

## اثر سدیم نیتروپروساید بر حفظ بازاریابندی و برخی خواص کیفی لیمو آب شیراز در شرایط انبار

غلامرضا هدایتی<sup>۱</sup> و فرشاد صادقی<sup>۲\*</sup>

۱ و ۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۵)

## چکیده

لیمو آب شیراز به دلیل داشتن عطر، طعم مطلوب و اسیدیته بالا مورد پسند بسیاری از مصرف‌کنندگان بوده و در صنعت به عنوان افزودنی غذاها کاربرد زیادی دارد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمارها شامل سدیم نیتروپروساید در سه سطح (صفر، ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار) و مدت زمان انبارمانی در چهار سطح (زمان برداشت، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از برداشت) بودند. نتایج نشان داد کاربرد سدیم نیتروپروساید مانع افزایش مواد جامد محلول میوه‌ها در انبار شد. بیشترین میزان اسیدیته کل میوه مربوط به زمان برداشت بود. تفاوتی بین میوه‌های تیمار شده با سدیم نیتروپروساید و شاهد تا روز بیستم انبارمانی از نظر اسیدیته کل و ویتامین ث وجود نداشت. عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث شد روند کاهش وزن میوه‌ها در مدت انبارمانی افزایش یابد و کاربرد آن به دلیل جلوگیری از تبخیر آب از سطح میوه، با روند کندتری انجام شد. کاربرد ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث حفظ محتوای کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در پوست میوه‌ها پس از ۴۰ روز نگهداری در انبار شدند. کاربرد غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث جلوگیری از پوسیدگی میوه‌ها تا روز ۲۰ ام در انبار شد. در مجموع، نتایج نشان داد غوطه‌ور کردن میوه‌های لیمو آب شیراز در غلظت ۷/۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث حفظ کلروفیل پوست میوه، کند شدن روند کاهش وزن، ممانعت از افزایش مواد جامد محلول و حفظ محتوای ویتامین ث شد و جهت افزایش عمر انبارمانی فرآورده‌های باغبانی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، سدیم نیتروپروساید، لیمو آب شیراز، ویتامین ث.

Effects of sodium nitroprusside (SNP) on marketability and qualitative properties of Mexican lime fruit (*Citrus aurantifolia* L.) at storageGholam Reza Hedayati<sup>1</sup> and Farshad Sadeghi<sup>2\*</sup>

1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

(Received: May 11, 2019- Accepted: Sep. 06, 2019)

## ABSTRACT

Mexican lime is well-liked by many consumers due to aroma, good taste and high acidity, and is widely used in the industry as an additive food. The experiment was carried out as factorial based on randomized complete design. The treatments were sodium nitroprusside at three levels (0, 7.5 and 15 μM) and storage time at four levels (harvest time, 20, 40 and 60 days after harvest). The results showed that the application of SNP prevented TSS content of fruits in storage. The highest TA was related to fruit at harvest time. There was no difference in total acidity and vitamin C until the 20<sup>th</sup> day of storage of the fruits treated with SNP and control. Non-use of SNP increased fruit weight loss during storage, and its application was slowed down to prevent water from evaporating from the fruit surface. Application of 7.5 and 15 μM SNP preserved chlorophyll a, b and total chlorophyll content in fruit skin after 40 days of storage. Application of 7.5 and 15 μM SNP prevented fruit rot in 20<sup>th</sup> day of storage. Finally, the result showed that immersion of Mexican lime fruits at 7.5 μM SNP preserves fruit skin chlorophyll, slows weight loss, inhibits soluble solids increasing and preserves vitamin content and recommended to extend the storage life of horticultural products.

Keywords: Mexican lime, sodium storage, SNP, vitamin C.

\* Corresponding author E-mail: fs1351@yahoo.com

## مقدمه

میوه لیمو آب شیراز در بین مرکبات بالاترین میزان ویتامین ث را دارد. لیموی آب شیراز از درختانی است که به دلیل عطر خوش میوه‌ها و طعم ترش مزه مورد توجه قرار گرفته است. همچنین با داشتن مقادیر بالای ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ب، ریبوفلاوین، مواد معدنی، پروتئین و کربوهیدرات، دارای ارزش غذایی و دارویی بالایی می‌باشد (Baradaran Motie et al., 2014). درصد آب این محصول زیاد می‌باشد، اندازه میوه کوچک تا متوسط بوده و از لحاظ شکل ظاهری کروی تا بیضوی و با پوست صاف و نازک می‌باشد. آسیب‌های وارده به این محصول در مراحل برداشت و پس از برداشت، ضایعات زیادی را ایجاد کرده و ضررهای اقتصادی زیادی را به بار می‌آورد. برای افزایش ماندگاری میوه، بایستی محصول به نحو مؤثری در برابر عوامل ایجادکننده فساد محافظت گردد. همه مراحل شامل برداشت، فرآیندهای قبل و بعد از برداشت، بسته‌بندی، حمل و نقل، کنترل دما و رطوبت در حین نگهداری بر ماندگاری میوه تأثیر می‌گذارند. برای داشتن یک طول عمر مناسب میوه لیمو آب شیراز بایستی به نحو مؤثری از فساد محافظت گردد و افت رطوبت نیز باید به نحوی کند شود که ظاهر میوه تازه را حفظ کند (Maftoonazad et al., 2013). پوسیدگی در میوه‌ها، توسط قارچ‌ها یا باکتری‌ها ایجاد شده که عامل اصلی کاهش تولید در طول دوره بازاریابی است. آلودگی ممکن است قبل و یا بعد از برداشت با نفوذ از محل‌های زخمی و یا نفوذ مستقیم از راه پوست صورت گیرد. مکانیسم جلوگیری از پوسیدگی تیمارهای غیرشیمیایی از طریق بازدارندگی مستقیم از رشد قارچ و یا افزایش مقاومت میزبان است (Qadir & Hashinaga, 2001) از اینرو یکی از زمینه‌های مهم کشاورزی و باغبانی ارگانیک که توجه زیادی را به خود جلب کرده است استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصول است که به این ترتیب نه تنها محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و مضر تولید می‌شود، بلکه دارای ارزش غذایی بالاتری خواهد بود (Alipour & Nasibi, 2015).

سدیم نیتروپروساید یک رادیکال نسبتاً پایدار است. در ابتدا این گاز به عنوان آلوده کننده محیطی مورد توجه قرار گرفت، هر چند بررسی‌های اخیر نشان داد که NO می‌تواند در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک و نمو مثل جوانه‌زنی دانه، بسته شدن روزنه، پاسخ به عوامل بیماری‌زا و نمو ریشه دخالت نماید (Duan et al., 2007). از طرف دیگر، NO می‌تواند به عنوان واسطه در عمل تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و متابولیسم رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) شرکت کند و در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که در انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نیز دخالت دارد (Corpas et al., 2011). مقدار زیاد NO می‌تواند با  $O_2^-$  ترکیب شده، رادیکال پراکسید نیتريت ( $ONOO^-$ ) را تولید کند و گزارش شده است که این رادیکال باعث تخریب لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Beligni & Lamattina, 1999). چون  $O_2^-$  و  $H_2O_2$  بسیار سمی‌تر از NO و  $ONOO^-$  هستند بنابراین اعتقاد بر این است که NO دارای نقش دوگانه است: سمی و حفاظتی و این بستگی به غلظت آن، نوع گیاه، سن گیاه و بافت گیاه دارد (Corpas et al., 2011). تمام میوه‌ها در مرحله رشد و بلوغ مقادیر ناچیزی اتیلن تولید می‌کنند. اتیلن نوعی هورمون گیاهی است که هماهنگ با سایر هورمون‌های گیاهی فعالیت می‌کند و فرآیند رسیدگی میوه را کنترل می‌کند. اتیلن مسئول تغییرات بافتی، رنگ و سایر فرآیندهای رسیدگی است. میوه‌های فرازگرا و نافرازگرا از نظر تولید اتیلن در مرحله رسیدگی با هم تفاوت دارند و میوه‌های فرازگرا در مرحله رسیدگی مقدار بیشتری اتیلن تولید می‌کنند. لازم به ذکر است اکسید نیتريك به مقدار زیادی بیوسنتز اتیلن را از طریق غیرفعال کردن اکسیداتیوی کوفاکتورهای آنزیم ACC سنتاز و ACC اکسیداز، کاهش داده و موجب افزایش ماندگاری برخی از محصولات کشاورزی می‌شود (Leshem & Wills, 1998).

در آزمایشی کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید با غلظت ۵۰ میکرومول در لیتر به طور مؤثری توانست زخم‌های ایجاد شده بر روی پرتقال والنسیا ناشی از قارچ *Colletotrichum gloeosporioides* (عامل آنتراکنوز مرکبات) را در انبار با دمای ۲۰ درجه

### مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از لیمو آب شیراز استفاده شد. میوه‌های لیمو آب شیراز سالم و بدون هیچ گونه زخم‌شدگی و یکسانی از لحاظ اندازه و وزن از یک باغ تجاری واقع در شهرستان قیر و کارزین از توابع استان فارس، تهیه شد. در این آزمایش میوه‌های لیمو آب شیراز در مرحله متداول برداشت تجاری (سبز به زرد) به صورت دستی از درختان ۱۰ ساله جدا شده، به طوری که آسیبی به میوه‌های برداشت شده وارد نشود. تمام میوه‌های برداشت شده از نظر اندازه در یک سطح متوسط بودند و میوه‌های آسیب دیده حذف شدند. میوه‌های برداشت شده به آزمایشگاه باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز منتقل شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سدیم نیتروپروساید در سه سطح (صفر، ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار) و مدت زمان انبارمانی در چهار سطح (زمان برداشت، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از برداشت) بودند. سپس میوه‌ها توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ به مدت ۵ ثانیه ضدعفونی شدند و سه بار آبشویی و در نهایت خشک شدند. پس از آن میوه‌ها در غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید (صفر، ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار) به صورت غوطه‌وری به مدت ۵ دقیقه تیمار شدند. سدیم نیتروپروساید (ماده آزاد کننده نیتریک اکسید) به صورت پودر در بسته‌بندی مرک از شرکت شیمی اندیشان آریا تهیه گردید. پس از آن بر روی توری در هوای آزاد خشک گردیدند. تعداد ۱۰ عدد میوه لیمو آب شیراز در بسته‌های پلاستیکی پلی‌اتیلینی قرار داده شد و در یخچال (۸±۲ درجه سلیسیوس) نگهداری شدند. بعد از هر ۲۰ روز به مدت دو ماه، میوه‌ها را جهت ارزیابی صفات از انبار خارج کرده و صفات مواد جامد محلول، اسیدیته کل، ویتامین ث، درصد کاهش وزن میوه، محتوای کلروفیل‌های a، b و کل و همچنین کارتنوئید و درصد پوسیدگی میوه در آنها مورد بررسی قرار گرفت. اندازه گیری کل مواد جامد محلول به وسیله قندسنج یا رفراکتومتر انجام شد. رفراکتومتر میزان کل مواد جامد محلول میوه را به صورت بریکس یا درصد نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی ابتدا ۱۰ سی‌سی از عصاره میوه بعد از صاف کردن، توسط پیپت داخل ظرف

سلیسیوس بهبود بخشد و از بروز آن تا حدی جلوگیری کرد. همچنین توانست سطح پراکسید هیدروژن را تنظیم کرده و سنتز فنول را تحریک کند و باعث ایجاد ترکیبات فنیل آلانین آمونیلایز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز، فعالیت کاتالاز و چرخه آسکوربات-گلوتاتیون شود. علاوه بر این، کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید روی پرتقال والنسیا باعث ممانعت از کاهش وزن میوه‌ها در انبار با دمای ۲۰ درجه سلیسیوس شد و سبب حفظ اسید آسکوربیک و اسیدیته کل شد و روند افزایش محتوای مواد جامد محلول را کند کرد (Zhou *et al.*, 2016). گزارش شده که در هلوهای تیمار شده با ۵ و ۱۰ میکرو مول در لیتر نیتریک اسید فعالیت آنزیم‌های آ-سی-سی اکسیداز لیپوکسی ژناز و میزان تولید اتیلن کاهش می‌یابد (Zhu *et al.*, 2006). در گزارش دیگر مشخص شد که سدیم نیتروپروساید رسیدن میوه را به تأخیر انداخته و کیفیت بعد از برداشت میوه‌های توت‌فرنگی و آووکادو را، زمانی که در غلظت‌های کم مورد تیمار قرار گرفتند، بهبود بخشیده است (Martinez-Romero *et al.*, 2002). تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با ۵ میکرو مول در لیتر سدیم نیتروپروساید به طور معنی‌داری از تولید اتیلن جلوگیری کرده و نیز باعث کاهش میزان تنفس و فعالیت ACC- سینتاز شده است در نتیجه موجب کاهش محتوای ACC گردیده، اما تأثیر آن بر فعالیت ACC اکسیداز معنی‌دار نبوده است (Zhu & Zhou, 2007). کاهش وزن میوه‌ها در طول دوره نگهداری در نتیجه تبخیر آب از سطح میوه‌ها و مصرف ذخایر میوه در نتیجه تنفس می‌باشد (Serrano *et al.*, 2003). در این آزمایش کمترین کاهش وزن مربوط به تیمار نیتریک اکسید بود. تیمار با نیتریک اکسید باعث جلوگیری از تولید اتیلن و کاهش تنفس شده و متابولیسم سلولی را کاهش داده و از اتلاف آب جلوگیری می‌کند و در نتیجه مانع کاهش وزن می‌شود (Zhu *et al.*, 2008).

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر نیتروپروساید بر ویژگی‌های پس از برداشت لیموی آب شیراز و تعیین بهترین غلظت این ترکیب و بررسی تأثیر مدت انبار بر میزان تأثیرگذاری تیمارها اجرا گردید.

غلظت کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید با استفاده از روش Non Maceration، ابتدا ۰/۵ میلی گرم پوست لیمو از هر تیمار آزمایشی در ۵ میلی لیتر متیل سولفوکسید (DMSO) به مدت چهار ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در آن قرار داده شد. سپس جذب نوری عصاره‌های پوست لیمو در طول موج‌ها ۴۸۰، ۶۴۹ و ۶۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (LABoMeD, INC.) اندازه‌گیری شد. اعداد به دست آمده در رابطه‌های مربوطه (رابطه‌های ۴ تا ۷) جایگذاری شده و ابتدا کلروفیل a و b و سپس کلروفیل کل و کارتنوئید برحسب میلی گرم بر گرم وزن تر پوست میوه محاسبه گردید (Hiscox & Israelstam, 1979).

$$Chl a = (12.47 \times A665) - (3.62 \times A649) \quad (4)$$

$$Chl b = (25.06 \times A649) - (6.5 \times A665) \quad (5)$$

$$Chl t = Chl a + Chl b \quad (6)$$

$$C = \frac{((1000 \times A480) - (1.29 Chl a - 53.78 Chl b))}{220} \quad (7)$$

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد در میوه‌های شاهد از روز بیستم انبارمانی میزان مواد جامد محلول افزایش یافت و بیشترین مقدار را داشتند و روند افزایشی آن تا روز شصتم انبارمانی ادامه داشت. همچنین تیمار کردن میوه‌ها توسط غلظت ۱۵ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید باعث شد از روز چهارم انبارمانی میزان مواد جامد محلول افزایش یابد و تا روز شصتم روند افزایشی آن ادامه داشت و اختلاف معنی‌داری با غلظت صفر نداشته باشند. استفاده از غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرو مولار نیتروپروساید باعث شد روند تغییرات مواد جامد محلول به کندی انجام شود و در روز بیستم انبارمانی با زمان برداشت تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

شیشه‌ای ریخته و روی آن ۹۰ سی سی آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی سی رسانده و ۲ تا ۳ قطره شناساگر فنل‌فالتین یک درصد اضافه شد. سپس عمل معیارسنجی توسط هیدوکسیدسدیم ۰/۱ نرمال (دسی‌نرمال) انجام گردید. هنگامی که رنگ محلول حاوی عصاره میوه به قرمز روشن تبدیل شود، عمل معیارسنجی خاتمه یافت. براساس مقدار هیدروکسیدسدیم مصرف‌شده در عمل معیارسنجی، می‌توان مقدار اسید را در عصاره میوه به صورت درصد یا گرم در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره میوه محاسبه کرد. برای این منظور از رابطه (۱) استفاده می‌شود:

$$(1) \quad \text{اسید کل (\%)} =$$

$$\frac{100 \times \text{حجم سود مصرفی در تیتراسیون} \times \text{نرمالیتة سود} \times$$

$$\text{وزن اکی‌والان اسید} \times 1}{\text{وزن نمونه} \times 100}$$

در یک لیوان محلولی حاوی ۱۰ سی سی عصاره میوه، ۲۰ سی سی آب مقطر و ۲ سی سی محلول نشاسته ۱٪ تهیه و توسط محلولی حاوی ۱/۶ گرم ید و ۱۶ گرم یدور پتاسیم که به حجم ۱۰۰۰ سی سی رسیده بود، تیتراسیون گردید، که پس از تغییر رنگ این ترکیب به رنگ سبز زیتونی تبدیل می‌گردد. سپس حجم ید در یدور پتاسیم مصرفی یادداشت و با استفاده از رابطه (۲) مقدار ویتامین ث محاسبه گردید.

$$(2) \quad \text{میلی گرم ویتامین ث} =$$

$$\frac{3 \times 0.188 \times \text{میلی گرم ید در یدور پتاسیم}}{\text{به منظور بررسی درصد کاهش وزن، تک‌تک تیمارهای هر میوه یک بار قبل از شروع دوره انبارداری وزن شده و وزن هر بسته روی آن ثبت گردید. سپس هر ۲۰ روز یک بار بسته‌هایی که جهت انجام آزمایشات از انبار خارج می‌شدند را مجدداً وزن کرده و به صورت رابطه (۳) درصد کاهش وزن محاسبه شد.}}$$

(۳) = درصد کاهش وزن

$$\frac{100 \times (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}}$$

درصد پوسیدگی میوه بر اساس فساد قارچی از طریق دیداری و در طول دوره آزمایش با استفاده از مقیاس نمره‌دهی ۱-۵ انجام گردید. برای تعیین

بسته‌های تجاری روی پرتقال والنسیا به این نتیجه رسیدند که مقادیر قند در طی دوره انبارمانی افزایش می‌یابد (Obenland *et al.*, 2008).

نتایج این آزمایش نشان داد، در زمان برداشت میوه‌ها بیشترین میزان اسیدته کل را دارا بودند. با نگهداری میوه‌ها در انبار، میزان اسیدته کل کاهش یافت. تیمار کردن میوه‌ها توسط غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرو مولار باعث شد اسیدته کل در روز بیستم انبارمانی با زمان برداشت اختلاف معنی‌داری نداشته باشد. همچنین کاربرد غلظت ۱۵ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید تا روز چهارم انبارمانی باعث شد میزان اسیدته کل با زمان برداشت اختلاف معنی‌داری نداشته باشد. کمترین میزان اسیدته کل متعلق به میوه‌هایی بود که توسط سدیم نیتروپروساید تیمار نشدند و به مدت ۶۰ روز در انبار نگهداری شدند (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر میزان اسیدته کل میوه لیمو آب شیراز

Table 2. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on the TA of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Storage (day)			
	At harvest	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	14.42 a	13.16 c	12.08 d	11.57 e
7.5 μm	-	14.42 a	13.58 b	12.88 c
15 μm	-	14.42 a	14.14 a	13.62 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

در این آزمایش مشخص شد، میزان اسیدته کل در میوه‌هایی که توسط سدیم نیتروپروساید با غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرو مولار تیمار شده بودند پس از ۲۰ روز انبارمانی، تفاوت معنی‌داری با زمان برداشت نداشتند. افزایش عمر 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 (Pranamorkith, 2009). تیمار سدیم نیتروپروساید با جلوگیری از تولید اتیلن و میزان تنفس کمتر بافت میوه لیمو آب شیراز و در نتیجه جلوگیری از اکسیداسیون اسیدهای آلی موجب حفظ آنها گردیده است. بنابراین تیماری که بیشترین اسید را دارد پیری را به تعویق انداخته و در نتیجه عمر

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول میوه لیمو آب شیراز

Table 1. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on the total soluble solids of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Storage (day)			
	At harvest	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	8.26 c	9.53 ab	10.06 a	10.03 a
7.5 μm	-	8.53 c	8.96 bc	9.96 a
15 μm	-	8.40 c	9.46 ab	10.03 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث شد روند افزایش میزان مواد جامد محلول کندتر از تیمار شاهد باشد. این نتایج با گزارش‌های Zarei *et al.* (2005) مطابقت دارد. به طور کلی افزایش میزان مواد جامد محلول در طی فرآیند انبارمانی به خاطر آب‌کافت دیواره سلولی (Cell wall hydrolysis) با آنزیم‌های مختلف می‌باشد. در این آزمایش، میزان مواد جامد محلول میوه‌های شاهد لیمو آب شیراز بیشتر از تیمارها بود. میوه مرکبات جزو میوه‌های نافرازگرا می‌باشد، اما ترکیبات موجود در میوه آن بسته به دما و مدت نگهداری تغییر می‌کند یعنی هر چقدر مدت انبارمانی طولانی‌تر باشد این ترکیبات بیشتر ممکن است تغییر کند. در میوه‌های فرازگرا افزایش مواد جامد محلول بیشتر به دلیل تبدیل نشاسته به قندهای محلول رخ می‌دهد. تجزیه نشاسته پیش از بلوغ میوه، منبع عمده قندهای میوه (ساکاروز، گلوکز و فروکتوز) می‌باشد که سبب شیرین‌شدن میوه می‌شود. میوه مرکبات نافرازگرا بوده و افزایش مواد جامد محلول در آنها نمی‌تواند به دلیل تبدیل نشاسته باشد. افزایش TSS میوه‌های تیمار شاهد ممکن است به علت فعالیت متابولیکی میوه باشد. کاهش رطوبت در طول مدت نگهداری عامل اصلی افزایش غلظت مواد جامد محلول در میوه لیمو آب شیراز می‌باشد. در میوه‌های تیمار شده توسط سدیم نیتروپروساید، به دلیل کاهش سرعت از دست دهی آب تغییرهای مواد جامد محلول کمتر است. همانطور که اشاره شد افزایش مقدار مواد جامد محلول در میوه در طی فرآیند انبارمانی به خاطر آب‌کافت دیواره یاخته با آنزیم‌های مختلف می‌باشد و این افزایش با یافته‌های پژوهشگرانی مشابه است، آنها با مطالعه

انبارمانی را زیاد می‌کند. سرعت بالای کاهش اسیدهای آلی در میوه‌های شاهد، نسبت به میوه‌های تیمار شده توسط سدیم نیتروپروساید به دلیل بالا بودن سرعت تنفس و تولید اتیلن در این میوه‌ها است که منجر به مصرف اسیدهای آلی می‌شود و این اسیدها به عنوان سوبسترا در جریان تنفس مصرف می‌شوند همچنین حفظ اسیدهای آلی در میوه‌های تیمار شده به دلیل تغییر غلظت گازهای تنفسی و در نتیجه کاهش تنفس و کاهش اکسیداسیون اسیدهای آلی می‌باشد (Yaman & Bayındır, 2002). اسید غالب در لیمو آب شیراز، اسید سیتریک است که ۹۰ درصد میزان اسیدهای آلی را شامل می‌شود. اسیدهای آلی به عنوان یک منبع اندوخته انرژی میوه می‌باشند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت‌وساز مصرف می‌شوند. بنابراین استفاده از عواملی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن می‌شوند، به واسطه کاهش مصرف قندها، از کاهش اسیدهای آلی و افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (Rahemi, 2005). این گزارشات با نتایج آزمایش حاضر همسو است.

در زمان برداشت میوه، میزان ویتامین ث حداکثر مقدار را دارا بود. همچنین نگهداری میوه‌هایی که توسط غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید تیمار شدند و به مدت ۲۰ روز در انبار قرار گرفتند باعث شد میزان ویتامین ث در حد زمان برداشت حفظ گردید و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در سایر شرایط میزان ویتامین ث کاهش یافت. کمترین مقدار ویتامین ث متعلق به میوه‌هایی بود که توسط سدیم نیتروپروساید تیمار نشدند (غلظت صفر) و به مدت ۶۰ روز در انبار قرار داشتند (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر میزان ویتامین ث میوه لیمو آب شیراز

Table 3. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on the vitamin C of *Citrus aurantifolia* fruit

Storage (day)	Vitamin C (mg/100 g FW)			
	At harvest	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	13.20 a	1012 c	9.41 cd	8.36 d
7.5 $\mu$ m	-	13.20 a	113.5 b	10.20bc
15 $\mu$ m	-	13.20 a	11.35 b	10.47bc

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

نتایج نشان داد، عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید و نگهداری میوه‌ها در انبار به مدت ۴۰ روز باعث شد روند کاهش وزن میوه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یابد و تا روز شصتم انبارمانی ادامه داشت و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. همچنین میوه‌هایی که توسط غلظت ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید تیمار شدند و به مدت ۶۰ روز در انبار قرار گرفتند، از نظر درصد کاهش وزن میوه با تیمارهای فوق تفاوت معنی‌داری نداشتند. میوه‌هایی که توسط سدیم نیتروپروساید با غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار تیمار شدند، از روز بیستم تا چهارم انبارمانی روند کاهش وزن میوه در آنها با آهنگ کندتری انجام شد (جدول ۴).



باعث حفظ محتوای کلروفیل a تا روز چهارم انبارمانی شد. کمترین میزان کلروفیل a مربوط به پوست میوه‌هایی شاهد بود. همچنین محتوای کلروفیل a در پوست میوه‌های تیمار شده توسط غلظت ۱۵ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و نگهداری شده در انبار به مدت ۶۰ روز، کاهش یافت و با تیمار فوق تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر محتوای کلروفیل a پوست میوه لیمو آب شیراز

Table 5. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on chlorophyll a content of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Storage (day)			
	At harvest	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	0.82 a	0.82 a	0.51 abc	0.23 c
7.5 μm	-	0.78 a	0.68 ab	0.54 ab
15 μm	-	0.76 a	0.56 ab	0.42 bc

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

نتایج این آزمایش نشان داد، محتوای کلروفیل b در روز بیستم انبارمانی تفاوتی بین شاهد و سدیم نیتروپروساید وجود نداشت. همچنین عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث شد محتوای کلروفیل b در روز چهارم انبارمانی تفاوت معنی‌داری با تیمارهای فوق نداشته باشد. در سایر تیمارها، محتوای کلروفیل b کاهش یافت. کمترین میزان کلروفیل b متعلق به میوه‌هایی بود که توسط سدیم نیتروپروساید (غلظت صفر) تیمار نشدند و به مدت ۶۰ روز در انبار قرار داشتند (جدول ۶).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر محتوای کلروفیل b پوست میوه لیمو آب شیراز

Table 6. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on chlorophyll b content of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Storage (day)			
	At harvest	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	0.33 ab	0.32 ab	0.21 b-d	0.09 e
7.5 μm	-	0.37 a	0.25 a-d	0.18 c-e
15 μm	-	0.31 ab	0.29 a-c	0.15 de

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه لیمو آب شیراز

Table 4. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on the weight loss of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Storage (day)		
	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	4.96 cd	23.21 ab	34.22 a
7.5 μm	2.62 d	11.69 b-d	16.87 bc
15 μm	4.15 cd	14.18 b-d	23.40 ab

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

کاهش وزن به‌طور عمده به دلیل از دست دادن آب در نتیجه فرآیندهای متابولیکی مانند تنفس و تعرق از سطح میوه می‌باشد. گزارش‌ها 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 میوه را کاهش می‌دهد (Kang et al., 2016). Li et al., (2016) نشان دادند که کاربرد نیتریک اکسید نقش مؤثری در جلوگیری از کاهش وزن میوه پایا دارد. کاهش وزن به دلیل تعرق بالا عامل اصلی کاهش کیفیت ظاهری محصولات باغبانی و در نتیجه پژمردگی، چروکیدگی، کاهش سفتی و تسریع در پیری میوه است (D'Aquino et al., 2010). نتایج این آزمایش نشان داد، که با افزایش دوره انبارمانی، در میوه‌های تیمار شاهد، وزن لیموها بیشترین کاهش را نشان داد، که با نتایج Javanmardi and Kubota (2006) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد با گذشت زمان، تعرق از سطح پوست میوه افزایش یافته و این کاهش رطوبت باعث کاهش وزن میوه می‌گردد.

در زمان برداشت میوه‌ها، محتوای کلروفیل a در پوست به طور متوسط ۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که بیشترین مقدار را داشت. اختلاف معنی‌داری بین میزان کلروفیل در میوه‌های تیمار شده با سدیم نیتروپروساید و شاهد تا روز بیستم انبارمانی وجود نداشت. حفظ محتوای کلروفیل a در میوه‌های تیمار شده توسط سدیم نیتروپروساید با غلظت‌های ۷/۵ میلی‌مولار تا روز شصتم انبارمانی ادامه داشت و کاربرد سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۵ میکرو مولار

نتایج این آزمایش نشان داد، محتوای کلروفیل a در تمامی مراحل ارزیابی بیشتر از کلروفیل b بود و روند تجزیه آن نسبت به کلروفیل b سرعت کمتری داشت. Martínez *et al.* (2001) علت این امر را به تمایل زیاد آنزیم پراکسیداز به کلروفیل a نسبت داده‌اند. Costa *et al.* (2005) اظهار داشتند که این امر احتمالاً به این دلیل است که همه کاتابولیت‌های نهایی کلروفیل‌ها از کلروفیل a مشتق شده‌اند و اینکه کلروفیل b باید به مشتقات کلروفیل a تبدیل شود. این نظریه توسط حضور کلروفیل b ردوکتاز که تبدیل کننده کلروفیل b به کلروفیل a بوده، تأیید شده است. نمودارهای روند تغییرات کلروفیل میوه در طی مراحل مختلف انبارمانی بیانگر سیر نزولی میزان کلروفیل a، کلروفیل b و در مجموع کلروفیل کل پوست میوه و افزایش محتوای کارتنوئید لیمو آب شیراز بود. وقوع پدیده پیری تدریجی در زمان بلوغ میوه معمولاً با تجزیه کلروفیل پوست میوه همراه است و افزایش رنگدانه‌های کارتنوئید می‌باشد. Wang *et al.* (2005) در بررسی که روی میوه دو رقم لیچی داشتند، علت این امر را به میزان فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز نسبت داده و اینکه میزان این آنزیم نقش مهمتری نسبت به میزان کلروفیل در سرعت تجزیه کلروفیل و مشتقات آن ایفا می‌کند. در این بررسی مشخص شد، کاربرد سدیم نیتروپروساید با غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار باعث شد تا ۲۰ روز پس از برداشت، محتوای کلروفیل‌های a، b و کل تفاوت معنی‌داری با زمان برداشت نداشته باشند. در برخی بررسی‌ها گزارش شده است که در حضور سدیم نیتروپروساید، فعالیت آن‌تی اکسیدانی افزایش می‌یابد و سبب کاهش اثرات ناشی از تنفس و اتیلن می‌شود. این اثر باعث می‌شود اکسید شدن رنگیزه‌های فتوسنتزی به تأخیر افتد و در نتیجه طی مدت انبارمانی محتوای کلروفیل با روند کندتری کاهش یابد.

عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث شد پوسیدگی در میوه‌هایی که به مدت ۶۰ روز در انبار نگهداری شدند به طور معنی‌داری افزایش یابد و بیشترین (۴۷/۳۳ درصد) مقدار را داشت. استفاده از غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید

در زمان برداشت میوه‌ها، محتوای کلروفیل کل در پوست به طور متوسط ۱/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که بیشترین مقدار را داشت. هیچ اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و شاهد بر محتوای کلروفیل کل در روز بیستم انبارمانی وجود نداشت. حفظ محتوای کلروفیل کل در میوه‌های تیمار شده توسط سدیم نیتروپروساید با غلظت‌های ۷/۵ و ۱۵ میکرو مولار تا روز چهارم انبارمانی ادامه داشت. کمترین میزان کلروفیل کل مربوط به پوست میوه‌هایی بود که توسط سدیم نیتروپروساید تیمار نشدند (غلظت صفر) و به مدت ۶۰ روز در انبار قرار داشتند (جدول ۷).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر محتوای کلروفیل کل پوست میوه لیمو آب شیراز

Table 7. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on chlorophyll total content of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Chlorophyll total content (mg/g FW)				
	Storage (day)	At harvest	20 <sup>m</sup>	40 <sup>m</sup>	60 <sup>m</sup>
0		1.15 a	1.14 a	0.73 bc	0.32 d
7.5 μm		-	1.15 a	0.93 abc	0.73 bc
15 μm		-	1.07ab	0.85 abc	0.58 cd

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

در زمان برداشت محتوای کارتنوئید کمترین مقدار (۱۲۷/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دارا بود. افزایش مدت زمان انبارمانی باعث افزایش محتوای کارتنوئید شد. عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید و یا استفاده از آن با غلظت ۷/۵ میکرو مولار باعث شد در روزهای شصتم و یا چهارم انبارمانی محتوای کارتنوئید افزایش یابد و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۸).

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر محتوای کارتنوئید پوست میوه لیمو آب شیراز

Table 8. Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on carotenoid content of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Carotenoid content (mg/g FW)				
	Storage (day)	At harvest	20 <sup>m</sup>	40 <sup>m</sup>	60 <sup>m</sup>
0		127.68 e	153.70 cd	182.42 a	187.07a
7.5 μm		-	151.03 d	162.40 bc	181.73a
15 μm		-	149.05 d	163.06 bc	168.72b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.



سلولی، توانایی میوه برای محافظت در برابر میکروپها را تقویت می‌کند (Yu and Ren, 2013). تداوم تنفس سلولی و فعالیت آنزیمی در مدت زمان نگهداری باعث نرم شدن میوه و در نهایت لهیدگی و پوسیدگی میوه می‌شود. اگر چه لیمو آب شیراز میوه‌ای نافرازگرا می‌باشد و اتیلن به طور مستقیم در رسیدن آن دخالت ندارد اما ممکن است با جلوگیری از تولید اتیلن و افزایش هورمون‌های اکسین و سیتوکینین باعث جوان ماندن سلول‌ها و تأخیر در وقوع پیری، حفظ سفتی میوه‌ها و کیفیت ظاهری آنها شود (Lu & Chen, 2005).

### نتیجه‌گیری کلی

طبق نتایج حاصل از پژوهش حاضر، استفاده از تیمار سدیم نیتروپروساید باعث حفظ کلروفیل پوست میوه، کند شدن روند کاهش وزن، ممانعت از افزایش مواد جامد محلول و حفظ محتوای ویتامین ث شد. به نظر می‌رسد که استفاده از سدیم نیتروپروساید به خصوص غلظت ۷/۵ میکرومولار آن می‌تواند نقش مهمی در بهبود خصوصیات کمی و کیفی میوه لیمو آب شیراز طی انبارداری ایفاء نماید و جهت افزایش عمر انبارداری فرآورده‌های باغبانی توصیه می‌گردد.

### سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز برای فراهم نمودن امکان اجرای این تحقیق به پاس همکاری‌های فراوان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

باعث شد تا روز چهارم انبارمانی درصد پوسیدگی کمترین مقدار را داشته باشد (جدول ۹).

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مدت انبارمانی بر درصد پوسیدگی میوه لیمو آب شیراز

Table 9: Mean comparison interaction effect of sodium nitroprusside and storage time on the percentage of decay of *Citrus aurantifolia* fruit

SNP	Percentage of decay		
	Storage (day)		
	20 <sup>th</sup>	40 <sup>th</sup>	60 <sup>th</sup>
0	9.33 de	29.66 b	47.33 a
7.5 $\mu$ m	0.0 f	3.67 ef	15.0 cd
15 $\mu$ m	0.0 f	2.67 f	19.0 c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و ردیف تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر ندارند. The meanings of the same letters in each column and row do not have a significant difference in the Duncan test at 5% probability level.

هر عاملی که سرعت پیری را کاهش بدهد و از رشد علائم پوسیدگی جلوگیری کند باعث حفظ وضعیت ظاهری و بازار پسندی محصول خواهد شد (Asna et al., 2008). سدیم نیتروپروساید پاسخ‌های دفاعی بافت میزبان را تحریک می‌کند و ممکن است هم تأثیر مستقیم بر روی رشد پاتوزن داشته باشد و یا اینکه به طور غیر مستقیم مقاومت میزبان را به پاتوزن افزایش دهد (Qadir & Hashinaga, 2001). معمولاً بروز پوسیدگی در میوه‌ها در نتیجه تهاجم میکروپها می‌باشد. پس از پوشش دادن با سدیم نیتروپروساید، این فرصت برای میکروپها کاهش می‌یابد. همچنین عوامل دیگری مانند کاهش سرعت تنفس، حفظ فعالیت بالاتر آنزیم‌های محافظ، سلامتی غشای

### REFERENCES

- Alipour, S. & Nasibi, F. (2015). Effect of different sodium nitroprusside (SNP) concentrations on physiological traits and glycolic life of mariant cut flower (*Polianthes tuberosa* L.), *Journal of Plant Research*, 27, 904-914.
- Asna Ashari, M. & Zokai Khosroshahi, M.R. (2008). *Postharvest technology and Physiology*. First edition. Hamedan University Pub., Pp 658. (in Farsi).
- Baradaran Motie, J., Miraei Ashtiani, S.H., Abbaspour-Fard, M.H. & Emadi, B. (2014). Modeling physical properties of lemon fruits for separation and classification. *International Food Research Journal*, 21(5), 1901-1909.
- Beligni, M. V. & Lamattina, L. (1999). Nitric oxide protects against cellular damage produced by methylviologen herbicides in potato plants. *Nitric Oxide*, 3(3), 199-208.
- Bower, J. H., Biasi, W. V. & Mitcham, E. J. (2003). Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 417-423.
- Burdurlu, H. S., Koca, N. & Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74(2), 211-216.

7. Corpas, F. J., Letierrier, M., Valderrama, R., Airaki, M., Chaki, M., Palma, J. M. & Barroso, J. B. (2011). Nitric oxide imbalance provokes a nitrosative response in plants under abiotic stress. *Plant Science*, 181(5), 604-611.
8. Costa, M. L., Civello, P. M., Chaves, A. R. & Martínez, G. A. (2005). Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20 C. *Postharvest Biology and Technology*, 35(2), 191-199.
9. D'Aquino, S., Palma, A., Schirra, M., Continella, A., Tribulato, E. & La Malfa, S. (2010). Influence of film wrapping and fludioxonil application on quality of pomegranate fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 55(2), 121-128.
10. Duan, X., Su, X., You, Y., Qu, H., Li, Y. & Jiang, Y. (2007). Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. *Food Chemistry*, 104(2), 571-576.
11. Hiscox, J.D. & Israelstam, G.F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57(12), 1332-1334.
12. Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 151-155.
13. Kang, R., Zhang, L., Jiang, L., Yu, M., Ma, R. & Yu, Z. (2016). Effect of postharvest nitric oxide treatment on the proteome of peach fruit during ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 277-289.
14. Leshem, Y.Y. & Wills, R.B.H. (1998). Harnessing senescence delaying gases nitric oxide and nitrous oxide: a novel approach to postharvest control of fresh horticultural produce. *Biologia Plantarum*, 41(1), 1-10.
15. Li, X.P., Wu, B., Guo, Q., Wang, J.D., Zhang, P. & 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(1), 591-599.
16. Lu, Y. Y. & Chen, C. Y. (2005). Molecular analysis of lily leaves in response to salicylic acid effective towards protection against *Botrytis elliptica*. *Plant Science*, 169(1), 1-9.
17. Maftoonazad, N., Badii, F. & Shahamirian, M. (2013). Recent innovations in the area of edible films and coatings. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 5(3), 201-213.
18. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. & Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67(5), 1706-1712.
19. Martínez, G. A., Civello, P. M., Chaves, A. R. & Añón, M. C. (2001). Characterization of peroxidase-mediated chlorophyll bleaching in strawberry fruit. *Phytochemistry*, 58(3), 379-387.
20. Nilprapruck, P., Pradisthakarn, N., Authanithe, F. & Keebjan, P. (2008). Effect of exogenous methyl jasmonate on chilling injury and quality of pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. *Silpakorn University Science and Technology Journal*, 2(2), 33-42.
21. Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Fjeld, K., Doctor, J. & Arpaia, M.L. (2008). Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2), 159-167.
22. Pranamorkith, T. (2009). Effects of post-harvest treatments on storage quality of lime (*Citrus latifolia* Tanaka) fruit. *PhD. Thesis*, Massey University, Newzealand.
23. Qadir, A. & Hashinaga, F. (2001). Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. *Postharvest Biology and Technology*, 22(3), 279-283.
24. Rahemi M. (2005). *Postharvest physiology (Introduction on physiology and fruits, vegetables and ornamental plants transportation)*. 3rd ed., Shiraz Univ. Pub., Shiraz, page 437. (in Farsi).
25. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F. & Valero, D. (2003). Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 30(3), 259-271.
26. Wang, H. C., Huang, X. M., Hu, G. B., Yang, Z. Y. & Huang, H. B. (2005). A comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast-and slow-degreening litchi pericarp. *Scientia Horticulturae*, 106(2), 247-257.
27. Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M. & Gonzalez-Aguilar, G. (2001). Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *Food Science and Technology*, 34(7), 452-457.
28. Yaman, Ö. & Bayoandurl, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *Food science and Technology*, 35(2), 146-150.
29. Yu, Y. & Ren, Y. (2013). Effect of chitosan coating on preserving character of post-harvest fruit and vegetable: a review. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(8), 1-3.
30. Zarei, H., Shrifany, M., Razavi, S. & Maghsoudlou, Y. (2005). Effect of physical and chemical treatments on shelf life of orange. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 1, 37-45.

31. Zhou, Y., Li, S. & 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(2), 505-512.
32. Zhu, S., Liu, M. & Zhou, J. (2006). Inhibition by nitric oxide of ethylene biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 42(1), 41-48.
33. Zhu, S. H. & Zhou, J. (2007). Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. *Food Chemistry*, 100(4), 1517-1522.
34. Zhu, S., Sun, L., Liu, M. & 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(13), 2324-2331.