1 mM salicylic acid at both common and cold storages. The lowest TSS/TA (9.2) was obtained with untreated SA-fruits in the common storage. The peel moisture (%), vitamin C and TSS/TA decreased during storage. The pH of fruit juice increased slightly in the second to fourth week of storage compared to the first week. There is a negative correlation between fruit juice weight (%) with TSS and TSS/TA. Since salicylic acid treatments are easy to set up and inexpensive, pre-harvest foliar application of SA could be a useful strategy to maintain physico-chemical and sensory quality parameters of mandarin fruit and prolong the storability of fruits during storage.

Keywords: Citrus, plant Growth regulators, Storage life, Total soluble solid, Vitamin C.

مقدمه و کلیات

پرل تانجلو (Pearl Tangelo) رقمی از نارنگی است که از تلاقی گریپ فروت ایمپریال (Imperial) و نارنگی ویلولیف (Willowleaf) توسط هوارد بی. فراست (Howard B. Frost) در سال ۱۹۲۹ در ایستگاه تحقیقات مرکبات کالیفرنیا بدست آمده و میوه‌هایی بازارپسند با پوست نازک و صاف و طعم شیرین مطبوع دارد (Frost, 1940) و در برخی از نواحی مرکبات خیز ایران از جمله شمال خوزستان (دزفول) کشت می‌شود (Miri, 2012). محصولات باغبانی از جمله مرکبات هنگام رسیدن و برداشت میزان بالایی آب دارند که در معرض پژمردگی، خشک شدن و آسیب‌های مکانیکی هستند، به طوری که تخمین زده می‌شود ۳۰-۲۰ درصد تولیدات باغی پس از برداشت از بین می‌رود (El-Ramady *et al.*, 2015) و در مورد پرتقال این میزان تا ٤٠ درصد نیز گزارش شده است (Ansari and Feridoon, 2008). به طور کلی شرایط نگهداری نارنگی‌ها، دمای ۵-۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵-۸۰ درصد است (Miri, 2012). دمای پایین انبار در یک حد بهینه همراه با رطوبت بالا موجب کاهش پوسیدگی قارچی، تنفس، از دست دادن آب، نرم شدن میوه و تخریب ویتامین C و نیز تاخیر در پیری، کند شدن تغییرات متابولیکی نامناسب و حفظ کیفیت میوه می‌شود. انبار خنک می‌تواند با تیمارهایی دیگری مانند استفاده از انواع واکس‌ها، قارچکش‌ها، گرما درمانی و پوشش‌های مختلف نیز تکمیل گردد (El-Ramady *et al.*, 2015; Ennab *et al.*, 2020; Miri *et al.*, 2018). یکی از روش‌های افزایش انبارمانی میوه استفاده از تنظیم کننده‌های رشد از جمله اسید سالیسیلیک است (Ennab *et al*, 2020). این ماده یک ترکیب فنلی است که به طور طبیعی در گیاهان سنتز می‌شود و در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه همانند جذب یون‌ها، کاهش تعرق، حفظ یک‌پارچگی غشا، جلوگیری از بیوسنتز اتیلن، مهار پاسخ‌های زخم، واکنش‌های فوق حساسیت و مقاومت به بیماری‌ها و مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از محرک‌های زیستی و غیرزیستی نقش مهمی دارد (Ding and Ding, 2020; Lefevere *et al.*, 2015; Miri *et al.*, 2015; Poór, 2020; Soleimani Rozbahani *et al.*, 2018). Ahmad و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند محلول‌پاشی قبل از برداشت پرتقال با اسید سالیسیلیک درصد پوسیدگی را کاهش داده و خصوصیات کیفی میوه در انبار را بهبود می‌بخشد. Mollapur و همکاران (۲۰۱٦) نیز دریافتند محلول‌پاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک موجب کاهش از دست دادن وزن و پوسیدگی و بهبود طعم میوه پرتقال می‌گردد. همچنین محلوپاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک نقش موثری در جلوگیری از کاهش وزن میوه نارنگی نشان داد (Pishvaei *et al.*, 2018) و نیز موجب حفظ خواص آنتی‌اکسیدانی، سفتی پوست و گوشت، ویتامین C، مواد جامد محلول و اسیدیته میوه لیموترش شد (Yousefi *et al.*, 2019). محصول نارنگی پرل تانجلو در پاییز به بازار عرضه می‌شود و در صورتی که امکان نگهداری هرچند کوتاه مدت این محصول در شرایط انبار فراهم گردد، هم از حجم زیاد اولیه و قیمت پایین آن در بازار جلوگیری می‌گردد و هم زمان عرضه به بازار طولانی‌تر می‌شود.

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر اسید سالیسیلیک به عنوان یک ترکیب طبیعی در کاهش افت کیفیت میوه نارنگی پرل تانجلو در طول مدت انبارداری می‌باشد.

فرآیند پژوهش

این تحقیق در باغ شش ساله نارنگی پرل تانجلو پیوندی بر روی پایه نارنج، واقع در شهرستان اندیمشک، استان خوزستان انجام شد. در ابتدای مرحله‌ی تغییر رنگ میوه‌ها، درختان با شرایط و خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مشابه در جهات مختلف باغ به طور کاملا تصادفی انتخاب شده و با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰ (آب مقطر)، ۱، ۳ و ۵ میلی‌مولار توسط سم‌پاش دستی محلول‌پاشی شدند. برای هر تیمار ۲۰ درخت در نظر گرفته و اتیکت‌گذاری شد. ۱۵ روز پس از آن در تاریخ ۳۰ آذر میوه‌های سالم و هم اندازه برداشت و به انبار معمولی (۲±۱۲ درجه سلسیوس) که دارای تهویه و کولر جهت ثابت نگه‌داشتن شرایط بوده و سردخانه (۱±٤ درجه سلسیوس) در داخل کیسه‌های نخی انتقال یافتند. طول دوره انبار یک ماه و میزان رطوبت نسبی ۵±۸۵ درصد بود و هر هفته، پنج عدد میوه از هر تیمار انتخاب و برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد – دزفول منتقل شدند. برای اندازه گیری میزان درصد وزنی پوست، عصاره و تفاله میوه، ابتدا میوه را وزن نموده، پوست آنها را گرفته و جداگانه وزن گردید. سپس آب میوه‌های بدون پوست را وزن کرده، از اختلاف وزن میوه بدون پوست و وزن آب میوه، وزن تفاله بدست آمد. پس از آن هر کدام از این اوزان را بر وزن کل میوه تقسیم و ضربدر ۱۰۰ نموده تا درصد آنها محاسبه شود. به منظور تعیین میزان رطوبت پوست میوه، پوست میوه‌ها را گرفته و وزن کرده سپس به آون با دمای صد درجه سلسیوس به مدت ۲٤ ساعت منتقل نموده و پس از خشک شدن کامل پوست‌ها، بار دیگر وزن کرده، پس از آن اختلاف وزن اولیه و ثانویه محاسبه گردید. مقدار pH با استفاده از آب گرفته شده سه میوه از هر تکرار و توسط دستگاه pH متر اندازه گیری شد. ویتامین C با روش تیتراسیون و با کمک یدور و معرف چسب نشاسته ۱ درصد تعیین گردید. مواد جامد محلول کل (TSS) با استفاده از رفرکتومتر دستی تعیین و به صورت درجه بریکس بیان شد. اسیدیته کل (TA) به روش تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال انجام شد و به صورت درصدی از اسید سیتریک مشخص گردید. بعد از تعیین میزان اسید قابل تیتر و مواد جامد محلول، نسبت TSS/TA نیز محاسبه شد. این تحقیق به صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار (هر تکرار ۵ درخت) و با ۳ عامل اسید سالیسیلیک و زمان انبارداری در دو شرایط دمای محیط و سردخانه انجام گردید. تجزیه واریانس توسط نرم افزار SPSS 21 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ضریب همبستگی به روش پیرسون در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

برهم‌کنش اسید سالیسیلیک، دمای انبار و زمان انبارداری در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد وزنی پوست، درصد وزنی عصاره و TSS تاثیر گذار بود.

برهم‌کنش اسید سالیسیلیک و دمای انبار بر درصد رطوبت پوست، درصد وزنی تفاله، ویتامین C و TSS/TA در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. زمان انبار روی درصد رطوبت پوست و ویتامین C در سطح احتمال ۱ درصد و pH و TSS/TA در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت اما هیچکدام از تیمارها و برهم‌کنش آنها روی میزان TA معنی‌دار نشدند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). نتایج نشان داد که با گذشت زمان از هفته اول به بعد درصد وزنی پوست کاهش داشت که البته در بعضی موارد این کاهش وزن معنی‌دار نبود. با محلول‌پاشی ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، درصد وزنی پوست در پایان انبارداری نسبت به هفته اول در هر دو شرایط دمایی بالاتر بود. بیشترین درصد وزنی پوست با ۲۶/۸ درصد به تیمار ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هفته اول سردخانه تعلق داشت (جدول ۱). کاهش وزن میوه عمدتاً مربوط به از دست دادن آب ناشی از تعرق است که ابتدا از پوست شروع می‌شود. شرایط رطوبت پایین و دمای بالای انبار موجب از دست دادن آب پوست میوه شده و کاهش کیفیت و بازارپسندی میوه مرکبات می‌گردد، بطوریکه ۲/۵ درصد کاهش وزن منجر به چروکیدگی پوست میوه می‌شود. بنابراین نگهداری میوه‌ها در شرایط مرطوب و خنک می‌تواند بر رفتار روزنه‌ها و کاهش از دست دادن آب در طول دوره انبارمانی موثر باشد (Ennab *et al.*, 2020). Ennab و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند درصد کاهش وزن میوه نارنگی مورکات در طی انبارمانی در دمای ۵ یا ۲۳ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد که در دمای بالاتر میزان کاهش وزن بیشتر می‌باشد و غوطه‌وری میوه‌ها در محلول اسید سالیسیلیک موجب کاهش از دست دادن وزن میوه در هر دو دما گردید.

جدول ۱- اثر اسید سالیسیلیک، دما و زمان انبار بر درصد وزنی پوست و عصاره و TSS

Table 1- Effect of temperature, salicylic acid and storage time on fruit peel and juice weight (%) and TSS

دمای انبار (°C)	اسید سالیسیلیک (mM)	زمان انبار (w)	درصد وزنی پوست	درصد وزنی عصاره	TSS
٤	٠	٠	٢٠/٥ bc	٤٠/٥ e	١٠/٥ bc
		١	١٩/١ c	٤٨/٦ c	١١/٠ b
		٢	١٨/٣ cd	٤٩/٦ c	١١/٤ ab
		٣	١٠/٨ g	٥٥/٤ b	١٠/٩ b
		٤	١١/٤ f	٤٦/٦ d	١٠/٣ bc
	١	٠	٢١/٥ b	٤٦/٠ d	١٠/٧ bc
		١	١٩/٤ c	٤٤/٥ d	١١/٤ ab
		٢	١٦/٦ d	٥٥/٦ b	١١/٩ a
		٣	١٦/٨ d	٤٦/٦ d	١١/٢ ab
		٤	١٣/٤ ef	٤٩/٦٨ c	١١/٠ b
	٣	٠	٢٠/٢ bc	٤٥/٥ d	١١/٢ ab
		١	٢١/٥ b	٤٠/٣ e	١١/٤ ab
		٢	١٦/٧ d	٤٧/٧ d	١٠/٢ c
		٣	١٣/٧ ef	٥٩/٤ a	١٠/٠ c
		٤	١١/٥ f	٥١/٢ c	١٠/٧ bc
	٥	٠	٢٠/٧ bc	٤٧/٠ d	١١/٠ b
		١	٢٦/٨ a	٤١/٤ d	١١/٩ a
		٢	١٧/٨ d	٤٨/٦ c	١١/٠ b
		٣	٢١/٦ b	٤٨/٤ c	١٠/٥ bc
		٤	١٥/٤ de	٥٤/٢ b	١١/٢ ab
١٢	٠	٠	٢٠/٥ bc	٤٠/٥ e	١٠/٥ bc
		١	١٣/٤ ef	٥٧/٠ ab	١٠/٠ c
		٢	١٣/٠ ef	٥٤/٩ b	١٠/٥ bc
		٣	١١/٨ f	٥٤/٩ b	١٠/٣ bc
		٤	١١/٨ f	٥٤/٩ b	١٠/٣ bc
	١	٠	٢١/٥ b	٤٦/٠ d	١٠/٧ bc
		١	١٨/٥ cd	٤١/٣ e	١١/٤ ab
		٢	١٢/٦ ef	٤٦/٦ d	١٢/٠ a
		٣	١١/٩ f	٤٤/٤ d	١٢/٠ a
		٤	١١/٩ f	٤٤/٤ d	١٢/٠ a
	٣	٠	٢٠/٢ bc	٤٥/٥ d	١١/٢ ab
		١	١٤/٩ e	٤٤/٧ d	١٠/٩ b
		٢	١٥/٦ de	٤٧/٧ c	١٠/٥ bc
		٣	١٣/٢ ef	٤٤/٩ d	١٢/٠ a
		٤	١٣/٢ ef	٤٤/٩ d	١٢/٠ a
	٥	٠	٢٠/٧ bc	٤٧/٠ d	١١/٠ b
		١	٢٠/٩ bc	٤٢/٥ e	١١/٤ ab
		٢	١٧/٠ d	٥٠/٧ c	١٠/٥ bc
		٣	١٥/٥ de	٥٦/٠ ab	١١/٠ b
		٤	١٥/٥ de	٥٦/٠ ab	١١/٠ b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند

نتایج مقایسه میانگین نشان داد غلظت‌های پایین اسید سالیسیلیک تاثیری در حفظ رطوبت پوست نداشتند و بیشترین میزان درصد رطوبت پوست (٦٤/٨ درصد) با تیمارهای ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در انبار معمولی و سردخانه و کمترین مقدار (۵۳ درصد) با تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در انبار معمولی بدست آمد (جدول ۲). اسید سالیسیلیک اثر ضد پیری و آنتی‌اکسیدانی داشته و موجب کاهش تنفس، تعرق و نفوذپذیری پوست شده و در نتیجه باعث حداقل کاهش وزن میوه‌ها می‌شود (Ahmad *et al.*, 2013; Ennab *et al.*, 2020). این پژوهش گزارش Yaraei-Rostami و همکاران (۲۰۱۳a) را مبنی بر اینکه میوه‌های درختان پرتقال رقم تامسون ناول محلول‌پاشی شده با ۲/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بالاترین وزن تر پوست را داشتند تایید می‌کند. میزان رطوبت پوست در سردخانه بیشتر از انبار معمولی بود (جدول ۲). همچنین مقدار رطوبت پوست طی مدت انبارمانی سیر نزولی نشان داده و بیشترین مقدار (٦٨/٩ درصد) در هفته اول و کمترین میزان (٤٨ درصد) در هفته چهارم مشاهده شد (شکل ۱). بین درصد رطوبت پوست با درصد وزنی پوست همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۲- اثر اسید سالیسیلیک و دمای انبار بر درصد رطوبت پوست، درصد وزنی گوشت، ویتامین C و TSS/TA

Table 2- Effect of temperature and salicylic acid on peel moisture (%), fruit pulp weight (%), vit C and TSS/TA

دمای انبار (°C)	اسید سالیسیلیک (mM)	درصد رطوبت پوست	درصد وزنی تفاله	ویتامین C (mg/100 ml)	TSS/TA
٤	۰	۵۸/۸ b	۳٤/۷ b	٦۰/٤ b	۱۱/۹ a
	۱	۵۹/٤ b	۳٤/۲ b	٦٤/۱ a	۱۲/۳ a
	۳	۵۹/۷ b	۳۳/۷ bc	۵٦/٤ c	۱۱/۰ b
	۵	٦٤/۷ a	۳۳/۹ bc	۵۹/۹ b	۱۱/۱ ab
۱۲	۰	۵۳/۲ c	۳۳/۸ bc	۵۷/۱ c	۹/۲ c
	۱	٤۸/٦ d	۳۸/۹ a	٦٤/۰ a	۱۱/۸ a
	۳	۵٤/۸ c	۳۹/۲ a	۵۸/٦ b	۱۱/۷ a
	۵	٦٤/۸ a	۳۲/۲ c	۵٦/۸ c	۱۱/۳ ab

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

شکل ۱- اثر زمان انبارداری بر درصد رطوبت پوست میوه، pH، ویتامین C و TSS/TA آب میوه

Fig 1- Effect of storage time on peel moisture (%), pH, vit C and TSS/TA

اعداد با حروف مشترک در هر نمودار دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.01 :** و P<0.05 :*) نمی‌باشند.

جدول ۳- ضریب همبستگی بین صفات کمی و کیفی میوه به روش پیرسون

Table 3- Pearson's correlation coefficients among quantitative and qualitative characteristices of fruit

صفت	درصد وزنی پوست	درصد وزنی عصاره	درصد وزنی تفاله	درصد رطوبت پوست	pH	TSS	TA	TSS/TA
درصد وزنی عصاره	-۰/۴۳*							
درصد وزنی تفاله	-۰/۳۰	-۰/۶۵**						
درصد رطوبت پوست	۰/۸۵**	-۰/۲۲	-۰/۴۴**					
pH	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۳	-۰/۱۳				
TSS	۰/۲۳	-۰/۵۶**	۰/۵۳**	-۰/۱۲	۰/۰۵			
TA	-۰/۵۰**	۰/۲۷	۰/۰۸	-۰/۴۹**	-۰/۵۲**	۰/۰۰		
TSS/TA	-۰/۵۷**	-۰/۵۱**	۰/۱۷	۰/۳۸*	۰/۴۶**	۰/۵۲**	-۰/۸۴**	
ویتامین C	۰/۳۰	-۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۳۸*	۰/۰۱	۰/۲۳	-۰/۴۱*	۰/۴۵**

* و **: بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Roongruangsri و همکاران (۲۰۱۳) دریافتند میزان رطوبت پوست میوه نارنگی در طی انبارداری کاهش می یابد و این روند کاهشی در میوه‌های انبار شده در دمای ۵ درجه سلسیوس کمتر از ۲۵ درجه سلسیوس می‌باشد. بیشترین درصد وزنی عصاره (۵۹/۴ درصد) با تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هفته سوم انبار خنک بدست آمد (جدول ۱). اسید سالیسیلیک در شرایط سردخانه در حفظ درصد وزنی عصاره در هفته چهارم انبارداری تاثیر داشت اما در انبار معمولی نتوانست از کاهش آن جلوگیری کند به طوری که میزان درصد وزنی عصاره در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک) بیشتر یا همسان با آنها بود. بیشترین مقدار درصد وزنی تفاله با میانگین ۳۹/۲ درصد مربوط به تیمارهای ۱ و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در انبار معمولی بود و اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک درون سردخانه دیده نشد. Mollapur و همکاران (۲۰۱۶) عنوان کردند محلول‌پاشی میوه پرتقال با اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار موجب کاهش از دست دادن وزن میوه‌های نگهداری شده در دمای محیط (۲۳ درجه سلسیوس) می‌شود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در انبار معمولی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۳ به ۵ میلی‌مولار، درصد وزنی تفاله کاهش یافت به طوری که با تیمار بدون محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). عدم تاثیر اسید سالیسیلیک در میوه‌های انبار شده در سردخانه بیان‌گر تاثیر مشابه هر دو عامل اسید سالیسیلیک و دمای پایین در کاهش تنفس، متابولیسم و تاخیر در پیری میوه می‌باشد. pH آب میوه در هفته‌های دوم الی چهارم انبارداری نسبت به هفته اول افزایش جزئی نشان داد (شکل ۱). Miri و همکاران (۲۰۱۷) و Roongruangsri و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند که pH عصاره میوه‌های نارنگی در طول دوره انبارداری افزایش یافت که احتمالاً به واسطه شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس می‌باشد. وجود همبستگی منفی معنی‌داری بین pH و میزان TA آب میوه نیز موید همین نظریه است (جدول ۳). بیشترین مقدار ویتامین C (۶۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) متعلق به تیمار ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دمای معمولی و سردخانه بود اما در غلظت‌های بالاتر میزان آن کاهش

یافت به طوری کـه کمتـرین مقـدار ویتـامین C (٥٦ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میـوه) بـا تیمارهـای ۵ میلی‌مولار اسـید سالیسـیلیک در دمـای معمـولی و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در سردخانه دیده شد کـه با عدم مصرف اسـید سالیسـیلیک در دمـای معمـولی اختلاف معنی‌داری نداشـتند (جـدول ۲). Yousefi و همکاران (۲۰۱۹) نیز مشاهده کردند مقدار ویتامین C میوه لیمـوترش تیمـار شـده بـا غلظـت بـالای اسـید سالیسیلیک (۳ میلی‌مولار) کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل آسیب غلظت بالای اسید سالیسیلیک به میـوه باشد. از طرفی Shokri Heydari و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند غلظت بالای اسید سالیسیلیک (٤ میلی‌مولار) تاثیر بیشتری بر حفظ اسید اسـکوربیک در طـی دوره انبارمانی میـوه هلـو در مقایسـه بـا غلظـت پـایین (۱ میلی‌مولار) دارد. اسید سالیسیلیک آنـزیم اسـکوربات پراکسیداز را غیرفعال می‌کند که باعـث تجمـع اسـید اسکوربیک در میوه‌ها می‌شود (Ennab *et al*, 2020). Sangprayoon و همکـاران (۲۰۱۹) گـزارش کردنـد غوطـه‌وری میـوه‌هـای آنانـاس در محلـول اسـید سالیسیلیک موجب افزایش میـزان اسـید اسـکوربیک می‌شود. Cui و همکاران (۲۰۲۰) نیز بـالاترین میـزان اسید اسکوربیک را در میوه‌های زردالوی محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده کردند. در تیمارهایی که اسید سالیسیلیک بکار نرفت، مقدار ویتـامین C در دمای پـایین بیشـتر بـود. دمـای پـس از برداشـت از مهمترین عوامل حفـظ ویتـامین C میـوه‌هاسـت و در دماهای بالاتر اتلاف آن تسـریع مـی‌شـود (Lee and Kader, 2000). Ennab و همکـاران (۲۰۲۰) نیـز دریافتند میزان کاهش ویتامین C در میوه‌های نـارنگی انبار شده در دمای ۲۳ درجـه سلسـیوس بیشـتر از ۵ درجه سلسیوس می‌باشد. میزان ویتامین C طی مـدت انبارمانی سیر نزولی داشت و بیشترین مقدار به هفتـه اول و کمترین بـه هفتـه‌هـای سـوم و چهـارم تعلـق داشتند (شکل ۱). اسید اسکوربیک بـه تجزیـه شـدن بسـیار حسـاس اسـت و در طـی نگهـداری اکسـیده مـی‌شـود (Cui *et al.*, 2020) و همچنـین در فراینـد تنفس به عنوان سوبسترا به مصرف می‌رسد (Ennab *et al*, 2020). Cui و همکـاران (۲۰۲۰)، Ennab و همکـــاران (۲۰۲۰)، Miri و همکـــاران (۲۰۱۲) و Shokri Heydari و همکـاران (۲۰۲۰) نیـز گـزارش کردند که با گذشت زمان میزان ویتامین C بـه ترتیـب در زردالو، نارنگی، انار و هلو کـاهش مـی‌یابـد. بـین ویتامین C و TA همبستگی منفی معنی‌داری مشـاهده شد (جـدول ۳) کـه مشـابه نتـایج Wan و همکـاران (۲۰۲۰) می‌باشد و نیز بـا درصـد رطوبـت پوسـت و شاخص طعـم همبسـتگی مثبـت معنـی‌داری داشـت (جـدول ۳). بـالاترین میـزان TSS بـا تیمارهـای ۱ میلـی‌مـولار اسـید سالیسـیلیک در هفتـه دوم و ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هفته اول در سردخانه، ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هفته‌هـای دوم الـی چهارم و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در هفتـه‌هـای سوم و چهارم در انبار معمولی بدسـت آمـد (جـدول ۱). Ennab و همکـاران (۲۰۲۰) و García-Pastor و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیـان کردنـد اسـید سالیسـیلیک سبب حفظ یا افزایش درصد مواد جامد قابل حـل در نارنگی و انار گردید. با گذشت زمان انبارداری، میزان TSS در هفته چهارم نسبت بـه هفتـه اول انبـارداری بجز در تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالیسـیلیک در انبـار

معمولی که افزایش داشت، در بقیه موارد تغییر معنی-داری نداشت. Hamedani و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که میزان مواد جامد محلول میوه پرتقال خونی رقم مورو در طول ۷۵ روز انبارداری کاهش یافت که به دلیل مصرف آن در تنفس و تامین انرژی برای فرآیندهای انرژی‌خواه می‌باشد. دلیل عدم تغییر معنی‌دار مواد جامد محلول کل در طی انبارداری در این آزمایش می‌تواند بخاطر کوتاه بودن زمان انبارمانی (یک ماه) میوه‌ها باشد ضمن اینکه میوه نارنگی نافرازگرا و دارای فرایند تنفس کند بوده و به همین خاطر کاهش میزان TSS در طی انبار تدریجی می‌باشد. Ennab و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان کردند در طی ٤٥ روز انبارمانی میوه نارنگی، تغییر قابل توجهی در میزان TSS آب میوه مشاهده نشد که با پژوهش ما هم‌خوانی دارد. در چند میوه نافرازگرا مانند آناناس (Lu *et al.*, 2011) و انگور (Khalil *et al.*, 2014) نیز نتایج مشابهی بدست آمد. TSS با درصد وزنی تفاله همبستگی مثبت معنی‌دار و با درصد وزنی عصاره همبستگی منفی معنی‌داری داشت (جدول ۳). به عبارت دیگر میوه‌هایی که آب کمتری داشتند، قند بیشتری داشته و شیرین‌تر بودند.

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد هیچکدام از تیمارها و اثرات متقابل آنها روی میزان TA معنی‌دار نشدند. Shokri Heydari و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند محلول‌پاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک اثری بر درصد اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه هلو پس از ٦۰ روز انبارمانی نداشته است، در حالیکه El-Shemy (۲۰۱۹) دریافت اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان TA میوه نارنگی شده است. از طرفی، محلول‌پاشی پیش از برداشت اسید سالیسیلیک موجب کاهش TA میوه زردالو شده است (Cui *et al.*, 2020). کاهش اسیدیته میوه مرکبات بخاطر کم شدن مقدار اسید سیتریک و اسید مالیک در طول انبارداری بدلیل مصرفشان در چرخه کربس یا تری کربوکسیلیک اسید طی فرایند تنفس است (Brizzolara *et al.*, 2020; Miri *et al.*, 2018). البته این فرایند می‌تواند بستگی به رقم مرکبات هم داشته باشد به طوری که Yaraei-Rostami و همکاران (۲۰۱۳a, b) نشان دادند محلول‌پاشی قبل از برداشت با اسید سالیسیلیک تاثیری بر میزان TA میوه‌های پرتقال رقم تامسون ناول ندارد اما موجب افزایش میزان TA رقم مورو در پایان دوره انبارداری شده است. در این آزمایش احتمالاً بدلیل نقش اسید سالیسیلیک در کند کردن فرایند تنفس و نیز دوره کوتاه انبارداری، شاهد عدم تاثیر تیمارها در میزان TA بودیم. بیشترین نسبت TSS/TA (۱۲/۳-۱۱/۱) به تیمارهای ۰، ۱ و ۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک درون سردخانه و کاربرد اسید سالیسیلیک در انبار معمولی و کمترین (۹/۲) به تیمار عدم مصرف اسید سالیسیلیک در انبار معمولی تعلق داشتند (جدول ۲). همچنین شاخص طعم در هفته‌های سوم و چهارم نسبت به زمان برداشت و دو هفته اول انبارداری کاهش معنی‌داری داشته است به طوری که بیشترین نسبت TSS/TA با ۱۱/۸ در هفته‌های اول و دوم و کمترین با ۱۱ در هفته سوم و چهارم دیده شدند (شکل ۱). نسبت بین قند و اسیدهای آلی عامل تعیین کننده‌ای در طعم و مزه میوه مرکبات است که این نسبت برای نارنگی باید

۱۴–۸/۵ باشد (Miri, 2012; Pishvaei *et al.*, 2018). همانطور که بر اساس روابط TSS و TA با سایر صفات انتظار می‌رود، شاخص طعم با درصد وزنی و رطوبت پوست، pH و TSS همبستگی مثبت معنی‌دار و با درصد وزنی عصاره و TA همبستگی منفی معنی‌داری داشت (جدول ۳).

نتیجه گیری کلی

اسید سالیسیلیک تنظیم کننده رشدی است که موجب کاهش تنفس و تاخیر در پیری میوه در طی دوره انبارمانی می‌شود. نتایج به دست آمده نشان داد محلول‌پاشی پیش از برداشت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نقش موثری در حفظ کیفیت میوه نارنگی پرل تانجلو در هر دو شرایط انبار خنک و معمولی به ویژه بر اساس میزان ویتامین C و TSS میوه داشت، هرچند که در غلظت ۵ میلی‌مولار، رطوبت و شادابی پوست میوه بیشتر بود.

منابع

1) Ahmad, S., Singh, Z. and Iqbal, Z. 2013. Effect of preharvest sprays of salicylic acid on the shelf life and quality of ‘Lane Late’ sweet orange (*Citrus sinensis* L.) cold storage. Acta Horticulturae. 1012: 103-112.
2) Ansari, N.A. and Feridoon, H. 2008. Postharvest application of hot water, fungicide and waxing on the shelf life of Valencia and local oranges cv. Siavarz. Acta Horticulturae. 768: 271-278.
3) Brizzolara, S., Manganaris, G.A., Fotopoulos, V., Watkins, C.B. and Tonutti, P. 2020. Primary metabolism in fresh fruits during storage. Frontiers in Plant Science. 80(11).
4) Cui, K., Shu, C., Zhao, H., Fan, X., Cao, J. and Jiang, W. 2020. Preharvest chitosan oligochitosan and salicylic acid treatments enhance phenol metabolism and maintain the postharvest quality of apricots (*Prunus armeniaca* L.). Scientia Horticulturae. 267(109334).
5) Ding, P. and Ding, Y. 2020. Stories of salicylic acid: A plant defense hormone. Trends in Plant Science. 25(6): 549-565.
6) El-Ramady, H.R., Domokos-Szabolcsy, E., Abdalla, N.A., Taha, H.S. and Fári, M. 2015. Postharvest management of fruits and vegetables storage. In: E. Lichtfouse (Ed) Sustainable Agriculture Reviews. Springer International Publishing
7) El-Shemy, M.A. 2019. Pre and post-harvest treatments to improve Ponkan mandarin fruits quality 1. Maintaining fruit quality during cold storage. Journal of Plant Production. 10(10): 867-874.
8) Ennab, H.A. El-Shemy, M.A. and Alam-Eldein, S.M. 2020. Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of Murcott mandarin fruit. Agronomy. 10(115).
9) Frost, H.B. 1940. The Pearl tangelo-a new citrus variety. California Citrograph. 25: 346.
10) García-Pastor, M.E., Zapata, P.J., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valero, D. and Serrano, M. 2020. The effects of salicylic acid and its derivatives on increasing pomegranate fruit quality and bioactive compounds at harvest and during storage. Frontier in Plant Science. 11(668).
11) Hamedani, M., Moradi, H. and Ghanbari, A. 2014. Effect of harvest time and storage on Moro blood orange fruit quality (*Citrus sinensis* cv. Moro). Journal of Horticultural Science. 28(2): 252-259.
12) Khalil, H.A. 2014. Effects of pre- and postharvest salicylic acid application on quality and shelf life of ‘Flame Seedless’ grapes. European Journal of Horticultural Science. 79(1): 8-15.
13) Lee, S.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.

14) Lefevere, H., Bauters, L. and Gheysen, G. 2020. Salicylic acid biosynthesis in plants. Frontiers in Plant Science. 11(338).
15) 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 Horticulturae. 130(1): 97-101.
16) Miri, S.M. 2012. Tropical and subtropical fruits. Iranian Agricultural Science Publication.
17) Miri, S.M., Ahmadi, S. and Moradi, P. 2015. Influence of salicylic acid and citric acid on the growth, biochemical characteristics and essential oil content of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal Plants and By-products. 2: 141-146.
18) Miri, S.M., Jalili Moghadam, Z. and Mostafavi, M. 2012. Comparing the storage life and some physicochemical changes of fruits in four pomegranate genotypes. 2nd Asia Pacific Symposium on Postharvest Research, Education and Extension, Yogyakarta, Indonesia.
19) Miri, S.M., Salari, M. and Ahmadpour, A. 2017. Determining appropriate harvesting date and storage life of Kinnow mandarine fruits in Jiroft country. Journal of Horticultural Science. 31(3): 483-491.
20) Miri, S.M., Salari, M. and Ahmadpoor, A. 2018. Physicochemical responses of 'Kinnow' mandarin to wax and polyethylene covering during cold storage. Open Agriculture. 3: 678-683.
21) Mollapur, Y., Miri, S.M. and Hadavi, E. 2016. Comparison of foliar fertilizers and growth regulators on pre-harvest drop and fruit quality of 'Thompson Navel' orange. Open Agriculture. 1(1): 112-117.
22) Pishvaei, E., Rastegar, S. and Ebrahimi, F. 2018. Effects of preharvest application of salicylic acid and gibberellic acid on qualitative characteristics and postharvest life of Kinnow mandarin. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology. 19(4): 433-444.
23) Poór, P. 2020. Effects of salicylic acid on the metabolism of mitochondrial reactive oxygen species in plants. Biomolecules. 10(341).
24) Roongruangsri, W., Rattanapanone, N., Leksawasdi, N. and Boonyakiat, D. 2013. Influence of storage conditions on physico-chemical and biochemical of two tangerine cultivars. Journal of Agricultural Science. 5(2): 70-84 .
25) Sangprayoon, P., Supapvanich, S., Youryon, P., WongsAree, C. and Boonyaritthongchai, P. 2019. Efficiency of salicylic acid or methyl jasmonate immersions on internal browning alleviation and physicochemical quality of *Queen pineapple* cv. "Sawi" fruit during cold storage. Journal of Food Biochemistry. 43(12): e13059.
26) Shokri Heydari, H., Askari Sarcheshmeh, M.A., Babalar, M., Ranjbar Malidarreh, T. and Ahmadi, A. 2020. Effect of pre-harvest salicylic acid and iron treatments on postharvest quality of peach fruits. International Journal of Horticultural Science and Technology. 7(2): 187-198.
27) Soleimani Rozbahani, M., Miri, S.M. and Naderi, R. 2018. Impact of gibberellic acid and salicylic acid on growth, flowering and postharvest quality of Eustoma grandiflorum 'Arena'. 2nd International and 3rd National Congress on Flower and Ornamental Plants, Mahalla, Iran
28) Wan, C., Kahramanoğlu, İ., Chen, J., Gan, Z. and Chen, C. 2020. Effects of hot air treatments on postharvest storage of Newhall navel orange. Plants. 9(170).
29) Yaraei-Rostami, M., Ghasemnezhad, M., Miri, S.M. and Ghodsvali, A.R. 2013a. Effect of foliar spray with salicylic acid and waxing treatment on quality and storage life of orange fruit cv. Moro. 8th National Horticultural Science Congress of Iran, Hamedan, Iran.
30) Yaraei-Rostami, M., Ghasemnezhad, M., Miri, S.M. and Ghodsvali, A.R. 2013b. Effect of foliar spray with salicylic acid and waxing treatment on quality and storage life of orange fruit cv. Thamson

Navel. 8th National Horticultural Science Congress of Iran, Hamedan, Iran.

31) Yousefi, M., Nazoori, F., Mirdehghan, S. and Shamshiri, M. 2019. Assessment the effect of salicylic acid on storage life of lime fruit (Citrus aurantifolia cv. Mexican lime). Iranian Journal of Horticultural Science. 49(4): 1045-1059.