

## تأثیر کاربرد پس از برداشت پوترسین و نیتریک اکسید بر برخی خصوصیات کیفی میوه انبه

سمیه رستگار\*<sup>۱</sup> و حمیده غلامشاهی پور<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه آزاد واحد جیرفت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۷)

### چکیده

انبه یک میوه گرمسیری فرازگرا با سرعت فساد بالا و ماندگاری پایین می باشد. به منظور ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف پوترسین و نیتریک اکسید به عنوان ترکیبات طبیعی، بر انبارمانی میوه انبه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. میوه انبه رقم محلی از باغی تجاری در شهرستان میناب برداشت و در فاصله کوتاهی به آزمایشگاه منتقل شد. میوه‌ها پس از ۵ دقیقه غوطه‌وری در غلظت‌های مختلف پوترسین (۰/۵، ۱/۵، ۳ و ۵ میلی‌مولار) و نیتریک اکسید (۳، ۹ و ۱۲ میکرو مولار) به مدت ۲۱ روز در دمای معمولی نگهداری شدند. خواص مختلف کیفی میوه در فاصله زمانی ۷ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین درصد کاهش وزن (۱۵/۵) در شاهد مشاهده شد. سفتی بافت میوه طی انبارمانی به تدریج کاهش یافت اما این روند در میوه‌های تیمار شده به طور قابل توجهی با سرعت کمتری مشاهده شد. بیشترین میزان سفتی بافت (۲/۲ کیلوگرم بر مترمربع) در تیمار پوترسین ۳ میلی‌مولار مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان داد. میزان مواد جامد محلول و نسبت قند به اسیدیته با گذشت زمان به تدریج افزایش یافت. اما سرعت تغییر در میوه‌های تیمار شده کمتر بود. شاخص‌های مختلف رنگ میوه تحت تأثیر پوترسین و نیتریک اکسید تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان دادند. بیشترین مقدار  $L^*$  در تیمار پوترسین ۳ میلی‌مولار بدست آمد.

**کلمات کلیدی:** انبارمانی، انبه، پوترسین، ترکیبات طبیعی، نیتریک اکسید

## مقدمه

انبه (*Mangifera indica* L.) یکی از مهم‌ترین میوه‌های گرمسیری است که بعد از موز، مرکبات، انگور و سیب در رتبه پنجم تولید جهانی قرار دارد (فانو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰). پرورش این گیاه در ایران محدود به استان‌های جنوبی کشور بوده و بیش از ۷۳٪ تولید آن (۱۶۶۸۴/۵ تن) در استان هرمزگان صورت می‌گیرد (بی‌نام، ۱۳۹۴). میوه انبه حاوی اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب، مواد معدنی، اسیدهای آلی، پروتئین‌ها و ویتامین‌ها می‌باشد. میوه انبه به دلیل فرازگرا بودن فسادپذیری بالایی داشته و ترکیبات موجود در آن پس از برداشت در اثر تنفس دچار تغییر می‌شوند (شیواکومار<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱). یکی از روش‌های رایج در کاهش ضایعات، استفاده از ترکیبات شیمیایی می‌باشد. امروزه با توجه به مضرات استفاده از مواد شیمیایی برای انسان و محیط زیست، رویکردهای جدید در استفاده از موادی که اثرات سوء و زیان‌آوری در انسان و محیط به‌همراه نداشته باشند حائز اهمیت می‌باشد. نیتروژن مونوکسید یا نیتریک‌اکسید یک رادیکال آزاد گازی شکل بسیار فعال است که نقشی حیاتی و مهمی را در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاه ایفا می‌کند (لای<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ شی<sup>۴</sup> و

همکاران، ۲۰۱۲) اخیراً کاربرد غلظت‌های کم گاز نیتریک‌اکسید به منظور افزایش عمرانباری برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها مؤثر گزارش شده است (زو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۶؛ وانگ<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). کاربرد پس از برداشت نیتریک‌اکسید جهت کنترل پوسیدگی‌های ناشی از قارچ‌های بیماریزا مورد توجه قرار گرفته است. نیتریک‌اکسید با افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی و کنترل رادیکال‌های آزاد در مقاومت گیاه نقش مهمی دارد (لای و همکاران، ۲۰۱۱؛ زو و همکاران، ۲۰۱۶). عبدالهی<sup>۷</sup> (۲۰۱۳) نشان داد که نیتریک‌اکسید به طور قابل توجهی پوسیدگی را در میوه توت فرنگی کنترل کرد و سرعت افت کیفیت میوه را کاهش داد. لی<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر نیتریک‌اکسید در میوه پاپایا گزارش کردند که نیتریک‌اکسید نقش مهمی در کاهش افت وزن و حفظ سفتی و تأخیر تغییر رنگ میوه، کاهش پوسیدگی و مواد جامد محلول در طی ۲۰ روز انبارمانی داشته است. همچنین در میوه‌های تیمار شده، میزان کاهش ویتامین ث نسبت به شاهد با سرعت کمتری اتفاق افتاد. پلی‌آمین‌ها گروهی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با وزن مولکولی کم و گروه‌های هیدروکربنی متفاوت هستند که تقریباً در همه موجودات زنده یافت می‌شوند و در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی

5. Zhou  
6. Wang  
7. Abdollahi  
8. Li

1. FAO  
2. Sivakumar  
3. Lai  
4. Shi

گیاه‌های چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع می‌شود که در نهایت باعث حفظ سفتی بافت میوه می‌شود، سفتی بافت میوه‌ها همبستگی مثبتی با غلظت‌های تیمار شده با پلی‌آمین‌ها دارد (خان<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸) علیرغم اهمیت تغذیه‌ای میوه انبه، تاکنون تحقیقات اندکی در ایران در رابطه با چگونگی حفظ کیفیت آن در مدت نگهداری صورت گرفته است. لذا هدف این تحقیق افزایش کیفیت پس از برداشت یکی از مهمترین ارقام محلی انبه با استفاده از ترکیبات طبیعی و سالم برای انسان می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

میوه‌های سالم و کاملاً یکنواخت انبه از رقم محلی میناب در مرحله بلوغ تجاری (شروع به تغییر رنگ) از یک باغ در شهرستان میناب، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. تیمارها شامل شاهد (غوطه‌وری در آب مقطر به مدت ۵ دقیقه)، غوطه‌وری در پوترسین با چهار غلظت ۰/۵، ۱/۵، ۳ و ۵ میلی‌مولار به مدت ۵ دقیقه و غوطه‌وری در نیتریک‌اکسید با سه سطح ۳، ۹ و ۱۲ میکرومولار به مدت ۵ دقیقه اعمال گردیدند. سپس بعد از خشک شدن میوه‌های تیمار شده، میوه‌ها درون کارتن و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه هفته نگهداری شدند. ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی میوه به فاصله زمانی ۷ روز انجام گرفت.

نقش دارند. پلی‌کاتیونی از خواص مهم در فعالیت‌های فیزیولوژیکی آنها محسوب می‌شود، بطوریکه پلی‌آمین‌ها در گیاهان اغلب در ترکیب با مولکول‌های آنیونی همچون اسیدهای نوکلئیک، پروتئین، فسفولیپیدها و پلی‌ساکاریدها می‌باشند. اثر دیگر پلی‌آمین‌ها بعنوان ترکیبات ضدپیری و ضدتنش به تأثیر آنها در جلوگیری از رادیکال‌های آزاد مربوط می‌شود این ترکیبات به دلیل داشتن بارهای مثبت بعنوان دهنده الکترون و ایجادکننده کمپلکس با ترکیبات دارای رادیکال آزاد به حساب می‌آیند و در نتیجه از تجمع این ترکیبات مضر که باعث تسریع در پیری و ایجاد تنش در سلول‌ها می‌شوند، جلوگیری می‌کنند. مجموعه عملکرد پلی‌آمین‌ها بعنوان عوامل ضدپیری و ضدتنش در گیاه به ویژه در محصول برداشت شده و از طرف دیگر رقابتی بودن تولید آنها با اتیلن باعث شده است که این ترکیبات بعنوان ترکیبات بسیار مهم برای افزایش عمر محصولات برداشت شده و حفظ کیفیت آنها مطرح شوند (میشرا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). شیری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که غوطه‌وری در پوترسین (۱ و ۲ میلی‌مولار) تأثیر معنی‌داری در افزایش ماندگاری انگور رقم شاهرودی داشته است. همچنین تیمار پوترسین باعث کاهش خسارت سرمازدگی ناشی از دمای پائین انبار از طریق حفظ سیالیت غشا و ثابت نگه داشتن نسبت

1. Mishra  
2. Shiri

3. Khan

رستگار و و غلامشاهی پور: تأثیر کاربرد پس از برداشت پوترسین و نیتریک اکسید بر برخی ویژگی‌های میوه انبه

### سنجش کاهش وزن

به منظور اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه‌ها، قبل از انبارداری و در هر دوره ارزیابی، وزن خالص میوه‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس درصد کاهش وزن هر تکرار از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (زانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲):

$$100 \times (\text{وزن اولیه/وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$$

### اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول کل، به وسیله دستگاه دیجیتالی رفاکتومتر (مدل ATAGO PAL-3، ساخت ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. عدد حاصل به صورت درجه بریکس عنوان شد.

### اندازه‌گیری pH آب میوه

به منظور اندازه‌گیری pH آب میوه از دستگاه pH متر دیجیتالی (PL-500, Taiwan) استفاده گردید.

### اندازه‌گیری درصد اسید قابل تیتراسیون (TA)

برای اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون، به ۱۰ میلی‌لیتر عصاره میوه صاف شده، ۲ قطره فنل‌فتالین یک درصد اضافه شد سپس با سود ۰/۱ نرمال تیتر گردید تا رنگ آن به صورتی تبدیل شد. آنگاه با استفاده از فرمول زیر میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد (سالتویت<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰).

$$TA = \frac{100 \times \text{والانس گرم اسید} \times \text{نرمالیتة سود} \times \text{مقدار سود مصرفی}}{100 \times \text{وزن نمونه}}$$

TA: میلی‌گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه

اسید کل به صورت اسید غالب میوه بیان می‌شود که در میوه انبه، اسید غالب اسید سیتریک می‌باشد.

### اندازه‌گیری میزان ویتامین ث

برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون با محلول ۲ و ۶ دی‌کلروفنول‌ایندوفنول استفاده شد. به مقدار معینی از آب میوه، محلول متافسفریک اسید ۳ درصد جهت استخراج ویتامین ث اضافه شد. پس از فیلترکردن با کاغذ صافی، توسط محلول رنگی ۲ و ۶ دی‌کلروفنول‌ایندوفنول تا زمانی که رنگ صورتی متمایل به قرمز کم رنگ ۱۵ ثانیه ثابت بماند تیتر شد. با استفاده از فرمول زیر میزان ویتامین ث برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محاسبه شد (پیلا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

$$\text{Vit c} = \frac{e \times d \times b}{c \times a}$$

e: حجم محلول رنگی مصرف شده برای هر نمونه

D: مقدار محلول رنگی مصرفی جهت تیتراسیون

استاندارد.

b: حجم محلول ساخته شده با متافسفریک اسید

c: حجم محلول برداشته شده جهت تیتراسیون

a: جرم نمونه

اندازه‌گیری سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (دستگاه Niewkoot پنترومتر ساخت FT مدل ۳۲۷ شور هلند)، اندازه‌گیری شد. برای این منظور با چاقو پوست میوه در ۲ نقطه مقابل هم به اندازه یک سانتی متر برداشته شد و سفتی گوشت میوه بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ میله در میوه بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ثبت گردید.

شاخص‌های مختلف رنگ سطح پوست میوه

رنگ میوه با استفاده از رنگ‌سنج مینولتا مدل (CR-۴۰۰, Japan) بررسی گردید. نتایج آزمایش رنگ شامل سه شاخص هانتر ( $L^*$ ,  $a^*$  و  $b^*$ ) می‌باشد که  $L^*$  نماد روشنایی رنگ (از  $L^*=0$  برای سیاه تا  $L^*=100$  برای سفید)  $a^*$  نماد سبزی تا قرمزی رنگ و  $b^*$  نماد آبی تا زرد می‌باشد. قبل از اندازه‌گیری رنگ هر نمونه دستگاه با استفاده از یک سطح سفید استاندارد ( $L^*=100$ ) کالیبره شد و آزمایش در سه تکرار انجام گردید.

تجزیه آماری

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری و بررسی نرمال بودن با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از آزمون LSD انجام شد. جدول‌ها و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع تیمار و مدت زمان انبارمانی بر اکثر صفات مورد بررسی معنی‌دار (سطح احتمال ۱ درصد) بوده است. اما اثر متقابل آنها جز در مورد pH، در سایر صفات معنی‌دار نبود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف پوترسین و نیتریک اکسید

میانگین مربعات											منابع تغییرات
$b^*$	$a^*$	$L^*$	ویتامین ث	TA	TSS	pH	سفتی بافت	TSS/TA	کاهش وزن	درجه آزادی	
۱۹/۴۳**	۴۶/۶۵°	۵۳/۹۶**	۷/۵۸ <sup>ns</sup>	۱/۳۴ <sup>ns</sup>	۵/۳۸**	۰/۱۰**	۰/۶۳**	۱۴/۴۵**	۸۸/۸۶**	۷	تیمار
۵۵۸/۵۱**	۲۶۹۱/۷۳**	۱۱۷۱/۲۸**	۶۳۴/۵۱**	۹/۸۹**	۵۷/۳۳**	۱۲/۸۲**	۵/۷۹**	۳۶۱۰/۹۵**	۴۸/۸۲**	۳	زمان نگهداری
۵/۶۰ <sup>ns</sup>	۳۳/۶۷ <sup>ns</sup>	۱۹/۲۸ <sup>ns</sup>	۴/۷۱ <sup>ns</sup>	۱/۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۸**	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۳/۹۷ <sup>ns</sup>	۶/۵۳ <sup>ns</sup>	۲۱	تیمار*زمان نگهداری
۲/۷۲	۲۰/۶۷	۱۶/۵۱	۴/۷۶	۱/۲۸	۰/۹۰	۰/۰۳	۰/۰۵	۲/۵۲	۵/۸۴	۶۴	خطای آزمایشی
۲۳/۸۴	۱۱/۵۱	۸/۰۴	۱۳/۱۳	۹/۹۸	۶/۸۴	۵/۲۱	۱۱/۰۸	۹/۰۶	۳۱/۵۱	(/)	CV

ns، \*\* و \*\*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

## درصد کاهش وزن

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین درصد کاهش وزن (۱۵/۴ درصد) و کمترین آن (۶/۳۲) به ترتیب در شاهد و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. البته بین تیمارهای پوترسین و نیتریک اکسید و غلظت‌های مختلف آنها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). کاهش وزن، یکی از فاکتورهای مهمی است که کیفیت میوه‌های گوشتی و آبدار را پس از برداشت تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش وزن عمدتاً به دلیل از دست دادن آب در نتیجه فرایندهای متابولیکی مانند تنفس و تعرق از سطح میوه می‌باشد. جلوگیری از کاهش وزن و تلفات آب از طریق تیمار پوترسین در میوه‌های انگور (چامپا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲)، آلو (داوری‌نژاد، ۲۰۱۵) و زردآلو (داوری‌نژاد<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳) نیز گزارش شده است. پوترسین با اتصال به غشای سلولی باعث پایداری غشا و حفظ واکس لایه کوتیکول می‌شود و بدین ترتیب نقش مهمی در کاهش تبدلات آب از پوست میوه ایفا می‌کند. گزارشات نشان داده‌اند که تیمار با نیتریک اکسید باعث کاهش اتیلن و کاهش تنفس شده و متابولیسم سلولی را کاهش داده و از اتلاف آب جلوگیری می‌کند و در نتیجه سرعت کاهش وزن را کاهش می‌دهد (خان و همکاران، ۲۰۱۶ و هانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) لی و همکاران (۲۰۱۴)

1. Champa
2. Davarynejad
3. Hong

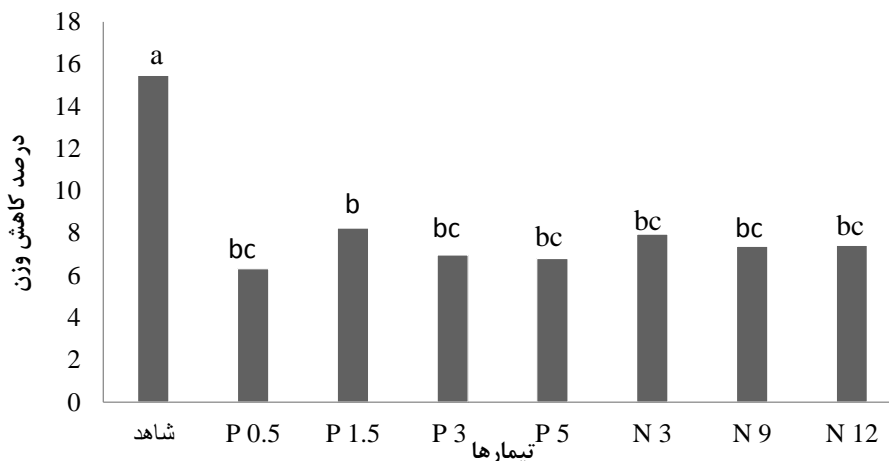
نشان دادند که کاربرد نیتریک اکسید نقش موثری در

جلوگیری از کاهش وزن میوه پایا دارد.

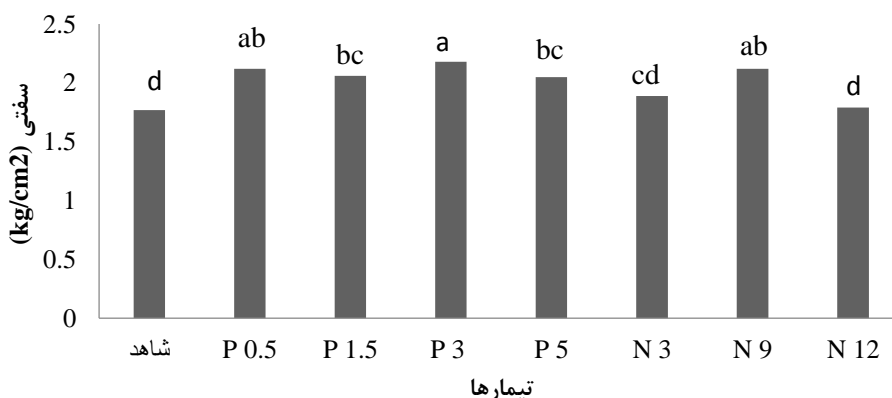
## سفتی بافت

غلظت‌های مختلف پوترسین و نیتریک‌اکسید در غلظت ۹ ماکرومول در لیتر، بطور معنی‌داری باعث حفظ بهتر سفتی بافت نسبت به شاهد شدند. بطوریکه بیشترین میزان سفتی بافت (۲/۲ کیلوگرم بر مترمربع) در تیمار پوترسین ۳ میلی‌مولار مشاهده شد. بین سایر غلظت‌های پوترسین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. غلظت‌های ۳ و ۱۲ ماکرومول در لیتر نیتریک‌اکسید تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان ندادند (شکل ۲). همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، سفتی بافت میوه همزمان با گذشت زمان کاهش یافت.

یکی از مشکلات اصلی پس از برداشت میوه انبه نرم شدن سریع می‌باشد که باعث کاهش کیفیت ظاهری و در نتیجه کاهش ارزش بازاری پسندی میوه می‌شود. از دست دادن ثبات و استحکام علاوه بر کیفیت میوه، عمر انباری، قابلیت حمل و نقل و همچنین مقاومت به آلودگی‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور طبیعی همزمان با رسیدن در نتیجه فعال شدن آنزیم‌های هیدرولیز کننده، ترکیبات پکتینی دیواره سلولی حل شده و باعث کاهش سفتی بافت میوه می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۱۶). حفظ یا افزایش سفتی بافت تحت تأثیر پوترسین در سایر میوه‌ها نیز گزارش شده است (داوری‌نژاد، ۲۰۱۲ و



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین و نیتریک‌اکسید بر درصد کاهش وزن میوه انبه. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند. P 0.5: پوترسین 0.5٪، P 1.5: پوترسین 1.5٪، P 3: پوترسین 3٪، P 5: پوترسین 5٪، N 3: نیتریک‌اکسید 3٪، N 9: نیتریک‌اکسید 9٪، N 12: نیتریک‌اکسید 12٪.



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین و نیتریک‌اکسید بر میزان سفتی بافت میوه انبه. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند. P 0.5: پوترسین 0.5٪، P 1.5: پوترسین 1.5٪، P 3: پوترسین 3٪، P 5: پوترسین 5٪، N 3: نیتریک‌اکسید 3٪، N 9: نیتریک‌اکسید 9٪، N 12: نیتریک‌اکسید 12٪.

با کاهش موثر آنزیم پکتین متیل استراز، نقش مهمی در حفظ سفتی بافت میوه آلو در مدت ۲۸ روز نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد داشته است. نتایج آزمایشات انجام شده بر میوه انبه نگهداری شده در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد نشانگر آن است که غلظت‌های مختلف پوترسین تأثیر معنی‌داری بر

چمپا و همکاران، ۲۰۱۲) هانگ در سال ۲۰۱۵ اظهار داشت تیمار میوه انبه با نیتریک‌اکسید نقش مهمی در جلوگیری از کاهش سفتی بافت میوه و تولید اتیلن داشته است. در پژوهشی کاپور<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که پوترسین با غلظت ۳ میلی‌مول در لیتر

1. Kaur

جمله تنفس و تولید اتیلن شده و در نتیجه باعث حفظ غشاها و کاهش سرعت شکسته شدن پلی ساکاریدهای دیواره‌های سلولی می‌گردد در نتیجه منجر به تأخیر در افزایش مواد جامد محلول می‌گردد (سینگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ هانگ و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش مواد جامد محلول در طی انبارمانی در نتیجه کاهش آب میوه و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده اتفاق می‌افتد. هر چه میزان و سرعت هیدرولیز بیشتر باشد، میوه زودتر نرم شده و به علاوه در برابر عوامل بیماری‌زای انباری آسیب‌پذیرتر می‌شوند و عمر انباری آن نیز کاهش می‌یابد (خان و همکاران، ۲۰۱۴؛ خان و همکاران، ۲۰۱۶). کمتر بودن میزان کل مواد جامد محلول در تیمارهای نیتریک اکسید و پوترسین بیانگر این است که تیمارهای ذکر شده از هیدرولیز قندها در میوه جلوگیری کرده‌اند. چامپا و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که کاربرد پلی‌آمین‌ها باعث جلوگیری از تجزیه قندها در میوه انگور رقم Flame Seedless و تأخیر در رسیدگی میوه می‌شود. امل<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که میوه‌های تیمار شده با پوترسین ۲ میلی‌مول در لیتر مواد جامد محلول بالاتری نسبت به شاهد داشتند. رزاق (۲۰۱۴) نشان داد که میزان مواد جامد محلول در میوه‌های انبه تیمار شده با پوترسین در سطح پایین‌تری نسبت به شاهد قرار داشت. پوترسین با

کنترل تنفس و تأخیر پیری و نرم شدن میوه داشته است و با کنترل آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی باعث افزایش ماندگاری میوه انبه گردیده است (رزاق<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). اثر پلی‌آمین‌ها در افزایش سفتی گوشت میوه را می‌توان به اتصال آن‌ها به گروه‌های کربوکسیل ترکیبات پکتیکی دیواره سلول نسبت داد. پلی‌آمین‌ها به دلیل داشتن بار مثبت می‌توانند با واحدهای گالاکترونیک اسید موجود در دیواره اتصال یابند و مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره از جمله پکتین‌استراز، پکتین متیل‌استراز و پلی گالاکتروناز شوند. از این طریق از شکستن پکتین جلوگیری و نرم شدن میوه‌ها در انبار را کاهش می‌دهند (چمپا و همکاران، ۲۰۱۴).

### مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتر و pH آب میوه

مواد جامد محلول طی انبارمانی به تدریج افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان افزایش در شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای پوترسین و نیتریک‌اکسید نشان داد. کمترین میزان مواد جامد محلول در تیمار پوترسین ۱/۵ میلی‌مولار مشاهده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد.

مطالعات نشان داده است که تیمار نیتریک اکسید باعث کاهش فعالیت‌های متابولیکی سلول از

2. Singh  
3. Aml

1. Razzaq



جدول ۲- اثر مدت زمان انبارمانی بر پارامترهای مورد بررسی انبه در مدت نگهداری

پارامترها	۰	۷	۱۴	۲۱
کاهش وزن (%)	۰	۷/۵۷b	۹/۰۵a	۶/۶۵c
TSS/TA	۵/۲۳ d	۸/۰۵c	۱۴/۰۹b	۳۰/۴۰a
سفتی (kg/m <sup>2</sup> )	۳/۱۲a	۲/۵۴b	۲/۰۶c	۱/۶۱d
(%) TSS	۱۰/۲۴d	۱۲/۳۳c	۱۴/۰۹b	۱۵/۲۲a
(%) TA	۲/۰۵a	۱/۶۶b	۱/۳۷c	۰/۵۰d
ویتامین ث (mg/ 100ml)	۲۶/۵۴a	۲۱/۲۳b	۱۷/۰۰c	۱۱/۶۳d
pH	۲/۰۲d	۲/۸۶c	۳/۷۰b	۴/۲۳a
L*	۵۷/۳۹a	۵۴/۷۶ab	۵۲/۹۳b	۵۵/۹۲ab
a*	۱۷/۱۸a	۱۱/۸۰b	۶/۱۴c	۲/۸۱d
b*	۲۲/۰۲d	۲۸/۷۱c	۴۱/۲۸b	۴۸/۴۳a

در هر ردیف میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد آزمون LSD می‌باشند.

جدول ۳- تأثیر تیمارهای پوترسین و نیتریک اکسید بر پارامترهای مورد بررسی انبه در مدت انبارمانی

a*	b*	L*	آسکوربیک اسید (mg/ 100ml)	PH	TSS/TA	TSS	شاهد
۴۴/۷۰a	۶/۳۲bc	۵۲/۱۲b	۱۹/۸۹a	۳/۴۲c	۲۰/۵۲a	۱۵/۰۸a	شاهد
۳۸/۱۸b	۷/۰۵b	۴۹/۸۸c	۲۱/۱۱a	۳/۶۴ab	۱۷/۷۰b	۱۴/۰۵bc	پوترسین ۰/۵
۴۰/۰۱b	۶/۶۴b	۵۱/۴۶b	۱۹/۹۲a	۳/۴۹bc	۱۶/۰۵c	۱۲/۳۶d	پوترسین ۱/۵
۳۹/۹۵b	۴/۹۶c	۵۳/۷a	۲۱/۰۳a	۳/۶۱ab	۱۶/۶۵bc	۱۳/۴۵c	پوترسین ۳
۳۹/۶۴b	۶/۲۶bc	۵۱/۸۵b	۱۹/۶۹a	۳/۷۳a	۱۷/۴۹bc	۱۳/۸۶bc	پوترسین ۵
۳۹/۹۴b	۶/۶۶b	۵۲/۰۸b	۱۹/۷۹a	۳/۶۷ab	۱۷/۱۵bc	۱۴/۳۲abc	نیتریک اکسید ۳
۳۶/۸۵b	۹/۲۸a	۴۹/۵۵c	۲۱/۰۴a	۳/۵۶abc	۱۷/۲۲bc	۱۳/۶۷c	نیتریک اکسید ۹
۳۷/۵۰b	۹/۲۸a	۴۸/۶۱c	۲۱/۱۱a	۳/۵۱bc	۱۶/۸۴bc	۱۳/۵۶c	نیتریک اکسید ۱۲

در هر ردیف میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد آزمون LSD می‌باشند.

کاهش یافت. بطوریکه میزان اسیدیته در پایان آزمایش نسبت به روز اول ۲۴ درصد کاهش نشان داد. افزایش مدت نگهداری میوه و شروع پدیده پیری موجب می‌شود اسیدها در واکنش تنفس و در چرخه کربس مصرف شوند و در نتیجه نگهداری طولانی مدت میوه‌ها با کاهش اسید قابل تیتراسیون همراه است (لی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین تیمارها با تاخیر فرایند پیری، کاهش اسیدیته را در میوه‌ها به تعویق انداخته و از این طریق ماندگاری میوه را افزایش می‌دهند. معمولاً اسیدهای آلی به هنگام رسیدن در اثر تنفس و یا تبدیل به قندها کاهش

ممانعت از تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی از پیری میوه و افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کند. pH نیز به تدریج با گذشت زمان افزایش یافت (جدول ۲). میوه‌های تیمار شده pH بالاتری نسبت به شاهد نشان دادند. بیشترین میزان در غلظت ۵ میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد. سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. بین غلظت‌های مختلف نیتریک اکسید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. زمان تأثیر معنی‌داری بر اسید قابل تیتراسیون (TA) داشته است. با توجه به جدول ۲ میزان اسید قابل تیتراسیون (TA) نیز در دوره انبارمانی به تدریج

1. Lee

رستگار و غلامشاهی پور: تأثیر کاربرد پس از برداشت پوترسین و نیتریک اکسید بر برخی ویژگی‌های میوه انبه

نسبت قند به اسید، به عطر و طعم منحصر به فرد میوه‌ها کمک می‌کند. در آغاز فرآیند رشد و نمو میوه، به دلیل مقدار قند کم و مقدار اسید بالای میوه، نسبت قند به اسید کم است که این باعث طعم و مزه ترش میوه می‌شود. در طول فرآیند رسیدن، اسیدهای میوه‌ها تخریب شده، مقدار قند نیز افزایش می‌یابد در نتیجه نسبت قند به اسید، بالاتر می‌رود. افزایش نسبت قند به اسید را می‌توان عمدتاً بخاطر افزایش میزان قند محلول از طریق تجزیه قند ساکارز به گلوکز و فروکتوز در رسیدن نسبت داد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ ارچانا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵). نسبت قند به اسید یک شاخص مهمی در رسیدن میوه‌ها می‌باشد که میزان بالاتر آن برای مصرف‌کننده مطلوب‌تر می‌باشد اما از لحاظ انبارداری هرچقدر میزان آن پایین‌تر باشد مطلوب‌تر است که در بین تیمارها، تیمار پوترسین ۱/۵ درصد در طی انبارداری توانست کمترین میزان این نسبت را داشته باشد که از لحاظ انبارداری مطلوب می‌باشد. یافته‌های این تحقیق با گزارش شمیلی و آذرکیش (۱۳۹۴)، مبنی بر جلوگیری از افزایش مشابه در انبه تحت تیمار با پوترسین و انبارمانی در دماهای مختلف، مطابقت دارد.

### ویتامین ث

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود میزان ویتامین ث به تدریج طی انبارمانی از ۲۶/۵۴ به

می‌یابند و کاهش آنها رابطه‌ی مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. در واقع اسیدهای آلی به عنوان یک اندوخته انرژی میوه می‌باشند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند. تیمار با پلی‌آمین‌ها روند افزایش pH و کاهش اسیدیته را کند می‌کند. از آنجا که نقش پلی‌آمین‌ها در به تأخیر انداختن رسیدن میوه و کاهش تولیدات اتیلن و سرعت تنفسی به اثبات رسیده است (گالستون<sup>۱</sup> و سونی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۰)، سبب کاهش سرعت تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتراسیون می‌شوند. چامپا و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد پلی‌آمین‌ها کاهش اسیدیته و رسیدگی میوه را به تأخیر می‌اندازد. هانگ در سال ۲۰۱۵ نیز گزارش کردند که تیمار میوه‌های انبه با نیتریک‌اکسید، کاهش اسیدیته را به تأخیر می‌اندازد.

### شاخص طعم (TSS/TA)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل بین زمان و تیمار بر شاخص طعم معنی‌دار نشد (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین‌های بدست آمده بیشترین شاخص طعم در شاهد مشاهده شد. تیمار پوترسین ۱/۵ میلی‌مولار کمترین شاخص طعم را نشان دادند. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است شاخص طعم طی نگهداری میوه انبه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲).

1. Galston  
2. Sawhney

3. Archana

فاکتورهای رنگ نیز تحت تأثیر تیمار و زمان با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان دادند. فاکتور  $L^*$  به عنوان شدت درخشندگی طی انبارمانی کاهش یافت (جدول ۲). در مقایسه بین تیمارهای مختلف بیشترین مقدار  $L^*$  در تیمار پوترسین ۳ میلی‌مولار و کمترین میزان  $L^*$  در تیمار نیتریک اکسید ۱۲ میلی‌مولار مشاهده شد. سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان ندادند. فاکتور  $a^*$  نیز به تدریج با گذشت زمان کاهش یافت (جدول ۲). بالاترین میزان  $a^*$  در میوه‌های شاهد دیده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارها نشان دادند. گرچه بین تیمار پوترسین و نیتریک‌اکسید و غلظت‌های مختلف آنها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. فاکتور  $b^*$  در نمونه‌های مورد بررسی طی انبارمانی افزایش یافت. بیشترین میزان  $b^*$  در شاهد مشاهده شد. سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند.

تغییر رنگ ظاهری میوه انبه در نتیجه چروکیدگی و کاهش تازگی و طراوت میوه یکی از مشکلات اصلی کاهش عمر پس از برداشت میوه‌های انبه در مدت نگهداری در دمای معمولی می‌باشد. امل و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که کاربرد پوترسین در غلظت ۲ میلی‌مول در لیتر بر رنگ پوست میوه آلو تأثیر معنی‌داری نداشت اما تأثیر معنی‌داری در رنگ گوشت میوه مشاهده شد. پلی‌آمین‌ها به دلیل تثبیت غشا، سبب حفظ ظاهر میوه‌ها و تأخیر در پیری آنها طی

۱۱/۶۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر کاهش یافت. گرچه برخی تیمارها ویتامین ث بیشتری نسبت به شاهد داشتند. اما تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان ندادند.

میوه‌ها و سبزی‌ها به عنوان منبع عمده تأمین ویتامین ث در تغذیه انسان می‌باشد. این ویتامین در اثر فعالیت آنزیم آسکوربیک اسیداکسیداز، تجزیه و هیدرولیز می‌شود. همچنین بعنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد استفاده می‌شود. در نتیجه طی نگهداری محصول کاهش می‌یابد. هانگ در سال ۲۰۱۵ نیز نشان داد که میوه‌های انبه تیمار شده با نیتریک اکسید دارای محتوای ویتامین ث بیشتری نسبت به شاهد بود. لی (۲۰۱۴) نیز تأثیر معنی‌داری از نیتریک‌اکسید در حفظ ویتامین ث میوه پاپایا گزارش کردند. پوترسین با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن رسیدن میوه، سبب جلوگیری از تجزیه دیواره یاخته‌ای و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد نیاز یاخته به مصرف اسید آسکوربیک کمتر شده و در نتیجه این ویتامین در میوه حفظ می‌شود همچنین پلی‌آمین‌ها به دلیل داشتن بارهای مثبت به صورت مستقیم باعث حذف رادیکال‌های آزاد می‌شوند (میشرا و همکاران، ۲۰۱۶).

**رنگ سطح پوست میوه**

رستگار و غلامشاهی پور: تأثیر کاربرد پس از برداشت پوترسین و نیتریک اکسید بر برخی ویژگی‌های میوه انبه

انبارمانی می‌شوند. 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.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از ترکیبات طبیعی پوترسین و نیتریک اکسید به ترتیب در غلظت‌های ۳ میلی‌مولار و ۹ ماکرومولار با تأخیر در فرایند رسیدگی میوه در نتیجه حفظ سفتی بافت میوه، جلوگیری از تغییر رنگ سریع پوست باعث حفظ کیفیت میوه و افزایش مدت ماندگاری آن در مدت نگهداری در دمای اتاق می‌شود.

### منابع

- آذرکیش، پ. و شمیلی، م. ۱۳۹۴. تأثیر پوترسین و آب سرد بر ویژگی‌های کیفی و انبارمانی میوه انبه (*Mangifera indica* L). علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۲: ۶۵-۷۴.
- Abdollahi, R., Asghari, M., Esmaili, M. and Abdollahi, A. 2013. Postharvest nitric oxide treatment effectively reduced decays of selva strawberry fruit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(6): 353-355.
- Archana, T.J., Suresha, G.J. and Swamy, G.S.K. 2015. Influence of exogenous application of putrescine on ripening changes in Banana cv. Grand naine. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 5(1): 53-58.
- Barman, K., Asrey, R., Pal, R.K., Kaur, C. and Jha, S.K. 2014. Influence of putrescine and carnauba wax on functional and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits during storage. *Journal of food science and technology*, 51:111-117.
- Champa, W.H., 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.
- Davarynejad, G., 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.
- Davarynejad, G.H., Zarei, M., Nasrabadi, M.E. and Ardakani, E. 2015. Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of Food Science and Technology*, 52:2053-2062.
- Aml, R.M. Y, Hala S. E and Dorria, M.M. A. 2014. Prestorage application of putrescine to Improve fruit quality, color parameters and extending shelf life of 'Hollywood' plum (*Prunus salicina* L.). *Middle East journal*, 3:1135-1144.
- FAOSTAT. 2010. Area harvested and production of mango (including mangosteen and guava). [http:// faostat.fao.org/](http://faostat.fao.org/) (accessed 30 July 2012).
- Galston, A. W., and Sawhney, R. K. 1990. Polyamines in plant physiology. *Plant Physiology*, 94: 606-610
- Hong, K., Gong, D., Xu, H., Wang, S., Jia, Z., Chen, J. and Zhang, L., 2014. Effects of salicylic acid and nitric oxide pretreatment on the expression of genes involved in the ethylene signalling pathway and the quality of postharvest mango fruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 42:205-216.

- Jawandha, S.K., Gill, M.S., Singh, N., 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.
- Kang, R., Zhang, L., Jiang, L., Yu, M., Ma, R. and Yu, Z. 2016. Effect of postharvest nitric oxide treatment on the proteome of peach fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 112:277-289.
- Kaur, A. 2016. Storage behaviour of plum (*Prunus salicina* Lindl.) fruits cv. Satluj Purple in response to various chemicals Ph.D. Thesis Punjab Agricultural University Ludhiana, India.
- Lai, T., Li, B., Qin, G., Tian, S. 2011. Oxidative damage involves in the inhibitory effect of nitric oxide on spore germination of *Penicillium expansum*. *Current Microbiology*, 62:229-234.
- Li, X.P., Wu, B., Guo, Q., Wang, J.D., Zhang, P. and Chen, W.X. 2014. Effects of nitric oxide on postharvest quality and soluble sugar content in papaya fruit during ripening. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38: 591-599.
- Mishra, P.K., Siddiqui, M.W. and Sahay, S. 2016. Polyamines. In postharvest management approaches for maintaining quality of fresh produce. Springer International Publishing AG. pp. 69-96.
- Onursal, C.E., Bayındır, D., Celepaksoy, F. and Koyuncu, M.A. 2013. Combined effects of map and postharvest putrescine treatment on storage life and quality of 'alyanak' apricot. In *XI International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference*, 1071: 165-172.
- Pila, N., Neeta, B.G., and Ramana Rao T.V. 2010. Effect of post-harvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during storage. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 9(5): 470-479.
- Palma, F., Carvajal, F., Jamilena, M. and Garrido, D. 2016. Putrescine treatment increases the antioxidant response and carbohydrate content in zucchini fruit stored at low temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 118: 68-70.
- Razzaq, K., Khan, A.S., Malik, A.U., Shahid, M. and Ullah, S. 2014. Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 96: 23-32.
- Saltveit, M.E., 2005 - Postharvest biology and handling, pp. 305-324. In: HEUVELINK E. (ed.) *Tomatoes*. CABI Wallingford, UK, pp. 352.
- Shi, H.T., Li, R.J., Cai, W., Liu, W., Fu, Z.W., Lu, Y.T., 2012a. In vivo role of nitric oxide in plant response to abiotic and biotic stress. *Plant Signaling and Behavior*, 7: 437-439
- Shiri, M.A., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D. and Sarikhani, H. 2013. Effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape cv. "shahroudi" during long-term storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37: 999-1007.
- Singh, Z., Khan, A.S., Zhu, S., Payne, A.D. 2013. Nitric oxide in the regulation of fruit ripening: challenges and thrusts. *Stewart Postharvest Review*, 9: 1-11.
- Sivakumar, D., Jiang, Y., Yahia, E. 2011. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. *Food Research International*, 44: 1254-1263.
- Wang, Y., Luo, Z., Du, R., Liu, Y., Mao, L. 2013. Effect of nitric oxide on antioxidative response and proline metabolism in banana during cold storage. *Journal of Agriculture Food*, 61: 37.8880-8887.
- Zhang, M., Tao, Q., Huan, Y.J., Wang, H.O., Li, C.L., 2002 - Effect of temperature control and humidity on the preservation of Jufeng grapes. *International Agrophysics*, 16: 277-280
- Zhou, Y., Li, S. and Zeng, K. 2016. Exogenous nitric oxide-induced postharvest disease resistance in citrus fruit to *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of the science of food and agriculture*, 96: 505-512.

## **Effect of postharvest treatment with putrescine and nitric oxide on some quality attributes of mango fruit**

**Somayeh Rastegar\*<sup>1</sup> and Hamidah Gholamshahipour<sup>2</sup>**

1. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan
2. M.Sc. student, Department of Horticulture, Jiroft Azad University

(Received: Jul. 19, 2017 - Accepted: Aug. 29, 2017)

### **Abstract**

Mango is a perishable tropical fruit with a short shelf-life. Recently, using natural compounds that are safe for human and environment have gained more attention in postharvest researches. In order to evaluate the effect of different concentrations of putrescine and nitric oxide, as natural compounds, on mango fruit postharvest life, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications. Mango fruit were harvested from a garden in Minab city and transferred to laboratory. Fruits were immersed for 5 min in solutions of putrescine (at 0.5, 1.5, 3, 5 mM/L) and nitric oxide (at 3,9,12  $\mu$ M/L), and then stored at ambient temperature for 21 days. Fruit quality attributes were evaluated at 7 days intervals. According to the results, the highest weight loss (15.5) was observed in control fruit. Fruit firmness was gradually reduced during storage, but it was slower in fruit treated with putrescine and nitric oxide. The highest tissue firmness (2.2 kg/m<sup>2</sup>) was observed in fruit treated with 3 mM/L putrescine, showing a significant difference with the control. Total soluble solids and the ratio of sugar to acidity were gradually increased during storage. The treated fruits had a lower sugar to acid ratio than the control fruit. Putrescine and nitric oxide significantly affected different color indices. The highest L\* value was recorded in fruit treated with putrescine at 3 mM/L.

**Keyword:** Mango, Natural compounds, Nitric oxide, Putrescine, Storage

---

\*Corresponding author:

Email: rastegarhort@gmail.com