مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۹ شماره ۲ صفحه‌های ۱۴۳ تا ۱۵۶ (۱۳۹۷)

اثر ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی و ماده‌های بسته‌بندی بر کیفیت و عمر انباری میوه ازگیل ژاپنی (*Eriobotrya japonica*)[1]

Effect of Antioxidant Compounds and Packaging Materials on Quality and Storage Life of Loquat (*Eriobotrya japonica*) Fruit

داود هاشم‌آبادی*، ندیم نجم‌آبادی، بهزاد کاویانی، محمود قاسم‌نژاد، فاطمه زارع‌دوست و مریم جدید سلیماندارابی[2]

چکیده

ازگیل ژاپنی میوه‌ای نافرازگرا است و فسادپذیری بسیار بالایی در دوره انبارداری دارد. در پژوهش حاضر، اثرهای زمان (صفر، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۲ +۳۵ روز)، بسته‌بندی (ظرف‌های پلی‌استیرنی و پلی‌استیرنی/پلی‌اتیلنی) و آنتی‌اکسیدان‌ها (آسکوربیک‌اسید ۱ و ۲٪، سیتریک‌اسید ۰/۵ و ۱٪ و هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵ و ۱٪) ارزیابی شدند. این تیمارها برای کنترل قهوه‌ای‌شدن آنزیمی و عمر انباری میوه‌ی ازگیل ژاپنی انتخاب گردیدند. میوه‌های تیمارشده تا مدت ۳۵ روز در دمای ۵ درجه‌ی سلسیوس و ۲ روز دوام فروشگاهی در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس نگهداری شدند. نتیجه‌ها نشان داد که کمترین کاهش وزن میوه‌ها (۴/۳۴٪) در تیمار هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ در بسته‌بندی دو لایه مشاهده شد. تیمار آسکوربیک‌اسید ۲٪ + سیتریک‌اسید ۱٪ + هگزا متا فسفات سدیم ۱٪، کمترین شاخص قهوه‌ای‌شدن را در میوه‌ها ایجاد کرد. بیشترین مقدار ویتامین C، فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تیمارشده با آسکوربیک‌اسید ۲٪ مشاهده شدند. در مجموع مشخص شد که آسکوربیک‌اسید ۲٪ موثرترین تیمار برای حفظ کیفیت میوه‌های ازگیل ژاپنی در طی انبارداری بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، آسکوربیک‌اسید، سیتریک‌اسید، ترکیب‌های فنولی، هگزا متا فسفات سدیم.

مقدمه

ازگیل ژاپنی (*Eriobotrya japonica*) درختی همیشه‌سبز و نیمه‌گرمسیری از تیره وردسانان[3] است (۲۱). میوه‌ی ازگیل ژاپنی جزو میوه‌های نافرازگرا است و عمر انباری بسیار کوتاه دارد (۴۲). ماندگاری میوه‌ی ازگیل ژاپنی در اثر حساسیت بالا به از دست دادن آب و نیز قهوه‌ای‌شدن آنزیمی به‌شدت کاهش می‌یابد (۳). قهوه‌ای‌شدن آنزیمی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده ماندگاری ازگیل ژاپنی و بسیاری از میوه‌های دیگر در اثر فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز و در حضور اکسیژن مولکولی و ترکیب‌های فنولی به‌عنوان ماده هدف آنزیم

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۰

۲ - به‌ترتیب دانشیار گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران؛ دانش‌آموخته گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران؛ دانشیار گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران؛ دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران؛ باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (davoodhashemabadi@yahoo.com).

۳- Rosaceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

ایجاد می‌شود (۱۳، ۲۳). تیمار میوه‌ها با ترکیب‌های طبیعی و غیرسمی به راه‌های مختلف از فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و یا تولید ماده‌های تیره‌رنگ جلوگیری می‌کند، بسته‌بندی میوه‌ها با پلیمرهای پلاستیکی از جنس پلی‌اتیلن، پلی‌استیرن، پلی‌پروپیلن و غیره با به حداقل رساندن آسیب‌های مکانیکی و ایجاد مانعی در راه تبادل‌های گازی بین فضای داخل و خارج می‌تواند مانعی در برابر قهوه‌ای‌شدن زودهنگام میوه‌ها و کاهش کیفیت آن‌ها شود (۱۸). آسکوربیک‌اسید، سیتریک‌اسید و هگزا متا فسفات سدیم از ماده‌های سالم و سازگار با سلامتی انسان هستند که برای بهبود ارزش غذایی و کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و محصولات باغی استفاده می‌شوند و به راه‌های مختلف از فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز جلوگیری کرده و تغییر رنگ میوه‌ها را به تاخیر می‌اندازند (۳۹). بررسی Son و همکاران (۳۹) نشان داد که محلول ۱٪ آسکوربیک‌اسید و مشتقات آن بازدارنده‌ی قهوه‌ای‌شدن آنزیمی هستند. پیش‌تر هم نتیجه‌های مشابهی در بررسی‌های تعدادی از پژوهشگران روی برخی میوه‌ها به‌دست آمده بود (۱۷، ۲۴). در آزمایش دیگری تاثیر اسیدهای آلی مختلف در کاهش فعالیت آنزیم PPO[1] و به تاخیر انداختن قهوه‌ای‌شدن میوه‌ها بررسی شد که به‌ترتیب اگزالیک‌اسید، سیتریک‌اسید و آسکوربیک‌اسید ۰/۵٪ به‌عنوان موثرترین بازدارنده‌ها شناخته شدند (۴۱). هگزا متا فسفات سدیم یک پلی‌فسفات طبیعی است که با اتصال به یون مس موجود در آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز، موجب غیرفعال شدن آنزیم شده و قهوه‌ای‌شدن آنزیمی بافت میوه را به تاخیر می‌اندازد (۳۲). پژوهش Pilizota و همکاران (۳۲) اثر هگزا متا فسفات سدیم ۱٪ در ماندگاری برش‌های میوه گلابی را مثبت ارزیابی کرد. قهوه‌ای‌شدن آنزیمی به‌شکل موثر از راه کاهش غلظت اکسیژن و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن محیط در زمان انبارداری قابل کنترل است. قهوه‌ای‌شدن آنزیمی حتی در حضور آنزیم فعال و ماده‌های هدف فنولی، در صورت عدم حضور اکسیژن کافی انجام‌پذیر نخواهد بود. بررسی Zheng و همکاران (۴۶) روی میوه‌های ازگیل ژاپنی نگهداری‌شده در دمای یک درجه سلسیوس به مدت ۳۵ روز پس از بسته‌بندی با فیلم‌های پلی‌اتیلنی به ضخامت ۰/۰۴ میلی‌متر نشان داد که این تیمارها شدت تنفس را به طور معنی‌داری کاهش دادند. با توجه به مطالب ارایه‌شده، پیشنهاد راهکارهایی جهت کاهش تلفات و حفظ کیفیت و ارزش غذایی این میوه در حین نگهداری و انتقال به بازار ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از ترکیب‌های سالم و بی‌خطر برای سلامتی انسان (سیتریک‌اسید، آسکوربیک‌اسید و هگزا متا فسفات سدیم) و هم‌چنین بسته‌بندی با ظروف پلی‌استیرنی و ظروف پلی‌استیرنی پوشیده شده با فیلم‌های پلی‌اتیلنی سبک، ماندگاری و کیفیت پس از برداشت این میوه بهبود بخشیده شود.

مواد و روش‌ها

ماده‌های گیاهی و تیمارها

میوه‌های ازگیل ژاپنی در بهار سال ۱۳۹۲ از باغی واقع در شهرستان رشت، در مرحله‌ی بلوغ تجاری (تغییر رنگ میوه از سبز به زرد کم‌رنگ و کاهش سفتی میوه) برداشت گردیدند و بی‌درنگ برای انجام آزمایش به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه گیلان- رشت منتقل شدند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح به‌طورکامل تصادفی با ۳ عامل، زمان در ۷ سطح صفر، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۲ + ۳۵ (به‌منظور ایجاد حالتی مشابه خرده‌فروشی (بازار)، میوه‌ها روز ۳۵ آزمایش از بسته‌بندی خارج و ۲ روز در دمای ۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۷۵٪ نگهداری شدند)، بسته‌بندی در ۲ سطح (بسته‌بندی یک لایه، به‌وسیله‌ی ظروف پلی‌استیرنی[2] (PS) با ابعاد ۵ × ۱۰ × ۱۵ سانتی‌متر و ضخامت ۰/۱۹ میلی‌متر و بسته‌بندی دولایه، به‌وسیله ظروف پلی‌استیرنی پوشیده‌شده با فیلم‌های پلی‌اتیلن سبک[3] (PS+PE) با ضخامت ۰/۰۴۵ میلی‌متر و تیمار شیمیایی در ۹ سطح برای

۱- Polyphenol oxidase
۲- Polystyrene containers
۳- Low density polyethylene films

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

ویژگی کاهش وزن و ۲ عامل، بسته‌بندی (در ۲ سطح) و تیمار شیمیایی در ۱۰ سطح برای دیگر ویژگی‌ها، در ۳ تکرار اجرا شد (جدول ۱). میوه‌های به‌طورکامل سالم (۴۸۰ میوه)، یکنواخت و عاری از هرگونه آلودگی و بیماری، پس از حذف ماده‌های زاید انتخاب شدند و برای اعمال تیمارها مورد استفاده قرار گرفتند و به‌مدت ۴ دقیقه در محلول‌های مختلف غوطه‌ور شدند (جدول ۱). میوه‌های غوطه‌ورشده پس از خشک‌شدن کامل به دو شکل مختلف بسته‌بندی شدند. میوه‌های تیمارشده پس از بسته‌بندی، به انباری با دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰٪ منتقل گردیدند و به‌مدت ۳۵ روز در این شرایط نگهداری شدند. سپس به‌منظور ایجاد حالتی مشابه با خرده‌فروشی (بازار)، میوه‌ها از بسته‌بندی خارج شدند و به‌مدت ۲ روز در شرایط دمایی ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۷۵٪ قرار گرفتند.

جدول ۱- تیمارهای شیمیایی به‌کاررفته در آزمایش.

Table 1. Chemical treatments applied in the experiment.

تیمارها Treatments	برای ارزیابی ویژگی کاهش وزن For assessment of weight loss trait	برای ارزیابی دیگر ویژگی‌ها For assessment of other traits
T_0	-	شاهد (میوه‌های تازه)† Control (fresh fruits)
T_1	شاهد (آب مقطر) Control (distilled water)	آب مقطر Distilled water
T_2	سیتریک‌اسید ۰/۵٪ Citric acid 0.5%	سیتریک‌اسید ۰/۵٪ Citric acid 0.5%
T_3	سیتریک‌اسید یک درصد Citric acid 1%	سیتریک‌اسید یک درصد Citric acid 1%
T_4	هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ Sodium hexametaphosphate 0.5%	هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ Sodium hexametaphosphate 0.5%
T_5	هگزا متا فسفات سدیم یک درصد Sodium hexametaphosphate 1%	هگزا متا فسفات سدیم یک درصد Sodium hexametaphosphate 1%
T_6	آسکوربیک‌اسید یک درصد Ascorbic acid 1%	آسکوربیک‌اسید یک درصد Ascorbic acid 1%
T_7	آسکوربیک‌اسید ۲٪ Ascorbic acid 2%	آسکوربیک‌اسید ۲٪ Ascorbic acid 2%
T_8	محلول ترکیبی با غلظت کمتر Combined solution with less concentration	محلول ترکیبی با غلظت کمتر Combined solution with less concentration
T_9	محلول ترکیبی با غلظت بیشتر Combined solution with more concentration	محلول ترکیبی با غلظت بیشتر Combined solution with more concentration

† Fresh fruits that were assessed immediately after harvest were selected as control.

† میوه‌های تازه‌ای که بی‌درنگ بعد از برداشت مورد ارزیابی و اندازه‌گیری ویژگی‌ها قرار گرفته بودند، به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند.

اندازه‌گیری کاهش وزن میوه

میزان کاهش وزن تر که بیان‌کننده مقدار اتلاف آب میوه‌ها طی دوره انبارداری است با کم‌کردن وزن میوه‌ها در هر زمان اندازه‌گیری از وزن اولیه آن‌ها، به کمک فرمول زیر محاسبه گردید.

۱۰۰ × (وزن اولیه) / (وزن ثانویه − وزن اولیه) = درصد کاهش وزن

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

اندازه‌گیری شاخص قهوه‌ای‌شدن

شاخص قهوه‌ای‌شدن میوه‌ها از راه دیداری و بر اساس نمره‌دهی از صفر تا ۴ روی ۱۲ عدد میوه از هر تکرار انجام شد (۱۵): صفر = میوه‌ی طبیعی (بدون قهوه‌ای‌شدن)، ۱ = قهوه‌ای‌شدن کمتر از یک‌چهارم سطح میوه، ۲ = قهوه‌ای‌شدن بین یک‌چهارم تا یک‌دوم سطح میوه، ۳ = قهوه‌ای‌شدن بین یک‌دوم تا سه‌چهارم سطح میوه، ۴ = قهوه‌ای‌شدن بیش از سه‌چهارم سطح میوه. در نهایت درصد قهوه‌ای‌شدن از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{شاخص قهوه ای شدن (درصد)} = \frac{\text{مجموع (تعداد میوه قهوه ای شده در هر مقیاس نمره دهی} \times \text{نمره داده شده)}}{\text{تعداد کل میوه های هر تکرار} \times ۴} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری نسبت قند به اسید (TSS/TA)

اندازه‌گیری ماده‌های جامد محلول (TSS) به‌وسیله دستگاه قندسنج دیجیتالی (Ceti-Belgium) انجام شد و مقدار آن به‌صورت درجه بریکس بیان گردید. برای اندازه‌گیری TA، ۵ میلی‌لیتر از آب میوه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ قطره فنول فتالئین به عنوان شناساگر مخلوط گردید، سپس با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. با قراردادن حجم سود مصرفی در فرمول زیر، اسیدیته قابل تیتر بر حسب اسید غالب میوه ازگیل ژاپنی (اسید مالیک) محاسبه شد (۲). سپس نسبت TSS/TA به‌دست آمد.

$$\text{اسید قابل تیتراسیون (درصد)} = \frac{\text{نرمالیته سود مصرفی} \times \text{حجم سود مصرفی} \times \text{وزن مولکولی اسید غالب} \times ۱۰۰}{\text{تعداد گروه های کربوکسیل اسید غالب} \times \text{حجم آب میوه} \times ۱۰۰۰}$$

اندازه‌گیری فنول کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

استخراج عصاره میوه‌ها

از هر تکرار، ۵ میوه به‌طور تصادفی انتخاب شدند و در حضور نیتروژن مایع آسیاب گردیدند. یک گرم از بافت آسیاب‌شده برداشته شد و ۱۰ میلی‌لیتر متانول خالص به آن اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند و پس از صاف‌شدن، میزان فنول کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از محلول استخراج‌شده اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری فنول کل

میزان فنول کل عصاره‌ها مطابق روش فولین-سیوکالتیو[1] با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (T80, PG Instruments Ltd, UK)، در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم بافت تازه گزارش گردید (۳۸).

اندازه‌گیری فلاونوئید کل

میزان فلاونوئید کل مطابق روش Du و همکاران (۱۴) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۶ نانومتر خوانده شد. برای به‌دست‌آوردن منحنی استاندارد از کاتچین (شرح نیم خطی) استفاده شد. میزان فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم کاتچین در ۱۰۰ گرم بافت تازه گزارش گردید.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها از راه خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH[2] تعیین شد (۶). کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به‌صورت درصد بازدارندگی (DPPHsc٪) با فرمول زیر محاسبه گردید:

۱- Folin-Ciocalteu

۲- 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

میزان جذب DPPH /100 × (میزان جذب نمونه + DPPH) – (میزان جذب DPPH) = درصد بازدارندگی

اندازه‌گیری ویتامین C

برای اندازه‌گیری میزان ویتامین C میوه‌ها از روش تیتراسیون با ۲ و ۶- دی کلروفنول ایندوفنول[۱] (DCIP) استفاده شد (۱۵) و سپس میزان ویتامین C از فرمول زیر بدست آمد.

$$\text{Vit C}\left(\text{mg } 100^{-1}\right)=\frac{e\times d\times b}{c\times a}\times 100$$

a: وزن نمونه، b: حجم متافسفریک مصرفی برای استخراج، c: حجم محلول برداشته‌شده جهت تیتراسیون، d: فاکتور رنگ (مقدار DCIP که برای نمونه استاندارد یا همان آسکوربیک‌اسید خالص استفاده می‌شود)، e: حجم محلول رنگی مصرف‌شده.

واکاوی داده‌ها

واکاوی آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (9.1) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

اثر تیمارها روی کاهش وزن

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای ساده و برهم‌کنش زمان، بسته‌بندی و تیمار شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر میزان کاهش وزن میوه‌های ازگیل ژاپنی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مدت انبارداری، وزن میوه‌ها کاهش بیشتری پیدا کرد، اما شدت این کاهش در بسته‌بندی دولایه (PS+PE) کمتر بود، به‌طوری‌که در این نوع بسته‌بندی پس از ۳۵ روز انبارداری در همه تیمارها کاهش وزنی کمتر از ۱٪ ثبت شد در حالی‌که در بسته‌بندی یک‌لایه (PS) پس از ۲۸ روز انبارداری، همه تیمارها بیش از ۱٪ کاهش وزن داشتند (شکل‌های ۱ و ۲). در بین تیمارهای شیمیایی نیز تیمار هگزا متا فسفات سدیم در هر دو بسته‌بندی PS+PE و PS برتر از تیمارهای دیگر بود. به‌طوری‌که تیمار هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ در بسته‌بندی PS+PE پس از ۲ + ۳۵ روز نگهداری با کاهش وزنی معادل ۴/۳۴٪ بیشترین رطوبت میوه را حفظ کرد. در بسته‌بندی PS نیز به‌ترتیب هگزا متا فسفات سدیم ۱ و ۰/۵٪ در پایان انبارداری به شکل معنی‌داری موثرتر از دیگر تیمارها شناخته شد.

اثر تیمارها بر شاخص قهوه‌ای‌شدن میوه

اثر بسته‌بندی، تیمار شیمیایی و برهم‌کنش این دو بر شاخص قهوه‌ای‌شدن نمونه‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. طبق نتیجه‌های حاصل، در هر دو نوع بسته‌بندی بیشترین درصد قهوه‌ای‌شدن در تیمار سیتریک‌اسید ۰/۵٪ و آب مقطر مشاهده شد. هم‌چنین آسکوربیک‌اسید ۲٪، سیتریک‌اسید ۱٪ و هگزا متا فسفات سدیم ۱٪ بیشترین بازدارندگی را به خود اختصاص دادند، به طوری‌که در این تیمارها میزان قهوه‌ای‌شدن پس از ۲ + ۳۵ روز نگهداری در هر دو نوع بسته‌بندی کمتر از ۲٪ بود (شکل ۳).

نسبت قند به اسید (TSS/TA)

اثر ساده تیمار شیمیایی و تاثیر برهمکنش بسته‌بندی و تیمار شیمیایی بر نسبت TSS/TA میوه‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

۱- 2,6-dichlorophenol-indophenol

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو نوع بسته‌بندی، پس از ۲ + ۳۵ روز نگهداری، نسبت TSS/TA نمونه‌ها افزایش معنی‌داری پیدا کرد (شکل ۴). در بسته‌بندی دولایه (PS + PE) کمترین نسبت TSS/TA متعلق به تیمار آب مقطر بود و دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند که با نتیجه‌های مربوط به میزان TA آن‌ها مطابقت داشت (شکل ۵). در بسته‌بندی یک‌لایه (PS) تیمارهای مختلف اختلاف بیشتری در میزان TSS/TA نسبت به یکدیگر نشان دادند که این امر بیشتر به میزان اسید قابل تیتر آن‌ها مرتبط است و نمونه‌هایی که TA بیشتری را حفظ کردند دارای TSS/TA کمتری بودند. کمترین میزان TSS/TA در میوه‌های تیمارشده با سیتریک‌اسید مشاهده شد.

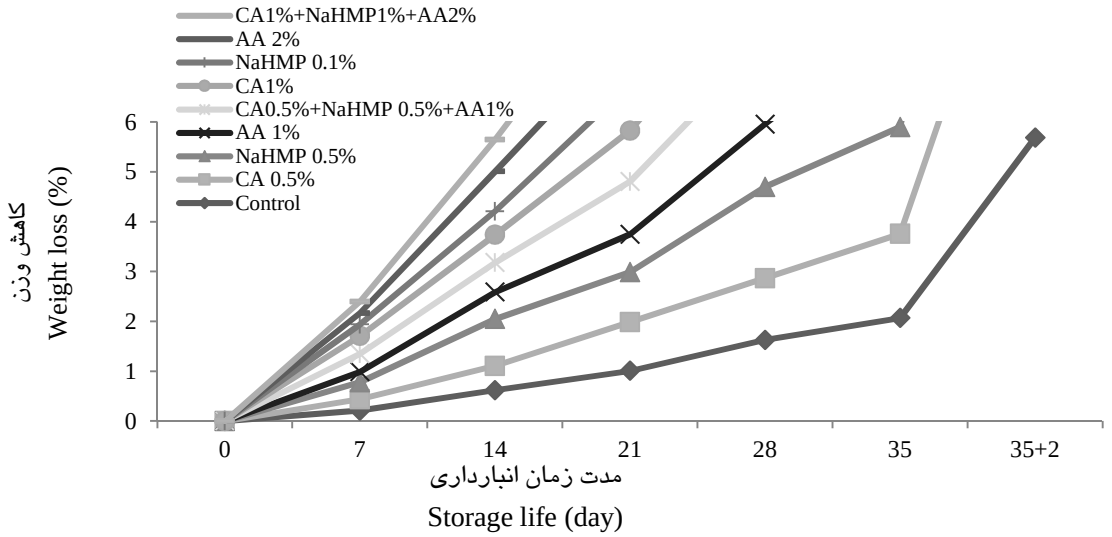
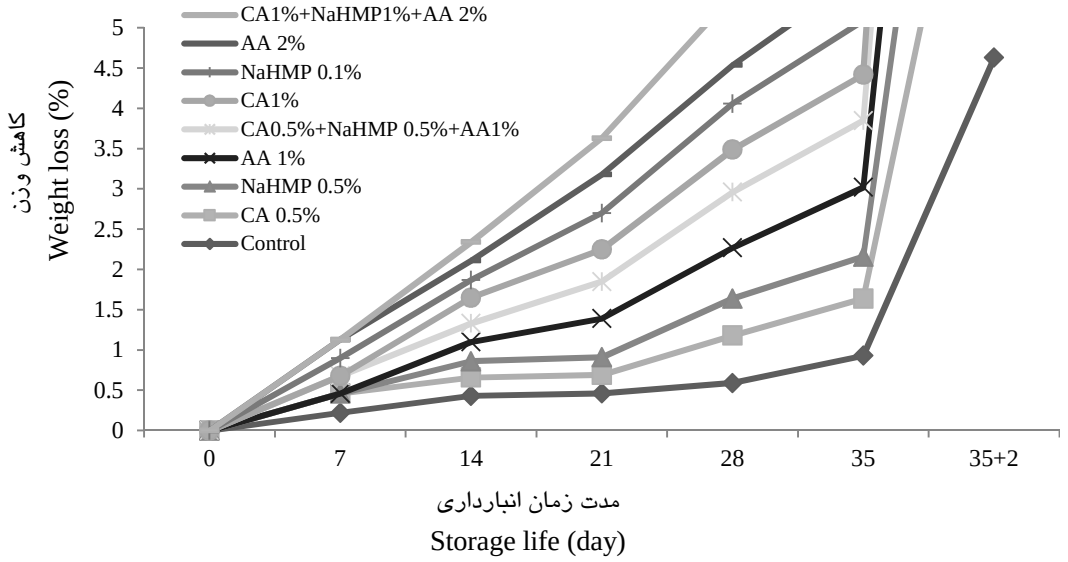


Fig. 1. Effect of different treatments on fruit weight loss in PS packaging.

شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر کاهش وزن میوه‌ها در بسته‌بندی PS.



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر کاهش وزن میوه‌ها در بسته‌بندی PS + PE.

Fig. 2. Effect of different treatments on fruit weight loss in PS + PE packaging.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

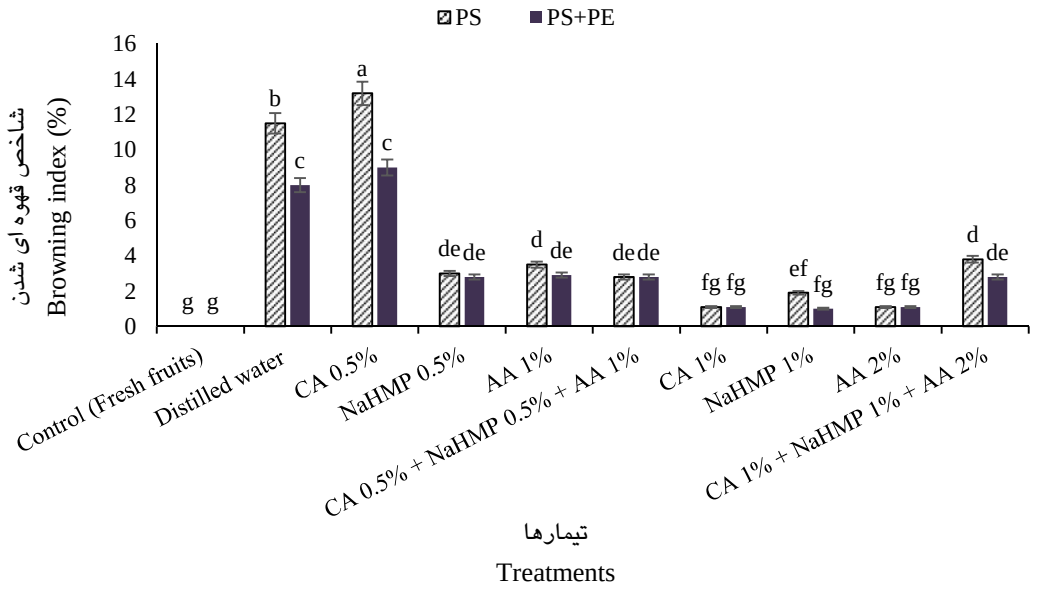


Fig. 3. Effects of different treatments on browning index of loquat fruits after 35 + 2 days. † Means of each column with different letters are significantly different at probability level of 1% based on LSD test.

شکل ۳- اثرهای تیمارهای مختلف بر شاخص قهوه‌ای‌شدن میوه‌های ازگیل ژاپنی بعد از ۲ + ۳۵ روز. † میانگین هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

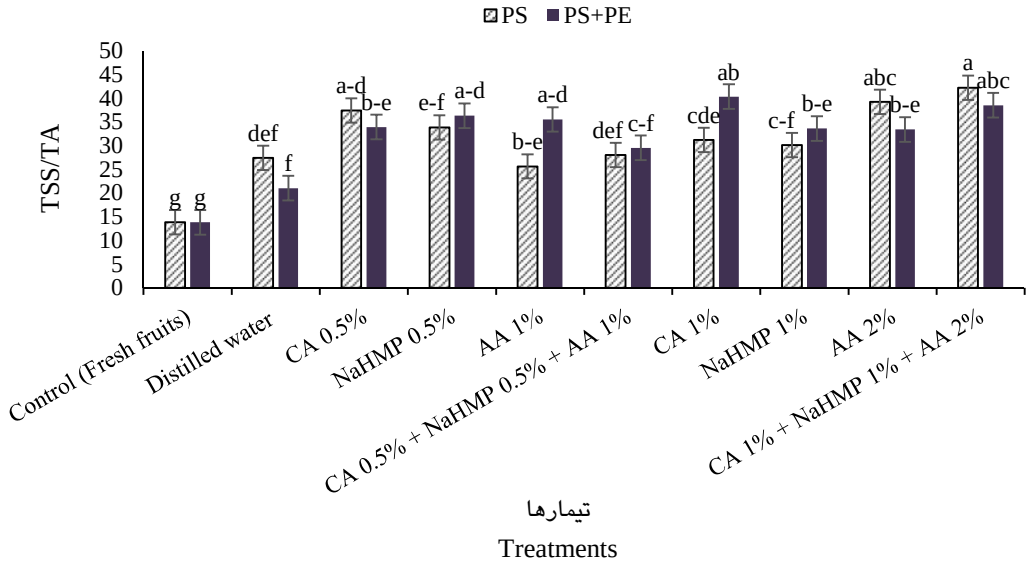


Fig. 4. Effects of different treatments on proportion of TSS/TA of loquat fruits after 35 + 2 days. Means of each column with different letters are significantly different at probability level of 1% based on LSD test.

شکل ۴- اثرهای تیمارهای مختلف بر نسبت قند به اسید میوه‌های ازگیل ژاپنی بعد از ۲ + ۳۵ روز. میانگین هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

اثر تیمارها بر فنول کل میوه

اثر اصلی بسته‌بندی، در سطح ۵٪ و اثر ساده‌ی تیمار شیمیایی و اثر برهم‌کنش بسته‌بندی و تیمار شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر میزان فنول کل میوه‌ها معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۶) نشان داد که در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

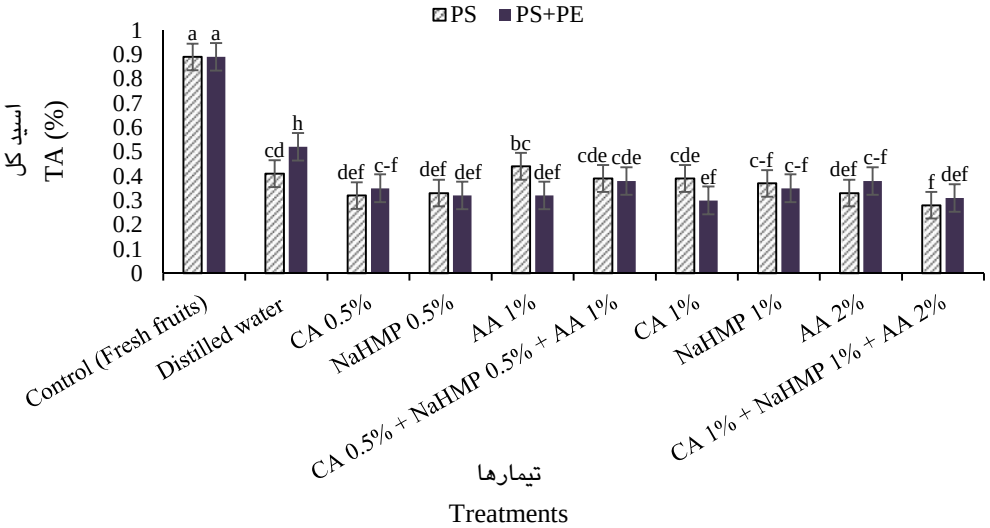


Fig. 5. Effects of different treatments on TA content of loquat fruits after 35 + 2 days. † Means of each column with different letters are significantly different at probability level of 1% based on LSD test.

شکل ۵- اثرهای تیمارهای مختلف بر میزان اسید میوه‌های ازگیل ژاپنی بعد از ۲ + ۳۵ روز. † میانگین هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

بسته‌بندی یک‌لایه (PS) میزان فنول کل در پایان آزمایش نسبت به زمان برداشت، در تیمار آسکوربیک‌اسید ۲٪ به‌طور معنی‌دار و در تیمار ترکیبی با غلظت کمتر (سیتریک‌اسید ۰/۵٪ + هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ + آسکوربیک‌اسید ۱٪) بدون اختلاف معنی‌دار افزایش یافت و در دیگر تیمارها با کاهش مواجه شد که کمترین کاهش مربوط به تیمار سیتریک‌اسید ۱٪ و بیشترین کاهش مربوط به تیمار سیتریک‌اسید ۰/۵٪ بود. هم‌چنین در بسته‌بندی دولایه (PS + PE) فنول کل در تیمار ترکیبی با غلظت کمتر (سیتریک‌اسید ۰/۵٪ + هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ + آسکوربیک‌اسید ۱٪) اندکی افزایش و در دیگر تیمارها کاهش یافت که میزان این کاهش در تیمارهای سیتریک‌اسید ۱٪ و آسکوربیک‌اسید ۲٪ جزئی و در دیگر تیمارها نسبت به نمونه‌های شاهد معنی‌دار بود. در مجموع با توجه به نتیجه‌های حاصل از دو نوع بسته‌بندی، بیشترین فنول کل به‌ترتیب در تیمار ترکیبی با غلظت کمتر و آسکوربیک‌اسید ۲٪ و کمترین فنول کل در تیمار سیتریک‌اسید ۰/۵٪ و آب مقطر ثبت شد.

اثر تیمارها بر فلاونوئید کل

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها مشخص کرد که اثر ساده تیمار شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر برهم‌کنش بسته‌بندی و تیمار شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ بر میزان فلاونوئید کل میوه‌های ازگیل ژاپنی معنی‌دار بود.

شکل ۷ نشان داد که در بسته‌بندی یک‌لایه (PS) فلاونوئید کل پس از ۲ + ۳۵ روز نگهداری، در تیمار آسکوربیک‌اسید ۲٪ و تیمار ترکیبی با غلظت کمتر (سیتریک‌اسید ۰/۵٪ + هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ + آسکوربیک‌اسید ۱٪)، افزایش و در دیگر تیمارها کاهش داشت که مقدار این کاهش تنها در تیمار آسکوربیک‌اسید ۱٪ نسبت به نمونه‌های شاهد معنی‌دار بود. هم‌چنین در بسته‌بندی دولایه (PS + PE) به‌جز دو تیمار آسکوربیک‌اسید ۲٪ و هگزا متا فسفات سدیم ۱٪ که باعث افزایش فلاونوئید کل میوه‌ها شدند، در دیگر تیمارها، فلاونوئید کل کاهش یافت که مقدار کاهش تنها در تیمار آب مقطر نسبت به شاهد معنی‌دار بود. در مجموع بیشترین فلاونوئید کل در هر دو نوع بسته‌بندی در نمونه‌های تیمار شده با آسکوربیک‌اسید ۲٪ مشاهده شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

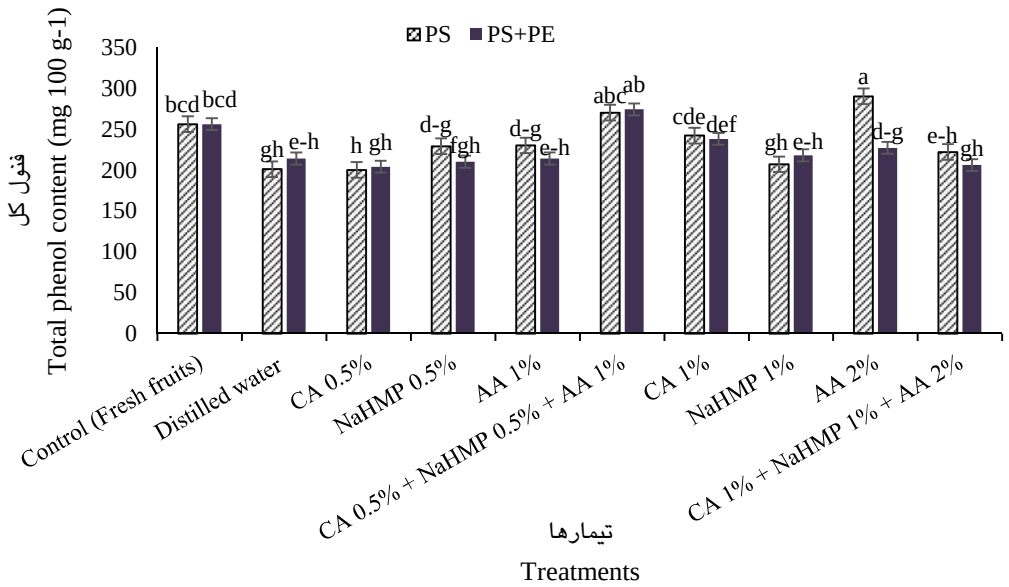


Fig. 6. Effects of different treatments on total phenol content of loquat fruits after 35 + 2 days. Means of each column with different letters are significantly different at probability level of 1% based on LSD test.

شکل ۶- اثرهای تیمارهای مختلف بر میزان فنول کل میوه‌های ازگیل ژاپنی بعد از ۲ + ۳۵ روز. میانگین هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

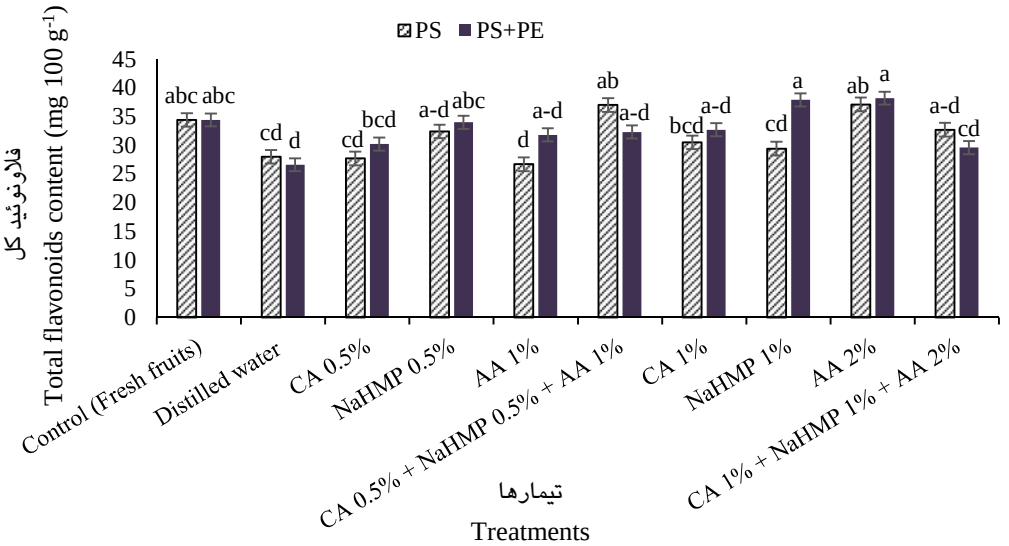


Fig. 7. Effects of different treatments on total flavonoids content of loquat fruits after 35 + 2 days. Means of each column with different letters are significantly different at probability level of 1% based on LSD test.

شکل ۷- اثرهای تیمارهای مختلف بر میزان فلاونویید کل میوه‌های ازگیل ژاپنی بعد از ۲ + ۳۵ روز. میانگین هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

اثر تیمارها بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها، نشان‌دهنده‌ی اثر معنی‌دار تیمار شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و عدم معنی‌داری اثرهای ساده یا برهم‌کنش بسته‌بندی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها بود. مقایسه میانگین داده‌ها

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

نشان داد که پس از ۲ + ۳۵ روز نگهداری، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در تیمار ترکیبی با غلظت کمتر (سیتریک‌اسید ۰/۵٪ + هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ + آسکوربیک‌اسید ۱٪) افزایش و در دیگر تیمارها کاهش یافت که میزان این کاهش در نمونه‌های تیمار شده با آسکوربیک‌اسید ۱٪، آب مقطر و سیتریک‌اسید ۰/۵٪ معنی‌دار بود، در حالی‌که در دیگر تیمارها در حد میوه‌های تازه (شاهد) حفظ شد (شکل ۸).

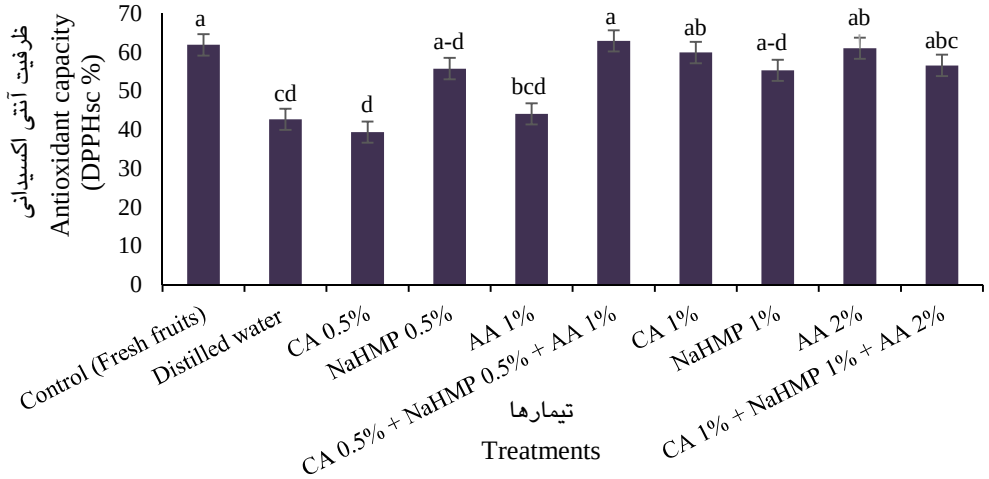


Fig. 8. Effects of different treatments on antioxidant capacity of loquat fruits after 35 + 2 days. † Means of each column with different letters are significantly different at probability level of 1% based on LSD test.

شکل ۸- اثرهای تیمارهای مختلف بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های ازگیل ژاپنی بعد از ۲ + ۳۵ روز. † میانگین هر ستون که دارای حرف‌های متفاوت می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ به‌طور معنی‌دار متفاوت هستند.

بحث

ارزش غذایی بالای میوه‌ها میزان تقاضای آن‌ها را طی سال‌های اخیر بین مصرف‌کنندگان افزایش داده است. اما یکی از دشواری‌های جدی در صنعت تولید محصولات باغی، حفظ کیفیت پس از برداشت آن‌هاست. امروزه متخصصان فیزیولوژی پس از برداشت با کاربرد فناوری‌های روز و انواع تیمارهای فیزیکی و شیمیایی سعی در افزایش ماندگاری و حفظ ویژگی‌های کیفی محصولات باغی دارند (۲۶). ازگیل ژاپنی در طی انبارداری حساسیت بالایی به از دست دادن آب و قهوه‌ای‌شدن آنزیمی دارد که مهم‌ترین عامل کاهش ماندگاری این میوه و بازارپسندی آن است (۱۳، ۱۵). در این پژوهش تاثیر تیمارهای صورت گرفته روی ماندگاری ازگیل ژاپنی موثر بود، به‌طوری‌که وزن تر که مهم‌ترین عامل بازارپسندی میوه‌هاست در تیمار هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ در بسته‌بندی PS + PE در تمام مدت انبارداری کمترین درصد کاهش را دارا بود و پس از ۲ + ۳۵ روز نگهداری با کاهش وزنی معادل ۴/۳۴٪ بیشترین رطوبت میوه را حفظ کرد. هم‌چنین کاربرد این ماده به‌ترتیب در غلظت ۱٪ و ۵٪ در بسته‌بندی PS موثرتر از دیگر تیمارها بود. دلیل برتری هگزا متا فسفات سدیم در حفظ وزن میوه را به خاصیت بازدارندگی فیزیکی آن ربط می‌دهند که مانند لایه‌ای محافظ سطح میوه را می‌پوشانند و با کاستن از شدت تبخیر و تعرق، به حفظ آب آن کمک می‌نماید (۲۹).

درصد قهوه‌ای‌شدن میوه‌ها در همه تیمارها در بسته‌بندی با PS + PE نسبت به بسته‌بندی PS کمتر بود که این مورد در تیمارهای سیتریک‌اسید ۰/۵٪ و آب مقطر (به‌ترتیب ۹ و ۸٪ در PS + PE در مقابل ۱۳/۲ و ۱۱/۵٪ در PS) نمود بیشتری پیدا کرد که می‌تواند به دلیل توانایی بیشتر این نوع بسته‌بندی در کاهش تبادل‌های گازی و محدودیت بیشتر دسترسی PPO به اکسیژن باشد. غوطه‌وری میوه‌ها در محلول‌های حاوی عوامل بازدارنده‌ی قهوه‌ای‌شدن آنزیمی از راه‌های موثر جهت کنترل این فرآیند مخرب است. آسکوربیک‌اسید، سیتریک‌اسید و هگزا متا فسفات سدیم از جمله ماده‌های سالم و بی‌خطری هستند که دارای چنین خاصیتی می‌باشند. هگزا متا فسفات

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

سدیم از راه کلاته‌کردن یون مس موجود در آنزیم PPO باعث غیرفعال‌شدن آن می‌شود (۳۲). در پژوهشی، تاثیر ۱٪ هگزا متا فسفات سدیم در کنترل قهوه‌ای‌شدن برش‌های سیب و گلابی گزارش شد (۳۲). نتیجه‌های مشابهی توسط برخی پژوهشگران دیگر ارائه شده است (۱۸، ۲۷).

میزان TSS ارتباط نزدیکی با مقدار آب میوه داشت به طوری‌که کاهش شدید آب میوه در حین انبارداری سبب افزایش TSS شد. اما در میوه‌های بسته‌بندی‌شده که کاهش وزن محدود می‌شود معمولا افزایش TSS در طی انبارداری مشاهده نمی‌شود (۷، ۳۳). TA نیز به غلظت‌های اسیدهای آلی موجود در میوه بستگی دارد و وجود دستکم ۰/۲ تا ۰/۴٪ اسید در پایان انبارداری ازگیل ژاپنی جهت حفظ طعم مناسب میوه الزامی است (۸). بسته‌بندی و استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی که توانایی محدود کردن تنفس را دارند به‌عنوان راهکاری مناسب جهت جلوگیری از کاهش شدید اسیدهای آلی شناخته شده است (۱۳). نسبت TSS/TA تعیین‌کننده طعم و مزه‌ی میوه‌هاست و یکی از مهمترین ویژگی‌های بازارپسندی و تعیین کیفیت میوه از نظر مصرف‌کنندگان به‌شمار می‌رود. افزایش TSS/TA طی انبارداری با نتیجه‌های Chen و همکاران (۸) در مورد ازگیل ژاپنی و Serrano و همکاران (۳۶) در مورد هلو و شلیل مطابقت دارد که بیان داشتند افزایش این نسبت در میوه‌ها بیشتر به کاهش اسید قابل تیتر آن‌ها بستگی دارد.

میزان فنول کل محصولات پس از برداشت می‌تواند کاهش یا افزایش یابد که بستگی به نوع تیمار و شرایط انبار دارد (۲۰، ۲۲). بسیاری از ترکیب‌های فنولی از جمله اسید کلروژنیک، اسید کافئیک، DOPA[1]، کاتکول و کاتچین ماده‌ی هدف آنزیم PPO هستند و دلیل کاهش آن‌ها در مدت انبارداری اکسایش آن‌ها توسط این آنزیم طی فرآیند قهوه‌ای‌شدن آنزیمی است (۱۱، ۴۵). بنابراین مصرف عوامل ضدقهوه‌ای‌شدن آنزیمی در حفظ ترکیب‌های فنولی موثر است. در پژوهش‌های مختلف تاثیر آسکوربیک‌اسید، سیتریک‌اسید و هگزا متا فسفات سدیم در جلوگیری از کاهش پلی‌فنول‌ها گزارش شد (۱۸، ۲۷). در آزمایش حاضر افزایش فنول کل در تیمار آسکوربیک‌اسید ۲٪ و تیمار ترکیبی "سیتریک‌اسید ۰/۵٪ + هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ + آسکوربیک‌اسید ۱٪" می‌تواند به تحریک فعالیت آنزیم PAL[2] توسط این تیمارها مربوط باشد، همانطور که Ma و همکاران (۲۵) پس از کاربرد تیمار ترکیبی آسکوربیک‌اسید ۱/۲۵٪ و سیتریک‌اسید ۱/۲۵٪ روی برش‌های سیب‌زمینی شاهد افزایش فعالیت PAL و افزایش ترکیب‌های فنولی در پایان انبارداری بودند. مقدار پایین فنول کل در تیمار سیتریک‌اسید ۰/۵٪ و آب مقطر به میزان قهوه‌ای‌شدن شدید آنها مرتبط است، چرا که مطابق یافته‌های تعداد زیادی از پژوهشگران بین حفظ فنول کل و شدت قهوه‌ای‌شدن در میوه‌ها، همبستگی منفی وجود دارد (۱۰، ۳۴).

در پژوهش حاضر، بیشترین فلاونوئید کل در هر دو نوع بسته‌بندی در نمونه‌های تیمار شده با آسکوربیک‌اسید ۲٪ مشاهده شد. کاهش یا افزایش میزان فلاونوئیدها در طی انبارداری تا حد زیادی به فعالیت آنزیم‌های PAL و PPO بستگی دارد، زیرا این ترکیب‌ها نیز مانند دیگر ترکیب‌های فنولی بیشتر توسط PAL ساخته می‌شوند (۱۶). هم‌چنین فلاونوئیدهایی مانند کوئرستین و کاتچین از مهم‌ترین فلاونوئیدهای موجود در میوه‌ی ازگیل ژاپنی (۳۱) و از اصلی‌ترین ماده‌های هدف PPO طی واکنش قهوه‌ای‌شدن آنزیمی به‌شمار می‌روند (۲۸). بنابراین کاربرد روش‌هایی مانند تیمار با عوامل ضدقهوه‌ای‌شدن آنزیمی که سبب محدودکردن فعالیت PPO و یا تحریک فعالیت PAL می‌شوند در حفظ حداکثری فلاونوئیدها تاثیرگذار است. از طرفی به‌دلیل این‌که فلاونوئیدها از فعال‌ترین ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی موجود در میوه‌ها به‌شمار می‌روند (۴۳) در طی خنثی‌سازی، رادیکال‌های آزاد مصرف شده و از مقدارشان کاسته می‌شود (۳۵). در این آزمایش افزایش فلاونوئید کل با تیمار

۱- 3,4-dihydroxyphenylalanine

۲- Phenylalanine amonialyase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

آسکوربیک‌اسید ۲٪ می‌تواند به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی این ماده باشد. این نتیجه با یافته‌های Shiri و همکاران (۳۷) مطابقت دارد که بیان کردند با توجه به این‌که آسکوربیک‌اسید هم جزو ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی است، اثر هم‌افزایی بر فلاونوئیدها داشته و کاربرد این ماده با حفظ کیفیت پس از برداشت مانع از کاهش فلاونوئید کل می‌شود.

وجود آنتی‌اکسیدان‌ها در بافت میوه با خنثی‌کردن گونه‌ی اکسیژن فعال (ROS) از خسارات به بافت‌های زنده می‌کاهد (۱۹). از آن‌جا که روند تولید رادیکال‌های آزاد با پیشرفت فرآیند پیری و آسیب‌های یاخته‌ای افزایش پیدا می‌کند، بنابراین برای خنثی‌سازی آن‌ها آنتی‌اکسیدان‌های بیشتری باید مصرف شوند و به‌همین دلیل در طی انبارداری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کاهش می‌یابد (۴۰). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصولات مختلف توسط تیمار با آسکوربیک‌اسید در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است (۱، ۵، ۳۷). هم‌چنین پژوهشگران برای سیتریک‌اسید (۹، ۴۴) و هگزا متا فسفات سدیم (۴) نیز خاصیت آنتی‌اکسیدانی قائل شده‌اند. بنابراین کاربرد چنین ماده‌هایی می‌تواند در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها موثر باشد. ترکیب‌های فنولی و فلاونوئیدها از فعال‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه‌ها به‌شمار می‌روند (۱۲). در آزمایش‌های بسیاری وجود همبستگی مثبت بین فنول و فلاونوئید کل با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی محصولات به اثبات رسیده است (۱۰، ۱۴، ۳۰). در آزمایش حاضر نیز افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ترکیبی "سیتریک‌اسید ۰/۵درصد + هگزا متا فسفات سدیم ۰/۵٪ + آسکوربیک‌اسید ۱٪" می‌تواند به میزان بالای فنول و فلاونوئید کل در این تیمار مربوط باشد. تاثیر تیمار ترکیبی سیتریک‌اسید + آسکوربیک‌اسید در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی برش‌های سیب در طی ۸ روز نگهداری مشاهده شد (۱۰).

نتیجه‌گیری

تمام محلول‌های به‌کار رفته در آزمایش به‌جز سیتریک‌اسید ۰/۵٪ و آب مقطر باعث حفظ ویژگی‌های کیفی میوه‌ها در پایان انبارداری شدند که در بین آن‌ها کاربرد ترکیبی عوامل ضد قهوه‌ای‌شدن آنزیمی در غلظت پایین‌تر و کاربرد جداگانه‌ی این ماده‌های در غلظت بالاتر به‌ویژه آسکوربیک‌اسید ۲٪ به‌عنوان موثرترین تیمارها شناخته شدند. با توجه به دسترسی آسان به آسکوربیک‌اسید، مرسوم‌بودن استفاده از آن در صنایع غذایی، بی‌خطربودن و پذیرش خوبی که این ماده در بین مصرف‌کنندگان دارد، تیمار ۲٪ آسکوربیک‌اسید به همراه بسته‌بندی ضخیم و انبارداری سرد جهت افزایش ماندگاری میوه‌های ازگیل ژاپنی توصیه می‌شود.

منابع References

1. Altunkaya, A. and V. Gokmen. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). Food Chem. 107: 1173-1179.
2. A.O.A.C. 1995. Association of official agricultural chemists. Official methods of analysis. 15th Ed. Published by A.O.A.C., Washington D.C., USA.
3. Ashournezhad, M. and M. Ghasemnezhad. 2012. Effects of cellophane-film packaging and cold storage on the keeping quality and storage life of loquat fruit (*Eriobotrya japonica*). Iranian J. Nut. Sci. Food Technol. 7 (2): 95-102.
4. Baldwin, E.A., M.O. Nisperos-Carriedo and R.A. Baker. 1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. HortScience, 30 (1): 35-38.
5. Balouchi, Z., G.A. Peyvast, M. Ghasemnezhad and M. Dadi. 2012. Effects of ascorbic acid in delaying florets senescence of broccoli during post-harvest storage. South Western J. Hort. Biol. Environ. 3 (2): 167-183.
6. Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Sci. Technol. 28 (1): 25-30.
7. Cai, C., K. Chen, W. Xu, W. Zhang, X. Li and I. Ferguson. 2006a. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biol. Technol. 40: 155-162.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

8. Chen, F.S., G.B. Wu and C.F. Li. 2003. Effects of modified atmosphere packaging on respiration and quality attributes of loquat fruit during cold storage. Tran. Chin. Soc. Agr. Eng. 19 (5): 147-151.
9. Christopher, H.S., F. Xuetong, A.P. Handel and K.B. Sokorai. 2003. Effect of citric acid on the radiation resistance of Listeria monocytogenes and frankfurter quality factors. Meat Sci. 63 (3): 407-415.
10. Cocci, E., P. Rocculi, S. Romani and M. Dala-Rosa. 2006. Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. Postharvest Biol. Technol. 39 (3): 265-271.
11. Crumiere, F. 2000. Inhibition of enzymatic browning in food products using bio-ingredients. M.Sc. Dissertation, Department of Food Science and Agricultural Chemistry, McGill University, Montreal, Québec, Canada 92p.
12. Dai, J. and R. Mumper. 2010. Plant phenolic: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules. 15: 7313-7352.
13. Ding, C.K., Y. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori and C.Y. Wang. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biol. Technol. 2 (3): 341-348.
14. Du, G., M. Li, F. Ma and D. Liang. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. Food Chem. 113: 557-562.
15. Ghasemnezhad, M., M. Ashournezhad and S. Gerailoo. 2011. Changes in postharvest quality of loquat (*Eriobotrya japonica*) fruits influenced by chitosan. Hort. Environ. Biotechnol. 52 (1): 40-45.
16. Ghasemzadeh, A. and N. Ghasemzadeh. 2011. Flavonoids and phenolic acids: role and biochemical activity in plants and human. J. Med. Plants Res. 5 (31): 6697-6703.
17. Gomez-Lopez, V.M. 2002. Inhibition of surface browning in cut avocado. J. Food Qual. 25: 369-379.
18. Guerrero-Beltran, J.A., B.G. Swanson and G.V. Barbosa-Canovas. 2005, Inhibition of polyphenol oxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol cysteine and ascorbic acid. Food Sci. Technol. 38: 625-630.
19. Halliwell, B. 2012. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. Nut. Rev. 70 (5): 257-265.
20. Hamauzu, Y. 2006. Role and evolution of fruit phenolic compounds during ripening and storage. Stewart Postharvest Rev. 2 (5): 1-7.
21. Hussain, A., N.A. Abbasi, I.A. Hafiz, Z. Ahmad and S.M.S. Naqvi. 2009. Molecular characterization and genetic relationship among loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) genotypes of Pakistan assessed by RAPD markers. Pak. J. Bot. 41 (5): 2437-2444.
22. Kalt, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. Food Sci. 70: 11-19.
23. Kavrayan, D. and T. Aydemir. 2001. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from peppermint (*Mentha peperita*). J. Food Chem. 74: 147-154.
24. Lamikanra, O. and M.A. Watson. 2001. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon. J. Food Sci. 66 (9): 1283-1286.
25. Ma, Y., Q. Wang, G. Hong and M. Cantwell. 2010. Reassessment of treatments to retard browning of fresh-cut Russet potato with emphasis on controlled atmospheres and low concentrations of bisulphite. Intl. J. Food Sci. Technol. 45: 1486-1494.
26. Maria, P.F. 2007. Storage life enhancement of avocado fruits, (Diss) McGill University, Department of Bioresource Engineering, Ste-Anne De Bellevue, QC, Canada, 71 p.
27. Martinez, M.V. and J.R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. Trends Food Sci. Technol. 6: 195-200.
28. Nagi, T. and N. Suzuki. 2001. Partial purification of polyphenol oxidase from Chinese cabbage *Brassica rapa* L. J. Agr. food Chem. 49: 3922-3926.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

29. Nisperos, M.O. and E.A. Baldwin. 1996. Edible coatings for whole and minimally processed fruits and vegetables. Food Aus. 48 (1): 27-31.
30. Oruma, P., P. Puwastien, A. Nitithamyong and P.P. Sirichakwal. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. J. Food Comp. Anal. 21: 241-248.
31. Pande, G. and C.C. Akoh. 2010. Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterization of Georgia-grown under-utilized fruit crops. Food Chem. 120: 1067-1075.
32. Pilizota, V., G.M. Sapers, N. Nedić-Tiban and D. Šubarić. 2006. Browning inhibition in fresh-cut Packhams Triumph pears by sodium hexametaphosphate treatment. IFPA 18th Annual Conference, Poster.
33. Rab, A., S. Haq, S.A. Khalil and S.G. Ali. 2010. Fruit quality and senescence related changes in sweet orange cultivar blood red uni-packed in different packaging materials. Sarhad J. Agr. 26 (2): 221-227.
34. Rocha, A.M.C.N. and A.M.M.B. De-Morais. 2001. Polyphenol oxidase activity and total phenolic content as related to browning of minimally processed 'Jon gored' apple. J. Sci. Food Agr. 82: 120-126.
35. Rodrigues, A.S., M. Perez-Gregorio, M.G. Falcon, J.S. Gandara and D.P.F. Almeida. 2010. Effect of post-harvest practices on flavonoid content of red and white onion cultivars. Food Control. 21 (6): 878-884.
36. Serrano, M., D. Martinez-Romero, S. Castillo, F. Guillén and D. Valero. 2004. Effect of pre-harvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. J. Sci. Food Agr. 84: 1270-1276.
37. Shiri, M.A., M. Ghasemnezhad, D. Bakhshi and M. Saadatian. 2011. Effect of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grape. Elec. J. Environ. Agr. Food Chem. 10 (7):2506-2515.
38. Singleton, V.L., R. Orthofer and R.S. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods Enz. 299:152-178.
39. Son, S.M., K.D. Moon and C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various anti-browning agents on apple slices. Food Chem. 73:23-30.
40. Srilaong, V. and Y. Tatsumi. 2003. Changes in respiratory and anti-oxidative parameters in cucumber fruit (*Cucumis sativus* L.) stored under high and low oxygen concentrations. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 72:525-532.
41. Suttirak, W. and S. Manurakchinakorn. 2010. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. Walailak J. Sci. Technol. 7 (1): 5-14.
42. Tian, S., B. Li and Z. Ding. 2007. Physiological properties and storage technologies of loquat fruit. Fresh Prod. 1 (1):76-81.
43. Toit, R.D., Y. Volsteedt and Z. Apostolides. 2001. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. Toxicol. 166:63-69.
44. Wang, L.F., D.M. Kim, J.D. Park and C.Y. Lee. 2003. Various anti-browning agents and green tea extract during processing and storage. J. Food Proc. Preserve. 27:213-25.
45. Yamaguchi, T., M. Katsuda, Y. Oda, J. Terao, K. Kanazawa, S. Oshima, T. Inakuma, Y. Ishiguro, H. Takamura and T. Matoba. 2003. Influence of polyphenol and ascorbate oxidases during cooking process on the radical-scavenging activity of vegetables. Food Sci. Technol. Res. 9: 79-83.
46. Zheng, Y.H., S.X. Guo, L.Q. Jiu, L.S. Yu and X.Y. Fang. 2000. Effect of high oxygen respiration rate polyphenol oxidase activity and quality in postharvest loquat fruits. Plant Physiol. Commun. 34 (4):318-320.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 19 (2): 143-156 (2018)

The Effect of Antioxidant Compounds and Packaging Materials on Quality and Storage Life of Loquat (*Eriobotrya japonica*) Fruits

D. Hashemabadi*, N. Najmabadi, B. Kaviani, M. Ghasemnejad, F. Zaredost and M. Jadid Soleimandarabi[1]

Loquat is a non-climacteric fruit and is very perishable during storage. In the present study, effects of times (0, 7, 14, 21, 28 and 35 + 2 days), packaging (polystyrene and polystyrene/polyethylene dishes) and antioxidants (ascorbic acid 1 and 2%, citric acid 0.5 and 1% and sodium hexametaphosphate 0.5 and 1%) were investigated. These treatments were selected for control of enzymatic browning and storage life of loquat fruits. Treated fruits were stored at 5°C for up to 35 days and 2 days shelf life at 25°C. Results showed that the lowest fruit weight loss (4.34%) was observed in hexametaphosphate 0.5% treated with 2 layers packaging. The treatment of ascorbic acid 2% + citric acid 1% + sodium hexametaphosphate 1% caused lowest browning index. The highest contents of vitamin C, total phenol, total flavonoid and antioxidant activity were observed in fruits treated with ascorbic acid 2%. Overall, it was revealed that ascorbic acid 2% was the most effective treatment to maintain the quality of loquat fruit during storage.

Keywords: Antioxidant, Ascorbic acid, Citric acid, Phenolic compounds, Sodium hexametaphosphate.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-29]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1397.19.2.3.5]

1. Associate Professor, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; Graduate Student, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; Associate Professor, Department of Horticulture, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; Associate Professor, Department of Horticultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran, Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

*Corresponding author, Email: (davoodhashemabadi@yahoo.com).