اثر تیمارهای پس از برداشت پوتریسین و متیل جاسمونات روی میزان سرمازدگی و برخی از ویژگی‌های انبارمانی میوهٔ پرتقال رقم والنسیا (*Citrus sinensis* var. Valencia)

سهیلا محمدرضاخانی، وحیدرضا صفاری* و زهرا پاک کیش[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۴)

چکیده

والنسیا یکی از اصلی‌ترین ارقام پرتقال تولید شده در جنوب ایران است که درصد قابل توجهی از آن هر ساله به‌مدت چند ماه در سردخانه نگهداری می‌شود. این آزمایش برای تعیین اثر پوتریسین و متیل جاسمونات روی برخی از ویژگی‌های انباری پرتقال رقم والنسیا انجام شده است. میوه‌های این رقم تجاری با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲/۵ و ۵ میلی‌مولار پوتریسین، ۱۰ و ۲۰ میکرومولار متیل جاسمونات تیمار و سپس در دمای ۱±۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد، به‌مدت ۴ ماه نگهداری شدند. نتایج حاکی از آن بود، میوه‌هایی که با پوتریسین ۵ میلی‌مولار و متیل جاسمونات ۱۰ میکرومولار، تیمار شده بودند به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد دارای کمترین خسارت سرمازدگی و کاهش وزن بودند. اگر چه در طول انبارمانی، مقادیر اسید اسکوربیک، اسید قابل تیتر و مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده و شاهد کاهش و هم‌چنین pH آب میوه‌ها افزایش یافت، ولی تیمار پوتریسین و متیل جاسمونات این ویژگی‌ها را کمتر کاهش دادند. میوه‌های تیمار شده با پوتریسین ۵ میلی‌مولار بالاترین کیفیت ظاهری با کمترین خسارت سرمازدگی را دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: پس از برداشت، سرمازدگی، شاخص‌کیفیت، کاهش وزن

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیاران علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: safariv@uk.ac.ir

مقدمه

پرتقال والنسیا از ارقام پرمحصول، دیررس و همه سال‌آور است که از اسپانیا به دیگر نقاط دنیا منتقل شده است. اگر چه تولید مرکبات در نوار شمالی ایران به‌دلیل سرمای زمستان و مواجه شدن میوه‌های نارس با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، امکان بهره‌برداری مطلوب را به‌وجود نیاورده است، ولی در جنوب به‌خصوص در ناحیه جیرفت، عملکرد رضایت بخشی داشته است (۷). شرایط بعد از برداشت و دقت در دوره انبارمانی تأثیر معنی‌داری روی کیفیت میوه بعد از برداشت خواهد داشت. لذا مطالعه و آگاهی از روش‌های مختلفی که منتج به کاهش میزان ضایعات در انبار شود، از اهمیت بسیاری برخوردار است (۳). علاوه بر ضایعات فیزیکی محصول، هر گونه اختلال درکیفیت ظاهری، بافت و عطر، طعم محصول نیز جز ضایعات محصول محسوب می‌شود (۲۳ و ۲۷). بنابراین اهمیت و نقش فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت درکاهش ضایعات و حفظ کیفیت محصولات بیشتر می‌شود.

اکثر محصول پرتقال بلافاصله بعد از برداشت و به‌صورت مستقیم به بازار عرضه شده و یا فرآوری می‌شوند. معمولاً از انبار فقط جهت نگهداری ارقام تجاری استفاده می‌شود. به‌طورکلی پرتقال‌ها در دمای ۷-۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲-۸ هفته بسته به رقم و محل تولید قابل نگهداری هستند، که طی این مدت ممکن است دمای پایین انبار باعث ایجاد سرمازدگی و کاهش کیفیت محصول گردد. دمای پایین، باعث کاهش سرعت تولید متابولیت‌ها، کاهش رشد قارچ‌ها و بنابراین، افزایش کیفیت میوه می‌شود و در مقابل اگر اصول صحیح انبارمانی رعایت نشود نه تنها کیفیت محصول حفظ نمی‌شود، بلکه خسارت‌هایی نظیر سرمازدگی و حمله عوامل بیماری‌زا، افزایش می‌یابد که به دنبال آن، ضرر زیادی متوجه باغدار می‌گردد ولی اگر این انبارمانی همراه با تیمارهای شیمیایی و روش‌های متفاوتی مانند پوشش‌دهی باشد، صدمه‌های سرما را به حداقل می‌رساند (۱۳). علائم صدمه سرمایی در پرتقال‌ها شامل فرورفتگی، نواحی آب گز شده، لکه‌های قهوه‌ای و افزایش حساسیت به بیماری‌ها است. حساسیت میوه‌های مرکبات به صدمه‌های سرما متفاوت می باشد. گریپ‌فروت و لمون نسبت به سرما حساس‌تر از پرتقال و نارنگی می‌باشند (۵). تحقیقات نشان داده است صدمه‌های سرمایی در نتیجه تغییرات ساختاری غشا می‌باشد که باعث نشت یونی و عدم تعادل یون‌ها در سلول می‌شود، می‌باشد. افزایش در نشت کلی یون‌ها به‌خصوص پتاسیم باعث ایجاد حساسیت صدمه‌های سرمایی در بافت کالوس گریپ‌فروت و در همه پرتقال‌ها، لایم‌ها و گریپ‌فروت شده است (۲۱). بنابراین کاربرد تکنیک‌ها و مواد مختلف مانند پلی‌آمین و مشتقات جاسمونیک می‌توانند، پتانسیلی برای جبران این خسارت‌ها باشند.

کاربرد اسید جاسمونیک (غوطه‌ورکردن میوه‌ها به‌مدت ۳۰ ثانیه در ۱۰۰ میکرومولار) صدمه‌های سرما را درگریپ‌فروت رقم مارش که در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد برای ۱۰-۴ هفته ذخیره شده بودند، کاهش داده است و بهترین نتیجه از اسید جاسمونیک ۱۰ میکرومولار به‌وجود آمده است (۱۷). در گریپ‌فروت غلظت‌های متفاوتی از متیل جاسمونات ۱ تا ۵۰ میکرومول بر لیتر استفاده می‌شود. افزایش پوسیدگی ها و علائم صدمه‌های سرما بعد از ٦ هفته انبارمانی در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد، ۴ و ۲۱ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (٦). کاربرد پوتریسین و متیل جاسمونات روی زردآلو (۳۰)، آناناس (۱۹)، توت‌فرنگی (۳۱) و انبه (۹)، باعث افزایش استحکام و تغییر در نفوذپذیری غشا و انتقال فعال مواد از طریق آن می‌گردد و به دنبال آن کاهش صدمه سرمازدگی را به دنبال دارد. میوه های تیمار شده با پوتریسین و متیل جاسمونات مواد آنتی اکسیدانی بیشتری ایجاد کرده که جلوی اثرات منفی رادیکال های آزاد را می‌گیرند و بدین ترتیب پایداری غشا حفظ می‌شود (۸، ۲۴ و ۲۸). در واقع علت اصلی سرمازدگی آسیب به غشا یاخته‌های گیاهی است و تغییر حالت فیزیکی غشاها منجر به بروز فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌شود و هم‌چنین پیشنهاد شده است که ارتباطی بین پلی‌آمین و پاسخ به سرما وجود دارد و در بین گونه‌ها متفاوت می‌باشد (۱۴). میزان

پوتریسین داخلی در مرکبات در طی رشد و نمو و در طی انبارمانی در دمای کم تغییر می کند. در نارنگی رقم مارکوت بیشترین میزان پوتریسین در مراحل آخر رشد و نمو و کمترین میزان در میوه‌های نابالغ وجود دارد (۱۸).

شواهد زیادی وجود دارد که بعضی از اثرات تنظیم‌کننده‌های رشد از طریق تغییر در بیوسنتز یا متابولیسم پلی‌آمین‌ها انجام می‌شود. عقیده بر این است که پلی‌آمین‌ها گروه جدیدی از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشند (۲۹). پلی‌آمین‌های معمول پوتریسین (دی آمین)(Putrescine)، اسپرمیدین (تری آمین)(Spermidin) و اسپرمین (ترامین)(Sermin) هستند. همه سلول‌ها دارای دی‌آمین‌هایی چون پوتریسین و تری‌آمین‌هایی مانند اسپرمیدین هستند (۱۲و۲۸). نشان داده شده است که پلی‌آمین ها به‌عنوان کاتیون‌های آلی همانند کاتیون‌های غیرآلی مثل کلرید کلسیم فعالیت پکتین استراز را در گوشت میوه گریپ فروت کاهش داده و مانع از نرم شدن آن در انبار می‌شود. هم‌چنین پلی آمین‌ها ممکن است که از طریق اتصال به اسیدهای فنولی نقش دفاعی در گیاه داشته باشند. عقیده بر این است که پلی‌آمین‌ها خاصیت ضد پیری دارند. نقش ضد پیری پلی‌آمین‌های برون زاد برای اولین بار در پروتوپلاست‌های جدا شده از مزوفیل برگ یولاف مشاهده شد. تأثیر فوق با نقش ضد اتیلنی پلی‌آمین ها همراه باشد، زیرا نشان داده شده است که پلی‌آمین‌ها برون زاد با ممانعت از تولید آنزیم‌های ضروری برای سنتز اتیلن از تولید و فعالیت اتیلن در شرایط *in vivo* جلوگیری می‌کنند. گزارش‌ها حاکی از آن است که پلی‌آمین‌ها برون زاد عمر پس از برداشت و کیفیت را از طریق حفظ سفتی بافت، کاهش تولید اتیلن و از دست دادن آب، به‌تأخیر انداختن تغییرات رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون و نیز محافظت میوه در برابر آسیب سرما زدگی و صدمات مکانیکی بهبود می‌بخشند. یکی از آثار مهم تیمار برون زاد پلی‌آمین‌ها طی انبارمانی سبزی‌ها و میوه‌ها افزایش سفتی بافت می‌باشد. افزایش سفتی و کاهش نرم شدن بافت در بسیاری از محصولات باغبانی از جمله سیب، توت‌فرنگی، لیمو و آلو گزارش شده است. میوه‌های تأثیر گذاری پلی‌آمین‌ها بر سفتی میوه بستگی به تعدد بارهای مثبت آنها دارد. میوه‌هایی که محتوی مقادیر زیادی از ملکول‌های با ظرفیت کاتیونی بالا بودند، عمر بعد از برداشت بیشتری نیز داشتند. ظرفیت کاتیونی پلی‌آمین‌ها به‌ترتیب زیر است: پوتریسین<اسپرمیدین<اسپرمین(۳۰). کاربرد خارجی پوتریسین موجب کاهش در مکانیزم صدمه و استحکام سلول‌ها می‌شود. مصرف خارجی پلی‌آمین‌ها قهوه‌ای شدن، پراکسیده شدن و میزان اتیلن را در میوه‌های مانند زرد آلو، گیلاس، توت‌فرنگی و لیمو کاهش داده است. تیمار میوه‌های آلو با غلظت ۱میلی‌مولار پوتریسین باعث کاهش در تولید اتیلن، افزایش استحکام میوه، تغییر در میزان مواد جامد قابل حل و اسیدهای قابل تیتر شد.

هم‌چنین از دست دادن وزن کاهش و تغییر رنگ نیز تأخیر افتاده و در هلو نیز منجر به افزایش عمر انبارمانی گردید (۱۴ ، ۲۲ و ۲۵). در بررسی دیگری تیمار پوتریسین منجر به تأخیر یا کاهش در تغییر رنگ و انتشار اتیلن و کاهش در میزان تنفس در کیوی فروت شده است (۳۱). اثر جیبرالین روی متابولیزم پلی‌آمین‌ها نیز در پژوهش‌های مختلفی بررسی گردیده است در این موارد کاربرد جیبرالین منجر به افزایش در سطوح پلی‌آمین‌ها شده است (۳۰). پلی‌آمین‌ها از طریق جلوگیری از سنتز اتیلن و بسیاری از آنزیم‌ها (پکتین استراز)، که رسیدن میوه را تسریع می‌نمایند باعث به‌تأخیر انداختن تغییرات رنگ و مهم‌تر از همه محافظت میوه در برابر آسیب سرمازدگی می‌گردند (۲۹). از طرفی تیمار متیل جاسمونات‌ها باعث کاهش زوال و نابودی و صدمه سرمایی در انبه، آووکادو، پاپایا و کدوی خورشی شده است. متیل جاسمونات‌ها منجر به افزایش اسیدهای آلی در تربچه و کدو، زمانی‌که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده‌اند، گردیده و هم‌چنین رنگ پوست را در انبه، در طی انبارمانی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، بهبود می‌بخشند (۲۰). کاربرد خارجی متیل جاسمونات‌ها در آناناس، باعث افزایش کیفیت میوه در طی انبارمانی شده و کاهش وزن

در میوه‌های تیمار شده با متیل جاسمونات، کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد دیده شد (۲۸). جاسمونات‌ها سنتز لیپو اکسیداز و پرواکسیداز را تحریک و سلول را در مقابل رادیکال‌های آزاد حفظ نموده و باعث پایداری غشای سلول می‌گردد (۹).

هدف این پژوهش بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پوتریسین و متیل جاسمونات برعمر پس از برداشت، کاهش وزن، کاهش سرمازدگی و برخی تغییرات کمی وکیفی طی انبارمانی میوه پرتقال والنسیا بوده است.

مواد و روش‌ها

پرتقال (*Citrus sinensis* L.) رقم والنسیا که روی پایه نارنج پیوند زده شده بود و ۲۰ سال سن داشتند و میوه‌های مورد استفاده در این تحقیق از اطراف درخت به‌طور تصادفی از یک باغ تجاری واقع در جنوب استان کرمان، شهرستان جیرفت در نیمه اسفند سال ۱۳۸۹برداشت و سپس میوه‌ها به سرعت به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل میوه‌های سالم، یکنواخت و عاری از هر نوع عامل بیماری‌زا را به منظور اعمال تیمار ابتدا میوه‌ها با آب معمولی کاملاً شسته تا تمام مواد زایدی که به سطح میوه چسبیده‌اند از آن جدا، سپس با آب ۳۵ درجه سانتی‌گراد شستشو تا میوه‌ها از هر نوع عامل بیماری‌زایی سطحی تمیز و در نهایت میوه‌ها به‌طور کامل خشک و با مواد شیمیایی مورد نظر تیمار شدند. برای انجام تیمار، غلظت‌های ۲/۵ و ۵ میلی‌مولار در لیتر پوتریسین و ۱۰ و ۲۰ میکرومولار متیل جاسمونات و آب مقطر (شاهد) به‌مدت ۵ دقیقه با روش غوطه‌ور کردن، استفاده شدند. بعد از تیمار میوه‌ها از محلول خارج و در سبدهایی قرار داده تا کاملاً خشک شوند. بعد از خشک شدن و جذب شدن کامل مواد مذکور توسط میوه‌ها، آنها به سردخانه منتقل و در دمای ۱±۵ درجه سانتی‌گراد، قرار داده شدند. با فواصل زمانی هر ۳۰ روز یکبار، خسارت سرمازدگی کاهش‌وزن، آب میوه‌ها، قند، اسید اسکوربیک، اسید قابل تیتر و pH آب میوه‌های مورد تیمار ارزیابی شدند.

اندازه‌گیری سرمازدگی

ارزیابی میزان سرمازدگی در طول ۴ ماه نگهداری میوه‌ها در دمای پایین صورت گرفت. وجود لکه‌های فرورفته قهوه‌ای رنگ در سطح میوه به همراه فرورفتگی‌های سطح میوه به‌عنوان علایم سرمازدگی در نظر گرفته شد. خسارت سرمازدگی بدین صورت محاسبه گردید: (۱۹)

تعداد میوه سرمازده - تعدادکل میوه) =خسارت سرمازدگی
۱۰۰ × (تعدادکل میوه /

اندازه‌گیری کاهش وزن

برای تعیین میزان کاهش‌وزن، ۱۵ عدد میوه برای هر تیمار در شروع آزمایش و نیز طی دوره انبارمانی انتخاب و وزن شدند و با توجه به وزن اولیه، درصد کاهش وزن محاسبه گردید.

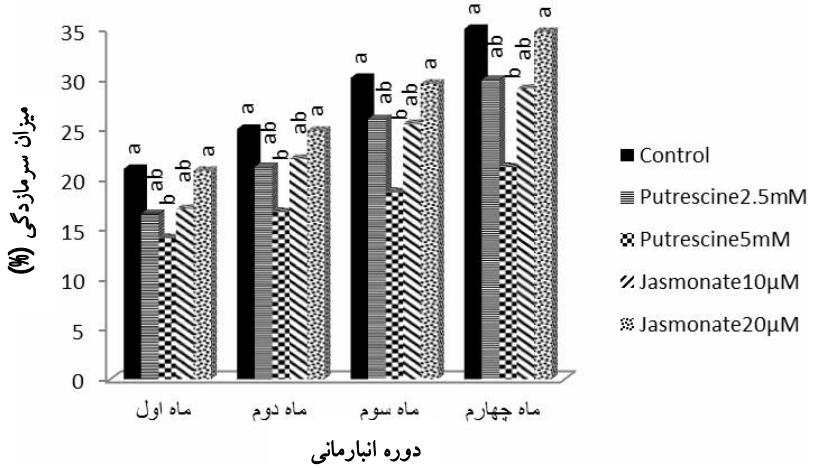
وزن ثانویه میوه - وزن اولیه میوه) =درصد کاهش وزن
۱۰۰ × (وزن اولیه میوه /

اندازه‌گیری آب و مواد جامد محلول

برای تهیه آب میوه از آبمیوه‌گیری دستی استفاده و آب‌میوه تهیه شده را سپس از پنبه عبور داده تا صاف گردد. مقدار آب‌میوه به‌صورت زیر محاسبه گردید: (۱).

(c-b)×100/a= درصد آب‌میوه a: مقدار میوه مورد آزمایش(برحسب گرم)، b: وزن ظرف (گرم)، c: وزن ظرف و آب‌میوه (گرم)). در این تحقیق اندازه‌گیری توسط قندسنج (Model ATC-IE, Atago-Japan) انجام گرفت (۳۰).

اندازه‌گیری اسید اسکوربیک: اندازه‌گیری این اسید با استفاده از روش تیترسنجی به روش یدومتریک انجام و نتایج برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بیان گردید. در این روش ۱/۲۶۹گرم ید را با ۶/۱۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط کرده و حجم آن به یک لیتر رسانده می‌شود. در این مخلوط، نرمالیته ید ۰/۰۱ نرمال می‌باشد، اما قبل از آزمایش باید فاکتور آن اندازه‌گیری شود. برای این منظور مخلوط حاضر شده را ۱الی ۲ روز نگهداری کرده، سپس ۲۰ میلی‌لیتر از مخلوط فوق



شکل ۱. تأثیر پوتریسین و متیل جاسمونات بر خسارت سرمازدگی میوه‌های پرتقال رقم والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی. ستون‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

در یک ظرف دیگر ریخته، روی آن ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد اضافه گردید. این مخلوط با محلول اسیداسکوربیک خالص تیتر به‌طوری‌که در نقطه پایان محلول به رنگ خاکستری کم‌رنگ در آید. برای محاسبه فاکتور مخلوط ید از معادله زیر استفاده می‌شود (۲):

$$F = A/B \times N \times 88.1$$

F = فاکتور مخلوط ید A = مقدار اسیداسکوربیک خالص (میلی‌گرم)، B = مقدار مخلوط ید مصرف شده (میلی‌گرم)، N = نرمالیته مخلوط ید.

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون و pH آب میوه

برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتر ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه توسط پیپت داخل ظرف شیشه‌ای ریخته و ۲۰تا ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه، سپس به محلول فوق چند قطره فنول فتالئین یک درصد اضافه گردید. در نهایت عمل سنجش حجمی (تیتراسیون) توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱نرمال انجام داده شد (۲):

و جهت تعیین اسیدیته آب‌میوه از عصاره صاف شده میوه و با استفاده از دستگاه pH متر مدل ۳۳۲۰ساخت شرکت جن وی (Jenway) انگلستان در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری انجام گرفت.

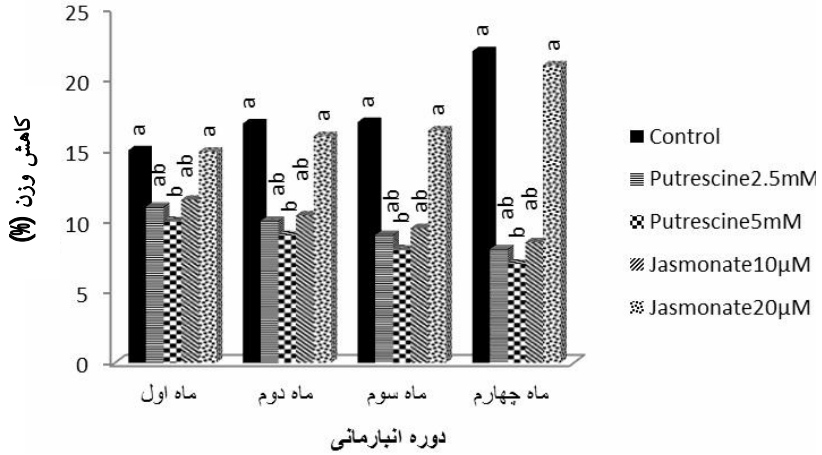
تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و در سه تکرار انجام گرفت. در هر تکرار ۱۰ عدد میوه وجود داشت. تجزیه آماری نتایج به‌دست آمده به کمک نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

خسارت سرمازدگی

علایم سرمازدگی با ظهور لکه‌های فرورفته و قهوه‌ای در سطح میوه همراه و با افزایش دوره انبارمانی این علائم پیشرفت می‌کنند. در این تحقیق نیز با افزایش طول دوره انبار درصد این خسارت افزایش پیدا کرد. درتمام دوره انبارمانی و با اندازه‌گیری در هر ماه مشخص شد، که تیمار ۵ میلی‌مولار پوتریسین کمترین و در مقابل شاهد و متیل جاسمونات ۲۰ میکرومولار بیشترین میزان سرمازدگی را نشان دادند و دو تیمار باقی‌مانده (پوتریسین ۲/۵ میلی‌مولار ومتیل جاسمونات ۱۰ میکرومولار) در این خسارت دامنه آماری مشترکی با کلیه تیمارها داشتند. اگرچه از نظر ظاهر و درصد خسارت شرایط مطلوب‌تری نسبت به شاهد داشتند (شکل۱). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های پیشین روی زردآلو (۳۰)، آناناس (۱۹)، توت‌فرنگی و انبه (۹)، مطابقت دارد، عموماً کاربرد این مواد

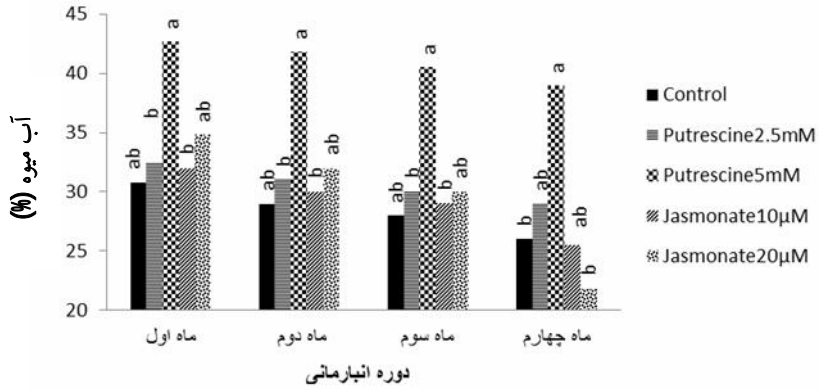


شکل ۲. تأثیر پوتریسین و متیل جاسمونات بر کاهش وزن میوه‌های رقم والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی. ستون‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

باعث افزایش استحکام و تغییر در نفوذپذیری غشا و انتقال فعال مواد از طریق آن می‌گردد. علاوه بر این، طبق گزارش‌ها میوه‌های تیمار شده با پوتریسین و متیل جاسمونات مواد آنتی‌اکسیدانی بیشتری ایجاد کرده که جلوی اثرات منفی رادیکال‌های آزاد را می‌گیرند و بدین ترتیب پایداری غشا را حفظ می‌گردد (۸). پلی‌آمین‌ها نیز در پاسخ به استرس‌های محیطی افزایش پیدا می‌کنند، مشاهده شده است که پوتریسین و به میزان کمتر اسپرمین واسپرمیدین در گیاهان زیادی در پاسخ به استرس‌های متفاوت زیاد می‌شوند (۱۰). هم‌چنین پیشنهاد شده است که ارتباطی بین پلی‌آمین و پاسخ به سرما وجود دارد و در بین گونه‌ها متفاوت می‌باشد (۱۴). میزان پوتریسین داخلی در مرکبات در طی رشد و نمو و در طی انبارمانی در دمای کم تغییر می‌کند. در نارنگی رقم مارکوت بیشترین میزان پوتریسین در مراحل آخر رشد و نمو و کمترین میزان در میوه‌های نابالغ وجود دارد (۱۸). بیشترین میزان پوتریسین در گریپ‌فروت انبار شده در دمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، در واقع علت اصلی سرمازدگی آسیب به غشا یاخته‌های گیاهی است و تغیر حالت فیزیکی غشاها منجر به بروز فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌شود (۲۸).

کاهش وزن و میزان آب‌میوه

کاربرد برخی مواد مورد استفاده در این آزمایش به‌طور معنی‌داری از کاهش وزن میوه‌ها جلوگیری نمود. به‌طوری‌که در ماه اول میوه‌های تیمار شده با پوتریسین ۵ میلی‌مولار دراین آزمایش کمترین و شاهد و متیل جاسمونات ۲۰میکرومول، بیشترین کاهش وزن را داشتند و در هر ماه تا پایان زمان آزمایش این روند مشابه بوده اگرچه با گذشت زمان کاهش وزن در کلیه میوه‌های تحت تیمار و شاهد ادامه پیدا می‌کند. مقایسه کلی در مورد این نشان داد که پوتریسین با غلظت ۵ میلی‌مولار اگرچه با غلظت کمتر (۲/۵ میلی‌مولار) و غلظت پایین جاسمونات (۱۰ میکرومولار) اختلاف آماری ندارد اما نسبت به شاهد و جاسمونات ۲۰ میکرومولار اختلاف کاملاً معنی‌داری در ممانعت از کاهش وزن میوه‌ها را ایجاد نمود (شکل۲). اندازه‌گیری‌های مرتبط با درصد آب میوه در چهار مقطع زمانی از دوره انبارمانی نشان داد که با افزایش طول دوره انبارمانی درصد آب میوه‌ها روند نزولی خواهد داشت که این امری طبیعی است. به‌طورکلی کاهش وزن‌میوه و آب از دست‌دهی طی انبار داری رخ می‌دهد که نتیجه تبخیر آب از سطح میوه می‌باشد. نتایج این تحقیق با پژوهش‌های دیگر روی آناناس (۱۹)، توت‌فرنگی (۳۱)، انبه (۹) و آلو (۲۵) همخوانی دارد. کاهش رطوبت از پوست به‌طور پیوسته توسط حرکت و جابه‌جایی رطوبت از گوشت جایگزین شده است. اگر این کاهش منجر به ترکیب با تنفس یا تعرق شود، خشک شدن میوه



شکل ۳. تأثیر پوتریسین و متیل جاسمونات بر آب‌میوه پرتقال رقم والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی.میانگین‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

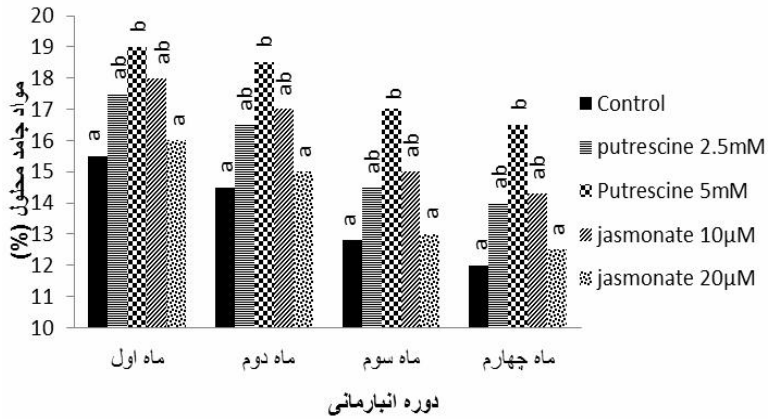
افزایش پیدا می‌کند، گوشت میوه هم خشک می‌شود و غیرقابل عرضه در بازار می‌شود. نتایج حاصل ازاین ارزیابی این ویژگی نشان داد که در هر چهار بار اندازه‌گیری با فواصل زمانی یک ماه از مجموع دوره انبارمانی میوه‌های تیمار شده با پوتریسین ۵ میلی‌مولار دارای کمترین کاهش در مقدار آب میوه‌ها بودند، اگر چه از نظر آماری با شاهد و جاسمونات ۲۰ میکرومولار در ماه‌های اول تا سوم انبارمانی اختلاف معنی‌داری نداشته اما در پایان ماه چهارم این اختلاف با کلیه تیمارها معنی‌دار بود (شکل۳).

مواد جامد محلول میوه

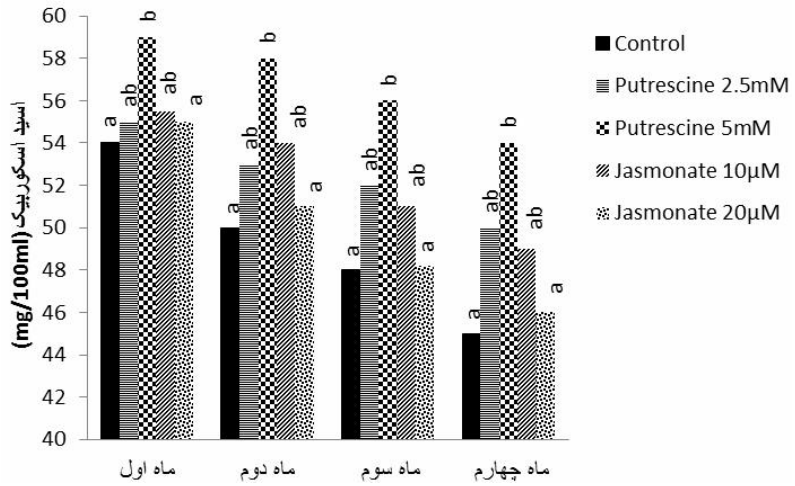
طی چهار ماه انبارمانی مواد جامد محلول کاهش یافت، به‌طوری‌که در محاسبات متوالی هر ماه پوتریسین ۵ میلی‌مولار بیشترین و شاهد کمترین درصد میزان قند را داشتند. اگرچه مقایسه آماری داده‌ها نشان داد که در هر چهار مرحله اندازه‌گیری این ویژگی مهم در انبارمانی میوه‌های مرکبات در دنیا، تیمار پوتریسین ۵ میلی‌مولار با تیمارهای پوتریسین ۲/۵ میلی‌مولار و جاسمونات ۱۰ میکرومولار اختلاف معنی‌دار نداشته ولی نسبت به شاهد و جاسمونات ۲۰ میکرومولار این تفاوت کاملاً معنی‌دار بود (شکل۴). میزان مواد جامد محلول یکی از عوامل مهم در کیفیت میوه پرتقال می‌باشند و کاهش این مواد از کیفیت و بازارپسندی محصول می‌کاهد این در حالی است که نتایج برخی از پژوهش‌ها حاکی از آن است که کاربرد تیمارهای شیمیایی مانند پلی‌آمین (پوتریسین) و متیل جاسمونات در آلو و توت‌فرنگی روند کاهش را به‌دلیل کند شدن فرآیند رسیدن میوه و کاهش تنفس تعدیل می‌نمایند (۴، ۱۱، ۲۵ و ۳۱).

اسید اسکوربیک، اسید قابل تیتر، pH

در این پژوهش سیر کاهشی در میزان اسید اسکوربیک (شکل ۵) و روند افزایشی اسیدهای‌آلی میوه و pH شکل ۶ و ۷ در تمامی میوه‌های تیمار شده و شاهد در طی دوره انبارمانی مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان pH، اسیدیته و کمترین میزان اسید اسکوربیک در انتهای دوره انبارمانی مشاهده گردید، اگر چه روند این تغییرات در میوه‌های تیمار شده کمتر از شاهد بود. در بررسی تغییرات مقدار اسید اسکوربیک در طی دوره چهار ماهه انبارمانی مشخص گردید، که مقدار این ویتامین به مرور زمان در کلیه میوه‌های مورد تیمار و شاهد کاهش پیدا می‌کند اگر چه در مقایسات آماری در چهار مرحله زمانی اندازه‌گیری کاملاً مشخص گردید که پوتریسین ۵ میلی‌مولار از ابتدای دوره انبارمانی بالاترین مقدار این اسید را به خود اختصاص داده بود. اگرچه از نظر دامنه آماری تفاوتی با غلظت ۲/۵ میلی‌مولار و جاسمونات ۱۰ میکرومولار در تمام دوره انبارمانی نداشت ولی



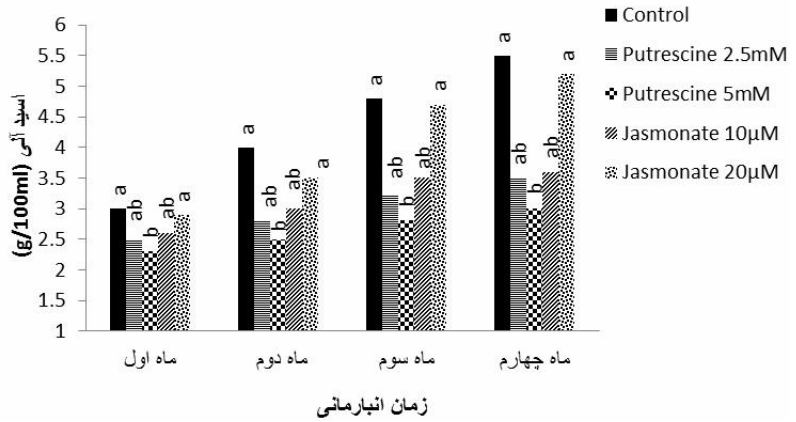
شکل ۴. تأثیر پوتریسین و متیل جاسمونات بر مواد جامد محلول پرتقال والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی. میانگین‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



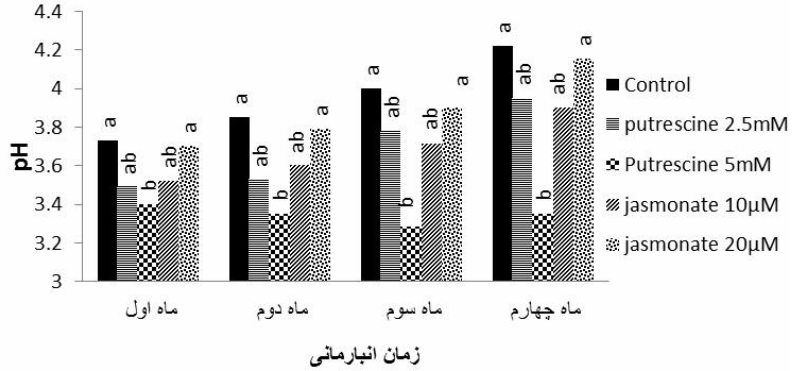
شکل ۵. تأثیر پوتریسین و متیل جاسمونات بر اسید اسکوربیک در پرتقال رقم والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی. میانگین‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

این اختلاف با شاهد و هم‌چنین جاسمونات ۲۰ میکرومولار کاملاً معنی‌دار بود (شکل۵). روند تغییرات اسیدهای آلی در این تحقیق حاکی از افزایش مقدار این اسیدها در طی دوره انبارمانی بود. به گونه‌ای که در کلیه تیمارها و شاهد با افزایش طول دوره انبار مقدار این مواد نیز افزایش پیدا می‌کرد. مقایسه بین تیمارها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری مشخص کرد که در بین تیمارهای به‌کار رفته کمترین مقدار اسیدهای آلی در طول دوره متعلق به تیمار پوتریسین ۵ میلی‌مولار بود. اگر چه از نظر آماری این تیمار اختلافی با پوتریسین ۲/۵ میلی‌مولار و جاسمونات ۱۰ میکرومولار دیده نشد (شکل ۶). نتایج حاصله از اندازه‌گیری pH پرتقال‌های مورد تیمار در این تحقیق از نظر شرایط آماری کاملاً مشابه به روند تغییرات اسیدهای آلی بود به گونه‌ای‌که اختلاف آماری نیز دقیقاً مشابه بود (شکل۷). اسیدیته در میوه‌های پرتقال در نتیجه اسیدهای گوناگون مانند اسید سیتریک، اسید مالیک، بنزوئیک اسید، تارتاریک اسید و اگزالیک اسید می‌باشد، البته اسید سیتریک به‌عنوان اسید غالب در میوه‌های پرتقال می‌باشد (۲۰ و۲۶).

طعم و مزه در نتیجه حضور قندها و اسیدهای آلی در میوه پرتقال می‌باشد. از آنجایی‌که بیشتر اسیدهای آلی متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در نتیجه چرخه اسید سیتریک به‌وجود آمده و در طی تنفس مصرف



شکل ۶. پوتریسین و متیل جاسمونات بر اسید قابل تیتر در پرتقال رقم والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی. میانگین‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۷. تأثیر پوتریسین و متیل جاسمونات بر pH پرتقال رقم والنسیا در دوره‌های متفاوت انبارمانی. میانگین‌هایی که دارای حروف یکسانی هستند، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

می‌شوند، بنابراین اسیدیته با افزایش مدت انبارمانی افزایش پیدا می‌کند(۲ و۲۶).

نتیجه‌گیری

حساسیت به دمای پایین باعث محدود کردن عمر انبارمانی و کاهش کیفیت معنی‌داری و تغییر در واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژی مختلف در داخل میوه به همراه وقوع نابسامانی‌های ظاهری از عوامل کاهش بازارپسندی در میوه‌ها در دمای پایین و در طول انبارمانی می‌باشند. اخیراً استفاده از موادی مانند پلی‌آمین‌ها (پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین) و متیل جاسمونات به منظور افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. زیرا تحقیقات نشان داد، گیاهانی که به انواع عوامل بیماری‌زا آلوده شده‌اند، سطح پلی‌آمین‌های آزاد و باند شده در آنها افزایش یافت و خاصیت ضد قارچی ترکیبات پلی‌آمین و متیل جاسمونات به اثبات رسیده است. پلی‌آمین‌ها از تشکیل رادیکال فعال اکسیژن که باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌شوند، جلوگیری می‌نمایند که در تنش سرمازدگی، مرگ سلول بر اثر این‌گونه ترکیبات افزایش می‌یابد و علاوه بر نقش پلی‌آمین‌ها در کاهش ناهنجاری‌های انباری، شواهد نشان داد که جاسمونات‌ها نقش مهمی در پاسخ‌های دفاعی بر علیه پاتوژن‌ها به‌صورت سیگنال‌های مولکولی دارند، اگر چه در سنتز فیتوالکسین‌ها هم دخالت دارند. پوترسین و متیل جاسمونات با دخالت در بیان ژن‌های مختلف گیاهان را در برابر تنش‌های مختلف محافظت می‌کنند. خسارت سرمازدگی محصول مرکبات

را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین از آنجایی مرکبات به‌عنوان محصول اول باغی منطقه، نقش مهمی در اقتصاد باغداران دارد، شایسته است نسبت به ارائه راهکارهای علمی و اجرایی در جهت خسارت سرمازدگی اقدام نمود. در این تحقیق میوه‌های شاهد کمترین میزان قند، آب میوه و اسید اسکوربیک و بیشترین میزان اسیدقابل تیتر، کاهش وزن، pH و بیشترین میزان سرمازدگی را داشتند، این در صورتی است که میوه‌های تیمار شده با هر دو ماده موجب شرایط مطلوب‌تری روی تغییرات بیوشیمیایی میوه‌ها شدند، به‌ویژه آن‌که در بین کلیه تیمارها مصرف ۵ میلی‌مولار پوتریسین توانایی بالقوه این ترکیب را در حفظ کیفیت این رقم پرتقال در نگهداری طولانی مدت در سردخانه‌ها جهت تنظیم بازار را به نمایش گذاشت.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند از مساعدت‌های بی‌دریغ آقایان هادی اصغری و فرامرز امیری به خاطر تأمین مواد گیاهی مورد نیاز در این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Basiouny, F. M. 1996. Blueberry fruit quality and storability influenced by postharvest application of polyamines and heat treatments. *Proceeding Fland State Horticulturae Society* 109: 269-272.
2. Burdurlu, H. S., K. Nuray and K. Feryal. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering* 74: 211-216.
3. Choi, M. H., G. H. Kim and H. S. Lee. 2002. Effect of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis* L.) juice during refrigerated storage. *Food Research International* 35: 753-759.
4. Cioroi, M. 2007. Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. *Cercetari Agronomicin Moldova* 1: 23-27.
5. Couey, H. M. 1986. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *Horticultural Science* 17: 162-64.
6. Droby, S., R. Porta, L. Cohen, B. Weiss, B. Shapiro, S. Philosoph-Hadas and S. Meir. 1999. Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application. *Journal of American Society of Horticultural Science* 124: 184-188.
7. Fotouhi-Ghazvini, R. and J. Fattahi-Moghadam. 2006. Citrus Growth in Iran. University of Guilan. Rasht. Iran.
8. Foyer, C. H., M. Lelandais and K. J. Kunert. 1994. Photooxidative stress in plants. *Plant Physiology* 92: 696-717.
9. Gonzalez-Aguilar, G. A., J. G. Buta and C. Y. Wang. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of "Kent" mangoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 1244-1249.
10. Guye, M. G., L. Viegh and J. M. Wilson. 1986. Polyamine titre in relation to chill-sensitivity in *Phaseolus sp.* *Journal of Experimental Botany* 37: 1026–1043.
11. Kelebek, H., S. Selli, A. Canbas and T. Cabaroglu. 2009. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic composition and antioxidant capacity of orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal* 91: 187-192.
12. Kumar, A., T. Altabella, M. A. Taylor and A. F. Tiburcio. 1997. Recent advances in polyamine research. *Trends in Plant Sciences* 2: 124-130.
13. Ladaniya, M. S. 2008. Commercial fresh citrus cultivars and producing countries. PP. 13–65, *In*: S. Ladaniya (Ed.), Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press, San Diego.
14. McDonald, R. E. and M. M. Kushard.1986. Accumulation of putrescine during chilling injury of fruit. *Plant Physiology* 82: 324–326 .
15. Martinez–Romero, D., D. Valero, M. Serrano, F. Burlo, A. Carbonell, L. Burgos and F. Riquelme. 2000. Exogenous polyamines and gibberellic acid effects on peach storability improvement. *Journal of Food Science* 65: 288-293.
16. Martinez-Romero, D., M. Serrano, A. Carbonell, L. Burgos, F. Riquelme and D. Valero. 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science* 67: 1706-1712.
17. Meir, S., S. Philosoph-Hadas, S. Lurie, S. Droby, M. Akerman, G. Zauberman, B. Shapiro, E. Cohen and Y. Fuchs. 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate. *Canadian Journal of Botany* 74:870–874.
18. Nathan, R., A. Altman and S. P. Monselise. 1984. Changes in activity of polyamine biosynthetic enzymes and in polyamine contents in developing fruit tissues of 'Murcott' mandarin. *Scientia Horticulturae* 22: 359–363.

19. Nilprapruck, P., F. Authanithee and P. Keebjan. 2008. Efeect of exogenous methyl jasmonate on chilling injury and quality of pineapple. *Silpakorn University Science and Techology* 2: 33-42.
20. Nour, V., I. Trandafir and M. E. Ionica. 2010. HPLC organic acid analysis in different citrus juice under reversed phase conditions. *Note Botanical and Hortculturae Agrobotanic Cluj* 38:44-48.
21. Pantastico, E. B., J. Soule and W. Grierson. 1968. Chilling injury in tropical and subtropical fruits: II. limes and grapefruit. *American Society of Horticultural Science* 12: 171–183.
22. Perez-Vicent, A., D. Martinez-Romero, A. Carbonell, M. Serrano, F. Riquelme, F. Guillen and D. Valero. 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* L.) storage. *Postharvest Biology and Technology* 25: 25-32.
23. Pignocchi, C. and C. H. Foyer. 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 379-389.
24. Rohwer, C. L. and J. E. Erwin. 2008. Horticultural applications of jasmonats. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 83: 283-304.
25. Serrano, M., D. Martinez-Romero, F. Guillen and D. Valero. 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 30: 259-271.
26. Sha, S. F., J. C. Li and S. L. Zhang. 2011. Change in the organic acid content and related metabolic enzyme activities in developing Xinping pear fruit. *African Journal of Agricultural Research* 6: 3560-3566.
27. Smirnoff, N. 2000. Ascorbic acid: metabolism and function of a multi-facetted molecule. *Current Opinion Plant Biology* 3: 229-235.
28. Valero, D., A. D. Perez-Vicente, S. Martinez-Romero, S. Castillo, F. Guillen and M. Serrano. 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatment: Role of polyamines. *Journal of Food Science* 67: 2571-2575.
29. Walden, R., A. Cordeiro and A. F. Tiburcio. 1997. Polyamines: small molecules triggering pathways in plant growth and development. *Plant Physiology* 113: 1009-1013.
30. Zokaee- Khosroshahi, M. R and M. Esna-Ashari. 2007. Postharvest putresciene treatments extend the storage life of apricot (*Prunus armeniaca* L.) Etokhm–Sefid, fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82: 986- 990.
31. Zokae-Khosroshahi, M. R., M. Esna-Ashari and A. Ershadi. 2007. Effect of exogenous puterscine on post-harvest life of strawberry (*Fragari ananassa* Duch) fruit, cultivar selva. *Scientia Horticulturae* 114: 27-32.