

تأثیر پوشش نانو ذرات اکسیدروی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، فعالیت آنزیمی و انبارمانی میوه گیلاس (*Prunus avium*) رقم تکدانه مشهد

پریسا افرا^۱ و لطفعلی ناصری^{۲*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۱۰)

چکیده

میوه گیلاس (*Prunus avium*) رقم تکدانه مشهد، مستعد آلودگی به عوامل قارچی بوده و از عمر انباری کوتاهی برخوردار است. در پژوهش حاضر، کارآیی نانو اکسیدروی به عنوان پوشش خوراکی جهت افزایش عمر انباری گیلاس مورد بررسی قرار گرفت. میوه‌های گیلاس برداشت شده با نانو اکسیدروی در غلظت‌های ۰،۰۳، ۰،۰۶ و ۰،۰۹ درصد (w/v) مورد تیمار قرار گرفته و به سردخانه‌ای با دمای $1^{\circ}\text{C} \pm 2$ و رطوبت نسبی 5 ± 90 درصد انتقال یافتند. شاخص‌هایی از قبیل pH، اسیدهای آلی، مواد جامد محلول، میزان پوسیدگی، میزان فنل کل، اسید آسکوربیک و میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز در دو مرحله به فاصله هر پانزده روز یک بار با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. تیمار میوه گیلاس با نانو اکسیدروی باعث کاهش فساد میوه‌ها نسبت به میوه‌های شاهد شد، به طوری که کمترین میزان فساد میوه‌ها و بیشترین بازارپسندی در تیمار ۰،۰۹ درصد نانو اکسیدروی در روز ۱۵ پس از برداشت مشاهده شد. در روز سی‌ام پس از برداشت، میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز در تیمار ۰،۰۹ درصد نانو اکسیدروی به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود. میزان فنل کل در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد افزایش یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پوشش‌دهی میوه گیلاس با نانو اکسیدروی می‌تواند به عنوان روشی سالم و بدون مضرات جانبی، مدت انبارمانی میوه گیلاس را در سردخانه تا ۳۰ روز افزایش دهد.

کلمات کلیدی: عمر قفسه‌ای، فنل، فنیل آلانین آمونیا لیاز، گیلاس، نانو اکسیدروی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* پست الکترونیک: l.naseri@urmia.ac.ir

مقدمه

امروزه فرآورده‌های باغبانی در رژیم غذایی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند (اثنی‌عشری و زکائی خسروشاهی، ۱۳۸۷). یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید و نگهداری محصولات، آفات و بیماری‌ها می‌باشند. بنابراین نگهداری محصولات باغی پس از برداشت، از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بیماری‌های پس از برداشت سالانه خسارت فراوانی (حدود ۵۰-۱۰٪) به تولیدکنندگان میوه وارد می‌کنند (مارگوسان^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به اثرات سوء قارچ‌کش‌ها و مواد شیمیایی بر سلامتی انسان بعضی از قارچ‌کش‌های مورد استفاده به خاطر پایین بودن سرعت تجزیه طبیعی آنها در محیط می‌توانند، آلودگی ایجاد کنند. این موضوع نیاز به روش‌های جایگزین جدید و سالم و مواد تجزیه‌پذیر را به عنوان قارچ‌کش‌های طبیعی افزایش داده است (چیترا و آنادوریا^۲، ۲۰۱۳). گیلان با نام علمی *Prunus avium* L. متعلق به تیره گلسرخیان (Rosaceae) می‌باشد. انبارمانی پس از برداشت گیلان به دلایلی از جمله از دست دادن آب، نرم شدن میوه، قهوه‌ای شدن دم میوه، زوال رنگ و پوسیدگی‌های قارچی پس از برداشت ایجاد شده به وسیله بوتریتیس^۳، ریزوپوس^۴، پنی سیلیوم^۵ و اسپرژیلوس^۶ محدود می‌شود (ایپولیتو^۷ و همکاران، ۲۰۰۵). اکسیدروی یک ترکیب شیمیایی با فرمول ZnO است که به صورت پودر سفید رنگ بوده و در آب نامحلول است. استفاده از نانو اکسیدروی روشی برای پخش کردن عنصر روی در رسانای آبی می‌باشد. نانو اکسیدروی، اندازه ذرات نانو بین ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر پخش شده در محلول آبی با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کاربردی منحصر به فرد است (رائو و کلمنتس^۸، ۲۰۱۱). نانو اکسیدروی در حال حاضر به طور گسترده‌ای برای پوشش‌دار کردن، حفاظت و انتقال روی در مواد غذایی و

میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (لاکشمی^۹ و همکاران، ۲۰۱۸). ذرات نانو اکسید روی به عنوان مهارکننده رشد میکروبی شناخته شده است (جانستون^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۷). تحقیقات انجام شده نشانگر این امر است که کاربرد پوشش‌های نانو اکسیدروی باعث افزایش ماندگاری در توت‌فرنگی شده است (سوگوار^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۶). هدف از این پژوهش، برای اولین بار مطالعه تیمار پوشش خوراکی به صورت نانو اکسید روی در افزایش عمر قفسه‌ای گیلان رقم تک‌دانه مشهد بود تا بهترین تیمار جهت حفظ کیفیت میوه و افزایش عمر انبارمانی مشخص شود.

مواد و روش‌ها

تهیه میوه‌ها و نانو اکسید روی

میوه‌های گیلان مورد استفاده در این آزمایش از یکی از باغات واقع در منطقه نازلوی شهر ارومیه در اوایل صبح برداشت شدند (در زمان برداشت TSS=16). تا حد امکان سعی شد میوه‌هایی برداشت شوند که در مرحله بلوغ تجاری بوده (راحی، ۱۳۸۹) و از نظر رنگ، شکل و اندازه یکنواخت و بدون آسیب‌دیدگی باشند. نانو اکسید روی از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان واقع در شهر مشهد خریداری شد.

فرآیند اعمال تیمارها

برای تهیه غلظت‌های مربوط به نانو اکسید روی چهار ظرف یک لیتری حاوی آب مقطر تهیه شده و سپس مقادیر ۰،۳، ۰،۶ و ۰،۹ گرم نانو اکسید روی به ظروف فوق اضافه گردید، باتوجه به ماهیت نانو بودن ماده و عدم حلالیت آن در آب مقطر از دستگاه اولتراسونیک (Elmasonic) با قدرت ۱۲۰ هرتز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه جهت امولسیون کردن نانو اکسید روی در آب استفاده شد (سوگوار و همکاران، ۲۰۱۶؛ زارعی و همکاران، ۱۳۹۶). سپس برای اعمال تیمارها ۲۰ عدد از میوه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در داخل ظرف حاوی نانو اکسید روی و آب مقطر با غلظت مشخص غوطه‌ور

1. Margosan
2. Chitra and Annaduria
3. *Botrytis cinerea*
4. *Rhizopus* sp
5. *Penicillium expansum*
6. *Aspergillus nigra*.
7. Ippolito
8. Rao and McClement

9. Lakshmi
10. Johnston
11. Sogvar

پوسیدگی)، سپس شاخص پوسیدگی بر اساس فرمول زیر بر حسب درصد بیان شد (ژیو و ژو^۱، ۲۰۰۷).

$$\text{شاخص پوسیدگی} = \frac{\sum(\text{نمره} \times \text{مقدار})}{4 \times 20} \times 100$$

سفتی میوه

برای تعیین سفتی، از دستگاه سفتی‌سنج مدل TA.XT Plus Stable Micro System UK استفاده شد. آزمون نفوذ فشار شی با میزان جابه‌جایی ۶ میلی‌متر با پروب به قطر ۲ میلی‌متر (P/2) انجام گرفت. میزان فشاری که بر حسب نیوتن در اثر مقاومت بافت میوه به نوک سفتی سنج وارد آمد، قرائت گردید (وارگاس^۲ و همکاران، ۲۰۰۶).

میزان فنل کل

جهت اندازه‌گیری فنل کل از معرف فولین سیوکالتیو استفاده شد. ابتدا مقدار ۱۰ میکرولیتر عصاره غلیظ (عصاره‌ای که با گرفتن آب میوه از گیلان تهیه شده بود) در داخل لوله آزمایش ریخته شده و ۹۰ میکرولیتر آب مقطر به آن اضافه گردید، در مرحله بعد میزان ۶۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو ۱۰ درصد به هریک از نمونه‌ها اضافه کرده و به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. در مرحله آخر میزان ۴۸۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به هر یک از عصاره‌ها اضافه و به مدت ۳۰ الی ۴۵ دقیقه در دمای اتاق و تاریکی قرار گرفت. قرائت جذبی محلول مورد نظر در طول موج ۷۶۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر (MODEI: UV 2100) انجام شد. آب مقطر به عنوان شاهد و گالیک اسید به عنوان استاندارد استفاده گردید. منحنی استاندارد بر اساس گالیک‌اسید، رسم و نتایج به صورت میلی‌گرم معادل گالیک‌اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره میوه گزارش شد (ابراهیم‌زاده^۳ و همکاران، ۲۰۰۸).

شدند و بعد از آن به مدت ۶۰ دقیقه روی حوله کاغذی قرار داده شدند تا محلول اضافی روی میوه گرفته شود. سپس در داخل ظروف یکبار مصرف از قبل با اتانول ۷۰٪ استریل شده قرار گرفته و با پارافیلیم دور درب ظروف جهت جلوگیری از تبادل هوا مسدود شده و به سردخانه‌ای با دمای 1 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد انتقال یافتند.

صفات مورد ارزیابی

اسید قابل عیارسنجی (TA)، مواد جامد محلول (TSS) و pH عصاره میوه

اسید قابل عیارسنجی به روش عیارسنجی با سود ۰/۱ نرمال و بر حسب اسیدمالیک محاسبه گردید، به عبارت دیگر با محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به $\text{pH} = 8.2$ تیترا گردید و پس از قرار دادن مقدار سود مصرفی در فرمول زیر اسیدهای آلی بر اساس درصد محاسبه شد:

$$\text{TA} = \frac{\text{S.N.F.E}}{\text{C}} \times 100$$

در این فرمول TA: مقدار اسید بر اساس میلی‌گرم اسید مالیک در ۱۰ میلی‌لیتر عصاره نمونه، E: وزن مولکولی اسید غالب، F: فاکتور NaOH، S: حجم سود مصرفی، C: مقدار عصاره استفاده شده و N: نرمالیت NaOH می‌باشد. برای اندازه‌گیری pH آب میوه از عصاره صاف شده میوه استفاده شد، pH آب میوه با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتالی مدل AZ 8601 انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری میزان TSS عصاره مربوط به هر نمونه با استفاده از دستگاه رفرکتومتر دستی مدل ATAGO ژاپن در دمای آزمایشگاه اندازه‌گیری شد، برای کالیبره کردن این دستگاه نیز از آب مقطر استفاده گردید (جلیلی‌مردی، ۱۳۹۱).

پوسیدگی میوه‌ها

برای ارزیابی میزان پوسیدگی از روش نمره‌دهی استفاده شد و درصد پوسیدگی میوه‌های تیمار شده و شاهد به صورت عددی (۵-۱) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس میزان پوسیدگی موجود در روی میوه‌ها به صورت زیر نمره-های ۱ تا ۵ به آن‌ها داده شد: ۱: میوه‌های بدون پوسیدگی (عالی)، ۲: خوب (۲۵٪ پوسیدگی)، ۳: متوسط (۵۰٪ پوسیدگی)، ۴: بد (۷۵٪ پوسیدگی) و ۵: فاسد (۱۰۰٪ پوسیدگی).

1. Zhu and Zhou
2. Vargas
3. Ebrahimzadeh

میزان اسیدآسکوربیک

میزان آسکوربیک اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ۶،۲-دی کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) توسط آسکوربیک اسید اندازه گیری شد (بور^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). در این روش، مقدار ۰/۵ گرم از بافت گوشت و پوست میوه با ۳ میلی لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط فوق در دمای ۴ درجه سانتیگراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۲۰۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۱۱۰۰ میکرولیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در ۴ تکرار خوانده شد. نمونه شاهد (کنترل) دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود. از آسکوربیک اسید هم بعنوان شاهد جهت رسم منحنی استاندارد استفاده شد.

فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز (PAL)

برای سنجش فعالیت آنزیم PAL از روش کارتی کیان^۲ و همکاران (۲۰۰۸) با کمی تغییر استفاده شد. یک گرم از بافت تازه میوه با استفاده از ۱/۵ میلی لیتر بافر استخراج (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی وینیل پیرولیدون و ۱/۴ میلی مولار مرکاپتواتانول) با pH=۷ کوبیده شد سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴°C سانتریفیوژ شد. پس از اتمام سانتریفیوژ از عصاره رویی برای سنجش آنزیم استفاده شد. محتوی نمونه برای سنجش آنزیم حاوی ۲۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، یک میلی لیتر بافر سنجش (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی وینیل پیرولیدون و ۱/۴ میلی مولار مرکاپتواتانول) با pH = ۸/۸ و ۱۰۰۰ میکرولیتر L-فنیل آلانین ۱۲ میلی مولار بود که به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن-ماری) با دمای ۳۰°C قرار داده شده و جذب در طول موج ۲۹۰nm با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید. محاسبه فعالیت آنزیم PAL با استفاده از قانون بیرلامبرت (وزن، حجم عصاره، حجم نهایی، استخراج، ضریب

خاموشی و وزن مولکولی) و با ضریب خاموشی ($\mu\text{l.cm}^{-1}$) ۹۶۳۰ و برحسب نانو مول وزن تر بر دقیقه انجام گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

اندازه گیری شاخص‌ها در روزهای پانزدهم و سیام انبارداری صورت گرفت. کلیه داده‌های به دست آمده در چهار تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS9.2 آنالیز شده، و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان TA، TSS و pH عصاره میوه گیلاس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های نشان دادند که بین میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانو اکسید روی و میوه‌های شاهد، تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۱). نتایج بررسی‌های ما نشان داد که بیشترین میزان TA عصاره میوه گیلاس با مقدار ۲/۰۵ درصد در میوه‌های تیمار شده با ۰/۰۹ درصد نانو اکسیدروی در روز سیام و کمترین مقدار آن نیز با مقدار ۱/۳۴ درصد در میوه‌های شاهد در روز سیام پس از انبارمانی مشاهده شد (جدول ۲). در مورد درصد مواد جامد محلول نیز اندازه گیری‌ها مشخص کرد که میزان TSS عصاره میوه گیلاس در بیشترین مقدار خود برابر با ۲۳ درجه بریکس در میوه‌های مربوط به شاهد در روز سیام پس از انبارمانی بود، در حالی که کمترین میزان آن در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۰۹ درصد نانو اکسید روی در همان روز مشاهده گردید (جدول ۲). همچنین نتایج اندازه گیری‌ها نشانگر بیشترین pH عصاره میوه گیلاس در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۰۶ درصد نانو اکسید روی در روز سیام پس از انبارمانی با مقدار ۹/۳۸ و کمترین مقدار آن با میزان ۷/۱۹ در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۰۹ درصد نانو اکسیدروی در روز پانزدهم پس از انبارداری بود (جدول ۲). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هم نانو اکسیدروی و هم زمان انبارداری، روی میزان اسیدهای آلی تأثیر داشتند. در طی زمان انبارداری میزان اسیدهای آلی کاهش یافته است که این روند هم در میوه‌های شاهد و هم در میوه‌های تیمار شده مشاهده شد. معمولاً اسیدهای آلی در طی رسیدن و نگهداری، در اثر تنفس و یا تبدیل به قندها کاهش

1. Bor
2. Karthikeyan

میزان پوسیدگی و لهیدگی

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که روند صعودی هم در میوه‌های شاهد و هم در میوه‌های تیمار شده مشاهده شد، در حالی که روند نزولی کاهش پوسیدگی با افزایش غلظت تیمار مشاهده گردید. کمترین میزان پوسیدگی در غلظت ۰/۰۹ درصد و بیشترین میزان آن در میوه‌های شاهد گزارش شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تفاوت کاملاً معنی‌داری بین میوه‌های شاهد و تیمار شده با نانواکسید روی در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۱). پوشش‌های خوراکی مانند نانواکسیدروی، اسانس‌ها و کیتوسان در القاء مقاومت به بیماری‌ها و حفظ سفتی و بازار پسندی میوه‌ها نقش بسزایی دارند. در مطالعه حاضر با افزایش غلظت نانواکسید روی بعنوان پوشش خوراکی میزان پوسیدگی در میوه‌های تیمار شده کاهش نشان می‌دهد، به طوری که کمترین میزان پوسیدگی مربوط به تیمار ۰/۰۹ درصد نانواکسید روی است.

سفتی میوه‌ها

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که غلظت‌های مختلف نانواکسیدروی تأثیر معنی‌داری بر روی شاخص سفتی میوه‌ها داشت، همچنین سفتی بافت اکثر نمونه‌های تیمار شده به طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بیش از نمونه‌های شاهد بوده است (جدول ۱)، به طوری که میزان این شاخص به ترتیب از مقدار ۰/۲۰ در شاهد در روز سی‌ام تا ۰/۲۸ نیوتن بر میلی‌مترمربع در غلظت ۰/۰۳ درصد نانواکسیدروی در روز پانزدهم پس از انبارمانی متغیر بود (شکل ۱). نانواکسید روی به عنوان یک پوشش از اتلاف آب که از عوامل تسریع نرم شدن است می‌کاهد، همچنین با تغییر غلظت O_2 و CO_2 ، تنفس، تولید اتیلن و فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده و رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهد که در مطالعه حاضر نیز استفاده از پوشش خوراکی، باعث شد که روند نزولی کاهش سفتی حالت کندتری به خود گرفته که با نتایج مرجانلو و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت داشت.

میزان فنل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان فنل کل میوه‌های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۱).

می‌بایند و کاهش آنها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد (جلیلی‌مردنی، ۱۳۹۱). اما با تیمار نانواکسید روی و افزایش غلظت آن میزان کاهش اسیدهای آلی روند کندتری به خود گرفته‌اند. به عبارت دیگر، در مطالعه حاضر پوشش خوراکی با کاهش تنفس و واکنش‌های آنزیمی دخیل در آن، مصرف اسیدهای آلی را کند کرده که با مطالعات سایر محققین مطابقت دارد (راتور^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). pH عصاره میوه‌ها در طول نگهداری با گذشت زمان به واسطه‌ی تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس به علت فرآیند رسیدگی و پیری میوه‌ها افزایش می‌یابد. نانواکسید روی به عنوان یک پوشش خوراکی ورود و خروج گازها را کاهش می‌دهند و با کاهش میزان تنفس از تجزیه کربوهیدرات جلوگیری می‌کنند و در نتیجه با روند صعودی افزایش pH مقابله می‌کند (منگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان pH روند صعودی را نشان می‌دهد در حالی که با افزایش میزان غلظت نانواکسید روی این روند حالت عکس به خود گرفته و روند نزولی را نشان داد که با مطالعات سایر محققان نیز مطابقت دارد (اصغری و شهامت، ۱۳۹۲).

به دنبال شکستن کربوهیدرات‌ها، مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه قندها به واحدهای کوچکتر (سازنده)، تبدیل آنها به قندهای محلول در طی تنفس صورت می‌گیرد و هر عاملی که از شکستن دیواره‌های سلولی جلوگیری کند و یا آن را کاهش دهد باعث جلوگیری از افزایش غیرعادی TSS خواهد شد (هزباوی^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه حاضر مطابق با نتایج سایر محققین (طلایی و همکاران، ۱۳۸۳)، با استفاده از پوشش خوراکی با کنترل میزان شدت تنفس و کاهش آن، میزان مواد جامد محلول با کاهش تجزیه کربوهیدرات‌های پلیمری دیواره سلولی و اسیدهای آلی روند نزولی را نشان داد.

1. Rathore
2. Meng
3. Hazbavi

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و زمان انبارداری بر برخی صفات کیفی میوه گیلاس

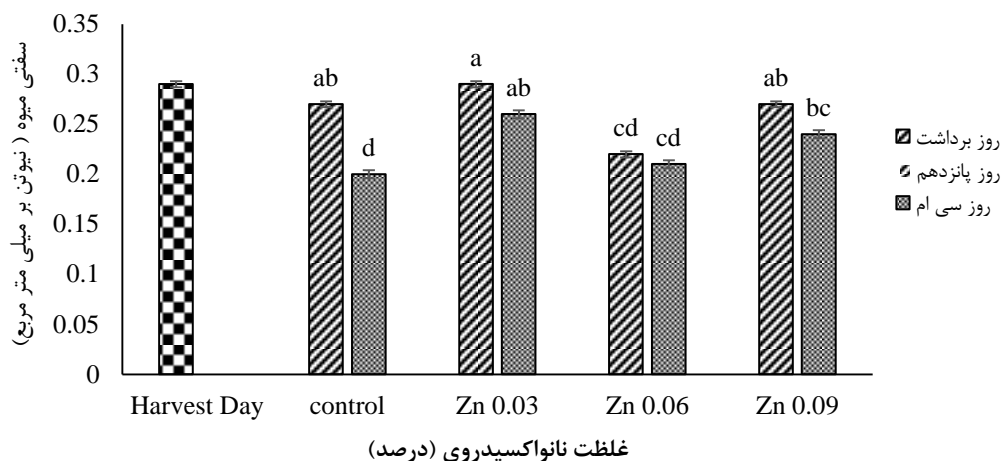
میانگین مربعات									درجه آزادی	منابع تغییرات
PAL	ویتامین ث	فنل	رنگ	سفتی	پوسیدگی	TSS	pH	TA		
۸۷/۹۲۶۹**	۰/۰۶۵۹**	۱۲۰/۰۸۷۹**	۱۷۴۵۰/۸۹۸۳**	۰/۰۰۵۷**	۴۸۵۴/۱۶۶۶**	۶/۳۲۰۳**	۲/۲۸۹۴**	۰/۴۲۰۱**	۳	نانو اکسیدروی
۳۰۴۹/۴۱۴۵**	۰/۰۵۲۰**	۴۵۳/۲۳۰۷**	۶۹۸/۴۴۵۳ ^{ns}	۰/۰۰۶۹**	۶۶۱۲/۵**	۲/۸۲۰۲*	۸/۸۴۱۰**	۰/۱۷۸۵**	۱	زمان
۱۰۷/۶۳۰۷**	۰/۰۰۳۴**	۸۷۳/۲۷۹۶**	۱۳۵۹۹/۸۸**	۰/۰۰۱۳**	۲۲۰/۸۳۳۳**	۳/۷۷۸۶**	۰/۶۳۸۳**	۰/۰۵۵۹**	۳	نانو اکسیدروی × زمان
۲/۴۳۸۸	۰/۰۰۰۱	۲۷/۴۴۴۶	۱۸۰/۷۷۲۶	۰/۰۰۰۲	۲۲/۹۱۶۶	۰/۴۳۶۷	۰/۰۹۷۶	۰/۰۰۳۱	۲۴	اشتباه آزمایشی
۵/۲۶	۱/۸۲	۵/۴۱	۶/۸۱	۶/۵۶	۸/۶۰	۳/۰۸	۳/۶۴	۳/۱۸		ضریب تغییرات

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی داری

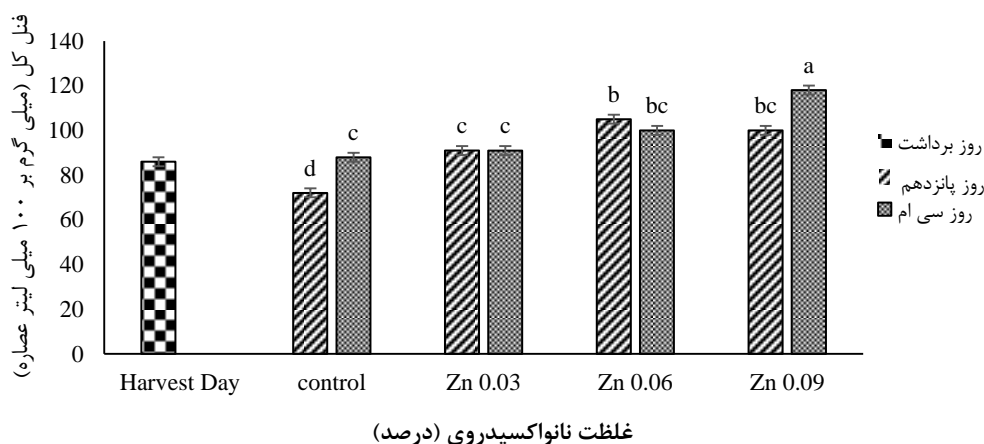
جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل نانو اکسید روی و زمان نگهداری بر برخی صفات کیفی میوه گیلاس

میانگین خصوصیات کیفی					
پوسیدگی (%)	رنگ (Hue)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	pH	اسید کل (%)	تیمارها
۰/۰۰۰۰۰۱±۰	۱۶۶±۹	۱۹/۵±۰/۰۳	۷±۰/۱۶	۲/۲۲±۰/۰۵	Harvest day
۷۵/۰۰±۲/۸b	۳۰۳/۶۴±۷/۷۴a	۲۱/۶۲±۰/۲۳a-c	۸/۴۸±۰/۱۳b	۱/۵۸±۰/۰۴d	Control- 15
۴۲/۵۰±۲/۵d	۲۰۸/۶۲±۸/۱۴c	۲۲/۵۰±۰/۳۷ab	۷/۵۶±۰/۱۵c	۱/۷۹±۰/۰۲c	n-ZnO 0.03-15
۲۷/۵۰±۲/۵e	۱۰۶/۲۰±۶/۵۹e	۲۱/۷۵±۰/۱۴a-c	۸/۹۴±۰/۱۷ab	۱/۸۸±۰/۰۵bc	n-ZnO 0.06-15
۲۰/۰۰±۰/۰e	۱۸۸/۸۱±۶/۰۱cd	۲۱/۱۲±۰/۴۲bc	۷/۱۸±۰/۱۱c	۲/۰۵±۰/۰۲a	n-ZnO 0.09-15
۹۷/۵۰±۲/۵a	۱۸۷/۳۴±۷/۲۷cd	۲۳/۰۰±۰/۳۱a	۹/۱۸±۰/۰۷a	۱/۳۴±۰/۰۵e	Control- 30
۸۲/۵۰±۲/۵b	۲۴۱/۵۲±۸/۵۷b	۲۱/۲۵±۰/۶۲bc	۹/۰۸±۰/۱۲ab	۱/۵۸±۰/۰۴d	n-ZnO 0.03-30
۶۲/۵۰±۲/۵c	۱۷۹/۶۲±۳/۳۶d	۲۱/۰۰±۰/۴۷c	۹/۳۸±۰/۲۳a	۱/۸۵±۰/۰۱bc	n-ZnO 0.06-30
۳۷/۵۰±۲/۵d	۱۶۱/۴۱±۴/۲۲d	۱۹/۳۷±۰/۶۴d	۸/۷۲±۰/۱۷ab	۱/۹۳±۰/۰۴b	n-ZnO 0.09-30

Harvest day: زمان برداشت، Control: شاهد، n-ZnO: نانو اکسیدروی) میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نانوآکسیدروی و زمان انبارداری بر میزان سفتی میوه گیلاس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



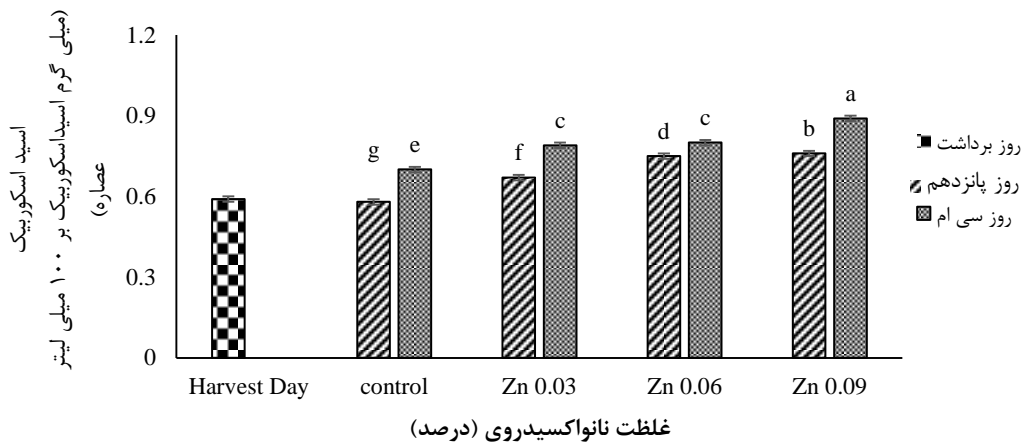
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل نانوآکسیدروی و زمان انبارداری بر میزان فنل کل میوه گیلاس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

آسکوربیک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره متغیر بوده و بیشترین آن در تیمار ۰/۰۹ درصد نانوآکسیدروی با مقدار ۰/۸۸ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره و کمترین میزان آن در تیمار شاهد با مقدار ۰/۵۸ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره مشاهده شد (شکل ۳). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان آسکوربیک‌اسید در طی انبارداری میوه افزایش می‌یابد که تیمار با نانوآکسیدروی این روند افزایشی را سرعت می‌بخشد. به عبارت دیگر که پوشش نانوآکسید روی با کاهش میزان تنفس، تولید رادیکال‌های آزاد را کاهش داده و آسکوربیک‌اسید که یکی از خنثی‌کننده‌های

بالاترین میزان فنل در نمونه‌های تیمار غلظت ۰/۰۹ درصد در روز سی‌ام پس از انبارداری با مقدار ۱۱۷/۸۹ میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره و پایین‌ترین آن، در نمونه‌های شاهد (در روز پانزدهم با مقدار ۷۲/۳۹ میلی‌گرم گالیک‌اسید در ۱ میلی‌لیتر عصاره مشاهده شد (شکل ۲).

آسکوربیک‌اسید (ویتامین ث)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان آسکوربیک‌اسید نمونه‌های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان آسکوربیک‌اسید نمونه‌ها از ۰/۵۸ تا ۰/۸۸ میلی‌گرم



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نانو اکسیدروی و زمان انبارمانی بر میزان آسکوربیک اسید میوه گیلاس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

آماري در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). طبق نتایج این تحقیق در اکثر تیمارها با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیلایز روندی صعودی به خود گرفت، بیوسنتز فنل‌ها و فلاونوئیدها در گیاهان از طریق مسیر شیکمات- فنیل پروپانویید-فلاونوئیدها انجام می‌گیرد. PAL آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانوییدهاست که فنیل آلانین را به ترنس- سینامیک اسید تبدیل می‌کند (پرز بالیبرا^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمار نانو اکسیدروی به طور معنی‌داری میزان فعالیت آنزیم PAL را با گذشت زمان افزایش داد که با نتایج حاصل از تحقیق حسن‌پور^۳ (۲۰۱۴) بر روی میوه تمشک مطابقت داشت (شکل ۴).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از نانو اکسیدروی به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه گیلاس را افزایش داد. به طور کلی، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در حفظ مواد جامد محلول، سفتی، اسید کل، ویتامین ث، فنل کل و فعالیت آنزیم PAL، تیمار پس از برداشت نانو اکسید روی موفق‌تر از

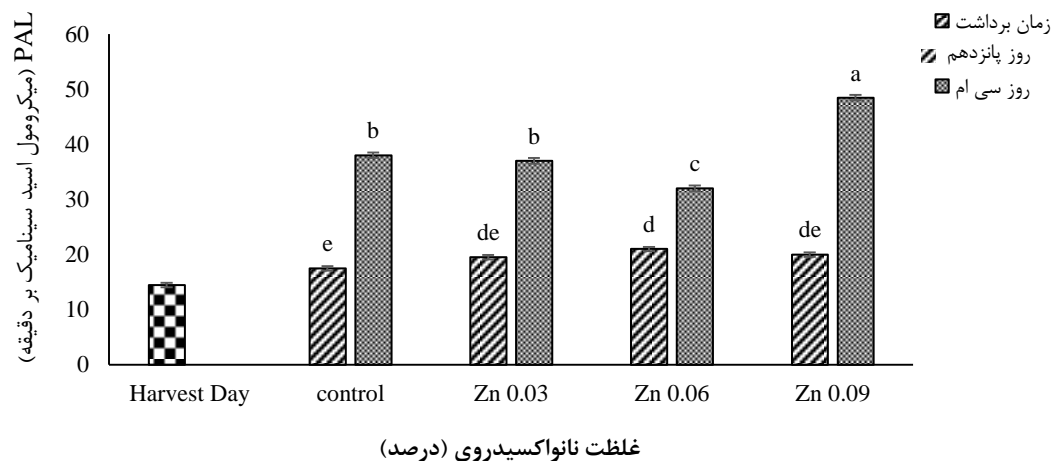
رادیکال‌های آزاد به ویژه پراکسید هیدروژن می‌باشد، انباشت می‌شود که مطابق با تحقیق صورت گرفته در گیلاس پوشش خوراکی باعث حفظ میزان بالای آسکوربیک اسید میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد شده است (رستمی و همکاران، ۱۳۹۵). در برخی مطالعات میزان آسکوربیک اسید در طی انبارمانی محصول روند کاهشی نشان داده (زارعی و همکاران، ۱۳۹۶) که این موضوع با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد در ارتباط است. افزایش زمان انبارداری، دمای بالا، رطوبت نسبی کم، آسیب‌های مکانیکی و سرمازدگی عواملی هستند که باعث کاهش ویتامین ث می‌شود (لی و کادر^۱، ۲۰۰۰).

فعالیت آنزیم PAL

مطابق نتایج بدست آمده فعالیت آنزیم PAL در اکثر تیمارها در روزهای مختلف انبارمانی از روندی صعودی برخوردار بود، بیشترین فعالیت آنزیمی در بین نمونه‌ها مربوط به تیمار ۰/۰۹ درصد نانو اکسیدروی (در روز سی‌ام پس از انبارمانی) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (در روز پانزدهم پس از انبارمانی) با مقدار عددی به ترتیب $(\mu\text{mol trans-cinnamic acid min}^{-1})$ ۴۸/۴۵ و ۱۷/۳۸ بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نیز نشان داد که بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده تفاوت معنی‌داری از لحاظ

2. Perez-Balibrea
3. Hassanpour

1. Lee and Kader



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل نانوآکسیدروی و زمان انبارمانی بر میزان فعالیت آنزیم PAL میوه گیلاس. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

تیمار شاهد (آب مقطر) عمل کرد. به طوری که نانوآکسید روی ۰/۰۹ درصد بهترین تیمار از نظر تأثیر در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه‌های گیلاس رقم تکدانه مشهد نسبت به سایر غلظت‌های نانوآکسید روی شناخته شد.

منابع

- اثنی‌عشری، م. و خسرو شاهی، م. ر. ۱۳۸۷. پلی‌آمین‌ها و علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه بو علی سینا. چاپ اول. ۲۵۰ ص.
- اصغری، م. ر. و شهامت، م. ۱۳۹۲. تأثیر تیمار آب گرم بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و برخی خواص کیفی و عمر انباری میوه انگور رقم بی‌دانه سفید. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۳ (۴): ۵۱۱-۵۲۰.
- جلیلی‌مردی، ر. ۱۳۹۱. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۵۹۴ ص.
- راحی، م. ۱۳۸۹. فیزیولوژی پس از برداشت (مقدمه ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه‌ها و سبزی‌ها و گیاهان زینتی). (تالیف: ویلس، مک گلاسون، گراهام و جویس). انتشارات دانشگاه شیراز، چاپ ششم، ۴۳۷ ص.
- رستمی، ش.، اصغری، م. و حسنی، ع. (۱۳۹۵). تأثیر تیمار گرمایی و اسانس مرزنجوش بر ماندگاری و برخی خواص کیفی میوه گیلاس رقم تک‌دانه مشهد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه ارومیه، ۱۱۲ ص.
- زارعی، ه.، اصغری، م. و شیرزاد، ح. (۱۳۹۶). تأثیر تیمار پس از برداشت نانوآکسیدروی و کربوکسی‌متیل سلولز بر برخی خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه شلیل رقم ردگلد، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه ارومیه، ۷۹ ص.
- طلایی، ع. سرچشمه، م. بهادران، ف. و شرافتیان، د. ۱۳۸۳. مطالعه آثار تیمارهای آب گرم و پوشش پلی‌اتیلن بر روی عمر انبارمانی و کیفیت میوه انار (رقم ملس ساوه). علوم کشاورزی ایران، ۳۵ (۲): ۳۴۷-۳۶۹.
- مرجانلو، ا. مستوفی، ی. شعبی، ش. و مقومی، م. ۱۳۸۷. تأثیر اسانس ریحان بر کنترل پوسیدگی خاکستری و کیفیت پس از برداشت توت‌فرنگی. فصلنامه گیاهان دارویی، ۲۸: ۱۳۱-۱۳۹.

- Bor, D., Duncan, J., Lee, A. C., Parr, A. and Owen, A. M. 2006. Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function. *Neuropsychologia*, 44(2): 229-237.
- Chitra, K. and Annadurai, G. 2013. Antimicrobial activity of wet chemically engineered spherical shaped ZnO nanoparticles on food borne pathogen. *International Food Research Journal*, 20(1): 59-64.
- Ebrahimzadeh, M.A., Hosseinimehr, S.J., Hamidinia, A. and Jafari, M. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activity of Feijoa sallowiana fruits peel and leaves. *Pharmacologyonline* 1: 7-14.

- Hassanpour, H., 2015. Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit. *Journal LWT- Food science and Technology*, 60(1): 495-501.
- Hazbavi, I., Khoshtaghaza, M.H., Mostaan, A. and Banakar, A. 2015. Effect of postharvest hot-water and heat treatment on quality of date palm (cv. Stamaran). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(2): 153-159.
- Ippolito, A., Schena, L., Pentimone, I. and Nigro, F. 2005. Control of postharvest rots of sweet cherries by preand.
- Johnston, C.S., Steinberg, F.M. and Rucker, R.B. 2007. Ascorbic acid. *Handbook of vitamins*, 4th ed, 489-520.
- Karthikeyan, M., Radhika, K., Mathiyazhagan, S., Bhaskaran, R., Samiyappan, R. and Velazhahan, R. 2006. Induction of phenolics and defense-related enzymes in coconut (*Cocos nucifera L.*) roots treated with biocontrol agents. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18: 367-377.
- Lakshmi, S. J., Roopa Bai RS., Sharanagouda H., Ramachandra, CT., Nadagouda, S. and Nidoni, U. 2018. Effect of biosynthesized zinc oxide nanoparticles coating on quality parameters of fig (*Ficus carica L.*) fruit *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3): 10-14
- Lee, S. K. and Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*, 20(3): 207-220.
- Margosan, D.A., Smilanick, J.L. and Henson, D.j. 2008. Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines. *Plant Disease*, 81: 1405-1409.
- Meng, X., Zhang, M. and Adhikari, B. 2014. The effects of ultrasound treatment and nano-Zinc oxide coating on the physiological activities of fresh-cut kiwifruit. *Food Bioprocess Technol*, 7:126-132.
- Perez-Balibrea, S., Moreno, D.A. and Garcia-Viguera, C. 2011. Improving the phytochemical composition of broccoli sprouts by elicitation. *Food chemistry*, 129: 35-44.
- Rao, J. and McClements, D.J. 2011. Food-grade microemulsions, nanoemulsions and emulsions: Fabrication from sucrose monopalmitate and lemon oil. *Food Hydrocoll*, 25: 1413-1423.
- Rathore, H.A., Masud, T., Sammi, S. and Soomro, A.H. 2007. Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of mango (*Mangifera indica L.*) variety Dosehari. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(2): 143-148.
- Sogvar, O. B., Koushesh Saba, M., Emamifar, A. and Hallaj, R. 2016. Influence of nano-ZnO on microbial growth, bioactive content and postharvest quality of strawberries during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35:168-176
- 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: 164-71.
- Zhu, S.H. and Zhou, J. 2007. Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. *Food Chemistry*, 100(4): 1517-1522.