اثرات پس از برداشت تیمار نیتریک اکسید بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، برخی خواص کیفی و عمرانبارمانی میوه پسته‌ی تر

شهین قیصربیگی[۱]، سید حسین میردهقان[۱]، محمود قاسم‌نژاد[۲]، فاطمه ناظوری[۱]

[۱]گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر، رفسنجان، ایران.

[۲]گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت. ایران.

چکیده

به منظور ارزیابی اثر نیتریک اکسید بر حفظ کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت پسته تر، میوه‌های پسته رقم احمدآقایی با غلظت‌های ۰ (کنترل)، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میکرو مولار از سدیم نیترو پورساید (رها کننده نیتریک اکسید) به مدت ۳۰ ثانیه اسپری شدند. بلافاصله پس از خشک شدن، میوه‌های تیمار شده در ظروف پلاستیکی و با پلی‌اتیلن تراکم پایین (LDPE) بسته‌بندی شده و در دمای ۱ ± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد به مدت ۶۰ روز در سردخانه نگهداری شدند. نتایج بررسی تغییرات رنگ پوسته‌ی تر میوه نشان داد که میوه‌های تیمار شده با نیتریک اکسید، مقدار ΔE کمتر اما شاخص L^* بالاتری نسبت به کنترل داشتند. تیمار نیتریک اکسید با ممانعت از کاهش وزن، حفظ سفتی پوست، کاهش نرخ تنفس و کم کردن فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO) باعث افزایش عمر انباری و کاهش قهوه‌ای شدن پوست پسته گردید. نیتریک اکسید همچنین کاهش محتوای فنل‌ها و آنتی‌اکسیدانی در پوست پسته را به تاخیر انداخت. غلظت ۱۵ میکرو مولار نیتریک اکسید در افزایش طول عمر پس از برداشت پسته موثرترین غلظت در مقایسه با کنترل بود. کاربرد پس از برداشت نیتریک اکسید می‌تواند روشی موثر برای حفظ کیفیت میوه‌های پسته تازه باشد.

کلمات کلیدی: سدیم نیترو پورساید، تنفس، پلی فنل اکسیداز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

پسته به عنوان محصول اصلی صادراتی باغبانی ایران، منبع خوبی از ویتامین‌ها و مواد معدنی است. خشک کردن پسته در معرض نور آفتاب، منجر به از دست رفتن آنتوسیانین، ویتامین E، فلاونوئیدها و فنل‌ها می‌شود (Ballistrersi *et al.*, 2009). بنابراین مصرف پسته به صورت تازه می‌تواند از نظر خواص مغذی بسیار ارزشمند باشد. پسته‌های تر تحت تاثیر تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی به سرعت پوسیده و قهوه‌ای می‌شوند که در نهایت کیفیت آنها کاهش یافته و عمر مفید پس از برداشت کوتاهی دارند. بنابراین، هر فاکتوری که سرعت پیری را کاهش داده و مانع فساد میوه شود، کیفیت و بازارپسندی محصول را حفظ می‌کند.

سدیم نیترو پورساید ترکیب آزاد کننده نیتریک اکسید است. نیتریک اکسید یک رادیکال گازی شکل بسیار واکنش‌پذیر است که در سال‌های اخیر توجه برخی محققان را برای استفاده در عمل‌آوری پس از برداشت محصولات باغی به خود جلب کرده است. لیو (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای تأثیر نیتریک اکسید بر روی رنگ خیار، کدو، فلفل، انگور قرمز، طالبی و کلم بروکلی را بررسی کرد. نتایج این بررسی نشان داد که در نمونه‌های بدون اعمال نیتریک اکسید تغییر رنگ (قهوه‌ای شدن) بیشتری ایجاد می‌شود. بررسی تأثیر نیتریک اکسید بر کیفیت و ماندگاری توت‌فرنگی نشان داد که نیتریک اکسید باعث حفظ محتوی فنل، ویتامین ث و وزن میوه در طی دوره‌ی نگهداری می‌شود (Asghari and Abdollahi., 2013). استفاده از نیتریک اکسید جهت تیمار میوه‌ی عناب نیز نشان‌دهنده‌ی کاهش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و افزایش محتوای ترکیبات فنلی کل در طول انبارداری بوده است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر سدیم نیترو پورساید در حفظ کیفیت پسته تازه و تأثیر این تیمار بر تغییرات میزان تنفس، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در میوه، طی زمان نگهداری در سردخانه می‌باشد.

IrHC2019

مواد و روش‌ها

میوه‌های پسته تازه در شهریور سال ۱۳۹۶ از باغی تجاری در شهر رفسنجان برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه پس از برداشت منتقل شدند. میوه‌ها از نظر اندازه و رنگ به طور یکنواخت و بدون آسیب مکانیکی انتخاب شدند و سپس به طور تصادفی به پنج گروه تقسیم شدند. این میوه ها با ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ میکرو مولار سدیم نیترو پورساید (مرک، آلمان) و آب مقطر به عنوان کنترل برای ۳۰ ثانیه در دمای اتاق اسپری شدند. پس از آن، میوه‌ها در دمای اتاق خشک شده و در دمای ۱ ± ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند. ویژگی‌های میوه مانند کاهش وزن، سفتی بافت پوست، نرخ تنفس، ویژگی‌های رنگ (مقدار L^*، ΔE)، محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز با فواصل ۱۵ روزه بررسی شدند.

رنگ میوه‌ها با سه شاخص $L^* a^* b^*$ توسط کرومومتر (Konica Minolta CR 400، ژاپن) اندازه‌گیری شد. پارامتر دیگر به دست آمده از پارامترهای رنگی بالا، تغییر رنگ کل (ΔE) است که نشان دهنده تغییر رنگ میوه‌ها پس از اعمال تیمار و انبارداری نسبت به روز اول می‌باشد (معادله ۱).

$$\Delta E = \sqrt{(L* - L0*)^2 + (a* - a0*)^2 + (b* - b0*)^2} \quad (1)$$

کاهش وزن با اندازه گیری وزن بسته‌های پسته در روز اول و سپس در هر دوره ذخیره سازی در طول مطالعه تعیین شد و به عنوان درصد از دست دادن وزن اولیه بیان شد. سفتی با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دیجیتال (Model Lutron FG5020, Taiwan) دارای پروب به قطر ۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

برای تعیین میزان تنفس در دوره پس از برداشت، تمام بسته‌ها در هر دوره از انبارداری از سردخانه خارج و به مدت دو ساعت در معرض هوای اتاق قرار گرفتند. سپس ۱۰۰ گرم از نمونه‌های پسته از هر بسته جمع آوری شده و در ظروف هوابندی شده به حجم ۱/۶ لیتر در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و اجازه داد شد که به مدت ۲ ساعت در این شرایط باقی بماند. یک میلی‌لیتر از هوای بالای نمونه‌ها به دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent 7890B، USA) مجهز به ستون Porapak تزریق شد. دمای اینجکتور، دتکتور و آون گاز کروماتوگرافی به ترتیب در ۱۰۰، ۱۲۰ و ۸۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. گاز حامل نیتروژن با سرعت جریان ۷۳/۷ میلی‌لیتر در دقیقه بود. میزان تنفس به صورت میلی‌لیتر CO_2 در کیلوگرم در ساعت بیان شد (Elamin and Goukh., 2009).

محتوای فنل کل بر اساس روش سینگلتون و همکاران (۲۰۰۹) اندازه‌گیری شد. پس از آماده‌سازی اولیه و ترکیب مواد انکوباسیون مخلوط در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد و جذب در دمای ۷۶۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت گردید. برای محاسبه از منحنی استاندارد گالیک اسید استفاده شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در هر گرم وزن تازه بیان شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز ۱۰۰میکرولیتر از عصاره‌ی به دست آمده به محلول حاوی کاتکول در غلظت نهایی ۰/۰۵ مولار اضافه شد. تغییرات جذب در دمای اتاق به مدت ۱ دقیقه در طول موج ۴۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر ثبت گردید و فعالیت آنزیم بر اساس واحد در گرم وزن تازه در دقیقه بیان شد (Koushesh saba., 2012).

عصاره آنتی‌اکسیدانی با افزودن ۱ گرم از بافت پوست تر میوه پسته که با استفاده ازت مایع در هاون پودر شده است به ۹ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد تهیه شد که به مدت ۳ دقیقه با استفاده از Ultra-turrax (مدل IKT18) همگن شد. فعالیت بازدارندگی DPPH بر اساس ظرفیت عصاره در جهت توقف رادیکال DPPH (2, 2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) براساس روش پیشنهاد شده توسط ناکاجیما و همکاران (۲۰۰۴) ارزیابی شد. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نرم افزار SAS با استفاده از تجزیه واریانس (ANOVA) داده‌ها در سطح احتمال ۱٪ مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

تنفس: در این مطالعه مقدار اولیه تنفس، بلافاصله بعد از برداشت و قبل از قرار گرفتن میوه‌ها در سردخانه به طور متوسط ۶۱/۷۶۲ میلی‌لیتر CO_2 در کیلوگرم در ساعت بود. پس از قرار گرفتن در سردخانه، میزان تنفس به شدت کاهش

IrHC2019

یافت، در حالی‌که در طول دوره انبارداری در تمام تیمارها میزان تنفس افزایش یافت. کمترین میزان تنفس در میوه‌های تیمار شده با ۱۵ میکرومولار نیتریک اکسید (۳۸/۸۲۳) و بیشترین میزان تنفس در تیمار ۶۰ میکرومولار نیتریک اکسید (۶۸/۲۱۶) مشاهده گردید (جدول ۱).

رنگ: داده‌ها نشان دادند که میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱۵ میکرومولار نیتریک اکسید میزان شاخص L^* بالاتر و ΔE پایین‌تری نسبت به نمونه‌های کنترل و سایر غلظت‌های مورد استفاده دارند (جدول ۱). نتایج حاصل نشان دهنده همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P<0.001, r= + 0.548$) بین ΔE و میزان تنفس نمونه‌ها طی مدت انبارمانی است.

کاهش وزن: میوه‌های تیمار شده پسته طی ۶۰ روز انبارداری کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد داشتند. کمترین و بیشترین کاهش وزن به ترتیب مربوط به تیمار ۱۵ میکرومولار نیتریک اکسید و کنترل بود (جدول۱).

سفتی: یافته‌ها نشان داد که میزان سفتی بافت پوست پسته در طول نگهداری در سردخانه کاهش می‌یابد، اما در تیمارها این کاهش با سرعت کمتری رخ می‌دهد (جدول ۱). بالاترین میزان سفتی میوه‌های تیمار شده در غلظت ۱۵ میکرومولار و کم‌ترین میزان سفتی در میوه‌های کنترل مشاهده شد که با تیمار ۶۰ میکرومولار نیتریک اکسید اختلاف معنی-داری نداشت. نتایج نشان دادند که بین میزان سفتی و روند تغییرات نرخ تنفس نمونه‌ها همبستگی معنی‌دار ($p<0.001$) و منفی ($r= - 0538$) وجود دارد، بدین معنی که کنترل نرخ تنفس منجر به حفظ سفتی بافت محصول می‌شود.

فنل‌های کل: یافته‌ها نشان داد که میزان فنل‌های کل در پوسته‌ی تر میوه پسته در طول نگهداری در سردخانه کاهش می‌یابد، اما در تیمارها این کاهش با سرعت کمتری رخ می‌دهد (جدول۱). بیشترین میزان فنل‌ها در غلظت ۱۵ میکرومولار نیتریک اکسید و پایین‌ترین میزان محتوای فنولیک در تیمار۶۰ میکرومولار نیتریک اکسید و کنترل مشاهده گردید.

پلی فنل اکسیداز: فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز به تدریج در بافت پوست‌تر میوه‌ها اعم از کنترل و تیمار شده در طول زمان ذخیره‌سازی افزایش یافت. میوه‌های تیمارشده با ۱۵میکرومولار به طور معنی‌داری کمترین میزان فعالیت پلی فنل اکسیداز را نسبت به شاهد و سایر تیمارهای نیتریک اکسید نشان داد (جدول ۱).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: با گذشت زمان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به طور قابل توجهی در بافت پوست میوه‌ها در هم در میوه‌های کنترل هم در میوه‌های تیمار شده کاهش می‌یابد. با این حال ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه‌های تیمار شده در سطح بالاتری قرار داشت (جدول۱) و روند کاهشی کندتری در طی دوره‌ی انباری نشان داد. نتایج نشان می‌دهدکه ظرفیت آنتی-اکسیدانی در میوه‌های تیمارشده با غلظت ۱۵ میکرو مولار نیتریک اکسید به طور معنی‌داری بیشتر بود.

IrHC2019

جدول ۱. تاثیر تیمار نیتریک اکسید بر خصوصیات کیفی پسته‌ی تازه طی مدت انبارمانی

غلظت (میکرومولار)	زمان	کاهش وزن (درصد)	سفتی بافت (کیلوگرم)	نرخ تنفس (میلی‌لیتر در کیلوگرم در ساعت)	L*	ΔE	فنل کل (میلیگرم در یک گرم وزن تازه)	پلی فنل اکسیداز (واحد در گرم وزن تازه در دقیقه)	ظرفیت آنتی اکسیدانی (درصد)
۰	۰	۰/۰۰۸ i	۴/۲۶ a	۵۷/۵ d-f	۵۹/۶ ab	۳/۴۴ h-k	۱۸/۶۷ a	۰/۰۱۶ g	۳/۲۱ a
	۱۵	۰/۹ h	۳/۹ a-e	۳۶/۱۸ i	۵۵/۷ d-f	۶/۳۷ g	۱۶/۳ b-e	۰/۱۶۲۳۳ ef	۳/۰۰۴ d-i
	۳۰	۱/۳ fg	۳/۵ e-g	۳۶/۷۳ i	۵۴/۳۶ e-g	۶/۳۷ g	۱۴/۴ c-k	۰/۱۹۸ de	۴/۱۸ g-j
	۴۵	۱/۸ e	۳/۵ e-g	۵۵ e-g	۴۴/۴ d-f	۱۷/۳۶ d	۱۲/۹ e-k	۰/۲۶۶ b	۱/۹۹ jk
	۶۰	۳/۰۶ a	۲/۴۷ i	۷۶/۲ b	۳۷/۸ kl	۲۷/۳۴ b	۸/۳۴۳ lm	–	۵/۳۴ k
۱۵	۰	۰/.۱۱ i	۴/۲۲۳ a	۶۰ c-e	۵۹/۷۶ ab	۳/۳۳ i-k	۱۸/۸ a	۰/۰۱۳ g	۱/۳۳ ab
	۱۵	۰/۱۱ ki	۴/۱۱ a-c	۱۹/۴ j	۵۸/۱۸ d	۲/۰۵۳ k	۱۶/۸۶ bc	۰/۱۴۴ f	۲/۰۷ ac
	۳۰	۰/۵۲ ij	۳/۹۴ a-e	۱۲/۸۲ j	۵۷/۳ b-d	۴/۴۹۵ j k	۱۶/۵ b-d	۰/۱۶۴۶ ef	۳/۹۸ a-f
	۴۵	۱/۱۴ gh	۳/۷۱ b-f	۴۵/۳ g-i	۵۵/۹ d-f	۴/۴۹ g-j	۱۵/۹۵ c-f	۰/۱۷۵ d	۱/۴۷ c-h
	۶۰	۱/۴۵f g	۳/۱۳ gh	۴۹ f-h	۵۱/۴ hi	۹/۲۴ ef	۱۵/۷ c-h	–	۱/۹۳ f-i
۳۰	۰	۰/۰۰۸ i	۴/۱۲ ab	۶۸ b-d	۶۰/۱ a	۳/۲۵ i-k	۱۸/۸۳ a	۰/۰۱۶۳۳ g	۰/۹۱ a
	۱۵	۰/۴۹۵ ij	۴/۰۴ a-d	۲۲/۵ j	۵۶/۹ c-e	۳/۲۴ i-k	۱۷/۶۸ ab	۰/۱۴۷ f	۲/۰۱۹ a-e
	۳۰	۰/۸۳۲ hi	۳/۶۷ b-f	۲۳/۱ j	۵۴/۲ fg	۵/۸۵ gh	۱۵/۶۶ c-i	۰/۱۹۷ de	۰/۵۵ a-f
	۴۵	۱/۶۴۶ ef	۳/۵۲ -g	۳۶/۱ i	۴۹/۴ i	۱۱/۵۳ e	۱۲/۶ f-k	۰/۲۵۸ bc	۱/۸۱۵ b-g
	۶۰	۲/۲۹ cd	۲/۶۸۱ hi	۴۰/۱ hi	۴۶ j	۱۷/۶ d	۱۲/۰۳ i-k	–	۱/۵۶۵ g-i
۴۵	۰	۰/۰۰۸ i	۴/۰۶ a-e	۶۰/۱ c-f	۵۸/۶ a-c	۳/۴۱ h-k	۱۸/۶۲ a	۰/۰۱۶ g	۴/۴۵ ab
	۱۵	۰/۳۷۵ jk	۳/۸۴ a-e	۳۶/۶ i	۵۴/۰۶ f-h	۴/۷ g-j	۱۵/۱۲ c-i	۰/۱۵۲ f	۱/۲۲ a-f
	۳۰	۰/۸۸۲ h	۳/۶۵ b-f	۳۶/۸ i	۵۳/۹ fg	۵/۷۲ gh	۱۲/۶۶ f-k	۰/۲۱۵ cd	۳/۸۵ a-f
	۴۵	۱/۸۸۰ e	۳/۴۵ e-g	۷۳/۱ b	۴۴/۳ i	۱۷ d	۱۱/۶۳ j-i	۰/۳۶۲ a	۱/۲۳۵ d-i
	۶۰	۲/۵۳ bc	۲/۶۸ hi	۷۷/۱ b	۳۶/۰۳ j	۲۴/۴۸ c	۱۱/۴ k-m	–	۲/۳۹ i-k
۶۰	۰	۰/۰۰۸ i	۴/۰۱ a	۶۰/۱ c-f	۵۹/۵ a-c	۳/۳۵ h-k	۱۸/۲۱ a	۰/۰۱۴۶۷ g	۳/۹۹۷ a-d
	۱۵	۰/۳۷۴ jk	۳/۶۲ c-g	۵۴ e-g	۵۴/۱ fg	۶/۱۵ g	۱۳/۲ d-k	۰/۱۷۷۷ d-f	۳/۶۲۸ d-i
	۳۰	۰/۸۱۱ hi	۳/۳۰ fg	۵۴ e-g	۵۲/۳ gh	۸/۹۱ f	۱۱/۸ j-i	۰/۲۷۶۷ b	۳/۱۵ e-i
	۴۵	۱/۹۶۶ de	۳/۲۷ fg	۷۰/۹ bc	۳۹ k	۲۳/۵۶ c	۷/۹۶ m	۰/۴۰۴ a	۱/۵۵ e-i
	۶۰	۲/۸۶ ab	۲/۵۲ i	۱۰۲/۵ a	۳۱/۷ m	۳۱/۸۹ a	۷/۹۳ m	–	۵/۶۴ h-k

بحث

نتایج نشان داد که پس از تیمار پسته با نیتریک اکسید با غلظت ۱۵ میکرومولار میزان تغییر رنگ، همچنین میزان تنفس به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. در مطالعات قبلی سرکوب تنفس با نیتریک اکسید در پاپایا (Li *et al.*, 2014) نیز گزارش شده است. NO یک مهارکننده قوی زنجیره تنفسی میتوکندریایی است که به پروتئین آهن گوگرد در این مرکز متصل می‌شود و فعالیت بیولوژیکی آن را مهار می‌کند (Li *et al.*, 2014). از دیگر اثرات نیتریک اکسید در کاهش تنفس می‌توان به اثر بازدارندگی آن برروی تولید اتیلن اشاره کرد (Li *et al.*, 2014). بدین ترتیب NO خارجی می‌تواند عمر مفید پس از برداشت محصول را با مهار انتشار اتیلن و کاهش میزان تنفس، به طور قابل توجهی افزایش دهد، به این معنی که NO ممکن است

IrHC2019

نقش مهمی در تنظیم فرآیند پیری داشته باشد (Li *et al.*, 2014). بنابراین ممکن است فرآیند پیری در پسته که عمدتا با تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن پوست همراه است را به تأخیر اندازد.

سفتی یکی از ویژگی‌های مهم میوه‌ها در افزایش عمر پس از برداشت، افزایش مقاومت در برابر آلودگی به عوامل بیماری‌زا و همچنین افزایش مقاومت در برابر خسارت‌های مکانیکی می‌باشد. از مهم‌ترین عوامل مؤثر در نرم شدن میوه‌ها می‌توان به اتیلن اشاره کرد که باعث تسریع نرم شدگی محصولات می‌شود، زیرا فعالیت آنزیم‌های دخیل در نرم شدن دیواره سلول از قبیل گلوکاناز و آندوپلی‌گالاکتروناز وابسته به اتیلن است (Atkinson *et al.*, 1998). تیمار نیتریک اکسید با کاهش فعالیت آنزیم‌های اگزوپلی‌گالاکتروناز و اندوپلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز از نرم شدن میوه‌های توت فرنگی ممانعت می‌کند (Asghari and Abdollahi., 2012).

آنزیم پلی فنل اکسیداز در مرکز فعال خود دارای دو یون مس است. نیتریک اکسید با این یون‌ها وارد واکنش شده و یک کمپلکس حاوی مس را تشکیل می‌دهد که منجر به کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز می‌شود (Bogdan., 2001). نیتریک اکسید با مهار فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز، منجر به تخریب کمتر ترکیبات فنلی می‌شود.

در این مطالعه مشاهده شد نیتریک اکسید می‌تواند ظرفیت آنتی اکسیدانی را به میزان قابل توجهی در طول انبارمانی حفظ کند، که به نظر می‌رسد با میزان بالای فنل‌ها در این تیمارها ارتباط دارد. بسته به میزان غلظت، نیتریک اکسید می‌تواند تأثیری مثبت یا منفی بر روی کیفیت محصولات داشته باشد. در این مطالعه، غلظت کم نیتریک اکسید (۱۵ میکرومولار) باعث طولانی‌تر شدن عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت میوه می‌شود، در حالی که غلظت‌های بالا باعث آسیب رسیدن به میوه می‌گردد.

منابع

Asghari, M. and Abdollahi, R. 2013. Changes in quality of strawberries during cold storage in response to postharvest nitric oxide and putrescine treatments. Acta alimentaria, 42(4): 529-539.

Atkinson, R.G., Bolitho, K.M., Wright, M.A., Iturriagagoitia-Bueno, T., Reid, S.J. and Ross, G.S. 1998. Apple ACC-oxidase and polygalacturonase: ripening-specific gene expression and promoter analysis in transgenic tomato. Plant molecular biology, 38(3): 449-460.

Ballistrersi, G., Arena, E. and Fallico, B. 2009. Influence of Ripeness and Drying Process on the Polyphenols and Tocopherols of Pistacia vera L. Molecules, 14(11): 4358-4369.

Bogdan, C. 2001. Nitric oxide and the regulation of gene expression. Trends in Cell and Molecular Biology. 11(2): 66-75.

Elamin, M. A. and Abu-Goukh, A. B. A. 2009. Effect of polyethylene film lining and potassium permanganate on quality and shelf-life of banana fruits. Gezira Journal of Agricultural Science, 7(2).

Koushesh saba, M., Arzani, K. and Barzegar, M. 2012. Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. Journal of agricultural and food chemistry, 60(36): pp.8947-8953.

Li, X.P., Wu, B., Guo, Q., Wang, J.D., Zhang, P. and Chen, W.X. 2014. Effects of nitric oxide on postharvest quality and soluble sugar content in papaya fruit during ripening. Journal food process and preservation, 38(1): 591-599.

Liu, Y. B. 2013. Nitric oxide as a potent fumigant for postharvest pest control. Journal of economic entomology, 106(6): 2267-2274.

Nakajima, J.I., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M. and Saito, K. 2004. LC/PDA/ESI-MS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *BioMed Research International*, *2004*(5): pp.241-247.

Neill, S. J., Desikan, R. and Hancock, J. T. 2003. Nitric oxide signalling in plants. New Phytologist, 159(1): 11-35.

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in enzymology, 299: 152-178.

IrHC2019

Post-harvest effects of nitric oxide treatment on antioxidant activity, some qualitative properties and postharvest life of fresh pistachio fruit

Shahin Gheisarbigi[1], Seyed Hossein Mirdehghan[1], Mahmood Ghasemnezhad[2], Fatemeh Nazoori[1]
[1]Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran.
[2]Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht. Iran.

Abstract
In order to evaluate the effect of nitric oxide on maintaining quality and prolonging post-harvest life of fresh pistachio, the fruits cv. 'Ahmad Aghaei' were sprayed with sodium nitroprusside (nitric oxide donor) with 0 (control), 15, 30, 45 and 60 µM for 30 second, dried at room temperature and thereafter packed in plastic tray wrapped with low density poly ethylene (LDPE) then stored at 2 ± 1˚C with 90-95 % R. H. for 60 days. Results showed that the nitric oxide treated fruits have lower ΔE and higher L* value than control. Nitric oxide treatment could have prevented weight loss, maintained firmness of the skin, reduced respiration rate, and suppressed the activity of polyphenol-oxidase (PPO) enzyme and consequently increased the shelf life and decreased browning of pistachio hull. It also delayed declining total phenolics and antioxidant activity of fresh pistachio hull. The results show that nitric oxide treatment maintains the quality of pistachios much better than control. The concentration of 15 µM sodium nitroprusside (SNP) were the most effective on extending postharvest life as compared with the control. Application of SNP can be an alternative method maintaining quality of harvested fresh pistachio fruits.

Key words: Sodium nitroporside, respiration rate, polyphenol oxidase, antioxidant capacity

IrHC2019