نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۷۷۷-۷۶۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 765-777
ISSN: 2008 - 4730

کاربرد پس از برداشت پلی آمین اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر کیفیت انبارمانی و عمر قفسه‌ای میوه انبه (*Mangifera indica* L.)

مرجان السادات حسینی[۱]- سید مرتضی زاهدی[۲*]- مهدیه کریمی[۳]- اصغر ابراهیم زاده[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۲

چکیده

این پژوهش به منظور تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر کیفیت و عمر پس از برداشت یک رقم انبه محلی میناب صورت گرفت. در این بررسی میوه‌ها با پلی آمین اسپرمیدین در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار به روش غوطه‌وری به مدت ۳۰ دقیقه تیمار و سپس به مدت ۲۴ روز در انبار با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. اندازه‌گیری صفات در زمان‌های صفر، ۸ و ۱۶ روز انجام گرفت و صفاتی از قبیل تغییرات وزن، سفتی، شاخص طعم، میزان فنل، ویتامین ث، ویژگی‌های کیفی (پی‌اچ، اسیدیته قابل تتراسیون و مواد جامد محلول) و ارزیابی حسی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میوه‌های شاهد، وزن، سفتی و کیفیت ظاهری و بیوشیمیایی کمتری در مقایسه با بقیه تیمارها نشان دادند. تیمار اسپرمیدین به ویژه غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین در طول دوره انبارمانی سبب حفظ ویتامین ث و کاهش از دست دادن آب میوه از طریق پوست و کند کردن روند تغییرات پی‌اچ، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل شد. همچنین میوه‌های این تیمارها میزان فنل، رنگ، مزه، شاخص طعم و عطر مطلوب‌تری داشتند.

واژه‌های کلیدی: انبه، انبارمانی، پلی آمین، غوطه‌وری، فنل

مقدمه

انبه (*Mangifera indica* L.) یک میوه گرمسیری بومی هند می‌باشد که در سال ۲۰۱۴ تولید جهانی آن نزدیک به ۴۵ میلیون تن رسید (۱۲). انبه از نظر ارزش غذایی سرشار از فیبر، ویتامین ث، پلی‌فنول‌ها و کارتنوئیدها است و علاوه بر مصرف تازه‌خوری و آبمیوه، به عنوان طعم دهنده، رنگ و اسانس در صنایع غذایی کاربرد دارد. در ایران کشت انبه محدود به استان‌های جنوب کشور است و استان هرمزگان با سطح زیر کشت ۲۰۴۴ هکتار بالاترین سطح زیر کشت در کل کشور دارا می‌باشد (۱).

انبه از جمله میوه‌های فرازگرا است و رسیدگی آن به وسیله اتیلن برون‌زاد یا درون‌زاد صورت می‌گیرد. در طول رسیدن میوه انبه تغییرات مختلف کیفی و تغذیه‌ای از جمله تغییر در رنگ، نرم شدن بافت، تجمع قندها، اسیدهای آلی، افزایش طعم و مزه، عطر و مواد بیوشیمیایی گیاهی صورت می‌گیرد (۴۱). انبه یک میوه سرشار از منابع ویتامین ث می‌باشد به طوری‌که مصرف روزانه یک عدد می‌تواند نیاز روزانه یک فرد بالغ را به طور کامل رفع کند (۴۲). دوره انبارداری برای میوه انبه می‌تواند یک دوره تنش‌زا به دلیل افزایش فرآیندهای اکسیداسیون محسوب شود و به دلیل ایجاد تغییرات ظاهری و بیوشیمیایی نامطلوب از جمله کاهش ویتامین ث، نرم شدن و فساد، بررسی روش‌های افزایش ماندگاری این میوه از اهمیت بالایی برخوردار است (۴۱). پیشنهاد شده است که روش‌های جلوگیری از افزایش اتیلن در میوه می‌تواند عمر پس از برداشت میوه‌های فرازگرا را افزایش دهد (۲۹). روش‌های تجاری گوناگونی برای کاهش اتیلن برون‌زاد از جمله اتمسفر کنترل شده (۴۸) انجام شده است. اما جلوگیری از تولید اتیلن درون‌زاد میوه، نیاز به شناسایی و کاربرد ترکیبات شیمیایی ویژه و بدون خطر برای سلامتی انسان دارد.

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس
۲ و ۴- استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
(*- نویسنده مسئول: Email: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir)
۳- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.60625

پلی‌آمین‌ها[1] با ساختار آلیفاتیک نیتروژن، گروه ترکیبات طبیعی شناخته شده در حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها هستند (۱۳). در گیاهان، پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین به خاطر پیش ماده مشترک اس-آدنوزیل- متیونین[2] با اتیلن، در تولید رقیب یکدیگر و در فرآیند رسیدن و پیری متضاد عمل می‌کنند و بنابراین یک احتمال قوی وجود دارد که پلی‌آمین‌ها می‌توانند فرآیند تأخیر رسیدگی میوه‌های فرازگرا را تنظیم کنند. پلی‌آمین‌ها به مولکول‌های آلی حیاتی سلول از جمله پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، پکتین‌ها و انواع مختلفی از آنزیم‌ها به ویژه پکتین استراز می‌چسبند و فعالیت آن‌ها را تنظیم می‌کنند (۲۴). همچنین پلی‌آمین‌ها با نقش کاتیونی خود، همانند کاتیون‌های معدنی، فعالیت آنزیم پکتین استراز (۱۸)، پلی‌گالاکتروناز و لیپواکسیژناز (۴۶) را در گوشت میوه کاهش می‌دهند.

مالیک و سینگ (۲۳) پلی‌آمین‌ها را به عنوان مواد ضد پیری[3] میوه انبه معرفی کردند. سایر بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده بیرونی پلی‌آمین‌ها کیفیت میوه را از طریق بهبود رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش می‌دهند (۴۶). کاربرد برون‌زاد پلی‌آمین‌ها بر روی سیب (۴۷)، توت فرنگی (۳۱)، انبه (۲۳)، انار (۲۷)، هلو (۶) و انگور (۱۷) باعث نگهداری سفتی و کیفیت بافت در طول انبارمانی شده است. کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها روی انبه (۲۳) کاهش آنزیم‌های نرم کننده دیواره سلولی و روی گوجه فرنگی (۲۱) و آووکادو (۴۶) کاهش چشمگیر آنزیم ACC اکسیداز را سبب شده است. همچنین تیمار پلی‌آمین پوترسین اثر مثبتی بر ظاهر، طعم، نسبت اسید به قند و وزن میوه انبه (۱۶) و زردآلو (۱۰) داشته است. میوه‌های کیوی تیمار شده با اسپرمیدین، فنل کمتر (کاهش گسی)، آنتی‌اکسیدان کل و سفتی بیشتری نسبت به شاهد داشتند و اسپرمیدین تأثیر مثبتی بر کیفیت کلی میوه داشت (۱۷). تیمار اسپرمیدین روی انگور، علاوه بر بهبود کیفیت ظاهری میوه، فنل و آنتی‌اکسیدان کل و آنتوسیانین‌ها را افزایش داد (۲۹).

با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از این مطالعه بررسی غلظت‌های مختلف اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر میزان تغییرات وزن، سفتی، شاخص طعم، میزان فنل، ویتامین ث، ویژگی‌های کیفی (پی‌اچ، اسیدیته قابل تتراسیون و مواد جامد محلول) و ارزیابی حسی رقم انبه محلی میناب در طول دوره انبارمانی بود.

مواد و روش‌ها

میوه‌های انبه رقم محلی میناب در زمان بلوغ تجاری (سبز رسیده) از یک باغ انبه در میناب (استان هرمزگان) تهیه و بلافاصله به آزمایشگاه مرکزی پارک علم و فناوری در شهر همدان منتقل گردید. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید عامل اول شامل غلظت‌های مختلف اسپرمیدین (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و عامل دوم زمان‌های مختلف انبارمانی (صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ روز) بود. میوه‌های سالم و یکنواخت از لحاظ اندازه، شکل، رنگ و درجه رسیدگی انتخاب گردیدند و پس از شستشو با آب و خشک کردن، ویژگی‌های اولیه ظاهری و شیمیایی برای روز صفر اندازه‌گیری شدند.

محلول‌های تیمار در مقادیر صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین (SIGMA) ساخته شد. برای تیمار شاهد نیز از یک لیتر آب مقطر استفاده شد. نمونه‌ها تحت تیمار یک بار غوطه‌وری به مدت ۳۰ دقیقه داخل محلول اسپرمیدین قرار گرفتند. مدت زمان انبارمانی ۲۴ روز، دمای انبار ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری‌ها در روزهای صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ انجام گردید که شامل:

تغییرات وزن

میوه‌های انبه در هر تیمار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم قبل از شروع آزمایش و نیز به فواصل معین در طول نگهداری در انبار وزن شدند و درصد کاهش وزن از طریق رابطه زیر به دست آمد (۳۸):

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

سفتی

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج[4] مدل (OSK-10576) اندازه گرفته شد. میزان فشار دستگاه بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محاسبه شد (۱۵).

فنل کل

جهت تعیین محتوای فنول کل بافت میوه، از معرف فولین- سیکالتو[5] استفاده شد. از ترکیب مقدار نیم گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد استفاده و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) به آن اضافه گردید. پس از پنج دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن افزوده شد و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (ساخت شرکت پرکین- المیر، آمریکا) در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد و با مقایسه با منحنی

1- Polyamines (PAs)
2- S-adenosyl methionine (SAM)
3- Anti-senescence agent
4- Penetrometer
5- Folin- Ciocalteau

استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۸ میلی‌گرم در لیتر، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک در گرم آب میوه گزارش گردید (۴۱).

مواد جامد محلول کل (TSS)، پی‌اچ و اسیدیته کل عصاره میوه (TA)

برای تعیین صفات مواد جامد محلول کل، پی‌اچ و اسیدیته کل میوه، ابتدا از نمونه‌ها آبگیری شد و برای تعیین مواد جامد محلول با استفاده از یک رفرکتومتر دیجیتالی (ATAGO مدل A.PAL-۱ ساخت کشور ژاپن) میزان مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد (۲). برای اندازه‌گیری پی‌اچ، آب میوه در ظرف‌های پلاستیکی ریخته شد و سپس با استفاده از دستگاه پی‌اچ‌متر (مدل AG ، ساخت شرکت متروهم، سوئیس)،پی‌اچ آب میوه اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان اسید کل میوه از روش تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه در ۱۰ میلی‌متر آب مقطر حل شد و با سود (هیدروکسید سدیم) ۰/۲ نرمال تیتر گردید. زمانی‌که پی‌اچ محلول به ۸/۴ رسید تیتراسیون متوقف شد. سپس درصد اسیدیته قابل تیتر طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۳۵).

TA= [mlNaoH×N(NaOH)×acidmeq.factor/ml juice titrated]×100

شاخص طعم

شاخص طعم میوه با استفاده از رابطه TSS/TA محاسبه گردید.

محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

آسکوربیک اسید با استفاده از روش تیتراسیون با ید در یدور پتاسیم اندازه گرفته شد. پایان تیتراسیون زمانی بود که عصاره میوه‌ها به رنگ آبی تیره درآمد و این رنگ چند ثانیه پایدار ماند. حجم محلول ید در یدور پتاسیم خوانده شد و میزان آسکوربیک اسید با استفاده از فرمول زیر بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محاسبه گردید (۹):

مقدار Vc = (2×V(Vc Control)×100) /

که در آن V حجم ید مصرفی و Vc شاهد نیز برابر با ۲/۱ می‌باشد.

ارزیابی حسی[1] رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت کلی میوه (پذیرش مشتری)

آزمون پارامترهای حسی میوه به صورت نمره‌دهی از ۱ تا ۴ (۸) از نظر تجزیه و تحلیل توصیفی انجام شد. به این روش که نمره‌دهی شاخص‌های حسی رنگ پوست میوه از سبز کامل تا زرد کامل، عطر از بدون عطر تا عطر زیاد، مزه از بسیار ترش تا بسیار شیرین و کیفیت کلی میوه از کیفیت بد یعنی کمترین نمره (نمره ۱) تا کیفیت عالی (نمره ۴) انجام شد.

تجزیه آماری داده‌های به دست آمده به روش مدل خطی عمومی (GLM) و به کمک نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات وزن

بررسی نتایج نشان داد با افزایش مدت نگهداری میوه، به تدریج از وزن میوه در تمام تیمارها کاسته شده است (شکل ۱) و بیشترین درصد کاهش وزن میوه در تیمار شاهد مشاهد گردید. میزان درصد کاهش وزن در بین تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. کاربرد اسپرمیدین در کاهش از دست‌دهی آب میوه از طریق پوست مؤثر می‌باشد و به طوری‌که تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بیشترین اثر را داشته است. اثر پلی‌آمین‌ها بر جلوگیری از کاهش وزن انبه (۱۶، ۲۲ و ۳۴)، گوجه فرنگی (۲۱ و ۳۷) و لیمو (۴۵) گزارش شده است.

بیشتر میوه‌های فرازگرا طی دوره رسیدن و پیری کاهش وزن نشان می‌دهند (۴۴). بدیهی است مهمترین عامل کاهش وزن میوه در انبار به علت تبخیر آب از سطح پوست میوه می‌باشد. مالیک و سینگ (۲۳) کم شدن تنفس میوه با تیمار پلی‌آمین‌ها را به علت تأثیر فراوان آن‌ها بر کاهش تنفس میوه عنوان کرده‌اند.

سفتی

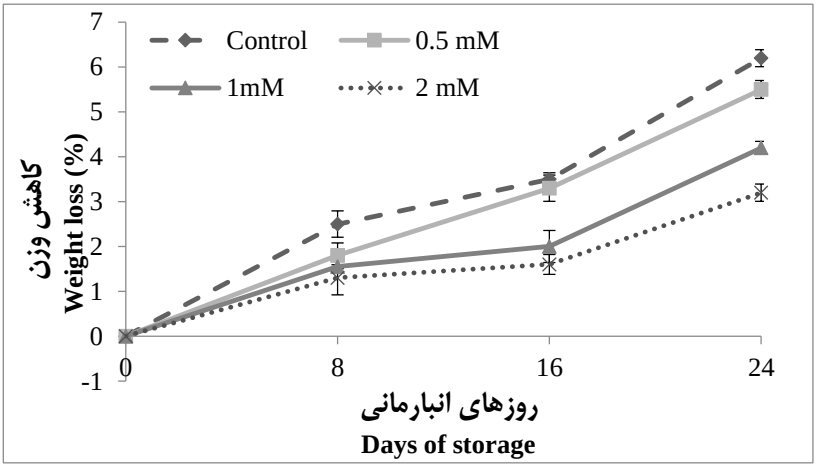
سفتی بافت میوه به تدریج طی انبارمانی کاهش یافت و در پایان دوره انبارمانی (روز بیست و چهارم) بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در روز بیست و چهارم تیمار ۱ و ۲ میلی مولار بیشترین سفتی را نشان دادند (شکل ۲). بعضی هورمون‌ها و مواد شیمیایی مانند پلی‌آمین‌ها که می‌توانند پیری بافت و به دنبال آن کم شدن سفتی بافت میوه را کاهش دهند (۴۶). تغییر در ساختار دیواره سلولی از جمله کاهش همی‌سلولز و گالاکتوز، حل شدن پکتین‌ها و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده سبب نرم شدن بافت میوه طی انبارمانی می‌شوند (۳۹). تیمار ۱ و ۲ میلی‌مولار بیشترین سفتی را نشان دادند که احتمالا پلی‌آمین‌ها با متصل شدن به گروه‌های پکتینی می‌توانند مانع شکسته شدن آن‌ها شوند (۳۳).

فنل کل

شکل ۳ نشان دهنده اثر میزان غلظت اسپرمیدین بر میزان فنل

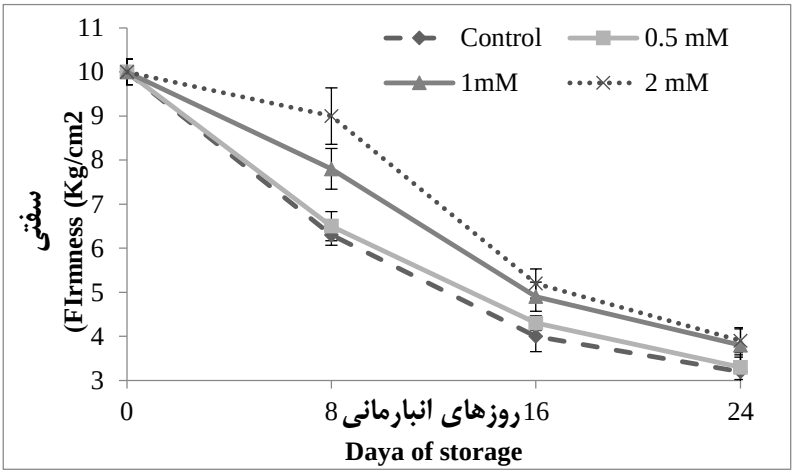
1- Sensory evalution

گوشت میوه انبه می‌باشد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف در دوره انبارداری، فنل گوشت میوه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشت و با افزایش غلظت اسپرمیدین افزایش یافت. در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بیشترین و در تیمار شاهد کمترین مقدار فنل مشاهده گردید. این نتایج با نتایج رزاق و همکاران روی انبه (۳۱)، ژاله‌گر و همکاران روی کیوی (۱۷) و میردهقان و همکاران روی انار (۲۸) مطابقت دارد.



شکل ۱- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر تغییرات وزن میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 1- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit weight changes during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

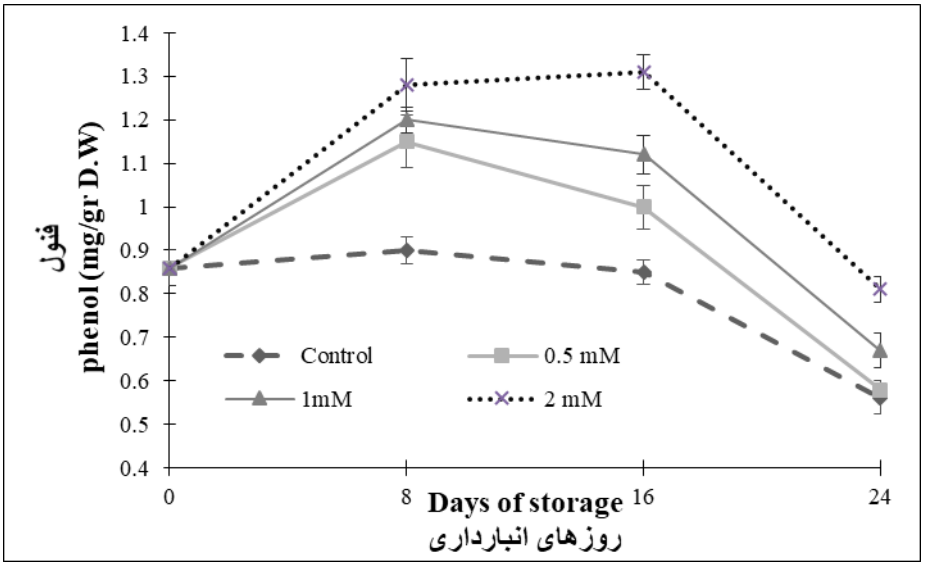


شکل ۲- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان سفتی میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 2- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit firmness during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

علت کاهش کمتر فنل‌ها در تیمارهای اسپرمیدین، نقش مهم پلی‌آمین‌ها در به تأخیر انداختن شروع فعالیت پلی فنل اکسیداز به خاطر کم شدن تنفس میوه می‌باشد (۳). پلی‌آمین‌ها فعالیت ضد اکسیدانی دارند و بررسی شده که بین فعالیت ضد اکسیدانی و فنل‌ها رابطه خطی وجود دارد. در زردآلو و انبه بین فعالیت ضداکسیدانی و ترکیبات فنلی همبستگی مثبت گزارش شده است (۳۴). کل میزان

فنل در ابتدای دوره انبار مانی (تا روز ۸) افزایش و از روز ۸ تـا روز ۱۶ روند نسبتا ثابت و از آن به بعد تا پایان دوره انبارمانی کاهش پیدا کرد (شکل ۳). کاهش میزان فنل گوشت میوه، یکی در ارتباط بـا افـزایش آنزیم پلی فنل اکسیداز (۴۳) و دیگری پلیمریـزه شـدن تـانن‌هـا (۲۶) طی انبارمانی انبه است.



شکل ۳- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان فنول میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 3- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit flavor index during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

مواد جامد محلول کل (TSS)

اثر غلظت‌های مختلف محلول‌هـای اسـپرمیدین بـر میـزان مـواد جامد محلول کل در بافت میوه انبه در طول دوره انبـارداری معنـی‌دار نشد (شکل ۴). همانطور که در شکل مشخص است، با شروع رسیدن میوه (روز شانزدهم) و افزایش دوره انبارداری درصد مواد جامد محلول کل افزایش و روند تغییرات مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شـده با ۱ و ۲ میلی‌مولار کندتر می‌باشد و تیمار ۰/۵ میلی‌مولار مانند شاهد عمل کرده است.

به دلیل رسیدن میوه در طی انبارداری و تجمع کربوهیدرات‌های محلول، افزایش میـزان TSS آب میـوه منطقـی بـه نظـر مـی‌رسـد. دستجردی (۶)، راتور، دینـگ و وانـگ افـزایش مـواد جامـد محلـول میوه‌های انبه تیمار شده را در طـی انبارمـانی حـداکثر تـا بیسـت روز گزارش کردند و در ایـن آزمایشـات اغلـب پـس از ایـن مـدت، TSS عصاره میوه روند ثابتی را ادامه داده است. همچنین خـان و همکـاران (۱۸) در آلو و ذکایی خسروشاهی و اثنی عشری (۴۹) در زردآلو، تـوت فرنگی و هلو گزارش کردند که پلی‌آمین‌ها سبب افزایش مـواد جامـد محلول کل نسبت به میوه‌های کنترل طی دوره انبارداری می‌شوند. به نظر می‌رسد پلی‌آمین‌ها با کمک به فرآیند تجمع قند در بافت میوه، از هدر رفتن آب میوه جلوگیری کرده باشند و همچنین با تأثیر آن‌ها بـر کاهش تنفس بافت، مصرف قندها نیز کاهش پیدا می‌کند.

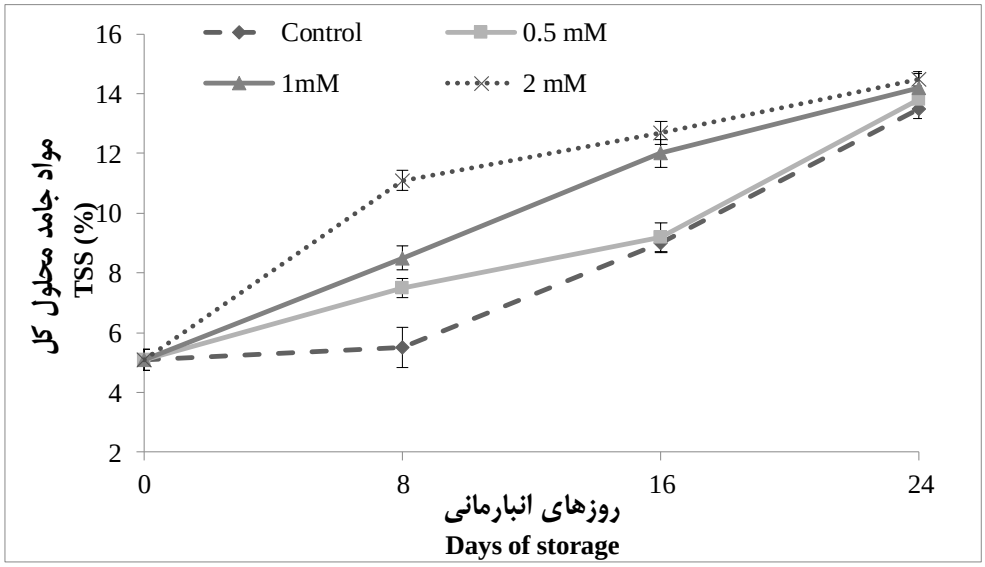
پی‌اچ

همان طور که در شکل ۵ دیده می‌شود اثر تیمارهای اسـپرمیدین بر میزان پی‌اچ آبمیوه انبـه در سـطح پـنج درصـد معنـی‌دار شـد و بـا افـزایش میـزان غلظـت اسـپرمیدین پـی‌اچ آبمیـوه کمتـر و در واقـع اسیدی‌تر شده است. تیمارهای اسپرمیدین با افزایش اسید آسکوربیک و سایر اسیدهای آلی در عصـاره میـوه، سـبب کـاهش پـی‌اچ آبمیـوه گردیده‌اند. نتایج حاضر با نتایج داوری نژاد و همکاران (۷) روی زردآلو و ذکایی و اثنی عشری (۴۹) روی زردآلو، توت فرنگی، گیلاس و هلـو مطابقت دارد.

اسیدیته کل میوه (TA)

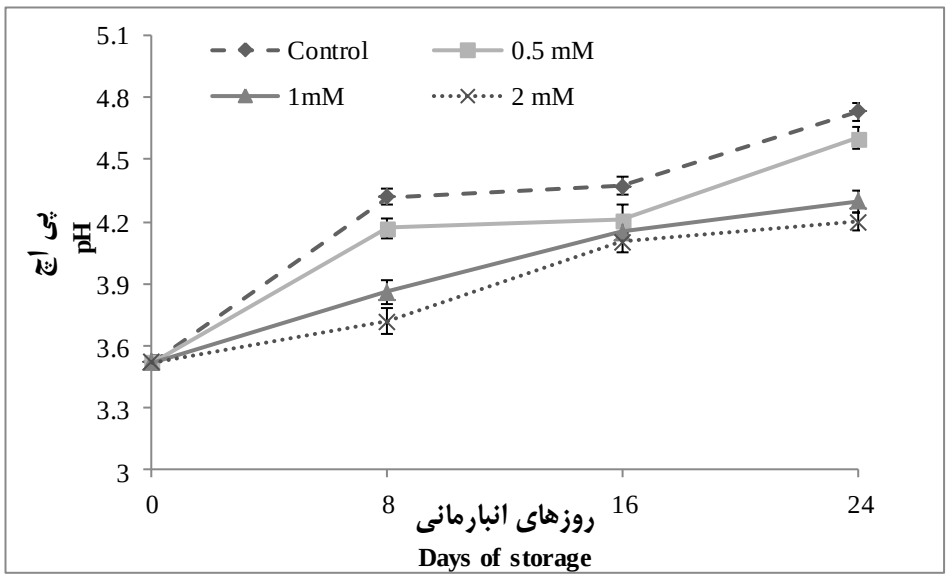
نتایج نشان داد (شکل ۶) اسیدیته میوه‌ها با افزایش دوره انبارمانی کاهش یافته است و میوه‌ها در شرایط کنترل دارای اسـیدیته بـالاتری هستد که نتایج به دست آمده از پی اچ آبمیوه (شکل ۵) را نیز توجیـه می‌کند. در شرایط تنش اسیدهای آلی از گوشت به پوست میوه انتقال

پیدا کرده و به عنوان پیش ماده برای ساخته شدن آنزیم‌های مقابله با تنش به کار برده می‌شوند (۱۲). به نظر می‌رسد افزایش اسید در تیمارهای اسپرمیدین به خاطر نقش فعال این مواد در مقابله با تنش انبارمانی باشد. همچنین با کم شدن تنفس بافت، مصرف اسیدهای آلی طی انبارمانی کاهش پیدا می‌کند (۲۰). افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در انبه (۱۵، ۳۳)، انگور (۱۴) و کیوی (۱۷) با کاربرد پلی‌آمین‌ها طی دوره انبارمانی گزارش شده است.



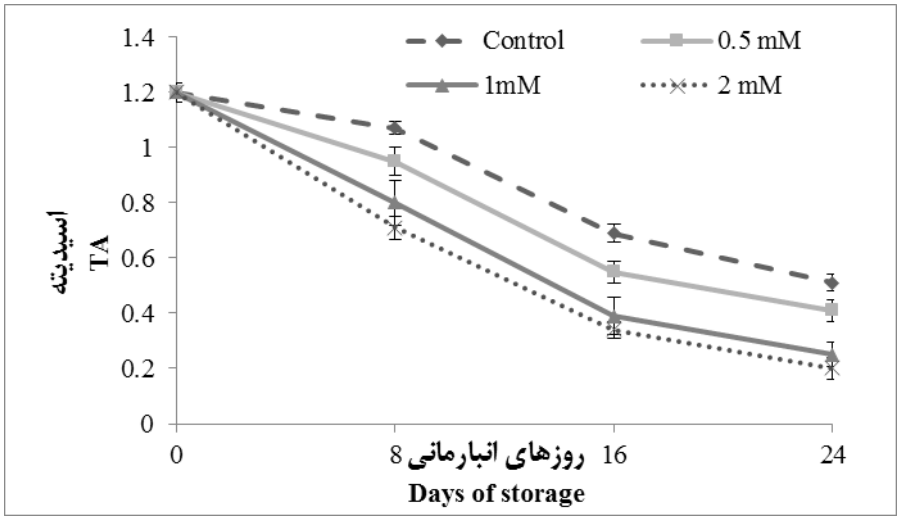
شکل ٤- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان TSS میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 4- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit phenol during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference (P ≤ 0.05) between treatments based on Duncan's multiple range test



شکل ٥- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان پی اچ آبمیوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 5- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit ascorbic acid (vitamin C) during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference (P ≤ 0.05) between treatments based on Duncan's multiple range test

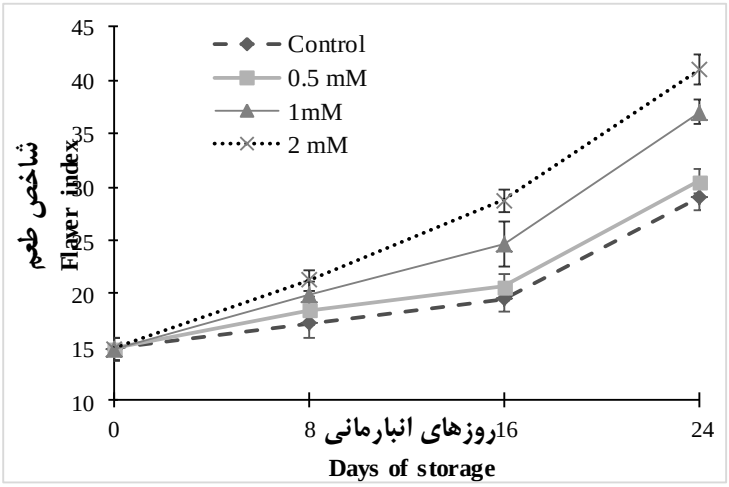


شکل ٦- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان TA میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 6- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit ascorbic acid (vitamin C) during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference (P ≤ 0.05) between treatments based on Duncan's multiple range test

شاخص طعم

نتایج نشان داد با افزایش مرحله رسیدن و دوره نگهداری، میزان شاخص طعم (نسبت اسید به قند) افزایش یافت و بین تیمارهای مختلف از این نظر اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده گردید. با افزایش غلظت اسپرمیدین، شاخص طعم افزایش و بیشترین آن مربوط به غلظت ۲ میلی‌مولار بود و بین تیمار شاهد و ۰/۵ میلی مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نسبت میزان مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون با نزدیک شدن به مرحله رسیدن میوه، روند افزایشی دارد. به این معنی که طی دوره انبارمانی از میزان اسید کم و به میزان قند افزوده می‌شود، که از نظر شاخص طعم بسیار مهم می‌باشد. افزایش نسبت قند به اسید با تیمارهای پلی‌آمینی در انبه (۱۶)، انگور (۲۹) و انار (۲۷) گزارش شده است.

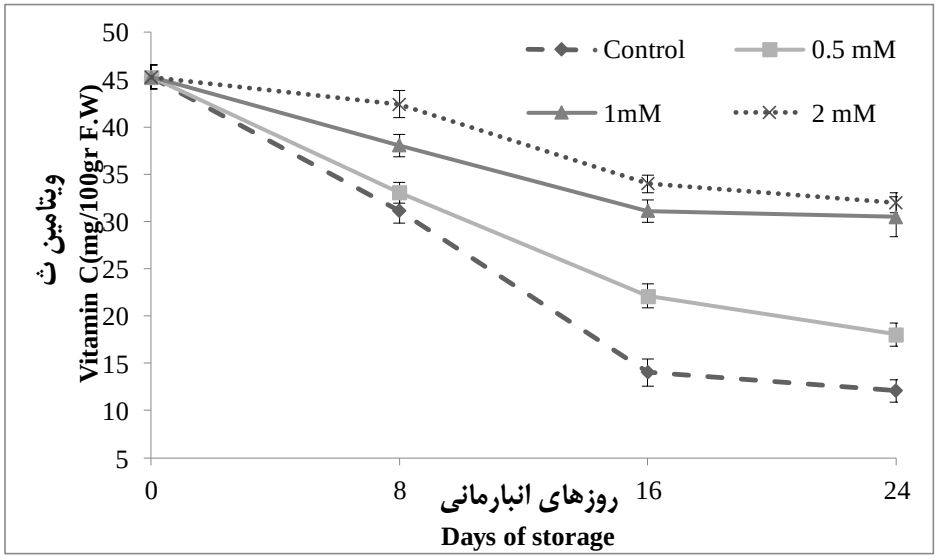


شکل ۷- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر شاخص طعم میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 7- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit juice pH during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference (P ≤ 0.05) between treatments based on Duncan's multiple range test

محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (شکل ۸). با بالا بردن غلظت اسپرمیدین کاربردی، میزان ویتامین ث میوه افزایش پیدا کرد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مالیک و سینگ در انبه (۲۳)، موسوی و جوانمردی در پرتقال (۳۰) و میردهقان و رحیمی در انگور (۲۹) مطابقت دارد. ممکن است میوه‌های تیمارهای اسپرمیدین با ممانعت از، از دست‌دهی آب و حفظ پایداری غشای سلولی و اکسیداسیون آسکوربیک اسید جلوگیری کرده باشند (۲۶). به ویژه اینکه ویژگی‌های آنتی اکسیدانی فراوانی را در مطالعات مختلف برای پلی‌آمین‌ها ذکر کرده‌اند (۱۸، ۲۴). علاوه بر آن نگی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که پایداری ویتامین ث در محیط‌های اسیدی بیشتر است. همان گونه که در شکل‌های ۵ و ۶ به ترتیب مربوط به اسیدیته قابل تیتراسیون و پی اچ آبمیوه مشاهده می‌شود، به نظر می‌رسد تیمارهای اسپرمیدین با حفظ شرایط اسیدی عصاره میوه، در پایداری و حفظ ویتامین ث انبه مؤثر واقع گردیده‌اند. گزارش شده است که میزان ویتامین ث انبه عامل مهمی در ارزیابی کیفیت غذایی آن به شمار می‌رود (۴۲).



شکل ۸- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 8- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on TA of fruit juice during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

ارزیابی حسی رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت کلی میوه

غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر تمام پارامترهای حسی ارزیابی شده توسط آزمایشگران از جمله رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت میوه اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد ایجاد کردند (جدول ۱). پارامتر رنگ پوست در تیمارهای ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین بود و افزایش غلظت اسپرمیدین باعث توسعه رنگ پوست میوه شد. رنگ مطلوب پوست میوه یکی از عواملی است که سبب افزایش بازارپسندی می‌گردد. پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از تولید اتیلن و کند کردن پیری و روند تغییرات رنگ و تثبیت غشا در بافت می‌توانند رنگ مطلوب‌تری را در ظاهر میوه ایجاد کنند (۴۴).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت اسپرمیدین، نمره‌دهی شاخص عطر میوه بر اساس تشخیص آزمایشگرها بالاتر بود. طی رسیدن میوه، اتیلن سبب تحریک تولید مواد معطر و فرار از جمله الکل‌ها، استرها و کتون‌ها در بافت میوه می‌شود. مواد کاهش دهنده تولید اتیلن می‌توانند سرعت تولید برخی مواد معطر را کاهش دهند (۱۱). با این حال تیمارهای جلوگیری از سنتز اتیلن، سبب افزایش تولید مواد فرار حاصل از کاتابولیسم لیپیدها و آمینواسیدها مانند پالمیتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید، لینولیک اسید در محصولاتی مانند سیب شده است (۱۱ و ۳۶). بنابراین تیمارهایی که سبب به عقب انداختن تولید لیپیدها و به دنبال آن تولید مواد فرار معطر شوند، می‌توانند عطر مطلوبی را در میوه در انتهای انبارمانی ایجاد کنند. به نظر می‌رسد افزایش غلظت اسپرمیدین

نیز با همین نقش افزایش عطر میوه انبه در پایان انبارمانی را موجب شده باشد.

نتایج افراد ارزیابی کننده در مورد صفت مزه میوه حاکی از آن بود که میوه‌های تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین طعم میوه را داشتند و تیمارهای شاهد و ۰/۵ میلی مولار از مطلوبیت مزه کمتری برخوردار بودند (جدول ۱). به نظر می‌رسد افزایش شاخص طعم (نسبت اسید به قند) در تیمارهای ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین (شکل ۷) باعث بهبود کیفیت خوراکی و مزه میوه شده است. بهبود عطر و مزه میوه انبه با پلی‌آمین توسط آذرکیش و شمیلی (۳) نیز گزارش شده است. در مورد کیفیت کلی میوه، آزمایشگران، کمترین کیفیت را در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین تشخیص دادند و بین سایر تیمارها از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- اثر تیمار اسپرمیدین بر پارامترهای ارزیابی حسی، رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت کلی میوه

Table 1- The effect of spermidine treatment on sensory evolution, skin color, aroma, taste, and total fruit quality

پارامترها Parameters	اسپرمیدین (میلی‌مولار) Spermidine (mM)			
	0	0.5	1	2
رنگ پوست Skin color	2.88 ±0.012 b	2.81 ±0.018 b	3.09 ±0.022 a	3.07 ±0.024 a
عطر میوه Aroma	2.78 ±0.019 b	2.84 ±0.018 ab	2.84 ±0.015 ab	2.96 ±0.013 a
مزه Taste	2.71 ±0.013 b	2.66 ±0.018 b	2.83 ±0.022 a	2.79 ±0.015 ab
کیفیت Quality	2.75 ±0.009 a	2.75 ±0.008 a	2.79 ±0.012 a	2.89 ±0.016 b

در هر سطر میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر ندارند

Numbers followed by the same letter do not have statisticly significant differences (P<0.05) based on Duncan's multiple range test

نتیجه‌گیری کلی

اسپرمیدین یکی از گروه‌های آمینی طبیعی موجود در جانداران به ویژه گیاهان می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد پلی‌آمین اسپرمیدین سبب حفظ میزان سفتی و افزایش عمر انبارمانی میوه انبه می‌شود و اثرات مفید قابل توجهی طی انبارمانی بر ویژگی‌های قابل اهمیت کیفیت انبارمانی انبه از جمله وزن، رنگ، طعم، عطر و ویتامین ث دارد. همچنین مشخص شد که با افزایش غلظت اسپرمیدین، میزان فنل گوشت میوه افزایش پیدا می‌کند. در انتهای دوره انبارمانی میزان سفتی و مواد جامد محلول کل بین نمونه‌های موجود در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. به دلیل افزایش میزان عطر میوه با تیمار اسپرمیدین، به نظر می‌رسد اسپرمیدین با به تأخیر انداختن تولید لیپیدها، سبب افزایش تولید مواد معطر در میوه شده باشند. همچنین افزایش اسید و کاهش پی اچ آبمیوه فرآیندی بود که به دنبال افزایش غلظت اسپرمیدین رخ داد. در این مطالعه ملاحظه گردید غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین اثرات محسوسی بر افزایش کیفیت میوه انبه دارد و قابل توصیه در انبارهای نگهداری انبه می‌باشد.

منابع

1- Agricultural statistics. 2014. Horticultural products. Ministry of Agriculture, Planning and Economic Department, Office of Statistics and Information Technology, 3. p. 91.

2- Arzani K., and Koushesh M. 2005. Enhancement of Sultana grape (*Vitis vinifera* L.) maturity by preveraison ethanol and methanol spray, Indian Journal of Agricultural Science, 75(10): 670-672.

3- Azarkish P., and Shamili M. 2014. Effect of putrescine and cold water quality characteristics and shelf Mango (*Mangifera indica* L.), Journal of Food Science and Technology, 47 (12): 65-74.

4- Bhat A., Kumari Kaul R., Reshi M., and Gupta N. 2014. Effect of polyamines on shelf life and chiling injury of mango CV. Dashehari, The Bioscan, 9(3): 1097-1100.
5- Bregoli A. M., Scaramagli S., Costa G., Sabatini E., Ziosi V., Biondi S., and Torrigiani P. 2002. Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: amino ethoxy vinyl glycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene mission and flesh firmness, Physiology Plant, 114: 472-481.
6- Dastjerdi A. M., Kalantari S., Babalar M., and Zamani Z. 2013. The effects of post-harvest shelf-life and storage of mango fruits harvested at different stages of ripening, Iranian Journal of Horticultural Sciences, 94 (1): 43-59.
7- Davarynejad G. H., Zarei M., Ardakani E., and Nasrabadi M. E. 2013. Influence of putrescine application on storability, postharvest quality and antioxidant activity of two Iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars, Notulae Scientia Biologicae, 5 (2): 212-219.
8- Djioua T., Charles F., Lopez-Lauri F., Filgueiras H., Coudret A., Freire M., Ducamp- Ollin M., and Sallanon H. 2009. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments, Postharvest Biology and Technology, 52: 221-226.
9- Ebrahimzadeh M. A., Hosseini Mehr S. C., Mahmoudi M., Qaykhlv M. R., and Hosseini C. M. 2006. Vitamin C measured by oxidation- reduction two-stage titration oxidation in a variety of citrus, Mazandaran University of Medical Sciences journals, 15 (48): 31-26.
10- Echeveria E., Gonzalez P. C., and Brune A. 1997. Characterization of proton and sugar transport at the tonoplast of sweet lime (*Citrus limmetioides*) juice cells, Physiology Plant, 101: 291-300.
11- Fan X., Mattheis J. P., and Fellman J. K. 1998. A role for jasmonates in climacteric fruit ripening, Planta, 204: 444-449.
12- FAO. 2014. FAO Land and Plant Nutrition Management Service.
13- Galston A. W., and Sawhney R. K. 1990. Polyamines in plant physiology, Plant physiology, 94: 606-610.
14- Harindra Champa W. A., Gill M. I. S., Mahajan B.V.C., and Arora N. K. 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless, Postharvest Biology and Technology, 91: 57-63.
15- Hertog M., Nicholson S. E., and Jeffery P. B. 2004. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of 'Hayward'kiwifruit, Journal of the Postharvest Biology and Technology, 31: 251-261.
16- Jawandha S. K., Gill M. S., Singh N. P., Gill P. P. S., and Singh N. 2012. Effect of post-harvest treatments of putrescine on storage of Mango cv. Langra, African Journal of Agricultural Research, 7(48): 6432-6436.
17- Jhalegar M. D. J., Sharma R. R., Pal R. K., and Rana V. 2012. Effect of postharvest treatments with polyamines on physiological and biochemical attributes of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cv. Allison, Fruits, 67: 13-22.
18- Jimenez A., Creissen G., Kular B., Firmin J., Robinson S., Verhoeyen M., and Mullineaux P. 2002. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening, Planta, 214: 751-758.
19- Khan A. S., and Singh Z. 2010. Pre-harvest application of putrescine influences Japanese plum fruit ripening and quality, Food Science and Technology International, 16: 53-64.
20- Leiting V. A., and Wicker L. 1997. Inorganic cations and polyamines moderate pectin esterase activity, Journal of Food Science, 62: 253-255.
21- Li N., Parsons B. L., Liu D., and Mattoo K. 2005. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruits is inhibited by salicylic acid and polyamines, Plant Molecular Biology, 48:477-487.
22- Malik A. U., Singh Z., and Khan A. S. 2005. Role of polyamides in fruit development, ripening, chilling injury, storage and quality of mango and other fruits: A review. Proceeding in international conference on mango and date palm: culture and export. University of Agriculture. Faisalabad, pp.182-186.
23- Malik A. U., and Singh Z. 2005. Pre-storage application of polyamines improve shelf life and fruit quality of mango, Journal of Horticulture Science and Biotechnology, 80: 363-369.
24- Martinez-Romero D., Valero D., Serrano M., Burlo M., Carbonell A., Burgos L., et al. 2000. Exogenous polyamine and gibberellic acid effects on peach (*Prunus Persica* L.) storability improvement, Journal of Food Science, 65: 288-294.
25- Mellenthin W. M., and Wang C. Y. 1977. The relationship of premature ripening of Bartlett pears to preharvest temperatures, Acta Horticulture, 69: 281-286.
26- Mirdehghan S. H., Rahemi M., Serrano M., Guillen F., Martínez-Romero D., and Valero D. 2007. The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils, Journal of Agriculture Food Chemistry, 55: 755-760.
27- Mirdehghnan S. H., Rahemi M., Castillo S., Martinez-Romero D., Serrano M., and Valero D. 2007. Prestorage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels, Postharvst Biology and Technology, 44: 26-33.
28- Mirdehghan S. H., and Rahimi S. 2016. Pre-harvest application of polyamines enhances antioxidants and table grape (*Vitis vinifera* L.) quality during postharvest period, Food Chemistry, 196: 1040-1047.
29- Moore J. P. 2003. Carotenoid synthesis and retention in mango (*Mangifera indica)* fruit and puree as influenced by postharvest and processing treatment. PH, D. Thesis. University of Florida. U.S.A. 96 P.

30- Mousavi S. K., and Javanmardi S. 2012. The effect of spermidine, warm water and vast life on quality of Washington navel orange, Journal of physiology and postharvest technology of horticultural products, 1 (1): 63-77.
31- Nagy S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review, Journal of Agriculture, 28: 8-18.
32- Ponnapa T., Scheerens J. C., and Miller A. R. 1993. Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions, Journal of Food Science, 58(2): 361-364.
33- Rathore H. A., Masud T., Sammi S., and Soomro A. H. 2007. Effect of Storage on physico-Chemical Composition and Sensory Properties of Mango Variety Dashehari, Pakistan Journal of Nutrition, 6 (2): 143-148.
34- Razzaqa A., Khana S., Malika A. U., Shahidb M., and Ullah S. 2014. Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mangoKashif, Postharvest Biology and Technology, 96: 23-32.
35- Roussos P. A., Sefferou V., Denaxa N. K., Tsantili E., and Stathis V. 2011. Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load, Scientia Horticulturae, 129: 472-478.
36- Rudell D. R., Mattinson D. S., Mattheis J. P., Wyllie S. G., and Fellman J. K. 2002. Investigation of aroma volatile biosynthesis under anoxic conditions and in different tissues of Redchief delicious apple fruit (*M.domestica* Borkh.), Journal of agricultural and food chemistry, 50: 2627- 2632.
37- Saftner R. A., and Baldi B. G. 2007. Polyamine levels and tomato fruit development: Possible interaction with ethylene, Plant physiology, 92:547-550.
38- Salehi D. 1391. Evaluation of different compounds and calcium concentration on Red Delicious apples at harvest and post-harvest varieties, Journal of Physiology and postharvest technology of horticultural products, 1 (2): 105-89.
39- Singh S. P., Singh Z., and Swinny E. E. 2012. Climacteric level during fruit ripening influences lipid peroxidation and enzymatic and non-enzymatic antioxidativesystems in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell), Postharvest Biology and Technology, 65: 22-32.
40- Singh Z., Singh R. K., Sane V. A., and Nath P. 2013. Mango – postharvest biology and biotechnology, Critical Review of Plant Science, 32: 217-236.
41- Singleton V. L., and Rossi J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology Viticulture, 16:144-158.
42- Shamili M., Fatahi R., and Hormaza J. I. 2012. Characterization and evaluation of genetic diversity of Iranian mango (*Mangifera indica* L.) genotypes using microsatellites, Scientia Horticulturae, 148: 230-234.
43- Sharma R. R., Singh C. N., and Goswami A. M. 2001. Polyphenol oxidase activity in mango (*Mangifera indica* L.) in relation to flowering behavior and the malformation incidence, Fruits, 56: 219-224.
44- Ullah S., and Jawandha S. K. 2013. Effect of post-harvest treatments of polyamines on colour of stored peach fruits, Theasian Journal of Horticulture, 8: 785-787.
45- Valero D., Martinez-Romero D., Serrano M., and Riquleme F. 1998. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm cv. 'Verna'), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 2102-2109.
46- Valero D., Martinez-Romero D., and Serrano M. 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit, Trends in Food Science and Technology, 13: 228-234.
47- Wang C. Y., Conway W. S., Abbott J. A., Kramer G. F., and Sams C. E. 1993. Postharvest infiltration of Polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in Golden Delicious apples, Journal of American Society of Horticulture Science, 118: 801-806.
48- Wang C. Y., and Qi L. 1997. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers, Postharvest Biology Technology, 10: 195-200.
49- Zokaee-Khosroshahi M. R., and Esna-Ashari M. 2008. Effect of putrescine application on post-harvest life and physiology of strawberry, apricot, peach and sweet cherry fruits, Journal of Science Technology Agriculture Natural Resource, 12(45): 219-23.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 765-777
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۷۷۷-۷۶۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Postharvest Application of Spermidine Polyamine on the Storage Quality and Vase Life of Mango (*Mangifera indica* L.) in Dipped Conditions

M. S. Hosseini[1]- S. M. Zahedi[2*]- M. Karimi[3]- A. Ebrahimzadeh[4]

Received: 29-01-2017
Accepted: 03-09-2017

Introduction: Mango (*Mangifera indica*) is a tropical fruit native to India whose global production in 2014 reached nearly 45 million tones. Mango is a commercially important fruit and improvement in its storage is of special importance. Mango is a Climacteric fruit whose ripening is done by exogenous or endogenous ethylene. In plants, Polyamines such as spermine, spermidine, and putrescine contradict ethylene because of a common precursor (s-adenosyl methionine (SAM). During ripening, different qualitative and nutritional changes occur in the fruit, e. g. changes in color, tissue softening, accumulation of sugars and organic acids, and great changes in taste, flavor, aroma and plant biochemical materials. Fruit ripening is a complicated process, complementary to fruit development, and a start to its senescence. In general, senescence of a fruit is related to loss of membrane lipids, destabilization of membrane matrix, and lipid peroxidation. Recently, naturally active biological products are applied in a large amount for increasing the storage life and quality of the fruits and delaying their senescence.This study was carried out to investigate the effect of different concentrations of spermidine on the quality and vase life of a local mango variety of Minab.

Materials and Methods: Healthy fruits, uniform in size, shape, color, and degree of maturity were selected from a mango orchard in Minab and their original physical and chemical characteristics on the first day were measured after washing with water and drying. Statistical analysis of data was done by a general linear model (GLM) with SAS (version 9.1) and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test. Treatment solution in the rate of 0, 0.5, 1, and 2 mM spermidine (SIGMA) was made and its pH was set to 5 using NaOH. One liter of distilled water was used in the control treatment. The treated samples were immersed in solutions of different concentrations of spermidine just once for 30 minutes. During 24-days of shelf life, storage temperature was 15 °C and the relative humidity was 85 to 90 percent. Measurements were on the zero, 8th, 16th, and 24th days. Characteristics such as weight, firmness, flavor index, phenol, ascorbic acid, qualitative characteristics (PH, TA and TSS), and sensory evaluation were measured.

Results and Discussion: The results showed that physical and biochemical qualities in the control fruit were lower compared to the other treatments. The Polyamine treatment with spermidine, especially at the concentration of 2 mM, significantly maintained weight loss and reduction of vitamin C during storage of fruits. Spermidine treatments increased ascorbic acid and other organic acids in fruit juice and reduced pH. Increased acidity in spermidine treatments of these substances play an active role in coping with storage stress. Moreover, with reduction of tissue respiration, the consumption of organic acids decreased during storage. The results showed that increasing the concentration of spermidine leads to the least decrease in the phenol flesh. Firmness gradually decreased during storage and at the end of shelf life, there was significant difference between the treatments. It was found that treatments with 1 and 2 mM spermidine were the best. Furthermore, the effect of spermidine on the total soluble solid solutions in the flesh of mango fruit was not significant during storage. But skin color, taste, flavor, and aroma index were more favorable. Treatments that delay production of structural lipids led to the production of aromatic volatile substances, which produced a favorable aroma in fruits. It seems that increasing spermidine concentration plays an important role in mango fruit fragrance at the end of shelf-life. The 2 mM spermidine treatment led to the highest total content of phenol and showed the lowest pH in fruit juice.

Conclusions: Spermidine, that is naturally present in animals and plants in particular, belongs to the amine groups. The results indicated that spermidine maintains firmness and extends shelf life of mango fruits and has a significant and beneficial impact on the quality characteristics including weight, color, taste, aroma, and vitamin C during storage. It seems that spermidine of 2 mM concentration has tangible impact on mango fruits and it is

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
2 and 4- Assistant Professors, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
(*- Corresponding Author Email: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir)
3- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

recommended in mango store rooms. There is a competition in production of Ethylene and polyamides of spermine, spermidine, and putrescine in plants, due to their common precursor namely S-adenosyl methionine, yet they act oppositely in ripening and senescence processes. Application of polyamides had extraordinary effects on the quality of some fruits during storage.

Keywords: Dipped, Mango, Phenol, Spermidine, Storage