اثرات کاربرد قبل از برداشت اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های کیفی و فعالیت ضداکسایشی در دو رقم زردآلو

Effects of Preharvest Application of Salicylic Acid on Qualitative Traits and Antioxidant Activity of Two Apricot Cultivars

قاسم سرتیپ[1*] و جعفر حاجی‌لو[2]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات کاربرد قبل از برداشت اسید سالیسیلیک بر خصوصیات کیفی و فعالیت ضداکسایشی میوه دو رقم زردآلو، یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دورقم زردآلو در سه تکرار انجام شد. درختان زردآلو ارقام شکرپاره و شاملو شش روز قبل از برداشت با غلظت‌های صفر، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی شدند. میوه‌ها در هر دو رقم در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی مربوط به آن رقم برداشت و صفاتی نظیر سفتی بافت میوه، اسیدیته، درصد مواد جامد محلول، pH، مقدار اسید آسکوربیک، محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت ضداکسایشی کل میوه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در هر دو رقم از مقدار مواد جامد محلول و pH کاسته شد ولی مقدارسفتی بافت میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، فنل و فلاونوئید کل افزایش قابل توجهی نشان دادند. اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک بر مقدار اسید آسکوربیک و فعالیت ضداکسایشی کل معنی‌دار نبود. در رقم شکرپاره بیشترین مقدار سفتی بافت میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و فنل کل در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۴/۵ میلی‌مولار و کمترین مقدار آنها در میوه‌های شاهد ثبت گردید. در این رقم بیشترین مقدار فلاونوئید کل مربوط به تیمار ۳ میلی‌مولار بود. در رقم شاملو نیز بیشترین مقدار سفتی بافت میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و فلاونوئید کل مربوط به تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود.

واژه‌های کلیدی: سفتی بافت، فلاونوئید کل، فنل کل، اسید آسکوربیک

۱ و ۲. به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی‌ارشد و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
*: نویسنده مسئول Email: g.sartip@yahoo.com

مقدمه

محصولات کشاورزی اعم از میوه‌ها و سبزی‌ها به دلیل این که دارای سیستم بیولوژیکی زنده می‌باشند در طول دوره برداشت و پس از برداشت از بین می‌روند. میزان ضایعات در محصولات مختلف متفاوت می‌باشد که بستگی به شدت متابولیسم آنها دارد و در اکثر محصولات باغبانی سریع می‌باشد، بنابراین بازاررسانی محصولات کشاورزی نیازمند استفاده از روش‌های مختلف قبل و بعد از برداشت میوه است تا کیفیت میوه به مدت طولانی تری حفظ شود. اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده با خواص گوناگون است که به‌طور طبیعی توسط گیاهان مختلف تولید می‌شود. اسید سالیسیلیک به دلیل تأثیر بر تعدادی از فرایندهای فیزیولوژیکی رشدی به‌عنوان تنظیم-کننده رشد گیاهی به رسمیت شناخته شده است (*زاوالا*[1] و همکاران، 2004). *یون*[2] و همکاران (2004) با کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی درختان سیب گزارش کردند که این ترکیب در غلظت‌های ۱۰۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش سفتی میوه و تأخیر در زمان رسیدن میوه می‌شود. *جیانکانگ*[3] و همکاران (2006) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در طی دوره رویشی سبب افزایش مقاومت به پاتوژن‌ها در میوه‌های بالغ گلابی می‌شود و همچنین ۴ روز بعد از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، آنزیم‌های دفاعی شامل پراکسیداز، فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و کیناز در میوه‌های جوان درختان که اسید سالیسیلیک روی آنها محلول‌پاشی شده، بالاتر از میوه‌های شاهد بود. کاربرد اسید سالیسیلیک روی میوه زردآلو رقم عسگرآباد در مرحله پس از برداشت با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار نشان داد که محلول اسید سالیسیلیک در میوه زردآلو به‌صورت معنی‌داری باعث حفظ ترکیبات فنلی می‌شود، بالاترین مقدار ترکیبات فنلی مربوط به غلظت ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود (*حاجی لو و فخیم رضایی*[4]، 2013). کاربرد محلول اسید سالیسیلیک در مراحل قبل و بعد از برداشت در کاهش گسترش بیماری‌ها (*ونگ*[5] و همکاران، 2006)، افزایش دوره انبارمانی و کنترل اختلالات فیزیولوژیکی در میوه‌ها و سبزی‌ها گزارش شده است (*مو*[6] و همکاران، 2008). محلول‌پاشی قبل از برداشت پرتقال ناول با اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری باعث افزایش فنل کل در گوشت و پوست میوه طی دوره انبارداری شد (*هوانگ*[7] و همکاران، 2008). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک ترکیب تحریک‌کننده تولید ترکیبات فنلی در گیاهان است و با تأثیر بر آنزیم‌های موثر در تولید ترکیبات فنلی باعث افزایش تولید آنها می‌گردد همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک باعث فعال شدن سیستم مقاومت اکتسابی سیستمیک، سنتز متابولیت‌ها و آنزیم های ضداکسایشی می‌گردد (*زانگ*[8] و همکاران، 2003). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی سالم و طبیعی است که کاربرد آن در زمان قبل از برداشت به‌صورت غیرسمی در میوه تجمع یافته و باعث تأخیر در رسیدن و نرم شدن میوه می‌شود (*سریواستا*[9] و همکاران، 2000)، پس به گونه‌ای تجاری می‌توان از اسید سالیسیلیک به‌صورت قبل و بعد از برداشت برای حفظ کیفیت میوه‌ها استفاده کرد. این تحقیق نیز با هدف بررسی اثرات اسید سالیسیلیک روی کیفیت و فعالیت ضداکسایشی میوه دو رقم زردآلو شکرپاره و شاملو انجام شد تا مناسب‌ترین غلظت برای افزایش کیفیت زردآلو در ارقام مذکور مشخص شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

ارقام مورد مطالعه در این تحقیق ارقام شکرپاره و شاملو بودند که شش روز بعد از محلول‌پاشی با غلظت‌های (صفر، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ میلی‌مولار) اسید سالیسیلیک (مرک آلمان) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی بر اساس شاخص مواد جامد محلول عصاره میوه از کلکسیون ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، در تابستان ۱۳۹۱ برداشت و به آزمایشگاه بیولوژی گل‌دهی و فیزیولوژی رشد و نمو میوه دانشگاه تبریز منتقل شدند.

صفات مورد ارزیابی

سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل FT 011 با پروب هشت میلی‌متری اندازه‌گیری شد (*کوکاکر*[10] و همکاران 2014). نتایج بر حسب پوند بر سانتی‌مترمربع بیان شدند.

1. Zavala
2. Youn
3. Jiankang
4. Hajilou and Fakhimrezaei
5. Wang
6. Mo
7. Huang
8. Zhang
9. Srivastava
10. Kucuker

pH عصاره میوه، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و در صد مواد جامد محلول (TSS)

pH عصاره میوه با استفاده از pH متر دیجیتالی (HI 9811) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد (*مازومدار* و *ماجومدر*[1]، 2003). میزان مواد جامد محلول میوه توسط دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (Atago Co., Model PR-1) اندازه‌گیری گردید، و به‌صورت درصد بیان شد.

مقدار آسکوربیک اسید میوه

جهت اندازه‌گیری میزان آسکوربیک اسید میوه‌ها از روش تیتراسیون عصاره میوه با ۲ و ۶-دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد و مقدار اسید آسکوربیک بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه محاسبه گردید (*آ او آ سی*[2]، 2000).

محتوای فنل کل

محتوای فنل کل براساس روش *سینگلتون* و *راسی*[3] (1965) اندازه‌گیری شد. عصاره میوه با واکنش‌گر فولین سیکالتو ترکیب شده و بعد از پنج دقیقه محلول بی‌کربنات سدیم اضافه شد، مخلوط حاصل به‌مدت دو ساعت در دمای اتاق رها شده و میزان جذب نوری آن در طول موج ۷۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. به‌منظور مقایسه از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد استفاده گردید. از غلظت‌های مختلف گالیک اسید از (۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲و ۰/۲۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) برای رسم نمودار استفاده شد. میزان فنل کل عصاره‌ها به‌صورت معادل گالیک اسید محاسبه و نتایج به‌صورت میلی‌گرم گالیک اسید در صد گرم وزن تر بیان شد.

محتوای فلاونوئید کل

محتوای فلاونوئید کل با روش کالریمتریک ارائه شده توسط *کیجو*[4] و همکاران (2006) مورد ارزیابی قرار گرفت. محلول (۰/۲۵ میلی‌لیتر نمونه + ۷۵ میکرولیتر $NaNO_2$ (5% W/V) + ۰/۱۵ میلی‌لیتر $AlCl_3$ (10% W/V) + ۰/۵ میلی‌لیتر NaOH ۱ مولار) تهیه شد و این محلول با آب مقطر به حجم ۲/۵ میلی‌لیتر رسانده شد بعد از پنج دقیقه جذب محلول توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. برای مقایسه و به‌دست آوردن منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف کوئرستین در حلال متانول استفاده شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم کوئرستین درصد گرم وزن تر بیان شد.

ظرفیت ضداکسایشی کل میوه

اندازه‌گیری فعالیت ضداکسایشی عصاره میوه به روش فرپ انجام شد. اساس این روش توانایی احیای یون‌های فریک (Fe^{+3}) به فرو (Fe^{+2}) با استفاده از معرف TPTZ می‌باشد در حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدان یون‌های فریک (Fe^{+3}) به فرو (Fe^{+2}) احیا می‌شود و در حضور معرف TPTZ، محلول به رنگ بنفش در می‌آید. برای محاسبه‌ی مقدار FRAP از منحنی استاندارد سولفات آهن II استفاده شد. نتایج بر حسب میلی‌مول آهن در ۱۰۰گرم وزن تر بیان شد (*بنزی* و *استراین*[5]، 1996).

تجزیه آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار (فاکتور اول شامل دو رقم زردآلو و فاکتور دوم سطوح سه سطح اسید سالیسیلیک به همراه شاهد) انجام شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

سفتی بافت میوه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد به غیر از میزان ویتامین ث و فعالیت ضداکسایشی در بقیه صفات اثر اسید سالیسیلیک معنی‌دار بوده است (جدول ۱). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از صفر تا ۴/۵ میلی‌مولار سفتی بافت میوه در رقم شکرپاره به تدریج افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین مقدار سفتی بافت میوه مربوط به غلظت ۴/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود، درحالی‌که در رقم شاملو بیشترین سفتی بافت میوه مربوط به غلظت ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود. شاید کارآیی کمتر تیمار ۴/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم شاملو را بتوان به این مطلب نسبت داد که مصرف بیش از اندازه اسید سالیسیلیک باعث ایجاد خسارت در میوه می‌شود و هرگونه خسارت و تنش در میوه باعث افزایش در فعایت ACC سینتاز و تولید اتیلن می‌شود (شکل ۱).

1. Mazumdar and Majumder
2. AOAC
3. Singleton and Rossi
4. Kaijv
5. Benzie and Strain

جدول۱: تجزیه واریانس تأثیر کاربرد قبل از برداشت اسید سالیسیلیک بر خصوصیات کیفی دو رقم زردآلو
Table 1: Analysis of variance of the effects of preharvest salicylic acid application on qualitative traits and antioxidant activity of two apricot cultivars

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		سفتی میوه Fruit firmness	ویتامین ث Vitamin C	مواد جامد محلول T.S.S	پی‌اچ pH	اسیدیته کل TA	فلاونوئید Flavonoids	فنل Phenol	آنتی‌اکسیدانت Antioxidant
تکرار Repeat	2	5.775^{ns}	5.6^{ns}	0.067^{ns}	0.012^{ns}	0.023^{ns}	162.99^{ns}	215.37^{ns}	0.052^{ns}
رقم Cultivar	1	0.060^{ns}	15.2^{ns}	17.34^{*}	0.1504^{*}	0.24^{**}	63746^{**}	683.41^{*}	0.639^{*}
اسید سالیسیلیک SA	3	7.73^{**}	0.599^{ns}	60.628^{**}	0.229^{**}	0.12^{**}	24016^{**}	576.95^{*}	0.0411^{ns}
رقم × اسید سالیسیلیک SA×CV	3	7.95^{**}	3.171^{ns}	39.764^{**}	0.1632^{**}	0.1632^{**}	23067^{**}	290.27^{*}	0.214^{ns}
خطا Error	14	1.08	3.67	3.165	0.01863	0.014	5.89	11.37	0.107
ضریب تغییرات CV.	-	29.75	29.96	8.854	2.886	16.26	16.43	26.78	13.73

** و *: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار
*, **: Significant in 5% and 1% respectively and "ns" is not significant

اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک ترکیب فنلی ساده از طریق تنظیم بیان ژن‌های موثر در آنزیم ACC سینتاز و ACC اکسیداز سفتی بافت میوه را حفظ می‌کند (*لزلی* و *رومانی*[1]، 1988). همچنین اسید سالیسیلیک از طریق کاهش تولید اتیلن و آنزیم‌های از بین برنده‌ی دیواره سلولی مانند پلی گالاکتروناز، سلولاز و پکتیناز باعث کاهش نرم شدن میوه گردید (*شفیعی*[2] و همکاران، 2010). *وانگ* و همکاران (2005) بیان کردند که اسید سالیسیلیک از نرم شدن میوه جلوگیری می‌کند. همچنین آنها گزارش کردند که نرم شدن سریع میوه‌ها در طول دوره رسیدن همزمان با کاهش سریع میزان اسید سالیسیلیک داخلی است. اسید سالیسیلیک تورم سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که منجر به استحکام بالاتر بافت میوه می‌شود (*زانگ* و همکاران، 2003). *بابالار*[3] و همکاران (2007) با کاربرد غلظت‌های ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک روی توت‌فرنگی گزارش کردند که غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را در کاهش تولید اتیلن دارد ولی غلظت ۴ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک با ایجاد خسارت در میوه باعث افزایش فعالیت آنزیم ACC سینتاز و تولید اتیلن شد.

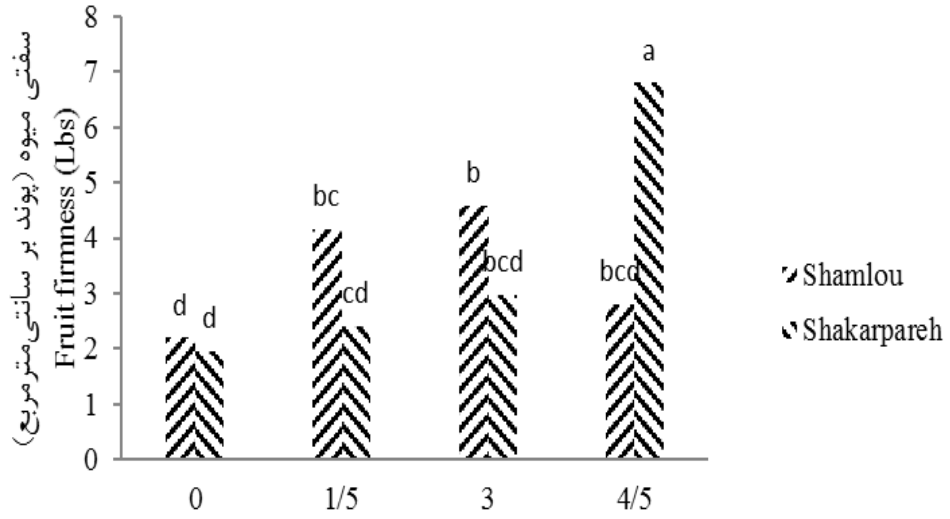
مواد جامد محلول

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عکس‌العمل هر دو رقم به محلول‌پاشی از نقطه نظر مواد جامد محلول متفاوت بود، به‌طوری‌که در رقم شکر پاره تیمار ۳ میلی مولار اسید سالیسیلیک باعث کاهش ۴۰ درصدی مواد جامد محلول در این رقم نسبت به تیمار شاهد شد، که می‌توان دلیل آن را به خاطر اختلاف در زمان رسیدن در دو رقم دانست (جدول ۲). به‌طور کلی در این آزمایش با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از مقدار مواد جامد محلول در رقم شکرپاره کاسته شد، ولی بر مقدار مواد جامد محلول در رقم شاملو تأثیر معنی‌داری ایجاد نکرد. مواد جامد محلول و قندهای محلول ممکن است در طول مرحله رسیدن میوه به خاطر عملکرد آنزیم ساکاراز-فسفات سینتاز (SPS) به‌عنوان یک آنزیم کلیدی در بیوسنتز قندها افزایش یابد، این آنزیم به‌وسیله اتیلن و فرایندهای رسیدن در طول مرحله نگهداری فعال می‌شود (*هوبارد*[4]، 1983). افزایش در میزان آنزیم ساکاراز-فسفات سینتاز و فعالیت‌های آنزیم اینورتاز و کاهش فعالیت آنزیم ساکارز سینتاز در طول مرحله رسیدن در برخی از میوه‌ها گزارش شده است (*اصغری*[5]، 2006).

1. Leslie and Romani
2. Shafiee
3. Babalar
4. Hubbard
5. Asghari

اقدم[1] و همکاران (2010) پیشنهاد کردند که متیل سالیسیلات در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم ساکاراز-فسفات سینتاز تولید اتیلن را کاهش داده و منجر به کاهش در سنتز قند می‌شود.

مطالعات حاکی از آن است که عواملی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن می‌شوند به‌واسطه کاهش مصرف قندها، از کاهش اسیدهای آلی و افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (*اقدم* و همکاران، 2010).



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم بر تغییرات سفتی بافت میوه دو رقم زردآلو

Fig. 1: Mean comparison of the interaction effects of salicylic acid and cultivar on fruit firmness of two apricots cultivars

پی اچ عصاره میوه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در رقم شکر پاره مقدار پی اچ در میوه‌های تیمارشده کاهش پیدا کرده است. هر چند بین تیمار شاهد و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. درحالی‌که در رقم شاملو با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا مقدار ۳ میلی‌مولار مقدار پ هاش کاهش پیدا کرد ولی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به ۴/۵ میلی‌مولار مقدار پی اچ افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که در این رقم کمترین مقدار پی اچ مربوط به تیمار با غلظت ۳ میلی‌مولار بود (جدول ۲).

پی اچ پایین میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک را هم می‌توان به نقش مثبت اسید سالیسیلیک در فرآیند تنفس و حفظ اسیدهای آلی بیان کرد.

افزایش پی اچ در طول مدت انبارمانی و رسیدن به‌واسطه شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس می‌باشد (*هوانگ* و همکاران، 2008). به نظر می‌رسد در رقم شاملو با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۳ به ۴/۵ میلی‌مولار تولید اتیلن افزایش می‌یابد، در نتیجه اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترای تنفسی بیشتر در فرایند تنفس مصرف شده و مقداراسیدیته قابل تیتراسیون را نسبت به غلظت ۳ میلی‌مولار کاهش می‌دهد در نتیجه مقدار پی اچ افزایش می‌یابد.

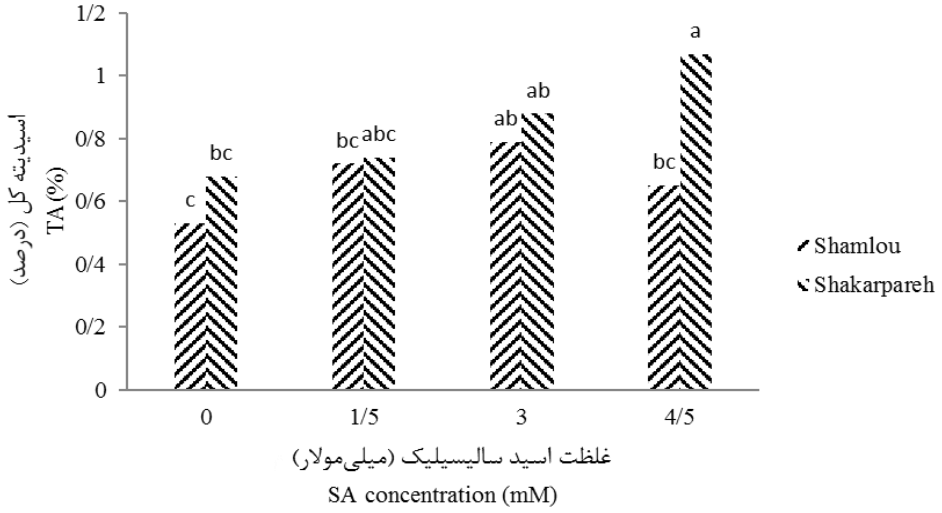
اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عکس‌العمل هر دو رقم به محلول‌پاشی از نقطه نظر اسیدیته قابل تیتراسیون متفاوت بود. به‌طوری‌که در رقم شکرپاره بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به میوه‌های تیمار شده با محلول ۴/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بود هرچند تمامی تیمارها با همدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. درحالی‌که در رقم شاملو با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا غلظت ۳ میلی‌مولار مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش یافت ولی در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۴/۵ میلی‌مولار مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به غلظت ۳ میلی‌مولار کاهش نشان داد (شکل ۲).

نقش اسید سالیسیلیک در به تأخیر انداختن رسیدن میوه و کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفسی به اثبات رسیده است، بنابراین باعث حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون می‌شود (*وانگ* و همکاران، 2005).

1. Aghdam

در آزمایش *کاظمی*[1] و همکاران (2011) در مقایسه کلریدکلسیم و اسید سالیسیلیک روی میوه کیوی مشخص شد که غوطه‌وری پس از برداشت کیوی در کلریدکلسیم هیچ تأثیری در اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌ها نداشت درحالی‌که میوه‌های تیمار شده با محلول اسید سالیسیلیک به‌مدت ۵ دقیقه بالاترین مقدار اسیدیته را نشان دادند. به نظر می‌رسد در رقم شاملو با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از ۳ به ۴/۵ میلی‌مولار فعالیت آنزیم ACC سینتاز افزایش پیدا کرده و با افزایش تولید اتیلن مقدار تنفس میوه را افزایش می‌دهد، در نتیجه اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترای تنفسی در فرایند تنفس مصرف شده و مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون را نسبت به غلظت ۳ میلی‌مولار کاهش می‌دهد. گزارش شده است که میوه‌های سیب تیمار شده با اسید سالیسیلیک در میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در تمام دوره انبارداری افزایش داشتند (*هوانگ* و همکاران، 2008).



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و رقم بر تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون میوه دو رقم زردآلو
Fig. 2: Mean comparison of the interaction effects of salicylic acid and cultivar on TA of two apricots cultivars

اسید آسکوربیک و فعالیت ضداکسایشی کل

تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار ویتامین ث و فعالیت ضداکسایشی کل میوه‌ها در هر دو رقم شکرپاره و شاملو نشان داد که اسید سالیسیلیک بر مقدار ویتامین ث و فعالیت ضداکسایشی کل میوه‌ها تأثیر چندانی ایجاد نکرده است و بین آنها در میوه‌های شاهد و تیمار شده در هر دو رقم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱).

طبق نتایج به‌دست آمده توسط اردکانی و همکاران (۱۳۹۱) کاربرد قبل از برداشت اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌مولار بر میزان اسید آسکوربیک میوه زردآلو رقم نوری معنی‌دار نبود، ولی این تیمارها از کاهش مقدار اسید آسکوربیک طی دوره انبارداری جلوگیری کردند. *تارین*[2] و همکاران (2012) با کاربرد غلظت‌های (صفر، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) اسید سالیسیلیک روی میوه هلو رقم فلورداکینگ گزارش کردند که کاربرد غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری در حفظ مقدار ویتامین ث در مقایسه با تیمار شاهد طی دوره انبارداری داشت ، ولی سایر غلظت‌های اسید سالیسیلیک از لحاظ ویتامین ث با میوه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری ایجاد نکردند. یکی از مهمترین ترکیبات، ترکیب فنلی اسید سالیسیلیک می‌باشد که به‌عنوان گروه جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی محسوب می‌شود که نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاه بازی می‌کند (*ونگ* و همکاران، 2005).

1. Kazemi
2. Tareen

گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث فعال شدن سیستم مقاومت اکتسابی سیستمیک، سنتز متابولیت‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌گردد (*راسکین*[1]، 1992؛ *زانگ* و همکاران، 2003). در توت‌فرنگی اسید سالیسیلیک در غلظت ۲ میلی‌مولار در مرحله پس از برداشت به‌طور موثری ظرفیت ضداکسایشی کل و مقدار اسید آسکوربیک را افزایش می‌دهد (*اصغری*، 2006).

فلاونوئید کل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقادیر فلاونوئید کل در میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به میوه‌های شاهد افزایش پیدا کرده است. در رقم شکرپاره با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا مقدار ۳ میلی-مولار مقدار فلاونوئید نیز افزایش پیدا کرد، ولی با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی شده به ۴/۵ میلی‌مولار مقدار فلاونوئید کل نسبت به غلظت ۳ میلی‌مولار کاهش نشان داد. چنین روندی در رقم شاملو هم اتفاق افتاد با این تفاوت بین تیمارهای ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

میوه‌های نارس نسبت به میوه‌های رسیده مقادیر بیشتری از فلاونوئیدها را دارند، در این مورد نارنجین یکی از فلاونوئیدهای مهم است که میوه‌های نارس مرکبات ذخایر مهمی از آنها به شمار می‌روند (*کاستیلو*[2] و همکاران، 1992). *اورتانو*[3] و همکاران (1997) اظهار داشتند که مقدار فلاونوئید در میوه‌های نارس به مراتب بیشتر از مقدار آن در در میوهای کاملاً رسیده است. از آنجایی که اثر اسید سالیسیلیک در به تأخیر انداختن رسیدگی میوه به اثبات رسیده است، در این تحقیق نیز بیشتر بودن مقدار فلاونوئید کل را در میوه‌های تیمار شده در هر دو رقم شکرپاره و شاملو را می‌توان به این فرایند نسبت داد. در واقع، اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک جزء پیام‌رسان کلیدی در فعال‌سازی پاسخ‌های اختصاصی دفاعی گیاه شناخته می‌شود. پاسخ‌های دفاعی گیاه منجر به بیوسنتز و تجمع انواع ترکیبات ثانویه گیاهی می‌گردد، لذا القاء به‌عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه مانند آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات فنلیک و فیتوالکسین‌ها شناخته شده است (*راسکین*، 1933).

فنل کل

در رقم شاملو هیچ یک از تیمارهای اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد تأثیر معنی‌داری در میزان فنل کل ایجاد نکرده است درصورتی‌که در رقم شکرپاره بیشرین مقدار فنل در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۴/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار آن در میوه‌های شاهد ثبت شد (جدول ۲).

1. Raskin
2. Castillo
3. Ortuno

جدول۲: مقایسه میانگین تأثیر کاربرد قبل از برداشت اسید سالیسیلیک بر خصوصیات کیفی دو رقم زردآلو
Table 2: Mean comparison of the effects of preharvest salicylic acid application on qualitative traits and antioxidant activity of two apricot cultivars

ارقام Cultivars	غلظت اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار) SA concentration (mM)	مواد جامد محلول (درصد) TSS (%)	پی اچ pH	فلاونوئید (میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تر) Flavonoide (mgrQ/100gr FW)	فنل (میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) Phenol (mg GA/100gr FW)
شکرپاره Shakarpareh	0	25.66^{a}	4.96^{ab}	73.39^{d}	19.18^{b}
	1.5	25.23^{a}	4.76^{bcd}	133.83^{d}	27.3^{b}
	3	17^{d}	4.5^{fe}	319.47^{ab}	43.54^{ab}
	4.5	15.86^{d}	4.36^{f}	225.42^{c}	56.7^{a}
شاملو Shamlou	0	21.01^{b}	5^{a}	276.29^{bc}	23.1^{b}
	1.5	19.3^{bc}	4.7^{cde}	354^{a}	24.64^{b}
	3	18.6^{bcd}	4.6^{dfe}	382.07^{a}	26.46^{b}
	4.5	18^{bcd}	4.9^{abc}	209.38^{c}	29.82^{b}

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند دارای اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد نیستند
Means, in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level

ترکیبات فنلی با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی-رادیکالی می‌توانند نقش مهمی در نگهداری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفا نمایند، محلول‌پاشی قبل از برداشت پرتقال ناول با اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری باعث افزایش فنل کل در گوشت و پوست میوه طی دوره انبارداری شد (*هوانگ* و همکاران، 2008). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک ترکیب تحریک‌کننده تولید ترکیبات فنلی در گیاهان است و با تأثیر بر آنزیم‌های موثر در تولید ترکیبات فنلی باعث افزایش تولید آنها می‌گردد (چن[1] و همکاران، 2006). به‌طورکلی، محتوای فنل کل طی رشد و نمو میوه کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تلخی و گسی می‌گردد (*پاتامکانوپورن*[2]، 2004).

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق تیمار با اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار سفتی بافت میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، فنل و فلاونوئید کل گردید، همچنین این تیمار باعث کاهش مقدار pH و مواد جامد محلول گردید در نتیجه تیمار میوه زردآلو، ارقام شکرپاره و شاملو با اسید سالیسیلیک به‌صورت قبل از برداشت می‌تواند باعث افزایش ماندگاری میوه‌های زردآلو در ارقام مذکور گردد.

1. Chen
2. Patthamakanokporn

منابع

اردکانی، ا.، داودی نژاد، غ. ح. و عزیزی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد محلول‌پاشی قبل از برداشت بر روی ماندگاری کیفیت پس از برداشت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی زردآلو رقم نوری، مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۴): ۴۵۹-۴۴۸.

Aghdam, M. S., Motallebiazar, A., Mostofi, Y., Moghaddam, J. F. and Ghasemneghad, M. 2010. Effects of MeSA vapor treatment on the postharvest quality of Hayward kiwifruit. Acta Horticulturae, 877: 743-748.

AOAC. 2000. Vitamins and Other Nutrients. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th Ed. Washington DC. Chapter, 17: 52-54.

Asghari, M. 2006. Effects of salicylic acid on Selva strawberry fruit, antioxidant activity, ethylene production and senescence, fungal contamination and some other quality attributes. Ph.D. thesis, Tehran University. Tehran, Iran. p 246.

Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A. and Khosroshahi, A. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. Food Chemistry, 105: 449-453.

Benzie, I. F. F. and Strain, J. 1996. The ferric reducing ability of plasma as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Castillo, J., Benavente, O. and Del Rio, J. A. 1992. Naringin and neohesperdin levels during development of leaves, flower buds and fruits of *Citrus aurantium*. Plant Physiology, 99: 67-9.

Chen, J. Y., Wen, P. F., Kong, W. F., Pan, Q. H., Zhan, J. C., Li, J. M., Wan, S. B. and Huang, W. D. 2006. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. Postharvest Biology and Technology, 40: 64-72.

Hajilou, J. and Fakhimrezaei, S. 2013. Effects of post-harvest calcium chloride or salicylic acid treatments on the shelf-life and quality of apricot fruit. Horticultural Science and Biotechnology, 88: 600-604.

Huang, R., Xia, R., Lu, Y., Hu, L. and Xu, Y. 2008. Effect of preharvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of Cara cara navel orange (*Citrus sinenisis* L. Osbeck). Science of Food and Agriculture, 88: 229-236.

Hubbard, DJ. 1983. The role of cell wall hydrolyses in fruit softening. Horticultural Review, 5: 169-219.

Jiankang, C., Kaifang, Z. and Weibo, J. 2006. Enhancement of postharvest disease resistance in Ya Li pear (*pyrus bretschneideri*) fruit by salicylic acid sprays on the trees during fruit growth. Plant Pathology, 114: 363-378.

Kaijv, M., Sheng, L. and Chao, C. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Science, 27: 110-115.

Kucuker, E., Ozturk, B., Celic, S. M. and Aksit, H. 2014. Preharvest spray application of methyl jasmonate plays an important role in fruit ripening, fruit quality and bioactive compounds of Japanese plum. Scientia Horticulturae, 176: 162-169.

Leslie, C. A. and Romani, R. J. 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. Plant Physiology, 88: 833-837.

Mazumdar, B. C. and Majumder, K. 2003. Methods on Physico-chemical analysis of fruits. Daya Publishing House, Delhi, India, 93-139.

Mo, Y., Gong, D., Liang, G., Han, R., Xie, J. and Li, W. 2008. Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during postharvest storage. Science of Food and Agriculture, 88: 2693-2699.

Ortuno, A., Reynaldo, I., Fuster, M. D., Botia, J., Puig, D. J., Sabater, F., Lindon, A. Q., Porras, I. and Del Rio, J. L. 1997. Citrus cultivars with high flavonoid contents in the fruits. Sicentia Horticulturae, 68: 231-236.

Patthamakanokporn, O. 2004. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits and their juices. Mahidol University, Thailand. 82 p.

Shafiee, M., Taghavi, T. S. and Babala, M. 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. Scientia Horticulturae, 124: 40-45.

Singleton, V. L. and Rossi, M. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungestic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Science 158:87-96.

Tahir, I. 2006. Control of pre- and postharvest factors to improve apple quality and storability. Swedish University of Agricultural Science. 65 p.

Tareen, M., Abbasi, N. and Hafiz, I. 2012. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits Cv. flordaking. Pakistan Journal of Botany, 44 (1): 119-124.

Wang, L. J., Chen, S. J., kong, W. F., Li, S. H. and Archbold, D. D. 2006. Salicylic acid peritreatment alleviates chilling injury and effects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 41: 444-251.

Wang, Z. F., Ying, T. J., Bao, B. L. and Huang, X. D. 2005. Characteristics of fruit ripening in tomato mutant epi. Journal of Zhejiang University Science, 6: 502-507.

Youn, C. K., Kim, S. K., Lim, S. C., Kim, Y. H., Yoon, T. and Kim, T. S. 2004. Effect promalin and salicylic acid application on tree growth and fruit quality of Tsugaru apples. Acta Horticulturae, 653: 151-154.

Zavala, J. F. A., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Aguilar, G. A. G. 2004. Effects of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Food Science and Technology, 37: 687-695.

Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S. and Ferguson, I. 2003. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 28: 67-74.
Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-463.

Effects of Preharvest Application of Salicylic Acid on Qualitative Traits and Antioxidant Activity of Two Apricot Cultivars

Sartip[1*], G. and Hajilou[2], J.

Abstract

In order to investigate the effects of pre-harvest salicylic acid (SA) treatments on fruit quality and antioxidant activity of two apricot cultivers (Shakarpareh and Shamlou), an experiment was conducted, based on complete randomized blocks design. Apricot trees were treated with four concentrations of salicylic acid (0, 1.5, 3 and 4.5 mM) 6 days before harvesting. Fruit were harvested on physiological ripening in both cultivars and some characteristics such as fruit firmness, total soluble solid (TSS) contents, titratable acidity (TA), ascorbic acid content, total phenolic contents and total anti-oxidant activity were determined in treated and non-treated fruit. Results showed that pH and TSS were decreased in chemical-treated fruit but TA, fruit firmness, total flavonoids and total phenol were increased significantly in both cultivars. Salicylic acid treatments had no significant effect on ascorbic acid content and antioxidant activity. The highest value of fruit firmness, TA, total phenol content in Shakarpareh were observed using 4.5 mM SA but the lowest value were found in non-treated fruit. The highest flavonoid contents in this cultivar were recorded in the 3 mM SA. In Shamlou cultivar, the highest value of fruit firmness, TA and total flavonoids were observed in 3 mM SA.

Keywords: Flesh firmness, Total flavonoids, Total phenolic, Ascorbic acid

1 and 2. M.Sc. Graduated and Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*: Corresponding author Email: g.sartip@yahoo.com