Archive of SID

تأثیر نیتریک اکسید و پوتریسین بر خواص کیفی و عمر پس از برداشت میوه توت فرنگی رقم 'سلوا'

رحیم عبدالهی *[1]، محمد رضا اصغری[2]، محسن اسمعیلی[3]

تاریخ دریافت:88/11/17 تاریخ پذیرش:89/03/08

1- عبدالهی رحیم، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی دانشگاه ارومیه

2- اصغری محمد رضا، استادیار گروه گروه باغبانی دانشگاه ارومیه

3- اسمعیلی محسن، استادیار گروه علوم وصنایع غذایی دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه Email: abdollahi23465@gmail.com

چکیده

امروزه، به دلیل اثرات مضر مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست استفاده از این مواد با محدودیت‌هایی روبرو است. از این رو یافتن مواد سالم برای استفاده در تکنولوژی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها ضروری می-باشد. در این پژوهش اثر نیتریک اکسید در غلظت‌های ۰، ۳، ۵ و ۸ میکرومول در لیتر و پوتریسین در غلظت‌های ۰ و ۲ میلی‌مول در لیتر بر عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌های توت فرنگی رقم ' سلوا ' پس از ۱۵ روز نگهداری در دمای ۲/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد مورد مطالعه قرار گرفت. صفاتی چون سفتی بافت میوه، بازار پسندی، اسیدیته کل، فنول کل، ویتامین ث، مواد جامد محلول و رنگ میوه ارزیابی شدند. تیمار میوه‌ها با ۵ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید به طور معنی داری باعث حفظ کیفیت میوه‌ها در پایان مدت نگهداری گردید. تیمار ترکیبی نیتریک اکسید با پوتریسین به طور معنی داری از نرم شدن میوه‌ها جلوگیری کرد. این مطالعه نشان داد که نیتریک اکسید و پوتریسپن باعث حفظ ویتامین ث و فنول کل می گردد. نتایج این پژوهش نشان می دهد که استفاده از نیتریک اکسید و پوتریسین می‌تواند به عنوان راهبرد مؤثری در تکنولوژی پس از برداشت میوه توت فرنگی رقم سلوا معرفی گردد.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، نیتریک اکسید، پوتریسین، عمر انباری، ویتامین ث، ترکیبات فنولی کل.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Nitric oxide and Putrescine on Quality Attributes and Storage Life of Strawberry Fruit cv. *Selva*

R Abdollahi[1*], MR Asghari[2] and M Esmaiili[3]

Received 6 February 2010; Accepted 29 May 2010

[1] M. Sc., Student, Department of Horticulture , Urmia University, Iran
[2] Assistant professor, Department of Horticulture , Urmia University, Iran
[3] Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Urmia University, Iran
*Corresponding author, Email: abdollahi23465@gmail.com

Because of the harmful effects of the chemicals on human health and environment, the use of these compounds is recently restricted and it is necessary to use the safe compounds in postharvest technology of fruits and vegetables. In this study, the effect of nitric oxide (NO; at concentrations of 0, 3, 5 and 8 µmol L^{-1}) and putrescine (at concentrations of 0 and 2 mmol L^{-1}) on postharvest life and quality of Selva strawberry fruit during storage at 2.5 °C with 85-95% RH for 15 days was studied. Fruit firmness, marketability, total acidity, total phenolic, vitamin C, total soluble solids, and color were evaluated. The treatment of fruit with 5 µmol L^{-1} NO significantly maintained fruit quality at the end of the storage. The treatment with a combination of NO and putrescine significantly prevented fruit softening. The results showed that NO and putrescine treatments preserved vitamin C and total phenolics. In addition, the results indicated that the use of NO and putrescine may be introduced as an effective and successful strategy in postharvest technology of the Selva strawberry fruit.

Keywords: strawberry, nitric oxide, putrescine, storage life, vitamin C, total phenolics

مقدمه

بدلیل فسادپذیری میوه ها و سبزی ها استفاده از فناوری های نوین برای جلوگیری از ضایعات قابل توجه پس از برداشت این محصولات بسیار ضروری به نظر می رسد (اثنی عشری و زکایی خسر وشاهی ۱۳۸۷).

توت فرنگی یکی از محصولات میوه‌ای سریع فاسد شونده و حساس به آسیبهای مکانیکی و زوال فیزیولوژیکی بوده که دارای سرعت متابولیسم و تخریب سریع در طول مدت زمان نسبتاً کوتاه می‌باشد. همچنین این میوه دارای مقادیر قابل توجهی ویتامین ث و ترکیبات فنولی است که در بدن انسان نقش آنتی اکسیدانی دارند. توت فرنگی دارای عمر انباری کمی بوده و نمی‌توان آن را برای مدت زمان طولانی نگهداری کرد. در این راستا بعضی تیمارها برای افزایش عمر محصول برداشت شده و حفظ کیفیت توت فرنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند (زنگ و همکاران ۲۰۰۸ و هرناندز-مونز و همکاران ۲۰۰۸).

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن مونوکسید یا نیتریک اکسید[1] یک تنظیم کننده رشد فعال زیستی[2] است که برای اولین بار در پستانداران شناسایی شده است (اسمیت و والتر ۱۹۹۴). این ترکیب اخیراً توجه برخی محققان را برای استفاده در عمل آوری پس از برداشت محصولات باغی به خود جلب کرده است و کاربرد غلظت‌های کم گاز نیتریک اکسید به منظور افزایش عمر انباری برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها مؤثر گزارش شده است (ویلز و همکاران ۲۰۰۸). بوویر و ویلز (۲۰۰۳) بیان داشته‌اند که نحوه عمل نیتریک اکسید از تیمارهای تجاری متداول، مانند تیو سولفات نقره و ۱- متیل سیکلوپروپان متفاوت می‌باشد. بر اساس گزارشات زو و همکاران (۲۰۰۶) در هلوهای تیمار شده با ۵ و ۱۰ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید فعالیت آنزیم‌های آ - سی - سی اکسیداز، لیپوکسیژناز و میزان تولید اتیلن کاهش یافت که منجر به تجمع آ - سی - سی و مالونیل آ- سی - سی در طول انبار داری - گردیدد. بر این اساس زو و زوو (۲۰۰۷) بیان داشته‌اند که تیمار نیتریک اکسید تبدیل ۱- آمینوسیکلوپروپان کربوکسیلیک اسید[3] (آ - سی - سی) به اتیلن را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد اما از سنتز آن جلوگیری می‌کند که احتمالاً به علت غیر فعال کردن آنزیم آ- سی- سی سینتاز می‌باشد. از این رو نیتریک اکسید شاید از بیوسنتز اتیلن جلوگیری کند.

گزارش شده است که تیمار میوه‌های کیوی با ۱ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید باعث کاهش تجمع مالون‌دی آلدهید[4]، پراکسید هیدروژن و نیز باعث حفظ محتوای ویتامین ث و ای و مواد جامد محلول می شود و از فعالیت لیپواکسیژناز و پراکسیداز جلوگیری کرده و فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز را در طول نگهداری کیوی افزایش داده است. همچنین تیمار میوه کیوی با نیتریک اکسید سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و حفظ محتوای ویتامین ث و ای میوه شده و آسیب اکسایشی ناشی از اکسیژن های بازفعال شده[5] را کاهش داده است (زو و همکاران ۲۰۰۸).

پلی‌آمین‌ها نیز یک گروه جدید از تنظیم کنندهای رشد طبیعی گیاهی هستند که امروزه بعنوان هورمون‌های گیاهی شناخته می‌شوند و در بسیاری از فرایندهای رشد و نمو نقش دارند. در pH های فیزیولوژیکی به صورت کاتیون هستند که این طبیعت پلی کاتیونی آن‌ها از خواص مهم در فعالیت‌های فیزیولوژیکی محسوب می-شود، بطوریکه پلی‌آمین‌ها در گیاهان اغلب در ترکیب با مولکول‌های آنیونی همچون اسیدهای نوکلئیک، پروتئین، فسفولیپیدها و پلی‌ساکاریدها هستند (تانگ و همکاران ۲۰۰۴). اثر دیگر پلی آمین ها بعنوان ترکیبات ضد پیری و ضد تنش به تاثیر آنها در جلوگیری از رادیکال های آزاد مربوط می‌شود این ترکیبات به دلیل داشتن بارهای مثبت بعنوان دهنده الکترون و ایجاد کننده 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 می-کنند. مجموعه عملکرد پلی‌آمین‌ها بعنوان عوامل ضد پیری و ضد تنش در گیاه و خصوصاً 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 (والدن و همکاران ۱۹۹۷ و خان و همکاران ۲۰۰۷ و زکایی‌خسروشاهی و همکاران ۲۰۰۷). کاربرد پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین بر روی انبه منجر به حفظ سفتی میوه و کند شدن کاهش وزن در طی نگهداری بدون کاهش معنی دار در تولید اتیلن شد. کاربرد این نوع پلی‌آمین‌ها روی میوه انبه باعث حفظ اسیدیته و میزان اسید اسکوربیک گردید در صورتیکه محتوای کارتنوئید کل در مقایسه با تیمار

[1] NO
[2] Bioactive
[3] 1-aminocyclopropane -1- Carboxylic acid (ACC)
[4] Malondialdehyde
[5] Reactive oxygen species (ROS)

www.SID.ir

Archive of SID

شاهد کاهش یافت و باعث افزایش عمر قفسه‌ای میوه انبه گردید (مالک و همکاران ۲۰۰۶).

در گیاهان، نیتریک اکسید و پلی‌آمین‌ها مولکول‌هایی با عملکرد فیزیولوژیکی و بیولوژیکی مختلف در مراحل مختلف رشدی و نموی گیاه بوده و نیز در واکنش به تنش‌ها نقش دارند (کاکار و ساوهنی ۲۰۰۲ و نیل و همکاران ۲۰۰۳). تان و همکاران (۲۰۰۶) و سیلویرا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاربرد خارجی پلی-آمین‌ها تشکیل سریع نیتریک اکسید را تحریک می‌کند. سنتز نیتریک اکسید تحریک شده در نتیجه پلی‌آمین‌ها یک ارتباط بین این دو مولکول هشدار دهنده در گیاهان را نشان می‌دهد که این اثر دلالت بر حضور آنزیمهای ناشناخته مسوول تبدیل پلی‌آمین‌ها به نیتریک اکسید در گیاهان دارد (گاه و همکاران ۲۰۰۹).

هدف از این پژوهش بررسی اثر تیمار پس از برداشت نیتریک اکسیدو پوتریسین در حفظ خصوصیات کیفی و افزایش ماندگاری میوه توت فرنگی‌می باشد.

مواد و ر وش‌ها

مواد شیمیایی

اسید گالیک[1]، فولین سیوکالتو[2]، کربنات سدیم[3]، اسید آسکوربیک، ۲ و۶- دی کلروفنل ایندوفنل[4]، سدیم نیتروپروساید[5] از شرکت مرک آلمان (Darmstadt, Germany)، اسید متافسفریک[6]، ۱ و۴-دی آمینوبوتان و هیدروکسید سدیم از شرکت سیگما (St. Louis, MO, USA) خریداری شد.

مواد گیاهی

میوه‌های توت فرنگی رقم سلوا در مرحله رسیدن تجاری هنگامی که ۵۰ تا ۸۰ درصد رنگ گرفته بودند و دارای اندازه مناسب بودند برداشت شدند. سپس با دقت و در زمان کوتاه به آزمایشگاه انتقال یافت و تا زمان تیمار کردن در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. میوه‌های دارای شکل غیر طبیعی و معایب فیزیکی حذف شده و میوه های سالم و یکنواخت انتخاب گردیدند و با غلظت‌های مختلف پوتریسین و نیتریک اکسید مورد تیمار قرار گرفتند. قبل از انجام تیمارها مقادیر اولیه صفات مورد ارزیابی اندازگیری شد.

تیمار با نیتریک اکسید و پوتریسین

برای هر تیمار در هر جعبه ۱۵ عدد میوه توت فرنگی در نظر گرفته شد که با غلظت‌های۰، ۳، ۵ و ۸ میکرومول در لیتر سدیم نیتروپروساید (ماده آزاد کننده نیتریک اکسید) به مدت ۱۵ ثانیه در دمای اتاق اسپری شدند. برای تیمار با پوتریسین از روش غوطه روی استفاده شد. برای این منظور میوه‌ها به مدت ۲ دقیقه در محلول حاوی ۲ میلی مول در لیتر ا و۴- دی آمینو بوتان قرار داده شد. میوه‌های شاهد نیز با آب مقطر تیمار شدند. سپس سطح میوه‌ها در هوای معمولی اتاق خشک شده و در ظروف پلاستیکی یک بار مصرف قرار گرفتند و به سردخانه با دمای ۲/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد منتقل شدند. میوه‌ها به مدت ۱۵ روز در این دما نگهداری شدند و سپس مورد آزمایش قرار گرفتند.

سفتی بافت میوه

برای تعیین ویژگی بافت نمونه‌های توت فرنگی از دستگاه تجزیه و سنجش بافت[7] مدل TA-XTPlus ساخت کمپانی استیبل میکروسیستم انگلستان استفاده شد. بدین منظور از آزمون نفوذ تک محوری استفاده

[1] Gallic acid
[2] Folin-Ciocalteau
[3] Sodium carbonate
[4] 2,6-Dichlorophenol indophenol
[5] Sodium Nitroprussiate Dihydrate
[6] Metaphosphoric acid
[7] Texture Analyzer

www.SID.ir

Archive of SID

شد. سرعت پیش آزمون دستگاه ۲ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت پس آزمون ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه انتخاب شد. پروب مورد استفاده از نوع استوانه‌ای استنلیس استیل با قاعده مسطح و با قطر ۶ میلی‌متر (P/6) و میزان جابجایی پروب روی ۱۰ میلی-متر تنظیم گردید. مقادیر نیرو با دقت ۰/۱ گرم، مسافت با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر و زمان با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه ثبت گردید. از روی نمودارهای نیرو- زمان حداکثر نیروی لازم برای نفوذ قرائت شد (وارگاس و همکاران ۲۰۰۶).

رنگ میوه

رنگ میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج ColorFlex مدل .Hunter Assoc ;45/0 ساخت کشور آمریکا اندازه-گیری گردید. بدین منظور فنجان دستگاه با میوه توت فرنگی پر شده (حدود ۶ تا ۷ میوه پس از جدا کردن کاسبرگ) و تصویر برداری انجام گرفت. 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 (a = -60 برای سبز و a = +60 برای رنگ قرمز) و b نماد آبی تا زرد (از b=-60 برای آبی تا b=+60 برای 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. مقادیر اختلاف کل رنگ (ΔE) $\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$ و نسبت a/b محاسبه شدند (هرناندز-مونز و همکاران ۲۰۰۸).

اسیدیته کل، مواد جامد محلول

برای اندازه گیری اسیدیته کل از روش تیتراسیون با محلول ۰/۱ نرمال NaOH تا pH= ۸/۲ استفاده و نتایج بر حسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم بیان شد. برای این منظور ۵ میلی لیتر آب میوه با ۹۵ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و سپس تیتر شد. مواد جامد قابل حل با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی مدل (Atago Manual) در دمای اتاق بر حسب درجه بریکس قرائت گردید (ایالا-زوالا و همکاران ۲۰۰۷).

بازار پسندی میوه‌ها

برای ارزیابی شاخص بازار پسندی میوه‌ها از روش نمره دهی استفاده شد. میوه‌ها در ۵ دسته طبقه‌بندی شده و نمرات ۱ تا ۵ به آنها اختصاص داده شد: ۱=غیر قابل قبول، ۲=بد، ۳=قابل قبول، ۴=خوب و ۵=عالی. درصد بازار پسندی هر تیمار بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (ایالا-زوالا و همکاران ۲۰۰۷):

درصد بازارپسندی=∑(دسته×تعداد میوه در هر دسته)/۱۰۰×تعداد کل میوه

فنول کل

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل از روش فولین-سیوکالتو استفاده شد. مقادیر ترکیبات بر اساس معادل اسید گالیک (GAE) و بر حسب میلی‌گرم در لیتر اندازه-گیری شد منحنی استاندارد با استفاده از اسید گالیک مرک تهیه گردید (واترهاوس ۲۰۰۲) .

ویتامین ث

برای اندازه‌گیری مقدار ویتامین ث از روش تیتراسیون با استفاده از محلول ۲،۶- دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد و مقدار ویتامین ث بر حسب میلی گرم اسیداسکوربیک در ۱۰۰ گرم نمونه بیان گردید (حسینی ۱۳۶۹).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و با ۵ تکرار (اندازه گیری رنگ با ۳ تکرار) انجام گرفت. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

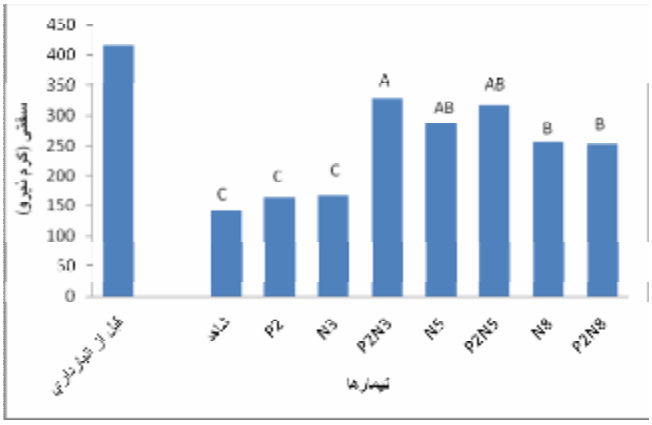
نتایج و بحث

سفتی بافت میوه

www.SID.ir

Archive of SID

میزان سفتی میوه‌ها در طی مدت انبارداری در مقایسه با زمان قبل از برداشت به شدت کاهش یافت. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین کاهش سفتی بافت مربوط به نمونه‌های شاهد بوده و تیمار نیتریک اکسید با غلظت ۵ میکرومول در لیتر باعث حفظ معنی‌دار ($P<0.01$) سفتی میوه‌ها نسبت به دیگر غلظت‌های نیتریک اکسید شده است (شکل ۱).



شکل 1- تأثیر نیتریک اکسید و پوترسین بر میزان سفتی بافت میوه توت فرنگی. مقایسات میانگین در سطح 5 درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

P2 : پوتریسین 2 میلی مولار، **N3**: نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **P2N3**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **N5**: نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **P2N5**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **N8**: نیتریک اکسید 8 میکرومولار، **P2N8**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 8 میکر ومولار.

استفاده از تیمار ترکیبی نیتریک اکسید و پوتریسین اثرات بهتری نسبت به تیمارهای جداگانه داشت. نتایج زو و همکاران (۲۰۰۶) نیز این نتایج را تأیید می‌کند. تیمار با ۲ میلی‌مول در لیتر پوتریسین بر خلاف نتایج زکایی خسروشاهی و همکاران (۲۰۰۷) به تنهایی اثری بر حفظ سفتی میوه‌ها نداشت و اختلاف میانگین بین تیمار ۲ میلی‌مول پوتریسین و تیمار شاهد معنی دار نبود ($P<0.05$) ولی اختلاف معنی داری بین تیمار ترکیبی این دو ماده با میوه‌های شاهد در حفظ سفتی میوه‌ها وجود داشت (شکل ۱). حفظ سفتی بافت در اثر تیمار پس از برداشت با پلی‌آمین‌ها در برخی محصولات باغی از جمله سیب، توت فرنگی، هلو و آلو نیز قبلا گزارش شده است (وانگ و همکاران ۱۹۹۳ و پوناپا و همکاران ۱۹۹۳ و برگولی و همکاران ۲۰۰۲ و سافتنر و بالدی ۱۹۹۰). نرمی بافت میوه در نتیجه تغییرات ساختار دیواره سلولی شامل کاهش همی‌سلولز، گالاکتوز و حل شدن و دپلیمریزه شدن پکتین صورت می‌گیرد و نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی می‌باشد (فیشر و بنت ۱۹۹۱). اثر پلی‌آمین‌ها در حفظ سفتی میوه را می‌توان به اتصال آنها به گروهای کربوکسیل (-COO-) ترکیبات پکتیکی در دیواره سلولی نسبت داد. پلی-آمین‌ها دارای بار مثبت بوده و بعنوان خنثی کننده‌های رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و از تولید اتیلن جلوگیری می‌نمایند. همچنین با اتصال به واحدهای اسید گالاکترونیک باعث جلوگیری از شکستن پکتین می‌شوند. گزارش شده است که نرم شدن بافت میوه‌های هلو و

www.SID.ir

Archive of SID

آلوی ژاپنی تیمار شده با ۵ و ۱۰ میکرومول در لیتر و کیوی تیمار شده با ۱ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید به تأخیر می‌افتد که ممکن است به علت کاهش در فعالیت آنزیم‌های مسؤل نرم شدن در نتیجه کاهش در تولید و اثر اتیلن باشد (زو و زوو ۲۰۰۷ و زو و همکاران ۲۰۰۶ و زو و همکاران ۲۰۰۸ و فلورس و همکاران ۲۰۰۸ و سینگ و همکاران ۲۰۰۹). جلوگیری از تولید اتیلن در نتیجه تیمار با نیتریک اکسید در مطالعه سینگ و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده شده است.

تیمار میوه‌های توت فرنگی با نیتریک اکسید و پوتریسین در طول دو هفته نگهداری در دمای ۲/۵ درجه سانتیگراد اثر معنی داری ($P<0.05$) روی شاخص‌های مورد مطالعه رنگ یعنی مقادیر اختلاف کل رنگ (ΔE) و نسبت a/b نشان نداد (جدول ۱) که با نتایج زنگ و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی دارد. دلیل این امر می تواند عمدتاً به غیر فرازگرا بودن توت فرنگی، و تاحدودی به زمان کم دوره نگهداری و دمای پایین نگهداری مربوط باشد (نانز و همکاران ۲۰۰۶). به همین جهت تغییرات معنی داری در رنگ توت فرنگی در یک دوره کوتاه مدت نگهداری با دمای پایین تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه مشاهده نشده است.

رنگ میوه

جدول ۱- نتایج تجزیهٔ واریانس صفات کیفی میوه

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات					
		TA	SSC	ویتامین ث	ترکیبات فنلی	سفتی	ماندگاری
نیتریک اکسید	۳	۰/۰۰۱ ns	۰/۲۶۳ ns	۱۲۰/۷۰۱ **	۲۹۳۱۵/۸۳۳ ns	۳۹۲۲۱/۴۳۵ **	۶/۸۲۲ **
پوتریسین	۱	۰/۰۱۹ *	۰/۱۸۲ ns	۷۶۲/۸۷۱ **	۱۲۱۱۰۲/۵۰۰ *	۲۷۰۰۱/۶۸۲ *	۰/۰۹۹ ns
نیتریک اکسید*پوتریسین	۳	۰/۰۰۲ ns	۰/۱۰۰ ns	۵۹/۳۸۸ *	۳۲۸۳۲۳/۵۰۰ **	۱۳۷۶۸/۷۹۸ **	۱/۷۷۹ ns
اشتباه آزمایش	۳۲	۰/۰۰۲	۰/۱۲۱	۱۶/۵۹۲	۱۷۵۸۷/۵۰۰	۲۲۹۴/۴۵۲	۰/۶۰۰
ضریب تغییرات (٪)		۶/۴۲	۸/۲۵	۱۷/۳۷	۱۱/۸۲	۲۰/۰۲	۱۹/۱۲

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%

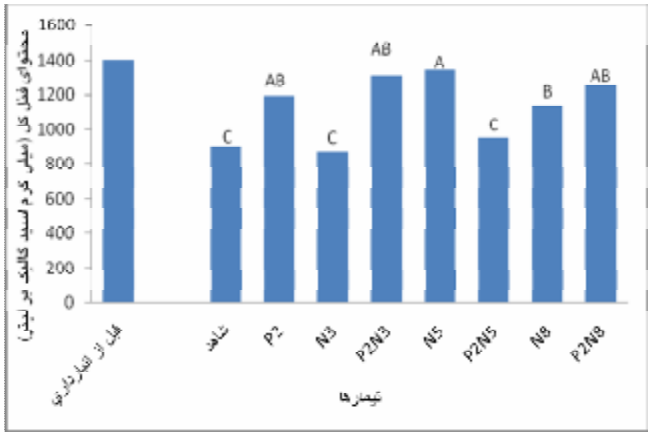
فنول کل میوه‌ها

محتوای ترکیبات فنولی در تمام تیمارها در پایان انبارداری کاهش یافت که این کاهش در میوه‌های تیمار شده با نیتریک اکسید و پوترسین کمتر دیده شد. همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود محتوای فنول کل در تیمار با ۵ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید در بالاترین سطح حفظ شده است. کمترین مقدار به ترتیب مربوط به تیمار نیتریک اکسید ۳ میکرومول در لیتر و شاهد و ترکیب پوترسین ۲میلی مول در لیتر با ۵ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید می‌باشد که از نظر

www.SID.ir

Archive of SID

آماری اختلاف معنی داری (سطح احتمال ۵ درصد) بین آنها دیده نمی‌شود که این نتایج با نتایج دوان و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.



شکل 2- تأثیر نیتریک اکسید و پوترسین بر محتوای فنل کل میوه توت فرنگی. مقایسات میانگین در سطح 5 درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. P2: پوتریسین 2 میلی مولار، **N3**: نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **P2N3**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **N5**: نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **P2N5**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **N8**: نیتریک اکسید 8 میکر ومولار، **P2N8**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 8 میکر ومولار.

گزارش شده که نیتریک اکسید از افزایش فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز جلوگیری کرده و می‌تواند با فلزات انتقالی مانند آهن، مس و روی و آنزیم های دارای گروه تیول اثر متقابل داشته باشد (بوگدان ۲۰۰۱) همچنین گزارش شده است که نیتریک اکسید از فعالیت آنزیم‌های دارای گروه آهن مانند کاتالاز و پراکسیداز (از آنزیم‌های مهم در حذف H_2O_2 در طول حمله پاتوژن) جلوگیری می‌کند (کلارک و همکاران ۲۰۰۰). نیتریک اکسید در غلظت‌های کم (کمتر از ۱ میلی‌مول در لیتر) تأثیر بازدارندگی بر فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز و فنیل آلانین آمونیالیاز[1] در شرایط درون شیشه‌ای دارد (زو و همکاران ۲۰۰۹ب). بر اساس گزارشات زو و همکاران (۲۰۰۹الف) تیمار میوه‌های عناب با ۱۰ و ۲۰ میلی لیتر در لیتر محلول نیتریک اکسید از افزایش رنگ قرمز جلوگیری کرده، محتوای آنتوسیانین کل را کاهش داده، فعالیت پلی فنول اکسیداز و فنیل آلانین آمونیالیاز را کاهش و محتوای فنول کل را در طول انبار داری افزایش داده است. گونه‌های فعال اکسید نیتروژن[2] به وسیله واکنش دادن با ترکیبات فنولی، می‌توانند پیش ماده پلی فنول اکسیداز را کاهش دهند. زو و همکاران (۲۰۰۹الف) و دوان و همکاران (۲۰۰۷) نشان داداند که نیتریک اکسید همچنین از فعالیت پلی فنول اکسیداز، پراکسیداز و فنیل آلانین آمونیالیاز جلوگیری کرده و سطوح ترکیبات فنولی را در طول دوره انبارداری نسبتاً بالا نگه می‌دارد.

ویتامین ث

[1] Phenylalanine ammonia lyase

[2] Reactive nitrogen oxide species

www.SID.ir

Archive of SID

همان گونه که از شکل ۳ مشخص است تیمار با نیتریک اکسید و پوتریسین باعث حفظ ویتامین ث میوه‌ها نسبت به تیمار شاهد شده است و میوه های شاهد بعد از ۱۵ روز انبارداری دارای حداقل میزان ویتامین ث (۱۱/۰۸۶ میلی گرم در ۱۰۰گرم نمونه) بودند. استفاده از تیمارهای ترکیبی پوتریسین ۲ میلی مول در لیتر و نیتریک اکسید ۳ میکرومول در لیتر و نیز پوتریسین ۲ میلی مول در لیتر و نیتریک اکسید ۸ میکرومول در لیتر باعث حفظ بهتر ویتامین ث در میوه‌ها گردید. بر اساس گزارشات دوان و همکاران (۲۰۰۷) میزان ویتامین ث بافت تازه میوه لونگان در نتیجه تیمار با ۱ میلی مول در لیتر سدیم نیتروپروساید بعد از ۶ روز انبار داری به طور معنی داری کاهش پیدا کرد. در طول دورهٔ نگهداری میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم می‌باشد کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین بعنوان دهندهٔ الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (سمیموف ۱۹۹۵). در این آزمایش میوه¬های توت فرنگی تیمار شده با نیتریک اکسید و پوتریسین دارای مقادیر بیشتری ویتامین ث بودند. اختلاف معنی داری($P<0.05$) بین غلظت‌های مختلف نیتریک اکسید با پوتریسین از نظر آماری وجود نداشت. اثر پوتریسین در حفظ ویتامین ث را می‌توان به نقش پلی آمین ها در کاهش تنفس و اتیلن و در نهایت کاهش فرایندهای متابولیکی نسبت داد (زکایی خسروشاهی و همکاران ۲۰۰۷). نیتریک اکسید نیز همانند پوتریسین با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن پیری سبب جلوگیری از تجزیهٔ دیوارهٔ سلولی و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد نیاز سلول به مصرف اسید آسکوربیک کمتر شده و در نتیجه ویتامین ث در میوه حفظ می‌گردد (سمیموف ۱۹۹۵).

شکل 3- تأثیر نیتریک اکسید و پوترسین بر محتوای ویتامین ث میوه توت فرنگی. مقایسات میانگین در سطح 5 درصد با آزمون چند دامنه-ای دانکن انجام شد. **P2**: پوتریسین 2 میلی مولار، **N3**: نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **P2N3**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **N5**: نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **P2N5**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **N8**: نیتریک اکسید 8 میکر ومولار، **P2N8**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 8 میکر ومولار

بازارپسندی، مواد جامد محلول و اسیدیته کل

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۱ تیمار نیتریک اکسید و پوتریسین تأثیر معنی داری ($P<0.05$) بر مواد جامد محلول در طول ۱۵ روز انبار داری میوها نداشت که این با نتایج سینگ و همکاران (۲۰۰۹) در مورد آلوی ژاپنی همخوانی دارد. طبق شکل ۴ میوه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار شده با نیتریک اکسید بعد از ۱۵ روز انبارداری دارای بیشترین بازارپسندی بوده که بیشترین درصد بازارپسندی مربوط به تیمار ۵ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید می‌باشد. بر اساس نتایج سینگ و همکاران (۲۰۰۹) تیمار با نیتریک اکسید به طور معنی داری کاهش در اسیدیته کل را به تأخیر انداخت. بر اساس شکل ۵ در همه تیمارها پایین‌ترین مقدار اسیدهای آلی مربوط به تیمار ۳ میکرومول در لیتر نیتریک اکسید و شاهد بود. اسیدهای آلی به‌هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آنها رابطهٔ مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. در واقع اسیدهای آلی بعنوان یک منبع اندوختهٔ انرژی میوه می‌باشند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (راحمی ۱۳۸۴). میزان تنفس و تولید اتیلن در این تیمارها بالا بوده و در نتیجه منجر به مصرف اسیدهای آلی بعنوان سوبسترای تنفسی می‌شود. کاربرد پوتریسین نیز منجر به کاهش کندتر اسیدهای آلی نسبت به تیمار شاهد می‌شود که در این رابطه به نقش پوتریسین در حفظ اسیدهای آلی در میوه توت فرنگی و انار اشاره شده است (سرانو و همکاران ۲۰۰۳ و زاکایی خسروشاهی و همکاران ۲۰۰۷ و میردهقان و همکاران ۲۰۰۷). برخی گزارشات اثر آنتاگونیستی بین نیتریک اکسید و اتیلن را در آووکادو، توت فرنگی و نیز گیاهان عالی گزارش کرده‌اند (لشم و همکاران ۱۹۹۸ و لشم و پینکاسو ۲۰۰۰) در حالیکه که اتیلن نقش مهی را در تنظیم بلوغ و پیری میوه‌ها ایفا می کند، مشخص شده است که کاربرد خارجی نیتریک اکسید بلوغ و رسیدن تعدادی از محصولات باغی را به وسیله بازداری از تولید اتیلن به تأخیر می‌اندازد. برای مثال، تیمار با نیتریک اکسید باعث افزایش عمر انباری توت فرنگی، گلابی، کلم بروکلی، لوبیا سبز، کلم چینی و میخک صد پر شده است (ویلز و همکاران ۲۰۰۰ و سازی و همکاران ۲۰۰۳ و سویگیارتو و ویلز ۲۰۰۴ و بوویر و همکاران ۲۰۰۳). نیتریک اکسید می‌تواند به عنوان یک آنتاگونیست جهت به تأخیر انداختن پیری بافت‌های گیاهی عمل می کند (دوان و همکاران ۲۰۰۷).

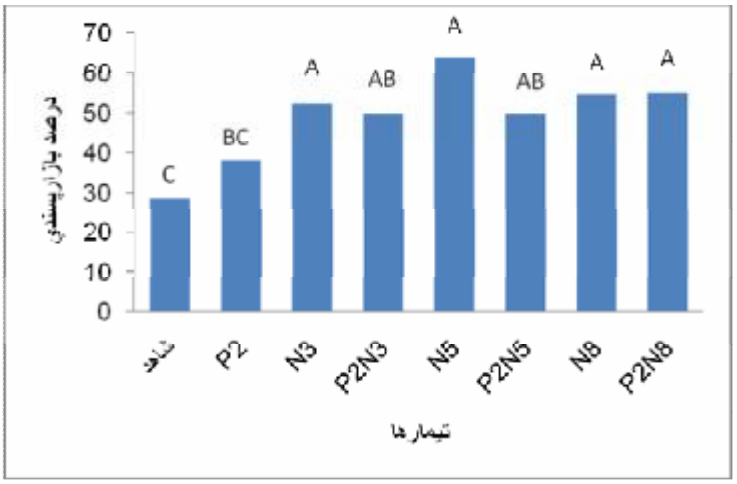
با توجه به اینکه وضعیت ظاهری محصول مهمترین شاخص ارزیابی بازارپسندی محصول است و وجود هر گونه علایم آلودگی و پوسیدگی و نرم شدن میوه باعث کاهش بازارپسندی محصول می‌شود، بنابراین هر عاملی که سرعت پیری را کاهش بدهد و از رشد علایم پوسیدکی جلوگیری کند باعث حفظ وضعیت ظاهری و بازارپسندی محصول خواهد شد (اثنی عشری و زکایی خسر وشاهی ۱۳۸۷)، نیتریک اکسید خصوصاً در غلظت ۵ میکرومول در لیتر با جلوگیری از رشد قارچها و عوامل بیماری‌زا و بروز فساد بطور موثر سبب حفظ بازار پسندی محصول می‌شود. از طرف دیگر با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد که کاربرد توأم پوتریسین به همراه نیتریک اکسید می‌تواند بعنوان یک روش سالم و مطلوب در تیمار پس از برداشت توت فرنگی مطرح باشد.

تقدیر و تشکر

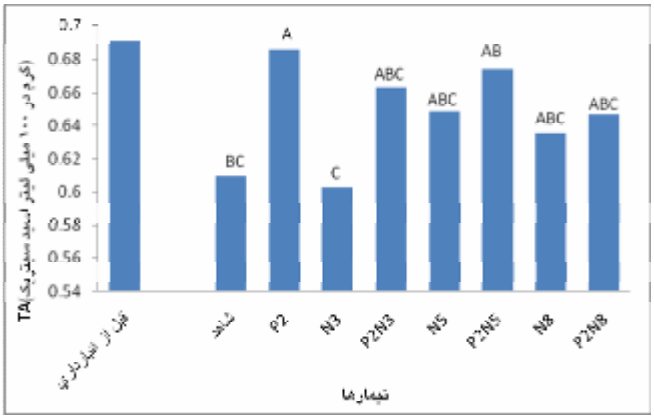
از مساعدت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه و از همکاری صمیمانه جهاد دانشگاهی استان آذربایجان غربی تشکر و قدردانی می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 4- تأثیر نیتریک اکسید و پوترسین بر بازارپسندی میوه توت فرنگی. مقایسات میانگین در سطح 5 درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. P2: پوتریسین 2 میلی مولار، **N3**: نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **P2N3**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 3 میکر ومولار، **N5**: نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **P2N5**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 5 میکر ومولار، **N8**: نیتریک اکسید 8 میکر ومولار، **P2N8**: پوتریسین 2 میلی مولار و نیتریک اکسید 8 میکر ومولار.



شکل ۵- تأثیر نیتریک اکسید و پوترسین بر میزان اسیدیته کل (اسید سیتریک) میوه توت فرنگی. مقایسات میانگین در سطح ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. P2: پوتریسین ۲ میلی مولار، **N3**: نیتریک اکسید ۳ میکر ومولار، **P2N3**: پوتریسین ۲ میلی مولار و نیتریک اکسید ۳ میکر ومولار، **N5**: نیتریک اکسید ۵ میکر ومولار، **P2N5**: پوتریسین ۲ میلی مولار و نیتریک اکسید ۵ میکر ومولار، **N8**: نیتریک اکسید ۸ میکر ومولار، **P2N8**: پوتریسین ۲ میلی مولار و نیتریک اکسید ۸ میکر ومولار.

منابع:

اثنی عشری م و زکائی خسروشاهی م ر، ۱۳۸۷. فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت. چاپ اول. انتشارات دانشگاه همدان.۶۵۸ص.

حسینی ز. (۱۳۶۹). روش های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز،۲۱۰ ص.

www.SID.ir

Archive of SID

راحمی م، ۱۳۸۴. فیزیولوژی پس از برداشت (مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه‌ها و سبزی‌ها و گیاهان زینتی). (تالیف: ویلس مک گلاسون گراهام و جویس). چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۳۷ ص.

Ayala-Zavala JF, Wang SY, Wang CY and González-Aguilar GA, 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technology and Biotechnology 45: 166–173.

Bogdan C, 2001. Nitric oxide and the regulation of gene expression, Trends in Cell Biology 112: 66–75.

Bowyer MC, and Wills RBH, 2003. Delaying postharvest senescence of cut flowers using nitric oxide. A report for the rural industries research and development corporation. RIRDC Publication.

Bowyer MC, Wills RBH, Badiyan D and Ku VVV, 2003. Extending the postharvest life of carnations with nitric oxide-comparison of fumigation and in vivo delivery. Postharvest Biology and Technology 30: 281–286.

Bregoli AM, Scaramagli S, Costa G, Sabatini E, Ziosi V, Biondi S and Torrigiani P, 2002. Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: aminoethoxyvinylglycine (AVG) and exogenous polamines affect ethylene emission and flesh firmness. Physiology Plant 114: 472-481.

Clark JD, urner D, Navarre A and Klessig DF, 2000. Nitric oxide inhibition of tobacco catalase and ascorbate peroxidase. Molecular Plant–Microbe Interactions 13:1380–1384.

Duan X, Su X, You Y, Qu H, Li Y and Jiang Y, 2007. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. Food Chemistry 104:571–576.

Fisher RL and Bennett AB, 1991. Role of cell wall hydrolasesin fruit ripening. Plant Physiology 42: 675-703.

Flores FBS, fnchez-Bel P, Valdenegro M, Romojaro F, Martinez-Madrid MC and Eglea MI, 2008. Effects of a pretreatment with nitric oxide on peach (*Prunus persica* L.) storage at room temperature. Food Research Technology 227: 1599–1611.

Gao HJ, Yang HQ and Wang JX, 2009. Arginine metabolism in roots and leaves of apple (*Malus domestica* Borkh.): The tissue-specific formation of both nitric oxide and polyamines. Scientia Horticulturae 119: 147–152.

Hernandez-Munoz P, Almenar E, Valle VD, Velez D and Gavara R, 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry 110: 428–435.

Kakkar RK and Sawhney VK, 2002. Polyamine research in plants—a changing perspective. Physiology Plant 116: 281–292.

Khan AS, Zora S and Abbasi NA, 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.

Leshem YY and Pinchasov Y, 2000. Non-invasive photoacoustic spectroscopic determination of relative endogenous nitric oxide and ethylene content stoichiometry during the ripening of strawberries (*Fragaria anannasa*) and avocados (*Persea Americana*). Journal of Experimental Botany 51: 1471–1473.

Leshem YY, Wills RBH and Ku VVV, 1998. Evidence for the function of the free radical gas nitric oxide (NO) as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plants. Plant Physiology and Biochemistry 36: 825–833.

Malik A, Singh Z and Tan S, 2006. Exogenous application of polyamines improves shelf life and fruit quality of mango. Acta Horticulturae 699: 321-328.

Mirdehghan SH, Rahemi M, Castillo S, Martinez- Romero D, Serrano M and Valero D, 2007. Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at

www.SID.ir

Archive of SID

chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. Postharvest Biology and Technology 44: 26-33.

Nunes MCN, Brecht JK, Morais AMMB and Sargent SA, 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 86: 180–190.

Schmidt HW and Walter U, 1994. NO at work. Cell 78: 919–925.

Neill SJ, Desikan R and Hancock JT, 2003. Nitric oxide signaling in plants. New Phytology 159: 11–35.

Serrano M, Martinez-Romero D, Guillen F and Valero D, 2003. Effect of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars postharvest. Postharvest Biology and Technology 30: 259-271.

Singh SP, Singh Z and Swinny EE, 2009. Postharvest nitric oxide fumigation delays fruit ripening and alleviates chilling injury during cold storage of Japanese plums *Prunus salicina* Lindell. Postharvest Biology and Technology 53: 101–108.

Silveira V, Santa-Catarina C, Tun NN, Scherer GFE, Handro W, Guerra MP and Floh EIS, 2006. Polyamine effects on the endogenous polyamine contents nitric oxide release growth and differentiation of embryogenic suspension cultures of *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. Plant Science 171: 91–98.

Smimoff N, 1995. Antioxidant system and plant response to the environment. In: Smimoff N. (Ed.) Environment and Plant Metabolism. Bios Scientific Publisher Oxford United Kingdom 217-243.

Soegiarto L and Wills RBH, 2004. Short term fumigation with nitric oxide gas in air to extend the postharvest life of broccoli green bean and bok choy. Horticultural Technology 14: 538–540.

Sozzi GO, Trinchero GD and Fraschina AA, 2003. Delayed ripening of 'Bartlett' pears treated with nitric oxide. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 78: 899–903.

Tang W and Newton RJ, 2004. Increase of polyphenol oxidase and decrease of polyamines correlate with tissue browning in Virginia pine (*Pinus virginiana* Mill.). Plant Science 67: 621-628.

Tun NN, Santa-Catarina C, Begum T, Silveira V, Handro W, Floh EIS and Scherer GFE, 2006. Polyamines induce rapid biosynthesis of nitric oxide (NO) in Arabidopsis thaliana seedlings. Plant Cell Physiology 47: 346–354.

Vargas M, Albors A, Chiralt A and Gonzalez-Martinez C, 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. Postharvest Biology and Technology 41: 164–171.

Walden A, Cordeirro A and Tiburcio AF, 1997. Polyamines: small molecules triggering pathways in plant growth and development. Plant Physiology 113: 1009-1013.

Wang CY, Conway WS, Abbott JA, Kramer GF and Sams CE, 1993. Postharvest infiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in Golden Delicious apples. American Society Horticulture Science, 118: 801-806.

Waterhouse, A.L, 2002. Determination of total phenolics. In: Wrolstad, R.E. (Ed.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry. JohnWiley and Sons, New York, units I.1.1.1–I.1.1.8.

Wills RBH, Ku VVV and Leshem YY, 2000. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. Postharvest Biology and Technology, 18: 75–79.

Wills RBH, Pristijono P and Golding JB, 2008 .Browning on the surface of cut lettuce slices inhibited by short term exposure to nitric oxide (NO). Food Chemistry 107: 1387–1392.

Zheng Y, Yang Z and Chen X, 2008. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality inchinese bayberries, strawberries and blueberries. Food Control 19: 470–474.

Zhu S, Liu M and Zhou J, 2006. Inhibition by nitric oxide of ethylene biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage. Postharvest Biology and Technology 42: 41–48.

Zhu S and Zhou J, 2007. Effects of nitric oxide on fatty acid composition in peach fruits during storage. Journal of Agriculture and Food Chemistry 54: 9447-9452.

www.SID.ir

Archive of SID

Zhu S, Sun L, Liu M and Zhou J, 2008. Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 2324–2331.

Zhu S, Sun L and Zhou J, 2009a. Effects of nitric oxide fumigation on phenolic metabolism of postharvest chinese winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) in relation to fruit quality. LWT - Food Science and Technology 42:1009-1014.

Zhu LQ, Zhou J, Zhu SH and Guo LH, 2009b. Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. Food Chemistry 114:174-179.

Zokaee Khosroshahi MR , Esna-Ashari M and Ershadi A, 2007. Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. Scientia Horticulturae 114: 27-32.

www.SID.ir