

کاربرد قبل از برداشت پلی آمین ها بر ویژگی های کیفی و عمر پس از برداشت میوه کیوی رقم هایوارد

سید حسین میردهقان^۱، مجید اسمعیلی زاده^۲ و فرهاد پیرزاد^{۳*}

۱ و ۲. دانشیار و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

۳. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۴)

چکیده

مهم ترین مشکلات میوه کیوی طی انبارمانی، عارضه نرم شدگی و آلودگی میکروبی است. برای رفع این مشکلات تیمار قبل از برداشت پوتریسین و اسپرمیدین بر پتانسیل انبارمانی میوه کیوی رقم هایوارد بررسی شد. محلول پاشی برگی غلظت های مختلف پوتریسین (۰، ۱ و ۲ میلی مولار) و اسپرمیدین (۰، ۱ و ۲ میلی مولار) ۴۰ و ۲۰ روز قبل از برداشت انجام شد. ویژگی های مختلف میوه در زمان های صفر (قبل از شروع انبارمانی)، ۱۱ و ۱۴ هفته پس از برداشت ارزیابی شد. میوه ها در زمان بلوغ تجاری (TSS= ۶/۲ Brix) برداشت و به مدت ۱۴ هفته در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد انبار شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان سفتی (۳/۰۹ کیلوگرم نیرو) مربوط به برهمکنش سطح ۲ میلی مولار پوتریسین و اسپرمیدین و کمترین میزان آن (۲/۱۶ کیلوگرم نیرو) مربوط به تیمار شاهد بود. کمترین میزان فعالیت میکروبی، مالون دی آلدئید و کاهش وزن مربوط به میوه های تیمار شده بودند. میزان فعالیت ضد اکسیدانی، ترکیبات فنلی و کلروفیل کل تحت تأثیر تیمارها واقع شدند و بالاترین مقدار آن ها متعلق به سطوح مختلف پوتریسین و اسپرمیدین بود. تغییرات شاخص های مختلف رنگ، ویتامین ث، مواد جامد محلول کل، اسید کل و pH در میوه های تیمار شده نسبت به شاهد به تأخیر افتادند. به طور کلی، تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین سبب تأخیر در نرم شدگی و کاهش فعالیت میکروبی میوه ها در طول انبارمانی شدند.

واژه های کلیدی: سفتی، فعالیت ضد اکسیدانی، فعالیت میکروبی، کیوی، نرم شدگی.

مقدمه

میوه کیوی در دمای صفر درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 5 ± 90 درصد می تواند به مدت ۳-۶ ماه نگهداری شود. با این حال کیوی میوه ای است که به اتیلن حساسیت زیادی دارد و غلظت این گاز بین $1/01 - 0/05$ برای پیش رس کردن میوه کیوی و نرم شدن آن کافی است (Boquete et al., 2004). از مشکلات اصلی در خصوص انبارمانی میوه کیوی عارضه

نرم شدگی است. نرم شدن علاوه بر تأثیر بر کیفیت میوه، عمر انباری، قابلیت حمل و نقل و مقاومت به بیماری ها را نیز تحت تأثیر قرار می دهد (Deng et al., 2005). یکی از آثار اصلی و شناخته شده پلی آمین ها بر عمر پس از برداشت میوه ها و سبزی ها حفظ سفتی گوشت آن هاست. Kakkar & Rai (1993) گزارش کردند که تیمار میوه های هلو با غلظت ۱ میلی مولار پوتریسین به روش غوطه وری تحت فشار موجب

خاکستری (*Botrytis cinerea*) مهم‌ترین بیماری میوه کیوی در دنیاست. شروع آلودگی این بیماری قبل از برداشت میوه و در باغ اتفاق می‌افتد (Brook, 1990). بنابراین، با محلول‌پاشی قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها می‌توان از آلودگی میوه‌ها بر روی درختان و هنگام انبارمانی در سردخانه جلوگیری کرد. به‌نظر می‌رسد استفاده از تیمارهای قبل از برداشت کاربرد مؤثرتر و آسان‌تری در بهبود کیفیت فرآورده‌های باغبانی نسبت به تیمارهای پس از برداشت دارند. هزینه این روش نسبت به تیمار پس از برداشت کمتر است. در ضمن هدف بیشتر باغداران تولید میوه مناسب و با کیفیت بالاست و معمولاً توجه زیادی به افزایش حفظ کیفیت میوه بعد از برداشت ندارند؛ بنابراین، می‌توان محلول‌پاشی قبل از برداشت درختان میوه را به‌عنوان مرحله‌ای از کود و سم‌پاشی بر روی درختان میوه و به‌منظور افزایش کیفیت میوه در مرحله داشت، به باغدار معرفی کرد (Knee, 2002). در کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها بر روی میوه‌های هلو (Torrigiani *et al.*, 2004)، انبه (Malik & Singh, 2006) و آلو (Khan *et al.*, 2007) اعلام شد که فعالیت آنزیم‌های نرم‌کننده دیواره سلولی کاهش یافت و عارضه نرم‌شدگی به تأخیر افتاد.

هدف از این آزمایش بررسی محلول‌پاشی قبل از برداشت برهمکنش غلظت‌های مختلف پوتریسین و اسپرمیدین بر میزان سفتی، فعالیت میکروبی، فعالیت ضد اکسیدانی، میزان مالون‌دی‌آلدهید و خصوصیات کیفی (شامل کاهش وزن، ویتامین ث، اسید کل، مواد جامد محلول، pH و رنگ) میوه کیوی رقم هایوارد در طول انبارمانی است.

مواد و روش‌ها

محلول‌پاشی به‌صورت برهمکنش غلظت‌های مختلف پوتریسین (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسپرمیدین (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) روی تاک‌های شش‌ساله کیوی رقم هایوارد از یک تاکستان تجاری در منطقه بابل در استان مازندران انجام شد. این پژوهش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار طراحی شد. نحوه تربیت تاک‌ها به‌صورت تی-بار

افزایش میزان سفتی میوه‌ها طی ۱۴ روز پس از انبارمانی در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به شاهد شد. در آزمایشی دیگر با نفوذ پلی‌آمین‌ها به روش تحت فشار به داخل میوه سیب، افزایش فوری در میزان سفتی میوه و نیز کاهش نرم‌شدن آن در انبار صفر درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (Kramer *et al.*, 1989).

Valero *et al.* (1998) نیز طی گزارشی بیان کردند که غوطه‌وری میوه‌های لیمو در محلول‌های پوتریسین و اسپرمیدین توانست از طریق حفظ میزان پلی‌آمین‌های درون‌زا، سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد طی دوره انبارمانی افزایش دهد. پلی‌آمین‌ها به‌دلیل بار مثبتی که دارند می‌توانند به بار منفی گروه کربوکسیل مواد پکتیکی دیواره سلولی اتصال یابند، این اتصال مانع از دسترسی آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی مانند اگزوپلی‌گالاکتروناز، اندوپلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز به مواد پکتینی‌شده و در نتیجه منجر به تأخیر در پیری و کاهش سرعت نرم‌شدن فرآورده طی انبارمانی می‌شوند (Valero *et al.*, 1987; Galston *et al.*, 2002). علاوه بر این گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها به‌عنوان کاتیون‌های آلی همانند کاتیون‌های غیرآلی (آهن و کلسیم کلرید) فعالیت پکتین متیل استراز را در گوشت گریپ‌فروت کاهش می‌دهند (Leiting & Wicker, 1997).

طی بررسی‌های انجام‌شده پلی‌آمین‌های برون‌زاد عمر پس از برداشت و کیفیت میوه را از طریق حفظ سفتی میوه، به‌تأخیر انداختن تغییرات رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون و نیز محافظت میوه‌های مختلف در برابر آسیب سرمازدگی و صدمات مکانیکی بهبود می‌بخشند (Valero *et al.*, 2002).

حفظ سفتی و کاهش نرم‌شدن بافت در بسیاری از محصولات باغبانی از جمله سیب (Wang *et al.*, 1993)، توت‌فرنگی (Ponappa *et al.*, 1993)، گوجه‌فرنگی (Schauenstein *et al.*, 1997) گزارش شده است. میوه کیوی نیز مانند سایر فرآورده‌ها در زمان انبارمانی به برخی قارچ‌ها آلوده شده و بیماری‌های انباری یکی از مشکلات عمده در انبارمانی این میوه است. طبق بررسی‌های انجام‌شده کپک

آسکوربیک اسید ۱ میلی‌مولار استفاده شد و در نهایت میزان فعالیت ضد اکسیدانی بر مبنای میلی‌گرم معادل آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان شد (Serrano *et al.*, 2005).

فعالیت میکروبی

پس از تهیه کردن آگار و پیتون واتر با غلظت ۱ درصد و اتوکلاو کردن به همراه تمامی وسایل مورد نیاز، نمونه‌های ۱۰ گرمی از میوه در ۹۰ میلی‌لیتر پیتون واتر در شرایط استریل با استفاده از دستگاه stomacher (Interscience 400p) به مدت ۹۰ ثانیه هم‌وزنیزه شدند و سپس زیر هود لامینار میزان ۹ میلی‌لیتر پیتون واتر به هر لوله آزمایش اضافه شد. به منظور انجام سری رقیق‌سازی، به میزان ۱۰۰۰ میکرولیتر از مخلوط همگن‌شده به لوله آزمایش اول (حاوی ۹ میلی‌لیتر پیتون واتر) اضافه شد. مرحله رقیق‌سازی تا رقت ۴- انجام شد. در مرحله بعد، از هر لوله آزمایش ۱۰۰۰ میکرولیتر به پتری‌دیش‌های حاوی آگار استریل‌شده اضافه و به مدت ۴ روز تعداد کلنی‌ها شمارش شد و میزان فعالیت میکروبی به صورت لگاریتم تعداد کلنی‌های شمارش‌شده در یک گرم وزن تازه محاسبه شد (Serrano *et al.*, 2005).

سفتی

حدود ۰/۵ سانتی‌متر از پوست بخش استوایی ۴ میوه در هر تکرار جدا و توسط دستگاه سفتی‌سنج مدل (Lutron FG5020) میزان سفتی بافت گوشت زیر آن اندازه‌گیری شد و برحسب کیلوگرم نیرو نشان داده شد.

مالون‌دی‌آلدهید

میزان مالون‌دی‌آلدهید با استفاده از روش پیشنهادی Zhao *et al.* (1994) اندازه‌گیری شد. میزان جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر قرائت شد. در این روش میزان مالون‌دی‌آلدهید به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشا برحسب نانومول در یک گرم وزن تازه بیان شد.

بالدار^۱ و فواصل کاشت ۴/۵×۴ متر بود. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و هر ۲-۳ روز یک‌بار به مدت دو ساعت انجام می‌شد. این محلول‌پاشی ۴۰ و ۲۰ روز قبل از برداشت بر روی کل درخت به‌ویژه بر روی میوه‌ها تا مرحله آب‌چک^۲ در صبح زود انجام گرفت و هر تاک به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری (TSS= ۶/۲ Brix) برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و در انبار در دمای ۱/۵±۱ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد به مدت ۱۴ هفته نگهداری شدند. اندازه‌گیری صفات در زمان‌های صفر (قبل از شروع انبارمانی)، ۱۱ و ۱۴ هفته پس از برداشت بررسی شد.

فعالیت ضد اکسیدانی و ترکیبات فنلی

ابتدا بافر فسفات با استفاده از K_2HPO_4 و KH_2PO_4 تهیه و pH آن بر روی ۷/۸ تنظیم شد. سپس ۵ گرم از میوه‌های کیوی با ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات عصاره‌گیری و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و سپس از روش‌ناور برای اندازه‌گیری فعالیت ضد اکسیدانی و میزان ترکیبات فنلی کل استفاده شد (Serrano *et al.*, 2005).

به‌منظور اندازه‌گیری ترکیبات فنلی از بافر فسفات، فولین به نسبت ۱۰:۱ و کربنات سدیم (۷/۵ درصد) استفاده شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (U-2000, Hitachi Instrument, Tokyo, Hapan) میزان جذب نور در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت میزان ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد گالیک اسید ۱ میلی‌مولار برحسب میلی‌گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان شد (Serrano *et al.*, 2005).

برای اندازه‌گیری فعالیت ضد اکسیدانی از بافر گلیسن^۳، ABTS، پراکسید هیدروژن و پراکسیداز استفاده شد، شدت جذب هم با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۷۳۰ نانومتر قرائت شد. به‌منظور محاسبه فعالیت ضد اکسیدانی از استاندارد

1. Wing T-bar
2. Run off
3. 2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diamonium salt

شاخص مختلف رنگ

از قسمت‌های مختلف پوست میوه به منظور محاسبه رنگ استفاده شد. برای این منظور رنگ ۴ قسمت مختلف از سطح ۵ میوه با استفاده دستگاه رنگ‌سنج مدل Konica Minolta CR 400 اندازه‌گیری شد. میزان رنگ با استفاده از شاخص‌های L^* ، a^* و b^* بیان شد.

کلروفیل کل

میزان کلروفیل براساس روش آرنون (Arnon, 1949) در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ اندازه‌گیری شد و برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه میوه بیان شد.

کاهش وزن

برای ارزیابی کاهش وزن، میوه‌ها قبل از ورود به سردخانه و سپس در فواصل زمانی مشخص توزین شدند.

اندازه‌گیری ویتامین ث، اسید کل، مواد جامد محلول و pH

برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیترا با محلول ۲ و ۶ دی‌کلروفنل‌ایندوفنل^۱ استفاده شد و نتایج برحسب میلی‌گرم در صد گرم وزن تر بیان شد. اندازه‌گیری میزان اسیدهای آلی میوه با روش تیتراسیون با سود ۰/۲ نرمال انجام شد و میزان اسید کل برحسب درصد محاسبه شد. میزان مواد جامد محلول کل با قراردادن چند قطره از آب میوه کیوی بر روی صفحه منشور دستگاه قندسنج دستی مدل PAL-1 ATAGO ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری و برحسب درجه بریکس بیان شد. pH آب میوه به‌طور مستقیم توسط pH متر (Germany inolab 720) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

از آنجاکه در این پژوهش آثار برهمکنش پوتریسین با اسپرمیدین، پوتریسین با زمان، اسپرمیدین با زمان و اثر برهمکنش پوتریسین و اسپرمیدین با زمان در بعضی صفات اندازه‌گیری شده معنادار نشدند، به‌منظور تفسیر از آثار ساده پوتریسین و اسپرمیدین که هر کدام به‌طور جداگانه معنادار شده بودند، استفاده شد.

سفتی

بیشترین میزان سفتی با متوسط میزان ۳/۰۹ کیلوگرم نیرو مربوط به برهمکنش سطح ۲ میلی‌مولار پوتریسین و اسپرمیدین و کمترین میزان سفتی با میانگین ۲/۱۶ کیلوگرم نیرو مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱).

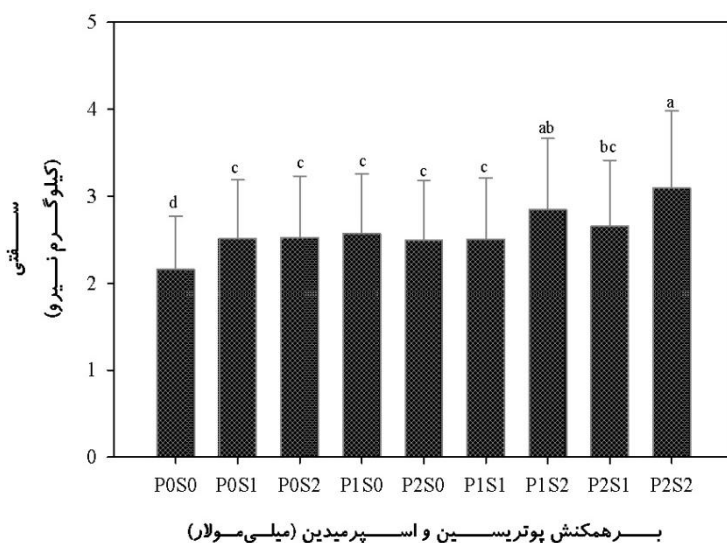
نرم شدن میوه در طول دوره انبارمانی حاصل فعال شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی همانند پکتین‌متیل‌استراز (PME)، پلی‌گالاکتروناز (PG) و سلولاز بر اثر اتیلن است. نرم شدن علاوه بر تأثیر بر کیفیت میوه، عمر انباری، قابلیت حمل‌ونقل و مقاومت به بیماری‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Prasanna et al., 2007). طی آزمایشی اعلام کردند که غوطه‌وری میوه‌های لیمو در محلول‌های پوتریسین و اسپرمیدین توانست از طریق حفظ میزان پلی‌آمین‌های درون‌زا سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد طی دوره انبارمانی افزایش دهد (Valero et al., 1998).

Torrighiani et al. (2012) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسپرمیدین بر روی میوه هلو در مراحل اولیه نمو، ۴۱ روز پس از تمام‌گل، منجر به آهسته‌شدن فرایند نرم‌شدن گوشت میوه شده است. آن‌ها عنوان کردند در زمان رسیدن ژن‌های تنظیم‌کننده بیوسنتز اتیلن (ACO1, ACS1) با کاربرد اسپرمیدین خنثی شدند که این امر منجر به بیان بسیار آهسته ژن‌های مسئول نرم‌شدن میوه هلو شده است.

در pH فیزیولوژیکی پلی‌آمین‌ها به مولکول‌های درون سلول که بار منفی دارند مانند نوکلئیک اسیدها، فسفولیپیدها و انواع پروتئین‌ها متصل می‌شوند.

غلظت‌های مختلف (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) پوتریسین و اسپرمیدین به‌روش غوطه‌وری تیمار شده بودند میزان سفتی بیشتری نسبت به شاهد داشتند و بیشترین میزان سفتی مربوط به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار از هر تیمار بوده است. همچنین کمترین میزان فعالیت آنزیم پکتین‌استراز مربوط به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار بود (Champa *et al.*, 2014).

بنابراین، با اتصال به گروه کربوکسیل ترکیبات پکتیکی دیواره سلولی سبب حفظ سفتی بافت میوه می‌شوند. این اتصال سبب ممانعت از عمل آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی نظیر پکتین‌متیل‌استراز و پلی‌گالاکتروناز می‌شود و در نتیجه سبب تأخیر در نرم‌شدگی میوه می‌شود (Mirdehghan *et al.*, 2007; Champa *et al.*, 2014). میوه‌های انگور که با



شکل ۱. آثار برهمکنش تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین بر میزان سفتی گوشت میوه کیوی رقم هایوارد طی انبارمانی در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سانتی‌گراد

فعالیت بالای سوپراکسیداز دیسموتاز و کاتالاز فرایندهای پیری را در میوه‌ها به تأخیر می‌اندازد (Asbahi *et al.*, 2012). میوه‌های انبه که با غلظت‌های مختلف پوتریسین (۰، ۰/۱، ۱ و ۲ میلی‌مولار) تیمار شده بودند، میزان ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیدانی بیشتری نسبت به شاهد داشتند. همچنین در میوه‌های تیمار شده میزان فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیدانی نظیر سوپراکسیداز دیسموتاز، پروکسیداز و کاتالاز نسبت به شاهد بیشتر بود. همان‌طور که می‌دانیم آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز سبب تبدیل سوپراکسید به پراکسید هیدروژن می‌شود و سپس آنزیم‌های پروکسیداز و کاتالاز پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کنند. این آنزیم‌ها از سلول در برابر رادیکال‌های آزاد که تحت تنش تولید می‌شوند، محافظت می‌کنند (Razzaq *et al.*, 2014). Nayyar &

ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیدانی

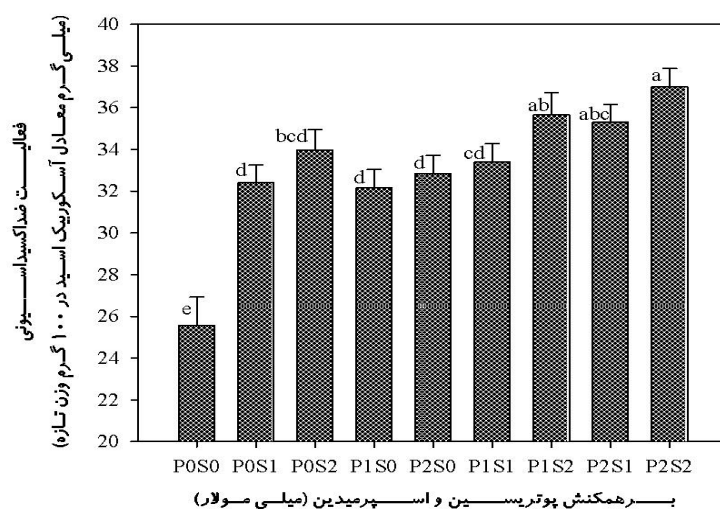
اطلاعات به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی نشان می‌دهد که تیمار پوتریسین ۲ میلی‌مولار و تیمار اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار به‌طور معناداری مقادیر بالاتری از ترکیبات فنلی را در مقایسه با باقی تیمارها داشتند (جدول ۱).

همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود برهمکنش سطح ۲ میلی‌مولار پوتریسین و اسپرمیدین به‌طور معناداری بیشترین میزان فعالیت ضد اکسیدانی (۳۷/۰۱ میلی‌گرم معادل گالیک‌اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه) را در مقایسه با تیمار شاهد (۲۵/۵۷ میلی‌گرم معادل گالیک‌اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه) داشت (شکل ۲).

آنزیم‌های ضد اکسیدانی نقش مهمی در دفاع ضد اکسیدانی در طول فرایندهای رسیدگی میوه‌ها دارند.

تأخیر در فرایند پیری می‌شوند در نتیجه سبب حفظ ترکیبات فنلی خواهند شد. افزایش فعالیت ضد اکسیدانی را هم می‌توان به افزایش در میزان ترکیبات فنلی کل نسبت داد. بنابراین، به نظر می‌رسد که بین فعالیت ضد اکسیدانی و ترکیبات فنلی رابطه خطی وجود دارد. همبستگی مثبت بین فعالیت ضد اکسیدانی و ترکیبات فنلی در میوه‌های زردآلو و انبه گزارش شده است (Razzaq *et al.*, 2014). پلی‌آمین‌ها خصوصیت ضد اکسیدانی دارند. اثر ضد اکسیدانی پلی‌آمین‌ها به تعداد گروه‌های آمینی موجود در ملکول آن‌ها همبسته است، به طوری که اسپرمین نسبت به اسپرمیدین اثر ضد اکسیدانی بیشتری دارد و فعالیت ضد اکسیدانی این دو نسبت به پوتریسین بالاتر است. همانند ضد اکسیدان‌ها، پلی‌آمین‌ها نیز لیپیدهای غشا را در مقابل آسیب اکسیداتیو حفظ می‌کنند و در نتیجه منجر به حفظ هومئوستازی در سلول‌های گیاهی می‌شوند (Aronova *et al.*, 2005).

Chander (2008) گزارش کردند، کاربرد برون‌زای پوتریسین در نخود سطوح هیدروژن پراکسیداز و میزان مالون‌دی‌آلدئید را کاهش و فعالیت ضد اکسیدانی را افزایش داد. میوه‌های انار تیمار شده با پوتریسین و اسپرمیدین به روش غوطه‌وری و تحت فشار که به مدت ۶۰ روز در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد انبار شده بودند میزان بالاتری از ترکیبات فنلی کل را در آریل‌ها نسبت به میوه‌های تیمار نشده نشان دادند (Mirdehghan *et al.*, 2007). در این پژوهش همبستگی مثبت و معناداری با ضریب همبستگی $r = 0/69$ در سطح احتمال ۱ درصد بین ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیدانی مشاهده شد. طی آزمایشی که ویژگی‌های کیفی و کمی میوه انگور طی انبارمانی را بررسی کرده بودند، اعلام کردند که همبستگی مثبتی بین میزان ترکیبات فنلی و فعالیت ضد اکسیدانی مشاهده شد (Doshi & Adsule, 2008) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. از آنجاکه پلی‌آمین‌ها سبب



شکل ۲. برهمکنش تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین بر میزان فعالیت ضد اکسیدانی میوه کیوی رقم هایوارد طی انبارمانی در دمای $1 \pm 1/5$ درجه سانتی‌گراد

پوتریسین و اسپرمیدین بود (جدول ۱). میوه کیوی نیز مانند سایر فرآورده‌های باغبانی طی انبارمانی به برخی از قارچ‌ها آلوده شده و بیماری‌های انباری یکی از مشکلات عمده آن است. طبق بررسی‌های انجام شده کپک خاکستری (*Botrytis cinerea*) مهم‌ترین بیماری

فعالیت میکروبی

نتایج نشان داد اگرچه سطح ۱ میلی‌مولار هر یک از تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین فعالیت میکروبی کمتری نسبت به شاهد داشتند، کمترین میزان فعالیت میکروبی مربوط به سطح ۲ میلی‌مولار

بیوسنتز پلی آمین‌ها و نیز آنالوگ‌های اسپرمیدین فعالیت ضد قارچی و توانایی کنترل سفیدک پودری در جو را دارند (Mackintosh *et al.*, 2001). همبستگی مثبت و معناداری در سطح احتمال ۱ درصد با ضریب همبستگی $r=0/64$ بین فعالیت میکروبی و کاهش وزن وجود داشت که می‌توان نتیجه گرفت تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین توانستند با حفظ غشاهای سلولی در برابر حمله پاتوژن‌های قارچی از میزان نشت یون و در نتیجه از کاهش وزن میوه‌های تیمار شده بکاهند. علاوه بر این پلی آمین‌ها به دلیل توانایی در حفظ تمامیت غشای دارای پتانسیل ضد پیری هستند (Valero *et al.*, 1998) و بدین گونه می‌توانند از نشت یونی و در نهایت از کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده بکاهند. بنابراین، دلیل احتمالی تأخیر در کاهش وزن میوه‌های کیوی تیمار شده با پلی آمین، حفظ تمامیت غشا طی دوره‌های انبارمانی است.

میوه کیوی در دنیاست. سالانه میزان زیادی از میوه‌های کیوی بر اثر پوسیدگی قارچی در انبارها و سردخانه‌ها از بین می‌روند و با افزایش مدت انبارمانی، میزان خسارت بیشتر می‌شود. شروع آلودگی این بیماری قبل از برداشت میوه و در باغ اتفاق می‌افتد (Brook, 1990). پلی آمین‌ها به دلیل بار مثبتشان قادرند به گروه‌های منفی کربوکسیل دیواره سلولی و نیز به گروه فسفات فسفولیپیدهای غشا اتصال پیدا کنند و سبب حفظ تمامیت غشای سلولی شوند، در نتیجه مانع از دسترسی آنزیم‌های تجزیه‌کننده به دیواره سلولی و غشاهای می‌شوند (Leiting & Wicker, 1997). بنابراین، این احتمال وجود دارد که در پژوهش حاضر تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین از طریق حفاظت از دیواره سلولی و غشاهای در برابر آنزیم‌های پاتوژنی، مانع از گسترش آلودگی میوه‌های کیوی طی دوره‌های انبارمانی شده باشند. گزارش شده است که

جدول ۱. آثار ساده تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری در میوه کیوی رقم هایوارد طی انبارمانی در دمای $1 \pm 1/5$

تیمار (میلی مولار)	ترکیبات فنلی (mg gallic acid/100 gr FW)	فعالیت میکروبی (Log CFU g ⁻¹)	کلروفیل کل (mg/g FW)
پوتریسین ۰	$57/05 \pm 0/3^c$	$3/49 \pm 0/3^a$	$0/16 \pm 0/3^c$
پوتریسین ۱	$60/95 \pm 0/3^b$	$3/41 \pm 0/3^b$	$0/19 \pm 0/3^b$
پوتریسین ۲	$65/49 \pm 0/3^a$	$3/34 \pm 0/3^c$	$0/23 \pm 0/3^a$
اسپرمیدین ۰	$55/85 \pm 0/3^c$	$3/52 \pm 0/3^a$	$0/15 \pm 0/3^c$
اسپرمیدین ۱	$60/57 \pm 0/3^b$	$3/41 \pm 0/3^b$	$0/19 \pm 0/3^b$
اسپرمیدین ۲	$67/07 \pm 0/3^a$	$3/30 \pm 0/3^c$	$0/24 \pm 0/3^a$

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

فرایند رسیدگی و پیری دارد (Bregoli *et al.*, 2002). در خربزه تیمار پلی آمین‌ها منجر به پراکسیداسیون کمتر غشا و نگهداری و حفظ بیشتر کلروفیل شد (Lester, 2000). در گوجه‌فرنگی، پلی آمین‌ها با جلوگیری از نسخه‌برداری، تولید و فعالیت آنزیم ACC سنتاز سبب کاهش در سطوح ACC می‌شوند که این عمل سبب کاهش فعالیت آنزیم ACC اکسیداز می‌شود و در نهایت تولید اتیلن کاهش می‌یابد (Li *et al.*, 1992). گزارش شده است که تیمار برون‌زاد به وسیله پلی آمین‌ها با جلوگیری از فعالیت ACC سنتاز در سایر میوه‌ها مانند آووکادو (Winer & Alpelbaum, 1986) و گلابی

کلروفیل کل

تیمار پوتریسین در سطح ۲ میلی مولار و تیمار اسپرمیدین در سطح ۲ میلی مولار به طور معناداری میزان کلروفیل کل بیشتری در مقایسه با باقی تیمارها داشتند (جدول ۱).

پلی آمین‌های برون‌زاد، رسیدن و پیری را در بسیاری از میوه‌ها به تأخیر می‌اندازند و اتیلن سبب تسریع این فرایندها می‌شود. SAM پیش‌ماده مشترک در مسیر سنتز پلی آمین‌ها و اتیلن است و این دو ماده در فرایند رسیدن و پیری در میوه‌ها نقش‌های متضادی دارند. تعادل بین پلی آمین‌ها و اتیلن تأثیر مهمی در تنظیم

(Toumadje & Richardson, 1988) نیز، بیوسنتز اتیلن را به شدت کاهش داد.

۲ میلی‌مولار از هر یک از تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین توانسته‌اند به‌طور معناداری مقادیر بالاتری از شاخص‌های L^* و b^* ، همچنین میزان شاخص a^* کمتری (منفی‌تری) را در مقایسه با شاهد داشته باشند.

شاخص‌های رنگ سطح پوست

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است سطح

جدول ۲. تأثیر تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین بر شاخص‌های L^* ، a^* و b^* میوه کیوی رقم هایوارد طی انبارمانی در دمای $1 \pm 1/5$

تیمار (میلی‌مولار)	L^*	a^*	b^*
پوتریسین ۰	$49/16 \pm 1/06^c$	$-10/43 \pm 0/85^a$	$24/88 \pm 1/44^b$
پوتریسین ۱	$49/82 \pm 1/12^b$	$-10/76 \pm 0/85^b$	$25/38 \pm 1/44^{ab}$
پوتریسین ۲	$50/47 \pm 1/18^a$	$-11/01 \pm 0/84^b$	$25/75 \pm 1/44^a$
اسپرمیدین ۰	$48/92 \pm 1/09^c$	$-10/34 \pm 0/85^a$	$24/67 \pm 1/44^c$
اسپرمیدین ۱	$49/80 \pm 1/10^b$	$-10/75 \pm 0/85^b$	$25/27 \pm 1/45^b$
اسپرمیدین ۲	$50/74 \pm 1/16^a$	$-11/14 \pm 0/84^c$	$26/08 \pm 1/42^a$

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

پلی‌آمین‌ها به دلیل تثبیت غشا، می‌توانند سبب حفظ ظاهری فرآورده‌ها و تأخیر در پیری آن‌ها طی انبارمانی شوند. به همین دلیل شاخص L^* که میزان درخشندگی میوه را نشان می‌دهد در میوه‌های تیمار شده بیشتر از شاهد بود. در مورد شاخص a^* که محدوده آن از -۶۰ (سبز) تا +۶۰ (قرمز) است، مشاهده شد که میوه‌های تیمار شده با پوتریسین و اسپرمیدین میزان a^* منفی‌تری (رنگ سبزتری) داشتند. محدوده شاخص b^* هم بین -۶۰ (آبی) تا +۶۰ (زرد) است. هرچه میوه‌ها به پیری نزدیک می‌شوند میزان چروکیدگی و کاهش وزن در آن‌ها افزایش می‌یابد. از طرفی پلی‌آمین‌ها، ترکیبات ضد پیری شناخته شده‌ای‌اند و توانایی حفظ تمامیت غشا را دارند، در نتیجه می‌توان گفت که میوه‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها میزان چروکیدگی و کاهش وزن کمتری خواهند داشت و در نهایت این موضوع سبب حفظ ظاهر فرآورده و درخشندگی آن خواهد شد.

مالون‌دی‌آلدهید

اطلاعات به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که در هر سه زمان دوره انبارمانی کمترین میزان مالون‌دی‌آلدهید مربوط به برهمکنش سطح ۲

میلی‌مولار پوتریسین و اسپرمیدین و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد بود. با گذشت دوره انبارمانی میزان مالون‌دی‌آلدهید در همه تیمارها افزایش یافت، ولی این میزان در میوه‌های تیمار شده کمتر از شاهد بود (جدول ۳). پلی‌آمین‌ها به‌عنوان ضد اکسیدان و به دلیل خاصیت ضد پیری از پراکسیده شدن لیپید غشا جلوگیری می‌کنند. پلی‌آمین‌ها می‌توانند با آهن و سر قطبی فسفولیپیدها کمپلکس تشکیل دهند و با اکسید کردن آهن، رادیکال‌های آزاد تولید کنند. از آنجاکه پلی‌آمین‌ها، پلی‌کاتیون‌هایی با بار مثبت‌اند، با اتصال به بارهای منفی فسفولیپیدهای غشا سبب ثبات غشای ممبران می‌شوند (Velikova et al., 2000).

نقش پلی‌آمین‌ها به‌عنوان بازدارنده‌های پراکسیداسیون لیپیدی اولین بار در سیستم حیوانی کشف شد. این پژوهشگران بیان کردند که اسپرمین با اتصال به فسفولیپیدها از پراکسیداسیون لیپید در جگر موش جلوگیری می‌کند. فیزیولوژیست‌های گیاهی هم بیان کردند در شرایط تنش‌های مختلف محیطی، پلی‌آمین‌ها از طریق جذب اکسیژن فعال و تثبیت غشا از پراکسیده شدن لیپید جلوگیری می‌کنند (Unal et al., 2008).

اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدهید می‌تواند به‌عنوان

اسپرمین درختان سیب مشخص شد که پلی آمین‌ها سبب جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌شود و در نتیجه میوه‌های تیمار شده میزان مالون‌دی‌آلدهید پایین‌تری در مقایسه با شاهد داشتند (Valero et al., 2002).

شاخص پراکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی در نظر گرفته شود. مالون‌دی‌آلدهید می‌تواند پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سایر ملکول‌های سلولی را به‌طور نامناسبی تحت تأثیر قرار دهد (Schauenstein et al., 1997).
با اسپری غلظت ۲۵۰ میکرومولار اسپرمیدین و

جدول ۳. اثر متقابل تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین و زمان بر میزان ترکیب مالون‌دی‌آلدهید (نانومول در یک گرم وزن تازه) بر میوه کیوی رقم هایوارد طی انبارمانی در دمای ۱ ± ۱/۵

زمان انبارمانی (هفته)	اسپرمیدین (میلی مولار)			اسپرمیدین (میلی مولار)		
	۰	۱	۲	۰	۱	۲
۰	۲۱/۳۵±۰/۵۵ ^{fn}	۱۹/۳۵±۰/۶۶ ^{ko}	۱۸/۰۸±۰/۴۱ ^{no}	۲۱/۱۳±۰/۳۹ ^{cf}	۲۱/۳۵±۰/۹۷ ^{fj}	۲۱/۳۵±۰/۷۳ ^{ej}
۱	۱۹/۸۱±۰/۳۳ ^{fn}	۱۸/۶۸±۰/۳۸ ^{mo}	۱۷/۵۸±۰/۲۵ ^o	۲۳/۲۳±۰/۵۷ ^{ok}	۲۱/۸۲±۰/۴۶ ^{dh}	۲۰/۵۳±۱/۰۹ ^{hi}
۲	۱۸/۹۲±۰/۶۱ ^o	۱۷/۸۱±۰/۶۳ ^o	۱۵/۹۳±۰/۳۰ ^p	۲۴/۴۹±۰/۱۸ ^g	۱۸/۴۴±۰/۲۲ ^{mo}	۱۹/۱۳±۰/۶۷ ^o

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

کاهش وزن

در مقایسه با باقی تیمارها داشت (جدول ۴). مهم‌ترین ناهنجاری‌ای که سبب کاهش کیفیت و در نهایت پژمردگی فرآورده‌ها می‌شود، کاهش وزن از طریق تبخیر از سطح فرآورده است و چون آثار منفی روی ساختار و ظاهر فرآورده دارد سبب کاهش بازپسندی محصولات می‌شود (Gomez-Galindo et al., 2004).

نتایج اندازه‌گیری کاهش وزن نشان داد که سطوح ۱ و ۲ میلی مولار تیمار پوتریسین به‌طور معناداری کمترین میزان درصد کاهش وزن را در مقایسه با تیمار شاهد از خود نشان دادند. در تیمار اسپرمیدین، سطح ۲ میلی مولار آن به‌طور معناداری کمترین میزان درصد کاهش وزن را

جدول ۴. آثار ساده تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری در میوه کیوی رقم هایوارد طی انبارمانی در دمای ۱ ± ۱/۵

تیمار (میلی مولار)	کاهش وزن (%)	ویتامین ث (mg/100gr)	اسید کل (%)	مواد جامد محلول (پریکس)	pH
پوتریسین ۰	۹/۷۹±۰/۱۹ ^a	۴۶/۷۶±۱/۴۹ ^c	۰/۳۸±۰/۰۲ ^b	۱۳/۳۳±۰/۴۳ ^a	۳/۳۳±۰/۰۴ ^a
پوتریسین ۱	۹/۲±۰/۲۳ ^b	۵۲/۴۲±۱/۷۵ ^b	۰/۴۰±۰/۰۲ ^a	۱۲/۹۳±۰/۴۳ ^b	۳/۲۵±۰/۰۴ ^b
پوتریسین ۲	۸/۷۷±۰/۲۱ ^b	۵۷/۴۶±۱/۵۴ ^a	۰/۴۲±۰/۰۲ ^a	۱۲/۵۸±۰/۴۲ ^b	۳/۱۸±۰/۰۳ ^c
اسپرمیدین ۰	۱۰/۰۳±۰/۱۹ ^a	۴۵/۱۱±۱/۵۱ ^c	۰/۳۷±۰/۰۱ ^c	۱۳/۵۱±۰/۴۴ ^a	۳/۳۹±۰/۰۴ ^a
اسپرمیدین ۱	۹/۲۵±۰/۱۸ ^b	۵۲/۷۷±۱/۵۱ ^b	۰/۴۰±۰/۰۲ ^b	۱۲/۹۶±۰/۴۲ ^b	۳/۲۵±۰/۰۳ ^b
اسپرمیدین ۲	۸/۴۸±۰/۱۹ ^c	۵۷/۴۶±۱/۴۳ ^a	۰/۴۳±۰/۰۱ ^a	۱۲/۳۸±۰/۴۲ ^c	۳/۱۲±۰/۰۳ ^c

میانگین‌هایی که در هر ستون حروف مشترک دارند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

است، حفظ پلی آمین‌های درون‌زا سبب کمتر شدن نرم‌شدگی، پیری، کاهش وزن و در نهایت افزایش عمر قفسه‌ای فرآورده می‌شود (Valero et al., 2002). ثابت شده است کاهش در میزان از دست‌دهی وزن میوه‌های تیمار شده با پلی آمین‌ها به دلیل مقاومت، تثبیت و حفظ تمامیت غشاست. پلی آمین‌ها به دلیل

Valero et al. (1998) بیان کردند که میوه‌های لیموی تیمار شده با پوتریسین به روش تحت فشار، کاهش وزن کمتری در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. آن‌ها دلیل کاهش از دست دادن وزن را به حفظ مقدار پوتریسین و اسپرمیدین درون‌زا نسبت دادند. از آنجاکه فرایند پیری با کاهش در میزان پلی آمین‌ها همراه

کاهش اسید کل طی انبار ممکن است به علت مصرف اسیدهای آلی در فرایند تنفس باشد. استفاده از تیمارهای پلی آمین تنفس را کاهش می دهد و از این طریق مصرف اسیدهای آلی را به تأخیر می اندازد (Martinez-Romero *et al.*, 2002). گزارش شده است که محتوای پایین تر مواد جامد محلول کل در میوه های انبه تیمار شده با پلی آمین ها در مقایسه با شاهد ممکن است از تبدیل آهسته تر نشاسته به قند ناشی شده باشد (Lima *et al.*, 2001). به نظر می رسد پلی آمین ها بر اثر رقابت با اتیلن و تأخیر در رسیدن بر روی شاخص های اندازه گیری ویتامین ث، اسید کل، مواد جامد محلول و pH تأثیر می گذارند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد قبل از برداشت پوتریسین و اسپرمیدین سبب بهبود کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه کیوی می شوند. پلی آمین ها سبب حفظ میزان سفتی و فعالیت ضد اکسیدانی در میوه ها شدند و میوه های تیمار شده فعالیت میکروبی کمتری نسبت به شاهد داشتند. نرم شدگی و پوسیدگی قارچی از مشکلات اصلی کاهش عمر پس از برداشت میوه های کیوی در انبار محسوب می شوند که در این پژوهش مشخص شد که پلی آمین ها توانستند میزان نرم شدگی و پوسیدگی میوه ها را طی مدت انبارمانی نسبت به میوه های شاهد، به طور محسوسی کاهش دهند. در صفاتی که فقط آثار ساده بین پلی آمین ها معنادار شدند، سطح ۲ میلی مولار از هر یک از تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین توانستند بیشترین تأثیر را بر حفظ ویژگی های کیفی و کمی میوه ها داشته باشند. همچنین در صفاتی که برهمکنش ها معنادار شده بودند، مشخص شد که برهمکنش سطح ۲ میلی مولار از پوتریسین و اسپرمیدین بیشترین تأثیر را بر حفظ کیفیت میوه ها داشتند.

حفظ تمامیت غشا پتانسیل ضد پیری دارند و بدین گونه می توانند از نشت یونی و در نهایت از کاهش وزن نمونه های تیمار شده بکاهند.

ویتامین ث، اسید کل، مواد جامد محلول و pH

نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح ۱ و ۲ میلی مولار پوتریسین هر کدام توانستند به طور معناداری ویتامین ث بیشتری در مقایسه با شاهد داشته باشند. در مورد تیمار اسپرمیدین هم سطوح ۱ و ۲ میلی مولار آن میزان ویتامین ث بالاتری در مقایسه با شاهد داشتند (جدول ۴). اطلاعات به دست آمده از اسید کل مشخص کرد که، غلظت های ۱ و ۲ میلی مولار پوتریسین نسبت به تیمار شاهد، اسید کل بیشتری داشتند و در بین تیمار اسپرمیدین هم غلظت ۲ میلی مولار آن به طور معناداری نسبت به باقی تیمارها اسید کل بالاتری را داشت (جدول ۴). پوتریسین ۱ و ۲ میلی مولار نسبت به شاهد به طور معناداری مواد جامد محلول (قند) کمتری داشتند. در بین تیمارهای اسپرمیدین هم سطح ۲ میلی مولار نسبت به باقی تیمارها به طور معناداری مواد جامد محلول کل کمتری داشت (جدول ۴).

مقایسه میانگین برهمکنش تیمار پوتریسین با زمان و اسپرمیدین با زمان نشان می دهد که در همه تیمارها با گذشت دوره انبارمانی بر میزان pH آب میوه افزوده شد، ولی در هر سه زمان اندازه گیری سطح ۲ میلی مولار از هر یک از تیمارهای پوتریسین و اسپرمیدین میزان pH کمتری (اسیدی تری) در مقایسه با باقی تیمارها داشتند. براساس جدول در آثار ساده پوتریسین و اسپرمیدین هم سطح ۲ میلی مولار آن ها pH اسیدی تری در مقایسه با باقی تیمارها داشت (جدول ۴).

تیمار ۱ میلی مولار اسپرمیدین و پوتریسین میزان کاهش اسید کل و افزایش مواد جامد محلول را در میوه های انگور به تأخیر انداخت (Champa *et al.*,)

REFERENCES

1. Arnon, D. I. (1994). Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Journal of Plant Physiology*, 24, 1-15.
2. Aronova, E. E., Shevyakova, N. I., Stetsenko, L. A. & Kuznetsov, V. V. (2005). Cadaverine-induced induction of superoxide dismutase gen expression in *Mesembryanthemum crystallinum* L. *Biological Sciences*, 403, 257-259.

3. Asbahi, S., Mostofi, Y., Boojar, M. M. A. & Khalighi, A. (2012). Effect of nitric oxide on ethylene biosynthesis and antioxidant enzymes on Iranian peach (*Prunus persica* cv. Anjiri). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 125-129.
4. Boquete, E., Trincherro, G., Frascina, A., Villena, F. & Sozzi, G. (2004). Ripening of Hayward kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 57-65.
5. Bregoli, A. M., Scaramagli, S., Costa, G., Sabatini, E., Ziosi, V., Biondi, S. & Torrigiani, P. (2002). Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: aminoethoxyvinylglycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. *Journal of Plant Physiology*, 114, 472-481.
6. Brook, P. J. (1990). *Diseases of Kiwifruit. Kiwifruit Science and Management*. Auckland, Rey Richards Publisher. New Zealand society.
7. Champa, W. A. H., Gill, M. I. S., Mahajan, B.V.C. & Bedi, S. (2014). Exogenous treatment of spermine to maintain quality and extend postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless under low temperature storage. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 60, 412-419.
8. Deng, Y., Wu, Y. & Li, Y. (2005). Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grape stored in high oxygen atmospheres. *Food Research International*, 38, 769-776.
9. Doshi, P. J. & Adsule, P. G. (2008). Effect of storage on physicochemical parameters, phenolic compound and antioxidant activity in grapes. *Acta Horticulturae*, 785, 447-456.
10. Galston, A. W. & Kaur-Sawheny, R. (1987). Polyamines as endogenous growth regulator. In: P. J. Davies (ed.). *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*, 158-178.
11. Gomez-Galindo, F., Herppich, W., Gekas, V. & Sjolholm, I. (2004). Factors affecting quality and postharvest properties of vegetable: Integration of water relations and metabolism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 139-154.
12. Kakkar, R.K. & Rai, V.K. (1993). Plant polyamines in flowering and fruit ripening. *Phytochemistry*, 33, 1281-1288.
13. Khan, A. S., Singh, Z. & Abbasi, N. A. (2007). Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in Angelino plum. *Postharvest Biology and Technology*, 46, 36-46.
14. Knee, M. (2002). *Fruit Quality and its Biological Basis*. Published by Sheffield Academic Press.
15. Kramer, G. F., Wang, C. Y. & Conway, W. S. 1989. Correlation of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of McIntosh apples. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 114, 924-946.
16. Leiting, V. A. & Wicker, L. (1997). Inorganic cations and polyamines moderate pectinesterase activity. *Journal of Food Science*, 62, 253-255.
17. Lester, G. E. (2000). Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. *Plant Science*, 160, 105-112.
18. Li, N., Parsons, B., Liu, D. & Mattoo, A. K. (1992). Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. *Plant Molecular Biology*, 18, 477-487.
19. Lima, L. D. O., Chitarra, A. B. & Chitarra, M. I. F. (2001). Changes in amylase activity, starch and sugar contents in mango fruit pulp of cv. Tommy Atkins with spongy tissue. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44, 59-62.
20. Mackintosh, C., Slater, L., Walters, D. & Robins, D. (2001). Synthesis of six novel N, N-dialkyl derivatives of spermidine and effects on growth of the fungal plant pathogen *Pyrenophora avenae*. *FEMS Microbiology Ecology*, 202, 221-225.
21. Malik, A. U. & Singh, Z. (2006). Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. *Scientia Horticulturae*, 110, 167-174.
22. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. & Valero, D. (2002). Effect of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67, Nr. 5.
23. Mirdehghan, S. H., Rahemi, R., Castillo S., Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. (2007). Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 44, 26-33.
24. Nayyar, N. & Chander, S. (2008). Protective effects of polyamines against oxidative stress induced by water and cold stress in chick pea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 69, 2133-2141.
25. Ponappa, T., Scheerens, J. C. & Miller, A. R. (1993). Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions. *Journal of Food Science*, 58, 361-364.

26. Prasanna, V., Prabha, T. N. & Tharanathan, R. N. (2007). Fruit ripening phenomena an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 1-19.
27. Razaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. & Ullaha, S. (2014). Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mango. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 96, 23-32.
28. Schauenstein, E., Esterbauer, H. & Zoller, H. (1997). *Aldehydes in Biological Systems: Their Natural Occurrence and Biological Activities*. Pion Press. London. U. K.
29. Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stage. *Agricultural Food Chemistry*, 53, 2741-2745.
30. Torrigiani, P., Bregoli, A. M., Ziosi, V., Scaramagli, S., Ciriaci, T., Rasori, A., Biondi, S. & Costa, G. (2004). Pre-harvest polyamine and aminoethoxyvinylglycine (AVG) applications modulate fruit ripening in stark red gold nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Postharvest Biology and Technology*, 33, 293-308.
31. Torrigiani, P., Bressamini, D., Ruiz, K. B., Tadiello, A., Trainotti, L., Bonghi, C., Ziosi, V. & Costa, G. (2012). Spermidine application to young developing peach fruits leads to slowing down of ripening by impairing related ethylene and auxin metabolism and signaling. *Physiologia Plantarum*, 146, 86-98.
32. Toumadje, A. & Richardson, D. G. (1988). Endogenous polyamine concentrations during development, storage and ripening of pear fruits. *Phytochemistry*, 27, 335-338.
33. Unal, D., Toney, I. & Sukatar, A. (2008). The role of external polyamines on photosynthetic responses, lipid peroxidation, protein and Chlorophyll a content under the UV-A (352 nm) stress in *Physcia semipinnata*. *Photochemistry and Photobiology*, 90, 64-68.
34. Valero, D., Martinez-Romero, D. & Riquelme, 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.
35. Valero, D., Martinez-Romero, D. & 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.
36. Velikova, V., Yordanov, I. & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science*, 151, 59-66.
37. Wang, C.Y., Conway, W.S. Abbott, J.A. Kramer, G.F. & Sams, C.E. (1993). Postharvest infiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118, 801-806.
38. Winer, L. & Apelbaum, A. (1986). Involvement of polyamines in the development and ripening of avocado fruits. *Journal of Plant Physiology*, 126, 223-233.
39. Zhao, S.J., Xu, C.C. & Zou, Q. (1994). Improvements of the method for measurement of malondialdehyde in plant tissue. *Plant Physiology Communication*, 30, 207-210.

Effect of pre-harvest application of polyamines on quality and shelf life of kiwifruit cv. Hayward

Seyed Hossein Mirdehghan¹, Majid Esmailizadeh² and Farhad Pirzad^{3*}

1. Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

2. Ph.D. Candidate, Department of Horticultural Science, University College of Agriculture & Natural Resource, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Sep. 29, 2013 - Accepted: Jul. 26, 2014)

ABSTRACT

Softening and microbial activity are the most common problems of kiwifruit during storage. In order to improve these problems, pre-harvest treatments of putrescine and spermidine were studied on shelf life of kiwifruit cv. Hayward. Foliar spraying of different concentrations of putrescine (0, 1 and 2 mM) and spermidine (0, 1 and 2 mM) has been done at 40 and 20 days before harvest. Different characteristics were analyzed at 0 (before storage), 11 and 14 weeks after storage. Fruits were harvested at commercial maturity (TSS=6.2 Brix) and stored at $1.5\pm 1^{\circ}\text{C}$ and $90\pm 5\%$ relative humidity for 14 weeks. Results showed that the highest fruit firmness (3.09 kg) corresponded to concentration of 2 mM of putrescine and spermidine and the lowest value was observed (2.16 kg) in control. The lowest amount of microbial activity, malondialdehyde and weight loss was related to treated fruits. Antioxidant activity, phenolic compound and total chlorophyll were affected by the treatments and highest value belonged to different levels of putrescine and spermidine. Polyamine treatments delayed changes of various color indices, Vitamin C, total soluble solids, total acid and pH. In general, the exogenous putrescine and spermidine delayed softening and reduced microbial activity during storage.

Keywords: antioxidant activity, firmness, kiwifruit, microbial activity, softening.