

تاثیر کاربرد پس از برداشت پوتریسین و نیتریک اکسید بر برخی خواص کیفی و محتوای فنلی کل میوه انگور رقم سفید بی دانه

محمد رضا اصغری¹ و منصوره خمیری ثانی^{2*}

تاریخ دریافت: 89/4/9 تاریخ پذیرش: 89/9/7

1- استادیار گروه باغبانی دانشگاه ارومیه

2- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه: [Email:khomeyri.m@gmail.com](mailto:khomeyri.m@gmail.com)

چکیده:

تاثیر کاربرد پوتریسین و نیتریک اکسید در غلظتهای مختلف بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه های انگور رقم سفید بیدانه در دمای 0-1 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی %85-95 بررسی شد. میوه ها با سدیم نیتروپروساید (ماده آزاد کننده نیتریک اکسید) در غلظتهای (0، 3، 5، و 7 میکرو مولار) و پوتریسین در غلظتهای (0، 1، و 2 میلی مولار) و ترکیب های مختلف آن ها، تیمار شدند و در دمای 0-1 درجه سانتی گراد به مدت 3 ماه نگهداری شدند. پس از 3 ماه خواص کیفی میوه ها شامل میزان کاهش وزن، pH، میزان پوسیدگی، اسید های آلی، مواد جامد محلول، ویتامین ث و ترکیبات فنلی کل ارزیابی شد. تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید به طور معنی داری به ترتیب در سطح خطای 5% و 1% باعث کاهش پوسیدگی در طول دوره انبارمانی شدند. مؤثرترین غلظت نیتریک اکسید در کنترل بیماریها غلظت 5 میکرومول بر لیتر و مؤثرترین غلظت پوتریسین 2 میلی مول بر لیتر بود. همچنین تاثیر تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید بر میزان فنول کل و اسیدیته میوه معنی دار بودند. کاربرد تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید می تواند جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی در تکنولوژی پس از برداشت انگورهای رومیزی باشد.

کلمات کلیدی: پس از برداشت انگور، پوتریسین، نیتریک اکسید، پوسیدگی

Effect of Postharvest Putrescine and Nitric Oxide Application on some Quality Attributes and Total Content Phenolics on Table Grape (cv. Sefide bidane)

MR Asghari¹ and M Khomeyri Sani^{2*}

Received: 30 June 2010

Accepted: 28 November 2010

¹Assistant professor, Department of Horticulture, Urmia University, Iran

² M Sc., Student, Department of Horticulture, Urmia University, Iran

*Corresponding author: Email:khomeyri.m@gmail.com

Abstract

Effects of putrescine and nitric oxide on the quality attributes and postharvest life of the table grape (cv. Sefide bidane) were investigated. Fruits were treated with nitric oxide (at 0, 3, 5 and 7 $\mu\text{mol L}^{-1}$) and putrescine (at 0, 1 and 2 mmol L^{-1}) and stored at 0-1°C with 85-95% RH for 3 months. Fruit quality attributes including weight loss, pH, decay incidence, total acidity, vitamin C, total soluble solids and total phenolics were evaluated after 3 months. Both nitric oxide and putrescine significantly decreased fruit postharvest decays (at the 5% and 1% probability levels). The results showed that 5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ nitric oxide and 2 mmol L^{-1} putrescine effectively controlled decayed organisms and preserved fruit quality during cold storage. Both phenolics and pH were affected by NO and putrescine treatments. It was concluded that postharvest treatment of fruit with the combination of nitric oxide and putrescine is a good alternative to chemicals in postharvest technology of table grapes.

Keywords: Grape postharvest, Putrescine, Nitric oxide, Decay

مقدمه

و افزایش هزینه های تولید می گردد. یکی از مؤثرترین راهها برای کنترل ضایعات استفاده از مواد شیمیایی است که این مواد علیرغم تأثیر مثبت در کنترل ضایعات مضرات زیادی برای سلامتی انسان و محیط زیست دارند و امروزه با توجه به مضرات استفاده از سموم شیمیایی برای انسان و محیط زیست رویکردهای جدید در استفاده از موادی که اثرات سوء و زیان آوری در انسان و محیط به همراه نداشته باشند حائز اهمیت می باشد (آلتاف کوادیر و فومیو هاشیناگا 2001). مکانیسم جلوگیری از پوسیدگی تیمارهای غیر شیمیایی از طریق بازدارندگی مستقیم از رشد قارچ و یا افزایش مقاومت میزبان است (کوادیر و فومیو هاشیناگا 2001). از این رو یکی از زمینه های مهم کشاورزی و باغبانی ارگانیک که

میوه ها و سبزی ها منابع مهمی از آنتی اکسیدان های طبیعی هستند (کاو و همکاران 1996، وانگ و همکاران 1996 و ولیوگلو و همکاران 1998). اهمیت مصرف میوه ها و سبزیجات به علت کاهش سرطان، کاهش میزان مرگ و میر و بیماری های قلبی است (ورلانگیری و همکاران 1985 و آمس و همکاران 1993). همچنین مصرف میوه ها و سبزی ها باعث کاهش فشار خون و افزایش مقاومت در برابر امراض می شود (آسچریو و همکاران 1992). متأسفانه هر سال بخش زیادی از میوه ها و سبزی های تولید شده به شکل ضایعات از بین می روند که این امر باعث کاهش دسترسی اقشار مختلف به مواد غذایی به ویژه میوه ها

کاربرد خارجی پلی آمین ها در افزایش عمر محصولات برداشت شده تأکید دارند (والرو و همکاران 2002ب). یکی از مهمترین تأثیراتی که به پلی آمین ها در طول دوره نگهداری میوه ها و سبزیجات نسبت داده می شود افزایش استحکام بافت محصولات می باشد (والرو و همکاران 2002ب). در این تحقیق اثر تیمارهای مختلف پوتریسین و نیتریک اکسید در بهبود عمر انباری و افزایش میزان فنل کل میوه انگور رقم سفید بی دانه در طول مدت نگهداری در دمای 0-1 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 85-95% مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

میوه های انگور رقم سفید بی دانه در مرحله بلوغ تجاری و هنگامی که میزان مواد جامد محلول حدود 18/5 درجه بریکس بود و به اندازه کافی رسیده بودند در پاییز سال 1388 از یکی از باغات انگور در ارومیه برداشت شدند و سپس به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انتقال داده شدند. پس از اعمال تیمارها، میوه ها خشک شده در ظروف پلاستیکی قرار داده شده و به سردخانه با دمای 0-1 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی 85-95% انتقال داده شدند. خواص کیفی میوه ها شامل میزان کاهش وزن میوه، pH، شاخص پوسیدگی، میزان مواد جامد محلول، اسیدهای آلی، ویتامین ث و میزان فنل کل پس از 3 ماه نگهداری در سردخانه، آزمایش ها مورد بررسی قرار گرفت.

کاهش وزن میوه

کاهش وزن میوه ها با ترازوی دیجیتالی مدل CANDGL300 انجام شد. برای این منظور، کاهش وزن میوه ها 3 ماه پس از انبارداری اندازه گیری شدند (منگ و همکاران 2007). درصد کاهش وزن به صورت زیر محاسبه گردید:

وزن اولیه/100*(وزن اولیه-وزن ثانویه)=درصد کاهش وزن

pH آب میوه

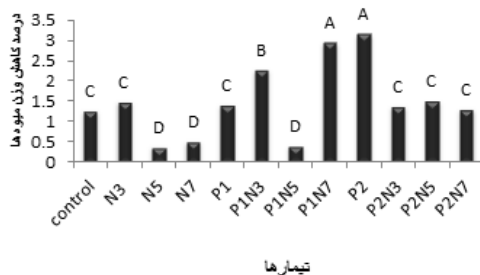
توجه زیادی را به خود جلب کرده است استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصول است که به این ترتیب نه تنها محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و مضر تولید می شود، بلکه دارای ارزش غذایی و دارویی بالاتری خواهد بود (اصغری 1385). ترکیبات فنلی دارای اثرات بیولوژیکی چندگانه ای هستند که از آن جمله می توان به فعالیت آنتی اکسیدانی آن ها اشاره کرد (لولیگر 1991). استخراج خام مواد گیاهی غنی از ترکیبات فنلی از میوه ها، سبزی ها و حبوبات سهم موثری را در صنعت غذایی به علت کاهش اکسیداتیو لپیدها و افزایش کیفیت و بهبود مواد غذایی دارا می باشند (لولیگر 1991). فلاونوئیدها و سایر فنل های گیاهی مثل اسیدهای فنلی، تانن ها و لیگنین ها بخصوص در برگ ها، بافت های گل دار و بخش های چوبی مثل ساقه و پوست درختان وجود دارند (لارسون 1988). این ترکیبات در گیاهان برای رشد طبیعی و توسعه سیستم دفاعی در برابر آلودگی و آسیبها مهم هستند. فلاونوئیدهای مهم در میوه ها و سبزی ها آنتوسیانین ها، فلاونوئیدها و کاتکین ها هستند (لارسون 1988). نیتریک اکسید یک رادیکال آزاد گازی شکل بسیار واکنش پذیر است که در سال های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است این ترکیب توسط گیاه تولید می شود و در غلظت های کم عمر انباری برخی از میوه ها، سبزی ها و گل های بریده را افزایش داده است (ویلز و بویر 2000). مشخص شده است که گیاهان از نیتریک اکسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد استفاده می کنند که پاسخ های دفاعی ضد میکروبی را تنظیم و تعدیل می کند (ساکاموتو و همکاران 2002). اخیراً ثابت شده است که این ماده نقشی حیاتی و مهم را در تنظیم فعالیت های فیزیولوژیکی عادی گیاهان نظیر بسته شدن روزنه ها و رشد و نمو ایفا می کند (زوا و همکاران 2006). پلی آمین ها نیز از تنظیم کننده های رشد طبیعی گیاهی هستند که به عنوان مواد ضد پیری شناخته شده اند. تحقیقات زیادی در حال حاضر بر نقش

میکرو مولار و پوتریسین در غلظت‌های 0، 1 و 2 میلی مولار در 6 تکرار انجام شد و مقایسات میانگین‌ها در سطح احتمال 1% با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج

میزان کاهش وزن حبه

تأثیر هر دو تیمار پوتریسین و نیتریک اکسید و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر میزان کاهش وزن حبه‌ها در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 1). بیشترین کاهش وزن مربوط به غلظت 2 میلی مول بر لیتر پوتریسین و تیمار ترکیبی 1 میلی مول بر لیتر پوتریسین و 7 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید بود. کمترین کاهش وزن مربوط به غلظت 5 و 7 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید و تیمار ترکیبی 1 میلی مول بر لیتر پوتریسین و 5 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید بود (شکل 3).



شکل 3. تأثیر تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید بر در صد کاهش وزن در میوه انگور رقم سفید بی دانه.

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1% بوده است. N3: نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$; N5: نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$; N7: نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$; P1: پوتریسین 1 mM; P1N3: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$; P1N5: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$; P1N7: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$; P2: پوتریسین 2 mM; P2N3: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$; P2N5: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$; P2N7: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$.

برای اندازه‌گیری pH آب میوه از عصاره صاف شده میوه استفاده شد و با استفاده از دستگاه pH متر مدل 411 pH در دمای 20 درجه سانتی‌گراد قرائت گردید (زکایی و همکاران 2007).

شاخص پوسیدگی

میزان پوسیدگی هر خوشه با بررسی ظاهری خوشه تعیین شد و از روش نمره‌دهی¹ استفاده گردید و نتایج به صورت درصد بیان شد (یو و همکاران 2003).

مواد جامد محلول و اسیدهای آلی

مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر دستی مدل (Atago Manual) در دمای اتاق بر حسب درجه بریکس قرائت گردید برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی میوه از روش تیتراسیون با سود 1٪ نرمال استفاده شد و اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب گرم در 100 میلی لیتر اسید تارتاریک بیان شد برای این منظور 10 میلی لیتر آب میوه با 20 میلی لیتر آب مقطر مخلوط و سپس تیتراژ شد (ایالا-زوالا 2007).

ویتامین ث (آسکوربیک اسید)

اندازه‌گیری ویتامین ث با استفاده از روش تیتراژ به روش یدومتريک انجام شد و نتایج بر حسب میلی گرم اسیدآسکوربیک در 100 گرم نمونه بیان گردید (سیوروی 2007).

میزان فنل کل

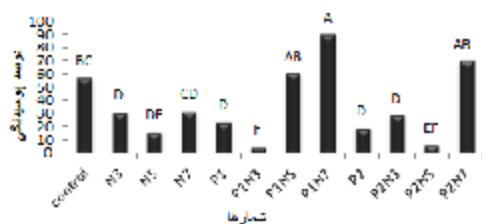
برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل از روش فولین-سیوکالتو استفاده شد. مقادیر ترکیبات بر اساس معادل اسید گالیک (GAE) و بر حسب میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد (واترهاوس 2002).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش در قالب فاکتوریل (3×4) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با تیمارهای مختلف سدیم نیتروپروساید (ماده آزاد کننده نیتریک اکسید) در غلظت‌های 0، 3، 5 و 7

¹Rating

4). تیمارهای ترکیبی نیز در سطح احتمال 1% بر میزان پوسیدگی میوه ها اثر معنی داری داشتند. در بین تیمارهای ترکیبی، ترکیب 1 میلی مول در لیتر پوتریسین و 3 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید بیشترین اثر را در کنترل پوسیدگی نسبت به میوه های شاهد داشت. بیشترین میزان پوسیدگی نیز در میوه های شاهد و میوه های تیمار شده با تیمار ترکیبی 1 میلی مول بر لیتر پوتریسین و 7 میکرومول بر لیتر نیتریک اکسید بود (شکل 4).



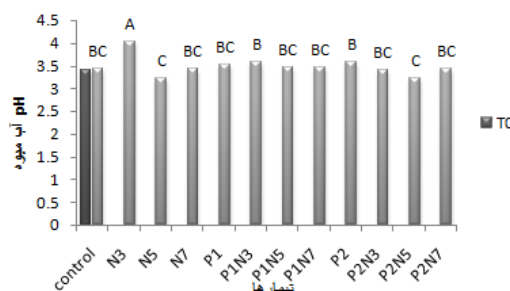
شکل 4. تأثیر تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید بر درصد پوسیدگی در میوه انگور رقم سفید بی دانه. حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1% بوده است. N3: نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، N5: نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، N7: نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P1: پوتریسین 1 mM، P1N3: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P1N5: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P1N7: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P2: پوتریسین 2 mM، P2N3: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P2N5: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P2N7: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$.

میزان اسیدهای آلی و مواد جامد محلول

تأثیر تیمار ترکیبی پوتریسین و نیتریک اکسید بر میزان اسید آلی معنی دار نبود (جدول 1). میزان مواد جامد محلول در میوه های شاهد در طول دوره انبارداری افزایش یافت. اما در میوه های تیمار شده روند کاهشی را نشان داد. تیمارهای ترکیبی پوتریسین و نیتریک اکسید اثر معنی داری بر میزان مواد جامد محلول نداشتند اما کاربرد تیمار نیتریک اکسید به تنهایی در

pH آب میوه

در میزان pH آب میوه در طول دوره انبارداری میوه های شاهد افزایشی دیده نشد. تیمارهای پوتریسین در سطح احتمال 5% و تیمارهای نیتریک اکسید و تیمارهای ترکیبی پوتریسین و نیتریک اکسید بر میزان اسیدیته میوه در سطح احتمال 1% معنی دار بود (جدول 1). بیشترین میزان pH آب میوه در غلظت 3 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید مشاهده شد (شکل 2).



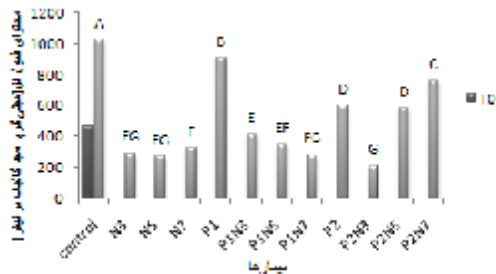
شکل 2. تأثیر تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید بر میزان pH در میوه انگور رقم سفید بی دانه.

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1% بوده است. T0: زمان قبل از انبارداری، N3: نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، N5: نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، N7: نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P1: پوتریسین 1 mM، P1N3: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P1N5: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P1N7: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P2: پوتریسین 2 mM، P2N3: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P2N5: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ ، P2N7: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$.

میزان پوسیدگی میوه

تیمار نیتریک اکسید، در کنترل میزان پوسیدگی های میوه در طول دوره ی نگهداری بسیار مؤثر بود و بهترین اثر در کاهش میزان پوسیدگی در غلظت 5 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید مشاهده شد. نتایج نشان داد که تیمار پوتریسین نیز باعث کاهش میزان پوسیدگی در طول دوره انبارداری می شود (شکل

میزان فنل مربوط به ترکیب غلظت 2 میلی مول بر لیتر پوتریسین + 3 میکرومول بر لیتر نیتریک اکسید بود (شکل 1).



شکل 1. تاثیر تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید بر محتوای فنل کل در میوه انگور رقم سفید بی دانه.

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1% بوده است. T0: زمان قبل از N3: نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ N5: نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ N7: نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$ P1: پوتریسین 1 mM P1N3: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ P1N5: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ P1N7: پوتریسین 1 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$ P2: پوتریسین 2 mM P2N3: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $3 \mu\text{mol L}^{-1}$ P2N5: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $5 \mu\text{mol L}^{-1}$ P2N7: پوتریسین 2 mM و نیتریک اکسید $7 \mu\text{mol L}^{-1}$.

سطح احتمال 1% در طول دوره انبارداری بر میزان مواد جامد محلول معنی دار بود و باعث کاهش مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری نسبت به شاهد شد (جدول 1).

میزان ویتامین ث (اسید آسکوربیک)

میزان ویتامین ث در طول دوره انبارداری کاهش یافت. تاثیر تیمار ترکیبی پوتریسین و نیتریک اکسید بر میزان ویتامین ث در طول دوره انبارداری نسبت به شاهد در هر دو سطح احتمال 5% و 1% معنی دار نبود (جدول 1). تیمار نیتریک اکسید در غلظت 5 میکرومول بر لیتر به تنهایی اثر معنی داری بر میزان ویتامین ث داشت و باعث کاهش میزان ویتامین ث نسبت به شاهد شد.

محتوای فنل کل

میزان ترکیبات فنلی در طول دوره انبارداری میوه‌های شاهد به شدت افزایش یافت. تاثیر تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید بر میزان ترکیبات فنلی در سطح احتمال 1% نسبت به شاهد معنی دار بود (جدول 1). تیمارهای ترکیبی نیز در سطح احتمال 1% بر میزان ترکیبات فنلی معنی دار بودند (جدول 1). در طول دوره نگهداری میزان ترکیبات فنلی در میوه‌های تیمار شده کاهش یافت و این روند کاهشی در تیمار ترکیبی غلظت 2 میلی مول در لیتر پوتریسین و غلظت 3 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید بیشتر بود (شکل 1). در بین تیمارهای ترکیبی کمترین

جدول 1: جدول تجزیه واریانس تاثیر کاربرد پوتریسین، نیتریک اکسید و اثر متقابل آنها بر صفات اندازه گیری شده

منابع تغییر		درجه آزادی		مواد جامد قابل حل کل		پH		اسید آلی		ویتامین ث		کاهش وزن		ترکیبات فنلی		پوسیدگی	
پوتریسین	2	2/5033	0/114	0/01*	0/4310	0/3623	0/01*	0/4310	0/3623	0/01*	0/4310	0/3623	0/01*	0/4310	0/3623	0/01*	0/4310
نیتریک اکسید	3	2/1333	0/183*	0/002**	0/4203	0/3803	0/002**	0/4203	0/3803	0/002**	0/4203	0/3803	0/002**	0/4203	0/3803	0/002**	0/4203
پوتریسین * نیتریک اکسید	6	2/228	0/226**	0/004**	0/3680	0/3680	0/004**	0/3680	0/3680	0/004**	0/3680	0/3680	0/004**	0/3680	0/3680	0/004**	0/3680
انتخاب آزمایشی	60	2/887	0/034	0/003*	0/288	0/288	0/003*	0/288	0/288	0/003*	0/288	0/288	0/003*	0/288	0/288	0/003*	0/288
ضریب تکرار (20)		9/81	0/28	0/056	0/55	0/55	0/056	0/55	0/55	0/056	0/55	0/55	0/056	0/55	0/55	0/056	0/55

ns: عدم معنی دار * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال 1% و معنی دار در سطح احتمال 5%.

بحث

افزایش عمر انبارمانی میوه می باشد. نیتروژن مونوکسید یا نیتریک اکسید یک تنظیم کننده رشد فعال زیستی⁴ است که اخیراً مطالعات گسترده مشخص کرده است که به عنوان یک تنظیم کننده رشد (مولکول هشدار دهنده) در گیاهان عمل می کند (دورنر و همکاران 1998 و دلدونه و همکاران 1998). نیتریک اکسید پاسخ های دفاعی بافت میزبان را تحریک می کند و ممکن است هم تأثیر مستقیم بر روی رشد پاتوژن داشته باشد و یا اینکه به طور غیر مستقیم مقاومت میزبان را به پاتوژن افزایش دهد (کوادیر و هاشیناگا 2001). گزارش شده که در هلوهای تیمار شده با 5 و 10 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید فعالیت آنزیم های آ-سی-سی اکسیداز⁵، لپوکسی ژناز⁶ و میزان تولید اتیلن کاهش می یابد (زوا و همکاران 2006). مشخص شده است که نیتریک اکسید رسیدن میوه را به تأخیر انداخته و کیفیت بعد از برداشت میوه های توت فرنگی و آوکادو را، زمانی که در غلظت های کم مورد تیمار قرار گرفتند، بهبود بخشیده است (لشم و پینچاسو 2000 و ویلز و همکاران 2000). تیمار میوه های توت فرنگی با 5 میکرو مول در لیتر نیتریک اکسید به طور معنی داری از تولید اتیلن جلوگیری کرده و نیز باعث کاهش میزان تنفس و فعالیت آ-سی-سی سینتاز⁷ شده است در نتیجه موجب کاهش محتوای آ-سی-سی گردیده اما تأثیر آن بر فعالیت آ-سی-سی اکسیداز معنی دار نبوده است (زو و زو 2005). کاربرد خارجی نیتریک اکسید چه به صورت بخار مستقیم در اتمسفر بدون اکسیژن یا بوسیله مواد شیمیایی آزاد کننده نیتریک اکسید به منظور افزایش عمر انباری برخی محصولات باغی گزارش شده است (لشم و ویلز 1998). کاهش وزن میوه ها در طول دوره نگهداری در نتیجه تبخیر آب از سطح میوه ها و مصرف ذخایر میوه در نتیجه تنفس می باشد (مارتینز- رومرو 2002 و سرانو

متابولیسم پلی آمین ها در پاسخ به استرس های گوناگون محیطی تغییر می کند (زکایی و همکاران 2007). آلودگی قارچی میوه های تیمار شده با پوتریسین کمتر از شاهد بود و این نشان دهنده نقش پوتریسین در کنترل آلودگی قارچی است. غوطه وری میوه ها در محلول پوتریسین باعث از بین رفتن اسپور قارچها از سطح میوه ها و کاهش آلودگی سطحی می شود (زکایی و همکاران 2007). پلی آمین ها همچنین به ترکیبات فنلی متصل می شوند و بیان شده است که آمیدهای هیدروکسی سینامیک اسیدها در سلول ها در جریان واکنش گیاهان به پاتوژن های گوناگون تجمع پیدا می کنند (والترز 2003). سطوح پلی آمین ها به طور موثری در برگ های آلوده شده با سیاهک² و بیماری قارچی کپک خاکستری³ افزایش می یابد (والتر و ویلای 1986) و این نشان دهنده نقش این ترکیبات در واکنش های دفاعی گیاهان در برابر پاتوژن ها است. این یافته ها نشان می دهد که کاربرد خارجی پوتریسین دارای خاصیت قارچکشی در حبه های انگور است. نتایج این تحقیق نتایج محققین دیگر را در مورد نقش پوتریسین و نیتریک اکسید در کنترل پوسیدگی ها تأیید می کند. گزارش شده که تیمار میوه های هسته دار با 1 میلی مول در لیتر پوتریسین در مرحله پیش فرازگرایی منجر به افزایش عمر انباری آنها می شود (رومر و همکاران 2002). در یک بررسی دیگر گزارش شده که کاربرد غلظت های مختلف پوتریسین بر روی توت فرنگی آلودگی قارچی را کاهش داده است. همچنین میزان تولید اتیلن نسبت به شاهد به کمترین میزان رسیده است (زکایی و همکاران 2007). طبق گزارش والرو و همکاران (2002الف) کاربرد 1 میلی مول در پوتریسین بر روی میوه های آلو در طی دوره نگهداری در دمای 10 درجه سانتی گراد منجر به حفظ سفتی بافت شد که نتیجه آن

¹Bioactive²ACC- Oxidase³Lypoxigenase⁴ACC-Synthetase¹*Puccinia hordi*²*Blumeria graminis* F.sp.Hordei

نیتریک اکسید باعث کاهش فعالیت‌های متابولیسی سلول از جمله تنفس و تولید اتیلن شده و در نتیجه باعث حفظ غشاها و دیواره‌های سلولی می‌گردد که نتیجه آن جلوگیری از افزایش غیر عادی مواد جامد محلول می‌باشد.

در محتوای فنل کل در طی انبارمانی میوه‌های شاهد افزایش قابل توجهی دیده شد اما در میوه‌های تیمار شده کاهش ترکیبات فنلی مشاهده شد. فنیل آلانین آمونیا یاز⁸ اولین آنزیم کلیدی است که در بیوسنتز فنل‌ها در میوه‌ها شرکت می‌کند و می‌تواند توسط شرایط تنش زای گوناگون مانند حمله بیماری‌ها القا شود (دیکسون و پیرا 1995). افزایش در فعالیت این آنزیم موجب قهوه‌ای شدن و پوسیدگی بافت میوه‌ها و سبزی‌های تازه در طی انبارمانی می‌گردد (لویزا-ولارد و نگوین 2003 و فوجیتا 2006). در این آزمایش، تیمار با پوتریسین و نیتریک اکسید به طور قابل توجهی باعث کاهش تنش‌ها ناشی از کاهش پوسیدگی و کاهش صدمات وارده به سلول‌ها در طی انبارمانی گردید و در نتیجه منجر به کاهش تولید فنل‌ها نسبت به شاهد شد. اثرات مشابه بازدارندگی فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا یاز توسط نیتریک اکسید در کشت سلولی گیاه تاگسوس مشاهده شد (وانگ و وو 2005). ترکیبات فنلی دارای اثرات بیولوژیکی چندگانه‌ای هستند که از جمله این اثرات می‌توان به فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها اشاره کرد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی به دلیل داشتن خصوصیات اکسایش-کاهش آنها می‌باشد (رایس-ایوانس و همکاران 1995).

تولید گونه‌های فعال اکسیژن⁹ و پراکسید هیدروژن در میوه‌های برداشت شده در طی انبارمانی مهم است. اگرچه گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند به عنوان سیگنال‌ها و پیام‌های ثانویه برای فعال شدن مکانیسم‌های دفاعی سلول‌ها در مقابل شرایط نامساعد و

و همکاران 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 (شوا و همکاران 2008). بیشترین کاهش وزن مربوط به تیمار 2 میلی مول در لیتر پوتریسین بود که بر خلاف گزارش زکایی و همکاران در سال 2007 می‌باشد.

معمولاً اسیدهای آلی به هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیسی دارد (جلیلی 1383 و راحمی 1384). مطالعات حاکی از آن است که عواملی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن می‌شوند بواسطه کاهش مصرف قندها، از کاهش اسیدهای آلی و افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (جلیلی 1383 و راحمی 1384). بیشترین تغییراتی که هنگام رسیدن میوه صورت می‌گیرد به شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری خصوصاً قندهای موجود در دیواره سلولی مربوط است که موجب تغییر مزه و تغییر در بافت محصول می‌شود و به همین دلیل میزان مواد جامد محلول میوه با رسیدن میوه افزایش می‌یابد (راحمی 1384).

مطالعات نشان داده است که تیمار با محلول نیتریک اکسید می‌تواند باعث جلوگیری از تولید اتیلن و کاهش تنفس و در نتیجه باعث کاهش سرعت شکسته شدن پلی ساکاریدهای دیواره سلولی می‌شود و در نتیجه منجر به تاخیر در افزایش مواد جامد محلول گردد (شوا و همکاران 2008). در این آزمایش کاربرد نیتریک اکسید تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول داشت. بطوریکه میزان مواد جامد محلول میوه‌های شاهد بیشتر از تیمارها بود زیرا در میوه‌های شاهد به دلیل پیشرفت فرایند پیری دیواره‌های سلولی هضم شده و به دلیل حل شدن پلی ساکاریدهای دیواره سلولی و نیز غشاء سلولی مواد جامد محلول افزایش یافته است در حالیکه تیمار

⁸phenylalanine ammonia lyase
⁹Reactive Oxygen Species

از این رو بیان شده است که پلی آمین ها نقش مهمی در حذف رادیکال های آزاد دارند و باعث کاهش تورم اکسیداتیو می شوند (تیبیرکیو و همکاران 1994). به نظر می رسد که تیمارهای پوتریسین و نیتریک اکسید باعث افزایش اولیه در رادیکال های آزاد پر اکسید هیدروژن و برخی از گونه های فعال اکسیژن می شوند که ترکیبات فنلی برای خنثی کردن این رادیکالهای آزاد مورد مصرف قرار می گیرند (تیبیرکیو و همکاران 1994). این مولکول ها برای فعال کردن ژن های عامل مقاومت به شرایط تنش و بیماری وارد عمل می شوند. بعد از فعال شدن ژن های عامل مقاومت رادیکال های آزاد باید به واسطه افزایش آنتی اکسیدان ها از سلول حذف شوند (گراپا و بناویدس 2008).

بیماری ها عمل کنند اما تجمع زیاد آن ها می تواند باعث تورم اکسیداتیو در مولکول های زیستی و در نهایت موجب مرگ سلول شود (شوا و همکاران 2008). از این رو توجه زیادی به عاملین حذف این رادیکال های آزاد مثل پلی آمین ها و آنتی اکسیدان ها مثل سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات و گلوتاتیون ردوکتاز که با حذف رادیکالهای آزاد از آسیب جلوگیری می کنند شده است (گراپا و بناویدس 2008). ثابت شده است که نیتریک اکسید نیز می تواند به صورت یک آنتی اکسیدان در بافت گیاهی عمل کند (شوا و همکاران 2008). گزارش شده است که سطوح سوپر اکسیددیسموتاز و پراکسید هیدروژن در میوه های کیوی تیمار شده با نیتریک اکسید کاهش می یابد (زوو و همکاران 2008). تحت شرایط تنش غرقابی پیاز و لش¹⁰، گونه های فعال اکسیژن و پراکسید هیدروژن افزایش یافت و سطوح آنها در گیاهان تحت تیمار پوتریسین کاهش یافت (جین-چین یو و همکاران 2008).

منابع مورد استفاده

- اصغری، م. 1385. تعیین اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای آنتی اکسیدان کل، تولید اتیلن و برخی خواص کمی و کیفی میوه توت فرنگی رقم سلوا. رساله دکتری. دانشگاه تهران.
- جلیلی مرندی، ر (1383). فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. 276 ص.
- راحی، م (1384). 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، 437 ص.
- Ames B, M Shigena, Hagen MK and Oxidants TM, 1993. antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proceeding Natural Academic Science. United state*, 90: 7915-7922.
- Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, Colditz GA, Rosner B, Willett WC, Sacks F and Stampfer MJ, 1992. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US, men. *Circulation research journal*. 86: 1475-1484.
- Ayala-Zavala JF, Wang SHY, Wang CY and González-Aguilar GA, 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology* 452: 166–173.
- Cao G, Sofic E and Prior RL, 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 44: 3426-3441.
- Cioroi M, 2007. Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. *Cercetari Agronomicin Moldova*. 1: 23- 27.
- Delledonne M and Xia Y, Dixon RA and Lamb C, 1998. Nitric oxide functions as a signal disease resistance, *Nature*, 394:585–588.
- Dixon RA and Paira NL, 1995. Stress induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7: 1085–1097.
- Durner J, Wendehenne D and Klessig, DF, 1998. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic GMP, and cyclic ADP-ribose. *Natural Academic Science. United state* 95: 10328-10333.
- Fujita N, Tanaka E, and Murata M, 2006. Cinnamaldehyde inhibits phenylalanine ammonia-lyase and enzymatic browning of cut lettuce. *Bio Science Bio Technology Bio chemistry*. 70: 672–676.
- Groppa MD and Benavides MP, 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. *Amino Acids* 34:35–45.
- Jinn-Chin Y, Lao-Dar J, Denise YT F, Cheng-Wei L and Sheng-Ju W, 2008. Exogenous putrescine reduces flooding-induced oxidative damage by increasing the antioxidant properties of Welsh Onion. *Scientia Horticulture*. 3142: 9-14.
- Larson RA, 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*. 27: 969-978.
- 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* (Duch.) and avocados *Persea Americana* (Mill.). *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 Biochemistry*. 36: 825–833.
- Loaiza-Velarde JG, Mangrich ME, Campos-Vargas R and Saltveit ME, 2003. Heat shock reduces browning of fresh-cut celery petioles. *Postharvest Biology and Technology*. 27: 305–311.
- Loliger J, 1991. The use of antioxidants in food. In *Free Radicals and Food Additives*; Aruoma, O. I, Halliwell, B, Eds; Taylor and Francis: London, pp: 129-150.
- Macheix J J, Fleuriet A and Billot J, 1990. *Fruit Phenolics*, CRC Press: Boca Raton, FL.
- Martinez-Romero DM, Serrano A, Carbonell L, Burgos F, Riquelme and Valero D, 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science* 67:1706-1712.
- Meng X, LiBLiu J and Tian S, 2007. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501-508.
- Ponappa T, Joseph C, Scheerens A and Miller R, 2006. Vacuum infiltration of polyamines firmness of strawberry slices under various storage conditions. *Food Technology* 58: 361–364.
- Qadir A and Hashinaga F, 2001. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. *Postharvest Biology and Technology* 22: 279–283
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Bolwell PG, Bramley PM and Pridham JB, 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research* 22: 375-383.
- Romero DM, Serrano MG, Carbonell A, Burgos L, Riquelme F and Valero D, 2002. Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67:1706-1712.
- Sakamotoa A, Uedab M and Morikawa H, 2002. Arabidopsis glutathione-dependent formaldehyde dehydrogenase is an S-nitros glutathione reductase. *FEBS Letters*, 515: 20-24.
- Serrano M, Romero DM, 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.
- Shuhua Z, Lina S, Mengchen L and Jie Z, 2008. Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13:2324-2331.
- Tiburcio AF, Besford RT, Capell T, Borell A, Testillano PS and Risueno MC, 1994. Mechanism of polyamine action during senescence responses induced by osmotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 45: 1789–1800.
- Valero D, Vicente AP, Romero DM, Castilo S and Guillen FS, 2002a. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments. *Journal of Food Science*, 67: 2571-2575
- Valero D, Martinez-Romeroy D and Serrano M, 2002b. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 13: 228–234.
- Velioglu YS, Mazza G, Gao L and Oomah BD, 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46: 4113-4117.
- Verlangieri AJ, Kapeghian JC, el-Dean S and Bush M, 1985. Fruit and vegetable consumption and cardiovascular mortality. *Medical Hypotheses*, 16: 7-15.

- Walters DR, 2003. Polyamines and plant disease. *Phytochemistry*, 64: 97–107.
- Walters DR and Wylie MA, 1986. Polyamines in discrete regions of barley leaves infected with the powdery mildew fungus, *Erysiphe graminis*. *Physiologia Plantarum*, 67: 630–633.
- Wang JW, and Wu JY, 2005. Nitric oxide is involved in methyl jasmonate-induced defense responses and secondary metabolism activities of *Taxus* cells. *Plant Cell Physiology* 46: 923–930.
- Wang H, Cao G and Prior RL, 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 44: 701-705.
- Wang JW and Wu JY, 2005. Nitric oxide is involved in methyl jasmonate-induced defense responses and secondary metabolism activities of *Taxus* cells. *Plant Cell Physiology* 46: 923–930.
- Waterhouse AL, 2002. Determination of total phenolics. In: Wrolstad RE. (Ed.), *Current protocols in food analytical chemistry*. John Wiley and Sons, New York, Units. I.1.1.1–I.1.1.8.
- Weller A, Sims CA, Mattews RF, Bates RP and Brecht JK, 1997. Brownin susceptibility and shanges in composition during storage of carambola slices. *Journal of Food Science* 62: 256-26..
- Wills RBH and Bowyer MC, 2000. Use of nitric oxide to extend the postharvest life of horticultural produce. *Acta Horticulture*. 217:141-147.
- 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.
- Yu Z, Song CK, Jun CQ, Long ZS and Ping RY, 2003. Effects of Acetylsalicylic Acid (ASA) and Ethylene Treatments on Ripening and Softening of Postharvest Kiwifruit. *Acta Botanica Sinica*, 45: 1447-1452.
- Zhua 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, 2005. Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. *Food Chemistry* 100:1517–1522.
- 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 Sci of Food and Agriculture* 88: 2324–2331.
- Zokaee Khosroshahi MR, Esna-Ashari M and Ershadi A, 2007. Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. *Horticultural Science*, 114: 27-32.