مقایسه اثر ۱- امسی‌پی و هوای کم‌فشار بر عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا'

بهفر مدرس*، علی اکبر رامین، سیروس قبادی و داوود خوشبخت[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۱۰)

چکیده

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa*) دارای میوه‌هایی مطبوع و دل‌پسند و با ارزش غذایی زیاد است. اما به دلیل بافت نرم و فعالیت متابولیک زیاد میوه در زمان رسیدن، بسیار حساس و آسیب‌پذیر بوده و عمر نگه‌داری کوتاهی دارد. تماس میوه با اتیلن از دلایل مهم افزایش ضایعات پس از برداشت میوه‌هاست که می‌تواند عمر نگه‌داری محصول توت‌فرنگی را کاهش دهد. لذا پژوهشی با هدف بررسی تأثیر تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار به میزان ۰/۲ اتمسفر و مدت ۲ ساعت بر خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' طی مدت نگه‌داری در انبار سرد و به صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین مقادیر صفات بازارپسندی (۹۰٪)، سفتی میوه (۷/۹۵ N)، اسیدهای آلی قابل تیتراسیون (۱/۱۵ g/100 cc)، ویتامین ث (۷۸/۱۳ mg/100 cc) و مواد جامد محلول (۱۰/۴۸٪) و هم‌چنین کمترین مقادیر صفات پوسیدگی ظاهری (۱۳/۳٪)، اسیدیته (۳/۶۳)، و شاخص مزه (۹/۰۴) در تیمار ترکیب ۱-امسی‌پی و هوای کم‌فشار وجود داشت که بیانگر تأثیر تیمارها بر کاهش سرعت تغییرات بیوشیمیایی بافت میوه است. ضمن این که ضرایب هم‌بستگی بین همه صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثر مثبت تیمار ۱-امسی‌پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه بیشتر از پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بوده و حتی ترکیب دو تیمار نیز تفاوت معنی‌داری را با تیمار ۱-امسی‌پی به تنهایی نشان نداد. در مجموع، تیمار ۱-امسی‌پی تأثیر مطلوب بیشتری در ایجاد تأخیر در رسیدن و بهبود خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی پس از مدت نگه‌داری در انبار سرد داشت.

واژه‌های کلیدی: پیش‌تیمار میوه‌ها، خصوصیات ظاهری، عمر پس از برداشت

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behfar_modares@of.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

مقدمه

توت‌فرنگی، یکی از میوه‌های دانه‌ریز بومی مناطق معتدله است که به دلیل داشتن طرفداران زیاد، روز به روز بر اهمیت و سطح زیر کشت آن افزوده می‌شود (۲۸). این میوه گوشتی نافرازگرا، عمر نگه‌داری کوتاهی داشته، به سرعت نرم و فسادپذیر می‌گردد (۳ و۴۰). در توت‌فرنگی، به دلیل عمر کم پس از برداشت، استفاده از مواد شیمیایی برای حفظ کیفیت میوه در حین انبارداری و حمل و نقل با محدودیت زیادی رو به رو است. بنابراین استفاده از مواد کم‌ضرر یا بی‌ضرر جایگزین مواد شیمیایی پرخطر در فناوری پس از برداشت توت‌فرنگی ضروری است. بعضی از این مواد با هدف محدودیت اثر اتیلن استفاده می‌شوند تا مکانیسم‌های رسیدن میوه به تعویق افتد (۴۰).

انبارهای هوای کم‌فشار در حقیقت نوعی انبار با اتمسفر کنترل شده‌اند که در آنها میوه‌ها در خلأ نسبی قرار داده می‌شوند. رسیدن کند میوه در انبارهای کم‌فشار، ناشی از کاهش فشار نسبی اکسیژن و دی‌اکسید کربن و نیز میزان کم اتیلن است. کاهش فشار هوا تا ۰/۱ اتمسفر (۱۰ کیلوپاسکال) معادل با کاهش غلظت اکسیژن نزدیک به ۲٪ در فشار عادی اتمسفر است (۱۳). انبار هوای کم‌فشار با کاهش اتیلن بیرونی اطراف میوه از یک طرف و نیز مکش اتیلن داخلی میوه از طرف دیگر فرایندهای مرتبط با رسیدن میوه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. آن‌گاه کم شدن غلظت اکسیژن در اثر فشار کم اعمال شده تا ۰/۱۵ درصد، باعث توقف پوسیدگی میوه از طریق کم کردن فعالیت قارچ‌های عامل پوسیدگی شده و بدین ترتیب این نوع انبار نقش عمده‌ای در افزایش عمر نگه‌داری محصول توت‌فرنگی ایفا می‌کند. کاهش فشار تا حدود ۲۰۰ میلی‌متر جیوه باعث افزایش عمر انبارداری بسیاری از ارقام توت‌فرنگی در دمای ۴/۴ درجه سلسیوس به مدت یک هفته نسبت به فشار هوای معمولی شده، در حالی که عطر و مزه میوه هیچ تغییری نکرده و پوسیدگی نیز کاهش یافته است. انبار کم‌فشار با فشار ۲۰ میلی‌متر جیوه و دمای نگه‌داری ۱ درجه سلسیوس در توت‌فرنگی رقم "لانگ‌آیلند جرسی" که رقمی حساس است، باعث حفظ سفتی، رنگ، شفافیت و مزه میوه به مدت ۱۸ روز در طی مدت انبارداری شده است (۸).

علاوه بر توت‌فرنگی، گزارش‌های مختلفی نیز از کاربرد مفید انبارهای کم‌فشار در مورد سایر محصولات باغبانی در منابع دیده می‌شود. مثلاً انبار کم‌فشار توانسته است به طور مؤثری کیفیت، رنگ و ظاهر محصول مارچوبه را به مدت طولانی‌تری در انبار سرد حفظ نماید. به طوری که کاهش ویتامین ث، مواد جامد محلول و اسیدهای آلی قابل اندازه‌گیری در شرایط انبار کم‌فشار به طور معنی‌داری نسبت به انبار معمولی و انبار کنترل اتمسفر کمتر بوده است (۱۶). استفاده از انبار کم‌فشار ۰/۲ اتمسفر به مدت دو ساعت برای خیار، باعث حفظ شاخص‌های رنگ سبز پوست (کلروفیل) و سفتی میوه و کاهش معنی‌دار پوسیدگی میوه پس از سه هفته نگه‌داری در دمای ۲۰ درجه سلسیوس شده است (۲۱).

۱- متیل‌سیکلوپروپن (1-MethylCycloPropene, 1-MCP) ماده‌ای گازی شکل با وزن ملکولی ۵۴ گرم و فرمول C_4H_6 است که در غلظت‌های بسیار کم، آثار ضد اتیلنی داشته و تأثیر منفی بر محیط‌زیست و سلامت انسان ندارد؛ ضمن این که به سادگی قابل مصرف بوده و تأثیر آن دائمی نمی‌باشد (۳۴). ۱-ام‌سی‌پی گیرنده‌های اتیلن موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها را به‌طور دائم اشغال کرده، در نتیجه اتیلن را غیر فعال کرده و از این طریق کلیه فرایندهای مرتبط با رسیدن میوه، حتی تولید اتیلن، را کاهش می‌دهد (۳). میل ترکیبی 1-MCP برای اشغال این گیرنده‌ها تقریباً ده برابر بیشتر از اتیلن است (۲۷). ۱-ام‌سی‌پی هم‌چنین باعث کاهش تولید اتیلن از طریق کنترل سیستم بازسازی اتیلن و ساخت خود به‌خودی آن می‌شود (۱۵ و ۳۴). گزارش‌های متعددی در مورد اثر 1-MCP بر محصولات مختلف ارائه شده است. برای مثال، 1-MCP تنفس و قهوه‌ای شدن بافت میوه و نیز کاهش کیفیت ظاهری، رنگ گوشت و ویتامین ث را در آناناس که میوه‌ای نافرازگرا است، تحت تأثیر قرار داده و آثار مثبتی در نگه‌داری این میوه داشته است (۷). در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

پاپایا و سیب، مواد جامد محلول در اثر تیمار با 1-MCP بیشتر شده‌اند (۱۲). 1-MCP بر نرم شدن بافت‌ها، تولید اتیلن، اسیدها، قندها، پروتئین‌ها و غشاهای سلولی اثر می‌گذارد (۳۴)، و تأثیر مثبت آن بر حفظ میزان اسیدهای آلی و تأخیر در کاهش اسید اسکوربیک در بیشتر محصولات باغبانی به تأیید رسیده است (۴).

کاهش تلفات زیاد محصول توت‌فرنگی و افزایش عمر انبارداری به منظور حفظ و توسعه بازارهای بزرگ مصرف موجود در داخل و خارج کشور، ارزش سرمایه‌گذاری فنی و تجاری در این بخش را دارد. لذا، هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه اثر تیمار ۱-امسی‌پی و هوای کم‌فشار بر عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم "کاماروسا" طی مدت ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه "فیزیولوژی پس از برداشت" گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. برای انجام پژوهش، چهار دسیکاتور ۲۰ لیتری برای اعمال چهار تیمار شامل تیمار شاهد، تیمار 1-MCP با غلظت ۱ میکرولیتر بر لیتر (بر اساس نتایج آزمایش‌های اولیه)، تیمار هوای کم‌فشار ۰/۲ اتمسفر به مدت ۲ ساعت و بالاخره تیمار 1-MCP به اضافه پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، در نظر گرفته شد. دستگاه تأمین هوای کم‌فشار به روش دست‌ساز، درون سردخانه آزمایشگاه نصب شد. ضمن اینکه پس از اعمال پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، هوای خارج شده از دسیکاتورها به وسیله گاز نیتروژن جایگزین شد. میوه توت‌فرنگی رقم "کاماروسا" از واحد تولیدی گلخانه‌ای سبزینه شهرستان خوانسار واقع در ۱۶۰ کیلومتری شمال غرب اصفهان تهیه شد. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری (زمانی که بیش از ۷۵٪ سطح آنها قرمز رنگ شده بود) به روش دستی برداشت شدند.

آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد که در آن نوع تیمار به‌عنوان عامل آزمایشی اول در ۴ سطح و زمان نمونه‌برداری (بر حسب روز از شروع پژوهش) در ۹ سطح به‌عنوان عامل آزمایشی دوم و ظروف پلاستیکی ۳۰۰ میلی‌لیتری درب‌دار به‌عنوان کرت در نظر گرفته شدند. در مجموع، ۱۰۸ ظرف آزمایشی به‌این پژوهش اختصاص یافت که به طور تصادفی در قسمت‌های مختلف انکوباتور $1^{\circ}C$ قرار گرفتند. نمونه‌برداری از ظروف نیز به‌طور تصادفی انجام شد. با توجه به نوع بسته‌بندی میوه‌ها درون ظروف پلاستیکی، میوه‌ها در رطوبت نسبی نزدیک به ۹۰٪ قرار داشتند. این پژوهش ۲۷ روز به‌طول انجامید.

اندازه‌گیری شاخص‌های ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه شامل پوسیدگی ظاهری، بازار پسندی، سفتی بافت میوه، pH، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، محتوای نسبی آنتوسیانین و شاخص مزه میوه به شرح زیر انجام شد:

پوسیدگی قارچی به طور چشمی و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ بر اساس رؤیت رشد ریسه‌های قارچ‌های عامل پوسیدگی روی سطح میوه‌ها انجام شد (۱= طبیعی، ۲= جزئی، ۳= کم، ۴= متوسط و ۵= زیاد) (۲ و ۴۱).

بازارپسندی با در نظر گرفتن وضعیت ظاهری و ظهور تغییرات نامطلوب قابل رؤیت (مانند آب انداختن، لهیدگی و پوسیدگی) بیان شد و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ انجام گرفت (۱ و ۲).

اندازه‌گیری سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (مدل OSK-I–10576) صورت گرفت. نیروی لازم برای فشردن نوک سفتی‌سنج درون بافت میوه بر حسب نیوتن محاسبه شد (۲۳ و ۲۶).

برای تعیین pH عصاره میوه از دستگاه pH متر Elmteron مدل 501 –CP استفاده گردید.

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، با استفاده از دستگاه قندسنج دستی (مدل 0032–k ساخت ژاپن، یک قطره عصاره تهیه شده را روی منشور قندسنج گذاشته و به سمت نور گرفته و میزان مواد جامد محلول قرائت شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

برای تعیین میزان اسیدهای آلی قابل اندازه‌گیری، پس از تهیه ۱۰ سانتی‌متر مکعب آب میوه، مقدار ۱۰ سانتی‌متر مکعب آب مقطر به آن اضافه شد. سپس تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۲ نرمال تا زمانی که pH عصاره به ۸/۲ برسد انجام شد. میزان اسید آلی غالب عصاره (اسید سیتریک) بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی محاسبه و گزارش شد (۲۳ و ۴۱).

برای اندازه‌گیری ویتامین ث عصاره میوه از روش تیتراسیون با محلول ان–بروموسوکسینامید استفاده شد. مقدار ۵ سانتی‌متر مکعب عصاره میوه، به همراه ۵ سانتی‌متر مکعب TCA، ۶ سانتی‌متر مکعب آب مقطر، ۱ سانتی‌متر مکعب یدید پتاسیم ۴٪، ۰/۳ سانتی‌متر مکعب اسید استیک ۱۰٪ و ۰/۴ سانتی‌متر مکعب معرف نشاسته ۱٪ به وسیلهٔ محلول NBS (با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر) تا رسیدن به رنگ آبی تیتر شد و ویتامین ث عصاره بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب گزارش شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین موجود در عصاره میوه به شکل پلارگونیدین–۳–گلوکوزید توسط آزمایش طیف‌سنجی نوری به روش پیترینی و ماساکی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimadzu UV160A ساخت ژاپن، انجام شد (۲۰).

برای بیان شاخص مزه میوه از رابطهٔ (TSS/TA = شاخص مزه) استفاده شد. این رابطه، هم‌بستگی مثبتی با کیفیت خوراکی میوه دارد (۲۳).

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS (نسخه ۸/۱)، برای محاسبات اثر متقابل عوامل آزمایشی از نرم‌افزار MSTATC و برای انجام محاسبات جبری، ورود داده‌ها به سیستم و رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۰۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های تیمارهای ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱–ام‌سی‌پی، پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، ترکیب آنها و تیمار شاهد، پس از مدت ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۱) نشان داد که تیمارها اثرهای معنی‌داری بر صفات مورد پژوهش در سطح احتمال ۱٪ داشته‌اند.

پوسیدگی ظاهری

پوسیدگی ظاهری، روند معکوسی را نسبت به بیشتر خصوصیات مورد پژوهش نشان داد و به غیر از مواد جامد محلول، با سایر صفات اندازه‌گیری شده دارای ضریب هم‌بستگی منفی بود (جدول ۲). علاوه بر این، مقایسه میانگین اثر تیمار۱–ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر خصوصیات اندازه‌گیری شده میوه توت‌فرنگی پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۲) حاکی از آن بود که در اثر استفاده از تیمار ۱–ام‌سی‌پی در ترکیب با پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، میزان پوسیدگی ظاهری به شدت کاهش پیدا کرد و به ۱۳/۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد که ۹۶/۷ درصد بود رسید. تیمار ۱–ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار هر دو تأثیر معنی‌داری بر کاهش پوسیدگی ظاهری نسبت به تیمار شاهد داشتند. اما به‌نظر می‌رسد اثر تیمار ۱–ام‌سی‌پی بیشتر از پیش‌تیمار هوای کم‌فشار باشد. چون ترکیب دو تیمار، تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱–ام‌سی‌پی به تنهائی نداشت. بر اساس این نتایج، می‌توان استنباط نمود که اثر تیمار ۱–ام‌سی‌پی که منجر به بلوکه کردن گیرنده‌های اتیلن می‌شود (۳۷) نسبت به پیش‌تیمار کم‌فشار که منجر به تخلیه درون بافتی اتیلن می‌شود (۳۳ و۳۷) تأثیر بیشتری دارد. این نتیجه‌گیری از مقایسه پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و تیمار ۱–ام‌سی‌پی نسبت به شاهد نیز قابل استنباط است. یعنی، استفاده از هوای کم‌فشار، پوسیدگی ظاهری را نسبت به شاهد از ۹۶/۷ درصد به ۶۳/۳ درصد (۳۳/۴ درصد کاهش) رسانده است. ولی تیمار ۱–ام‌سی‌پی پوسیدگی ظاهری را نسبت به شاهد از ۹۶/۷ درصد به ۱۶/۷ درصد (یعنی ۸۰٪ کاهش) رسانده است. به عبارت دیگر، می‌توان استنباط کرد که تیمار ۱–ام‌سی‌پی به میزان دو تا سه برابر اثر بیشتری نسبت به تیمار هوای کم‌فشار داشته است.

بررسی نحوه تغییرات پوسیدگی ظاهری در زمان‌های مختلف نیز نشان‌دهندهٔ برتری تیمار ۱–ام‌سی‌پی به همراه تیمار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

جدول ۱. تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		پوسیدگی ظاهری	بازار پسندی	سفتی میوه	TSS	اسید آلی	ویتامین ث	pH عصاره	آنتوسیانین نسبی	TSS/TA
تیمار	۳	۴۷۸۶/۱۱**	۴۸۲۲/۲۲**	۴۳/۰۹**	۳/۷۹**	۰/۱۷۸**	۱۵۸۴/۱**	۰/۱۶۹**	۰/۵۲**	۱۰/۷۴**
خطا	۸	۳۳/۳	۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۵۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۳	۰/۰۴۸
CV		۱۲/۱۵	۹/۳۷	۲/۴۳	۱/۰۲	۱/۶۷	۱/۲۹	۰/۲۶	۱۸/۷۷	۲/۰۳

**: نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'کاماروسا' پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد†

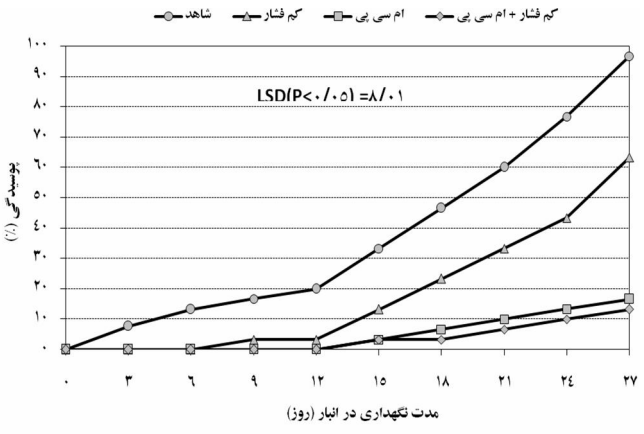
تیمار	پوسیدگی ظاهری (٪)	بازارپسندی (٪)	سفتی میوه (نیوتن)	TSS (٪)	اسید آلی (گرم در ۱۰۰ سی سی)	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ سی سی)	pH عصاره	آنتوسیانین نسبی	TSS/TA
شاهد	۹۶/۶۷ a	۶/۶۷ c	۰/۲۵ d	۸/۱۳ c	۰/۶۴ c	۳۳/۰۳ d	۴/۱۱ a	۰/۶۱ b	۱۲/۷۱ a
هوای کم‌فشار	۶۳/۳۳ b	۳۳/۳۳ b	۲/۷ c	۱۰/۲۷ b	۰/۸۵ b	۴۳/۵۷ c	۳/۹۵ b	۱/۳۲ a	۱۲/۰۸ b
1-MCP (1µL/L)	۱۶/۶۷ c	۸۳/۳ a	۷/۶۸ b	۱۰/۴۷ a	۱/۱۳ a	۷۶/۶۳ b	۳/۶۴ c	۱/۵۰ a	۹/۲۶ c
هوای کم‌فشار و 1-MCP (1µL/L)	۱۳/۳۳ c	۹۰ a	۷/۹۵ a	۱۰/۴ ab	۱/۱۵ a	۷۸/۱۳ a	۳/۶۳ c	۱/۴۷ a	۹/۰۴ c
LSD (P<0.05)	۱۰/۸۷	۹/۴۱	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۰۲۹	۱/۴۱	۰/۰۱۸	۰/۴۳	۰/۴۱

†: در هر ستون، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

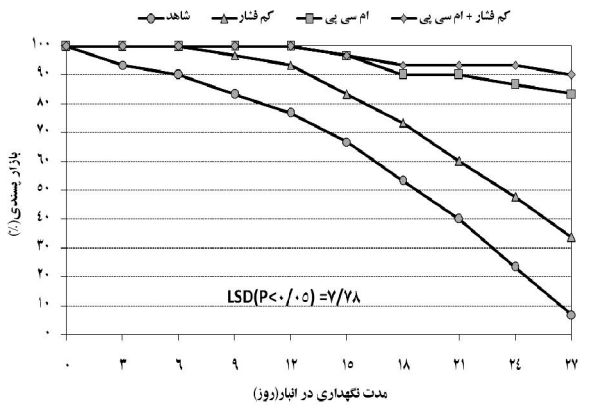
ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار در همه زمان‌های اندازه‌گیری بود. به‌طوری که روند یکسانی در همه زمان‌ها دیده شد (شکل ۱). با این حال، اختلاف دو تیمار مذکور و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار تا روز ششم دیده نشد و پس از آن با افزایش پوسیدگی میوه‌ها، این تیمارها از هم جدا شده‌اند. در روز بیست و هفتم نگه‌داری، تیمار شاهد دارای بیشترین پوسیدگی و تیمار ۱-ام‌سی‌پی به همراه تیمار ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار دارای کمترین مقادیر پوسیدگی ظاهری بودند. همان‌گونه که آگوایو و همکاران (۱) عنوان کردند، در زمان انبارداری میوه توت‌فرنگی، معمولاً رشد میکروبی و پوسیدگی ظاهری روی توت‌فرنگی مشاهده می‌شود که با استفاده از تیمار ۱-ام‌سی‌پی، پوسیدگی کاهش یافته است. با توجه به این که کاهش فشار اتمسفر روی میوه‌ها علاوه بر کاهش میزان اتیلن درون بافتی، میزان غلظت اکسیژن و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]



شکل ۱. درصد پوسیدگی میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد



شکل ۲. بازار پسندی میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد

دی‌اکسید کربن اطراف میوه را نیز کاهش می‌دهد (۳۳)، بنابراین به نظر می‌رسد باید منجر به تشدید اثر بازدارندگی رشد قارچ‌های ساپروفیت روی میوه شود. ولی همان‌طور که گفته شد، ظاهراً اثر ۱-ام‌سی‌پی در این میان بیشتر است. لازم به ذکر است که در ارتباط با جلوگیری از رشد کپک‌ها و پوسیدگی میوه، نگوین و کارلین (۱۸) گزارش کردند که سطوح هوای حاوی اکسیژن کم باعث جلوگیری از رشد باکتری‌های سرمادوست و کپک‌ها می‌شود. استفاده از انبار کم‌فشار ۰/۲ اتمسفر به مدت دو ساعت در خیار هم باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی میوه‌ها شده است (۲۱).

بازارپسندی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارها بر بازارپسندی میوه پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۲)، تیمار شاهد دارای کمترین بازارپسندی و تیمار ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار دارای بیشترین بازارپسندی بودند. در این صفت هم تیمارها اثر مثبت معنی‌دار در افزایش بازارپسندی نسبت به شاهد نشان دادند؛ هرچند که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۱-ام‌سی‌پی و ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار دیده نشد.

تغییرات بازارپسندی در تیمارهای مختلف در شکل۲ نشان می‌دهد که تفاوت تیمارها در روز بیست و هفتم نگه‌داری در انبار سرد به بیشترین میزان خود رسید. در صورتی که هیچ‌گونه تیمار نگه‌داری روی توت‌فرنگی انجام نشود، بازارپسندی میوه پس از ۱۸ روز، در دمای $1^{\circ}C$ به نصف کاهش می‌یابد و در دمای $5^{\circ}C$ این زمان کمتر از شش روز است. هم‌چنین پیش‌بینی شده که با استفاده از تیمار ۱-ام‌سی‌پی و اتمسفر کنترل شده بتوان بازارپسندی میوه توت‌فرنگی را تا مدت ۱۲ روز در دمای $5^{\circ}C$ حفظ کرد (۱). البته نتایج حاضر نشان می‌دهد که در صورتی که دمای نگه‌داری میوه $1^{\circ}C$ باشد، با استفاده از تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار می‌توان تا ۱۵ روز میوه توت‌فرنگی را بدون کاهش معنی‌دار در بازارپسندی نگه‌داری کرد. لازم به ذکر است که غیر از pH عصاره و شاخص مزه میوه، که ضریب هم‌بستگی منفی با بازارپسندی داشتند، ضریب هم‌بستگی سایر صفات با بازارپسندی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

جدول ۳. ضرایب همبستگی خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم"کاماروسا" تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد

صفت	پوسیدگی ظاهری	بازار پسندی	سفتی میوه	TSS	اسید آلی	ویتامین ث	pH عصاره	آنتوسیانین نسبی	TSS/TA
پوسیدگی ظاهری	۱	-۰/۹۹**	-۰/۹۸**	-۰/۸۵**	-۰/۹۹**	-۰/۹۷**	۰/۹۹**	-۰/۸۱**	-۰/۹۶**
بازارپسندی		۱	۰/۹۹**	۰/۸۱**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	-۰/۹۹**	۰/۷۶**	-۰/۹۸**
سفتی میوه			۱	۰/۸۱**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	-۰/۹۹**	۰/۷۸**	-۰/۹۸**
TSS				۱	۰/۸۵**	۰/۷۶**	-۰/۸۱**	۰/۸۹**	-۰/۷۲**
اسید آلی					۱	۰/۹۸**	-۰/۹۹**	۰/۸۲**	-۰/۹۷**
ویتامین ث						۱	-۰/۹۹**	۰/۷۴**	-۰/۹۹**
pH عصاره							۱	-۰/۷۹**	۰/۹۸**
آنتوسیانین نسبی								۱	۰/۹۸**
TSS/TA									۱

** : در هر ستون، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن ضرایب هم‌بستگی بین صفات در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

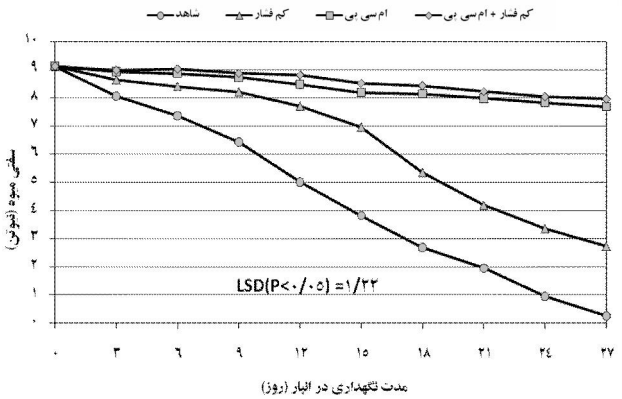
سفتی میوه

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار پس از ۲۷ روز نگه‌داری میوه در انبار سرد بر سفتی میوه (جدول ۲) نشان داد که تفاوت مقادیر سفتی میوه در همه تیمارها معنی‌دار بود. سفتی میوه در تیمار ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، بیشترین مقدار (۷/۹۵ N) و در تیمار شاهد کمترین مقدار (۰/۲۵ N) را نشان داد. این مطلب نشان دهنده تأثیر مثبت تیمار ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و نیز هر یک از دو تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر کاهش فعالیت آنزیم‌های از بین برنده دیواره‌های سلولی و نهایتاً جلوگیری از نرم شدن میوه است. البته به نظر می‌رسد تأثیر هر دو تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر حفظ سفتی بافت میوه ناشی از کاهش تأثیر یا غلظت اتیلن درون بافتی باشد که قبلاً مورد بحث قرار گرفت. هر چند که کاهش درصد پوسیدگی در اثر اعمال این تیمارها هم که بیانگر کاهش فعالیت عوامل قارچی است، در حفظ سفتی میوه مؤثر بوده است.

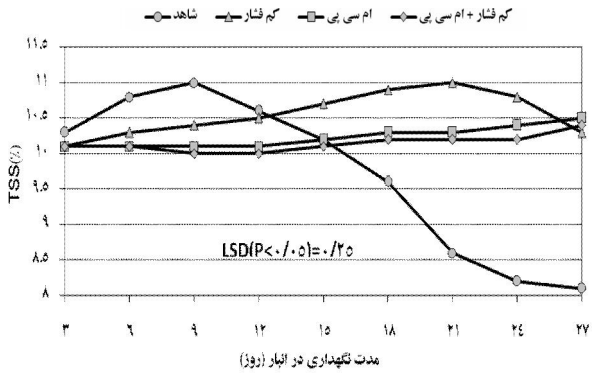
بررسی سفتی میوه‌ها در طول مدت نگه‌داری در انبار سرد هم نشان‌دهنده برتری دو تیمار ۱-ام‌سی‌پی و ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار نسبت به تیمارهای دیگر است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، سفتی میوه در تیمار شاهد با سرعت زیادی کاهش یافته و در روز بیست و هفتم نگه‌داری به صفر نزدیک شده است. پس از تیمار شاهد، پیش‌تیمار هوای کم‌فشار قرار دارد که با سرعت کمتری نسبت به شاهد افت کرده است. در مقابل، تیمارهای ۱-ام‌سی‌پی و ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، افت سفتی میوه بسیار کمی را نشان دادند. به طوری که در روز بیست و هفتم نگه‌داری، تنها یک نیوتن افت سفتی میوه دیده شد. در حالی که تیمار شاهد، ۹ نیوتن کاهش سفتی میوه داشته است. این نتایج حاکی از اثر مثبت تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر کند نمودن روند رسیدن میوه (که با از بین رفتن دیواره‌های سلولی و کاهش سفتی میوه همراه است) می‌باشد. همان‌گونه که قبلاً هم ذکر شده، تأثیر مثبت تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر حفظ سفتی میوه در سایر میوه‌ها از جمله: آووکادو (۳۸)، سیب (۲۹)، موز (۱۱)، گوجه‌فرنگی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]



شکل ۳. تغییرات سفتی میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد



شکل ۴. تغییرات مواد جامد محلول(TSS) میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد

(۲۱)، خرمالو (۱۴) و انبه و کیوی (۱) گزارش شده است. دلیل اصلی تغییرات در سفتی میوه، متلاشی شدن دیواره سلولی است که مکانیسم‌های دقیق آن هنوز به خوبی مشخص نشده است (۲۲). ولی نرم شدن میوه توت‌فرنگی به برخی از پروتئین‌های انبساط سلولی و آنزیم‌های هیدرولیتیک که موجب حل شدن پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی می‌شوند ارتباط دارد (۳۲). به نظر می‌رسد آنزیم‌های مرتبط با حل شدن پلی‌ساکاریدها و پکتین‌های دیواره سلولی تحت تأثیر تیمار ۱-ام‌سی‌پی قرار بگیرند (۳۴). آنزیم‌های مهمی که در این ارتباط گزارش شده‌اند عبارتند از پکتین متیل استراز، سلولاز، پلی‌گالاکتورونار، بتاگالاکتوزیداز، اندوگلوکلوناز، بتازایلوزیداز و پکتات‌لیاز، که وجود آنها در توت‌فرنگی ثابت شده است (۲۲). البته در مورد نقش آنزیم‌های مذکور در ارتباط با نرم شدن بافت میوه، اتفاق نظر وجود ندارد. ولی به نظر می‌رسد که در توت‌فرنگی، آنزیم‌های پکتین متیل استراز و پکتات‌لیاز از همه مهم‌تر باشند (۹). ضرایب هم‌بستگی (جدول ۳) هم نشان می‌دهند که سفتی میوه هم‌بستگی مثبت و بالایی با مواد جامد محلول (r=0.81**)، اسید آلی قابل تیتراسیون (r=0.99**) و ویتامین ث (r=0.99**) دارد.

مواد جامد محلول

مقایسه میانگین داده‌های جدول ۲ نشان می‌دهد که مواد جامد محلول پس از ۲۷ روز نگه‌داری میوه توت‌فرنگی در انبار سرد، در تیمار ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و نیز تیمار ۱-ام‌سی‌پی، بیشترین و در شاهد، کمترین مقدار بود و بین تیمار ۱-ام‌سی‌پی و تیمار ترکیبی ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با این حال، بین پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و تیمار ۱-ام‌سی‌پی تفاوت معنی‌دار دیده شد.

مطالعه روند تغییرات مقادیر مواد جامد محلول طی زمان پژوهش هم نشان داد که مواد جامد محلول در تیمار شاهد ابتدا افزایش یافته و پس از ۹ روز به شدت کاهش یافته‌اند (شکل ۴). روند کاهشی که از روز نهم شروع شد، تا پایان پژوهش ادامه داشت. به نظر می‌رسد این روند ناشی از تغییرات زیاد بیوشیمیایی در تیمار شاهد باشد که میزان مواد جامد محلول را در ابتدا افزایش داده ولی بعداً احتمالاً به دلیل تنفس بافت میوه و یا آلودگی قارچی و پوسیدگی میوه، شدیداً کاهش پیدا کرده است. تغییرات مشابهی در مواد جامد محلول در پیش‌تیمار هوای کم‌فشار دیده شد. با این تفاوت که دامنه این تغییرات وسیع‌تر بود و تعداد روز بیشتری برای انجام این روند

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

طـول کـشید. بـه طـوری کـه کـاهش مـواد جامـد محلـول در پیش‌تیمار هوای کم‌فشار از روز بیست و یکم نگه‌داری در انبـار سرد شروع شد. در تیمارهای ۱-ام‌سی‌پـی و ترکیـب تیمـار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کـم‌فـشار، تـا روز ۲۷ نگـه‌داری در انبار سرد هم افزایش مواد جامـد محلـول دیـده شـد. بـه نظـر می‌رسد کاهش مواد جامد محلول در این تیمارها در زمان‌هـای دیرتری رخ بدهد. این مشاهدات مشخص‌کننده اثر ۱-ام‌سی‌پـی بر کاهش سرعت تغییرات فیزیکوشیمیایی در بافت میوه اسـت. با وجود این، گزارش‌های متعددی حاکی از آن است که غلظت مواد جامد محلول در اثر تیمار با ۱-ام‌سی‌پی، رونـد مشخـصی نداشته است. در برخی از پژوهش‌ها در اثـر تیمـار میـوه بـا ۱-ام‌سـی‌پـی، مـواد جامـد محلـول افـزایش یافتـه، در برخـی از پژوهش‌ها کاهش نشان داده و در برخی هم تغییری نکرده است (۳۴). برای مثال، در گلابی، کاربرد ۱-ام‌سی‌پی هیچ تأثیری بـر مواد جامد محلول ندشته است (۳۰). در آلو نیز ۱-ام‌سی‌پی، بر مقدار کل مواد جامد محلول بی‌تأثیر بوده است (۲۵). اما در هلو و شلیل (۳۴) و در گوجه‌فرنگی (۲۱ و ۳۶) هـم کـاهش مـواد جامد محلول، هم افزایش مواد جامد محلول و هم عدم تأثیر ۱-ام‌سی‌پی بر مواد جامد محلول گزارش شده است. با وجود نتایج مربوط به عدم تأثیر تیمار ۱-ام‌سی‌پی بـر مـواد جامـد محلـول، انتظار می‌رود که مواد جامد محلول در محصولات تیمـار شـده با ۱-ام‌سی‌پی بیشتر از محصولات تیمار نشده باشد. زیرا تیمـار ۱-ام‌سی‌پی منجر به کاهش تنفس شده (۳۴) و بنابراین باید مواد جامد محلول حفظ شود. ولی در عمل گاهی حتی کاهش مـواد جامد محلول هم مشاهده شده است که بر اساس نظر محققـین این مسئله به نوع محصول و شرایط انبار بستگی دارد (۳۵). بـا توجه به این که اسیدهای آلی در زمان رسیدن میوه تبدیل به قند می‌شوند (۳۴) و احتمالاً به دلیـل ایـن کـه تیمـار ۱-ام‌سـی‌پـی محتوای اسید آلی میوه را بالا نگه می‌دارد، ممکن است تـشکیل مواد جامد محلول به تعویق افتاده و بنابراین مقدار مـواد جامـد محلول کمتـر از حـد مـورد انتظـار نـشان داده شـود. ضـرایب هم‌بستگی (جدول ۳) هم نشان‌دهنده ارتبـاط مثبـت و معنـی‌دار مواد جامد محلول با اسیدهای آلی قابل تیتراسـیون (r=0.85**) است.

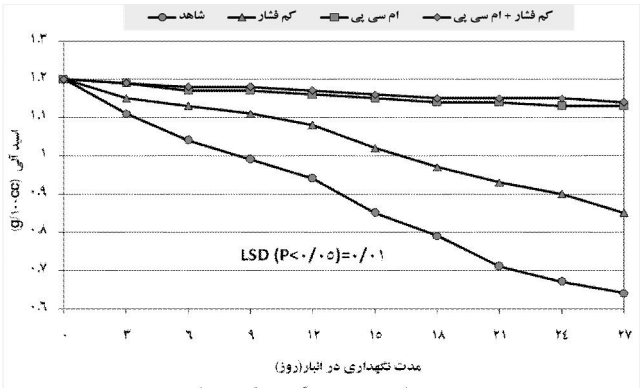
اسیدیته قابل تیتراسیون

مقایسه میانگین داده‌های اثر تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر اسید آلی قابل تیتراسیون عصاره میوه پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۲) نـشان داد کـه تیمارهـا دارای تأثیر معنی‌دار در حفظ اسید آلی بودند. بیشترین مقدار اسید آلی قابل تیتراسیون در پایان دوره انبارداری در تیمار ۱-ام‌سی‌پی بـه همراه پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و کمتـرین مقـدار آن در تیمـار شاهد دیده شد. اخـتلاف مقـادیر اسـیدآلی قابـل تیتراسـیون در تیمار ۱-ام‌سی‌پی و ترکیب ۱-ام‌سـی‌پـی و پـیش‌تیمـار هـوای کم‌فشار معنی‌دار نبود.

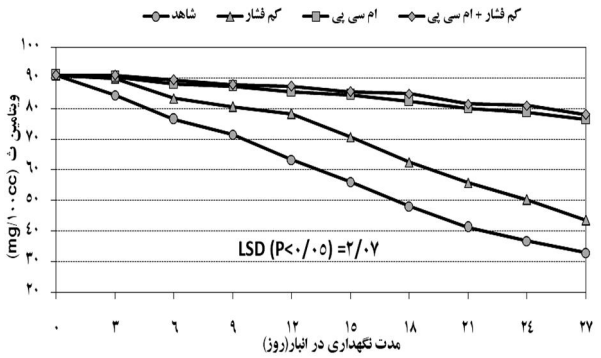
بررسی روند تغییرات این صفت نیـز ایـن مطلـب را نـشان می‌دهد که به‌طور کلی و با گذشت زمان، کاهش اسید آلی قابـل تیتراسیون صورت می‌گیرد. ولی این کاهش در تیمارهای حاوی ۱-ام‌سـی‌پـی بـسیار کنـدتر انجـام شـده و در تیمـار شـاهد و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، این روند خیلی سریع‌تـر بـوده اسـت (شکل ۵). جلوگیری از کاهش اسیدهای آلـی قابـل تیتراسـیون توسط تیمار میوه با ۱-ام‌سی‌پی علاوه بر توت‌فرنگی، در سـیب (۲۴ و ۳۹)، گلابی (۳۰)، هلو وشلیل (۶) و گوجه‌فرنگـی (۳۶) نیز گزارش شده است. با توجه به این کـه تیمـار ۱-ام‌سـی‌پـی باعث کاهش تنفس می‌شود (۳۴)، بنابراین مصرف قندها کاهش یافته و به دلیل این که تولید قند از طریق اسـیدهای آلـی ناشـی می‌شود (۳۱) و بـا آن هـم‌بـستگی دارد (جـدول ۳)، تغییـرات اسیدهای آلی قابل تیتراسـیون کـاهش یافتـه و بنـابراین میـزان اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در میـوه‌هـای تیمـار شـده بیـشتر خواهد بود (۳۴ و ۳۷). ضریب هم‌بستگی صفات در جـدول ۳ نیز نشان داد که بجز صفات پوسیدگی ظاهری، آنتوسیانین نسبی و شـاخص مـزه، در مـورد سـایر صـفات انـدازه‌گیـری شـده هم‌بستگی مثبت و بالایی با اسید آلـی قابـل تیتراسـیون عـصاره میوه وجود دارد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]



شکل ۵. تغییرات اسید آلی(سیتریک) میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد



شکل ۶. تغییرات ویتامین ث میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد

ویتامین ث

مقایسه میانگین تأثیر تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر خصوصیات مختلف میوه توت‌فرنگی پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۲) بیانگر این بود که میزان ویتامین ث میوه به طور معنی‌داری حفظ شده و بیشترین مقدار را نسبت به تیمار شاهد نشان داده است. اختلاف مقادیر ویتامین ث در تمام تیمارها معنی‌دار بود. ضمن این که ویتامین ث با سایر صفات اندازه‌گیری شده ضریب هم‌بستگی بالایی داشت (جدول ۳).

مطالعه روند تغییرات ویتامین ث طی مدت نگه‌داری در انبار سرد نشان می‌دهد که با گذشت زمان، کاهش ویتامین ث صورت گرفته، اما این کاهش در دو تیمار حاوی ۱-ام‌سی‌پی بسیار کندتر و در پیش‌تیمار هوای کم‌فشار سریع‌تر بوده است (شکل ۶). اگرچه ویتامین ث یک جزء کوچک تشکیل دهنده میوه‌ها است، اما در تغذیه انسان اهمیت بسیار زیادی دارد. تقریباً تمام نیاز بدن به این ماده از سبزی‌ها و میوه‌ها تأمین می‌شود (۳۷). بنابراین، حفظ مقادیر زیاد ویتامین ث در میوه‌ها، ارزش غذایی آنها را حفظ می‌کند (۱۹). در این خصوص گزارش شده که ۱-ام‌سی‌پی از دست رفتن ویتامین ث در آناناس و هلو را کاهش داده است (۳۴). در سیب‌های "دلیشس" و "امپایر" تیمار شده با ۱-ام‌سی‌پی هم مواد ضد اکسیدکنندگی محلول در آب (که شامل ویتامین ث نیز می‌شود) پس از مدت نگه‌داری در سردخانه بیشتر حفظ شده‌اند (۱۷). این گزارش‌ها نتایج به دست آمده در این پژوهش را تأیید می‌کنند. با توجه به این فرضیه که ۱-ام‌سی‌پی گیرنده‌های اتیلن موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها را اشغال نموده و به این ترتیب از اثر اتیلن بر محصول ممانعت کرده (۴ و ۳۴) و کلیه فرایندهای مرتبط با رسیدن میوه را کاهش می‌دهد (۲۷)، بنابراین اثر مثبت آن بر حفظ ویتامین ث قابل توجیه می‌باشد (۴ و ۳۴). از سوی دیگر، در انبار هوای کم‌فشار، غلظت همه گازهای اطراف محصول، از جمله اکسیژن، کاهش یافته و در نتیجه فرایندهای مرتبط با رسیدن میوه کند می‌شود (۸، ۳۳ و ۳۶). بنابراین خروج گاز اکسیژن از بافت میوه باعث کاهش ظرفیت اکسیداسیونی میوه و حفظ ویتامین ث درون آن می‌شود. این نوع انبار نقش عمده‌ای در افزایش عمر نگه‌داری و حفظ کیفیت محصول توت‌فرنگی ایفا کرده است (۸).

pH عصاره

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارها بر خصوصیات مختلف میوه پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۲)، pH عصاره تغییرات معکوسی را نسبت به تغییرات اسیدآلی و ویتامین ث نشان داد. بیشترین میزان pH عصاره (۴/۱۱) در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

تیمار شاهد و کمترین آن (۳/۶۳) در تیمار ۱-ام‌سی‌پی و تیمار ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و هوای کم‌فشار دیده شد. ضمن این‌که تفاوت معنی‌داری در pH عصاره میوه در تیمارهای شاهد، پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی دیده شد.

روند تغییرات pH عصاره در شکل ۷ نشان می‌دهد که این صفت در تیمارهای شاهد و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، تا روز ششم نگه‌داری در انبار سرد افزایش یافت و سپس تا روز دوازدهم کاهش نشان داد و از آن به بعد دوباره افزایش یافت. حال آن‌که در تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی، pH عصاره میوه تا روز پانزدهم نگه‌داری در انبار سرد به کندی کاهش یافته و پس از آن به ملایمت افزایش نشان داد. به عبارت دیگر، کمترین تغییرات مقادیر pH عصاره، در دو تیمار ۱-ام‌سی‌پی و ترکیب ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار دیده شد. این تغییرات علاوه بر این که بیانگر اثر اسیدهای‌آلی بر مقدار pH عصاره است، وجود تغییرات بیوشیمیایی دیگری در بافت میوه را هم نشان می‌دهد که بر مقدار pH تأثیرگذارند. زیرا pH عصاره تنها معرف اسیدی یا قلیایی بودن آن است و با مقدار اسیدهای آلی رابطه مستقیم ندارد، بلکه به غلظت یون هیدروژن وابسته است. pH عصاره میوه توت‌فرنگی در زمان رسیدن در حدود ۳/۵ است، که با پیشرفت مراحل رسیدن افزایش یافته و در اثر رسیدن بیش از اندازه از اسیدی به قلیایی تبدیل می‌شود (۱۰). بنابراین بالا بودن pH عصاره در توت‌فرنگی، صفت مطلوبی نیست. تیمارهایی که از تغییرات مقادیر pH عصاره میوه جلوگیری کنند، با ممانعت از رسیدن بیش از اندازه میوه، در بهبود خصوصیات شیمیایی و کیفیت میوه مؤثرند. نتایج این پژوهش نیز نشان دهنده اثر مثبت تیمار با ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار در جلوگیری از تغییرات شدید pH عصاره است که تأثیر ۱-ام‌سی‌پی در این مورد نیز از پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بیشتر بوده است. ضمناً، pH عصاره و پوسیدگی ظاهری، هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری (r=0.99**) نشان دادند (جدول ۳) که تأیید کننده اثر مطلوب تیمارها بر افزایش عمر انبارمانی میوه است.

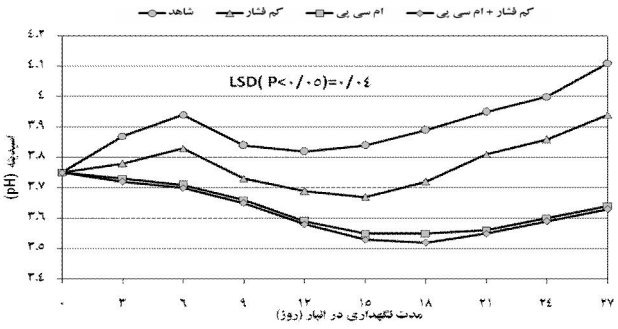
آنتوسیانین نسبی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر تیمار ۱-ام‌سی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر آنتوسیانین نسبی میوه پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار تیمارها نسبت به تیمار شاهد بود؛ هرچند که تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مورد مطالعه دیده نشد. بیشترین مقدار آنتوسیانین نسبی در روز بیست و هفتم پژوهش، در تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی و کمترین آن در تیمار شاهد دیده شد (جدول۲).

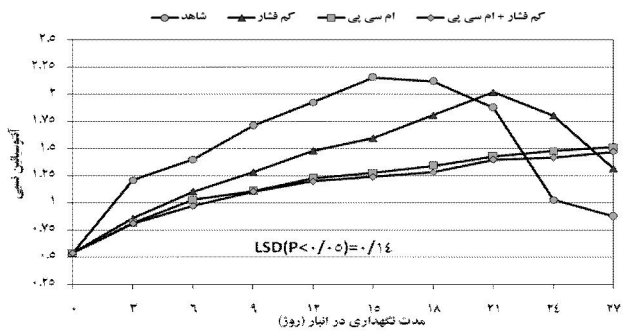
روند تغییرات آنتوسیانین نسبی نوعی افزایش و سپس کاهش را به دنبال داشت (شکل۸) به‌طوری که تیمارهای شاهد و پیش تیمار هوای کم فشار، افزایش سریعی در میزان آنتوسیانین نسبی به ترتیب تا روز پانزدهم و بیست و یکم نگه‌داری در انبار سرد داشته و سپس کاهش نشان دادند. اما تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی، تا پایان پژوهش در روز بیست و هفتم پژوهش، افزایش تدریجی در میزان آنتوسیانین نسبی داشتند. ظاهراً کاهش مقدار آنتوسیانین نسبی در زمان طولانی‌تری رخ می‌دهد (شکل ۸). بنابراین همان‌گونه که قبلاً هم بحث شد، تیمار ۱-ام‌سی‌پی معمولاً از تغییر رنگ میوه‌ها و سبزی‌ها جلوگیری می‌کند و به همین دلیل خروج رنگیزه‌ها از واکوئل را به تأخیر انداخته و در نتیجه سرعت تغییر رنگ را کند می‌کند (۳۴). تغییرات شیمیایی پس از رسیدن میوه، معمولاً باعث کاهش مقدار رنگیزه‌ها می‌شود. ولی چون در تیمار ۱-ام‌سی‌پی، از رسیدن میوه ممانعت می‌شود، بنابراین، هم سرعت افزایش آنتوسیانین و هم کاهش بعدی آن به تأخیر می‌افتد که شکل ۸ نیز این موضوع را تأیید می‌کند. به طور کلی، نشان داده شده است که یک رابطه خطی با ضریب هم‌بستگی زیاد بین میزان کل محتوای ضد اکسیدکنندگی و آنتوسیانین عصاره توت‌فرنگی در مراحل پس از برداشت میوه وجود دارد (۴۱). از سوی دیگر، گزارش شده که تیمار ۱-ام‌سی‌پی فعالیت ضد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

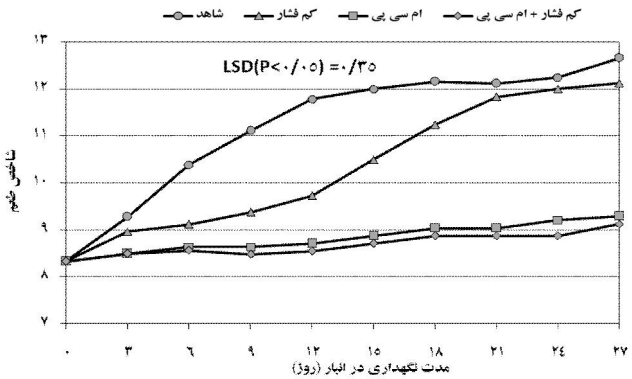
[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]



شکل ۷. تغییرات اسیدیته (pH) میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد



شکل ۸. تغییرات آنتوسیانین میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد



شکل ۹. تغییرات شاخص طعم میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱- ام سی پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار طی مدت نگه‌داری در انبار سرد

اکسیدکنندگی میوه را کاهش داده است (۱۵)، که این دو مطلب، با در نظر گرفتن ضرایب هم‌بستگی به دست آمده در جدول ۳، نتایج پژوهش را تأیید می‌کند.

شاخص مزه

نسبت TSS/TA که بیانگر شاخص مزه میوه است نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. به‌طوری که در پایان پژوهش، بیشترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی دیده شد (جدول ۲). اختلاف موجود بین تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی و سایر تیمارها در خصوص صفت شاخص مزه، معنی‌دار بود. زیاد بودن شاخص مزه در تیمار شاهد نشان‌دهنده تغییر زیاد این شاخص نسبت به مقدار اولیه آن در ابتدای پژوهش، پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد می‌باشد و کم بودن این شاخص در تیمارهای حاوی ۱-ام‌سی‌پی، بیانگر تغییر کم شاخص مزه نسبت به مقدار اولیه آن است. با توجه به افزایش مواد جامد محلول در تیمار شاهد در طی پژوهش و کاهش اسیدآلی در این تیمار، نسبت این دو که تعیین‌کننده شاخص مزه میوه است، در روز ۲۷ ام به حداکثر خود (۱۲/۷۱) رسید. در تیمار هوای کم‌فشار نیز روند افزایش این شاخص در طول مدت پژوهش دیده شد (شکل ۹). اما

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

روند تغییرات شاخص مزه در تیمارهای ۱-ام‌سی‌پی و ترکیب هوای کم‌فشار و ۱-ام‌سی‌پی بسیار کند بود و حداکثر آن پس از ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد به ترتیب به ۹/۲۶ و ۹/۰۴ رسید که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. این امر بیانگر اثر مثبت تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر شاخص مزه میوه توت‌فرنگی در طی مدت نگه‌داری در انبار سرد است. با توجه به این که تغییر شاخص مزه میوه، معمولاً کاهش بازارپسندی را به همراه دارد (۱) و ضرایب هم‌بستگی منفی بین این دو صفت (جدول ۳) هم حاکی از این مطلب است، بنابراین تیمار ۱-ام‌سی‌پی با جلوگیری از تغییر شاخص مزه، مزه بهتر میوه را به همراه خواهد داشت. به نظر می‌رسد بسیاری از ترکیبات فرار و معطر، در اثر کاربرد تیمار ۱-ام‌سی‌پی در میوه‌ها کاهش نشان دهند. ولی این تأثیر به نوع محصول و هم‌چنین شرایط نگه‌داری میوه بستگی دارد. بنابراین می‌توان گفت که تیمار ۱-ام‌سی‌پی معمولاً غیر از شاخص مزه میوه، کاهش ترکیبات فرار را به همراه دارد؛ هر چند، در برخی از موارد نادر، افزایش آنها نیز دیده شده است (۳۴). در مجموع، به نظر می‌رسد کاربرد تیمار ۱-ام‌سی‌پی، بهبود خصوصیات کیفی میوه در طول مدت نگه‌داری در انبار سرد را در پی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر مثبت تیمار ۱-ام‌سی‌پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه در میوه توت‌فرنگی بیشتر از پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بود و ترکیب دو تیمار نیز تفاوت معنی‌داری را با تیمار ۱-ام‌سی‌پی به تنهایی نشان نداد. در مجموع، تیمار ۱-ام‌سی‌پی نسبت به پیش‌تیمار هوای کم‌فشار تأثیر بیشتری بر بهبود خصوصیات کیفی میوه طی مدت ۲۷ روز نگه‌داری در انبار سرد داشته است. در صورت در نظر گرفتن ملاک بازارپسندی ۹۰٪ به عنوان حد قابل قبول نگه‌داری محصول توت‌فرنگی(۵)، ترکیب دو تیمار ۱-ام‌سی‌پی و هوای کم‌فشار به مدت ۲۴ روز و تیمار ۱-ام‌سی‌پی به تنهایی به مدت ۲۱ روز، توانایی نگه‌داری محصول را در حد قابل قبول دارند.

منابع مورد استفاده

1. Aguayo, E., R. Jansasithorn and A. A. Kader. 2006. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 40: 269-278.
2. Babalar, M., M. Asghari, A. Talaei and A. Khosroshahi. 2007. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of 'Selva' strawberry fruit. *Food Chemistry* 105: 449-453.
3. Balogh, A., T. Koncz, V. Tisaza, A. Kiss and L. Heszky. 2005. The effect of 1-MCP on the expression of several ripening-related genes in strawberries. *HortScience* 40: 2088-2090.
4. Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-methyl cyclopropene: A review. *Postharvest Biology and Technology* 28(1): 1-25.
5. Bower, J. H., W. V. Biasi and E. J. Mitcham. 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 28: 417-423.
6. Bregoli, A. M., V. Ziosi, S. Biondi, A. Rasori, M. Ciccioni and G. Costa. 2005. Postharvest 1-methylcyclopropene application in ripening control of 'Stark Red Gold' nectarines: Temperature-dependent effects on ethylene production and biosynthetic gene expression, fruit quality and polyamine levels. *Postharvest Biology and Technology* 37: 111-121.
7. Budu, A. S. and D. C. Joyce. 2003. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of minimally processed pineapple fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 177-184.
8. Burg, S. P. 2004. Postharvest Physiology and Hypobaric Storage of Fresh Product. CABI Pub., USA.
9. Dotto, M. C., G. A. Martínez and P. M. Civello. 2006. Expression of expansion genes in strawberry varieties with contrasting fruit firmness. *Plant Physiology and Biochemistry* 44: 301-307.
10. Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CABI Pub., Wallingford, UK.
11. Harris, D. R., J. A. Seberry, R. B. H. Wills and L. J. Spohr. 2000. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

methylcyclopropene to delay the ripening of banana. *Postharvest Biology and Technology* 20: 303-308.
12. Hofman, P. J., M. Jobin-Decor, G. F. Meiburg, A. J. Macnish and D. C. Joyce. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 567-572.
13. Jamieson, W. 1980. Use of hypobaric condition for refrigerated storage of meats. *Fruit and Vegetable Technology* 3: 64-71.
14. Jiang, Y. M. and D. C. Joyce. 2002. 1-methylcyclopropene treatment effects on intact and fresh-cut apple. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 77: 19-21.
15. Jiang, Y. M., D. C. Joyce and L. A. Terry. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology and Technology* 23: 227-232.
16. Li, W., M. Zhang and Y. Han-Qing. 2006. Study on hypobaric storage of green asparagus. *Journal of Food Engineering* 73: 225-230.
17. MacLean, D. D., D. P. Murr and J. R. DeEll. 2003. Modified total oxyradical scavenging capacity assay for antioxidants in plant tissues. *Postharvest Biology and Technology* 29: 183-194.
18. Nguyen-the, C. and F. Carlin. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34: 371-401.
19. Pateraki, I., M. Sanmartin, M. S. Kalamaki, D. Gerasopoulos and A. K. Kanelis. 2004. Molecular characterization and expression studies during melon fruit development and ripening of l-galactono-1, 4-lactone dehydrogenase. *Journal of Experimental Botany* 55: 1623-1633.
20. Pietrini, F. and A. Massacci. 1998. Leaf anthocyanin content changes in *Zea mays* L. grown at low temperature: Significance for the relationship between the quantum yield of PSII and the apparent quantum yield of CO_2 assimilation. *Photosynthesis Research* 58: 213-219.
21. Ramin, A. A. 2006. Improving postharvest quality of glasshouse tomatoes treated with 1-MCP at ripening stage. *America- Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 2: 146-155.
22. Rosli, H. G., P. M. Civello and G. A. Martinez. 2004. Changes in cell wall composition of three *Fragaria×ananassa* cultivars with different softening rate during ripening. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 823-831.
23. Rutkowski, K. P., D. E. Kruczynska and E. Zurawicz. 2006. Quality and shelflife of strawberry cultivars in Poland. *Acta Horticulturae* 708: 329-332.
24. Saftner, R. A., J. A. Abbott, W. S. Conway and C. L. Barden. 2003. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128: 120-127.
25. Salvador, A., J. Cuquerella and J. M. Martinez-Javega. 2003. 1-MCP treatment prolongs postharvest life of 'Santa Rosa' plums. *Journal of Food Science* 68: 1504-1510.
26. Sesmero, R., M. A. Quesada and J. A. Mercado. 2007. Antisense inhibition of pectate lyase gene expression in strawberry fruit: Characteristics of fruits processed into jam. *Journal of Food Engineering* 79: 194-199.
27. Sisler, E. C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 577-582.
28. Tehranifar, A. and N. Sarsaefi. 2002. Strawberry growing in Iran. *Acta Horticulturae* 567: 547-549.
29. Toivonen, P. A. and C. W. Lu. 2005. Studies on elevated temperature, short-term storage of 'Sunrise' summer apples using 1-MCP to maintain quality. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 80: 439-446.
30. Trinchero, G. D., G. O. Sozzi, F. Covatta and A. A. Fraschina. 2004. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology* 32: 193-204.
31. Tucker, G. A., G. B. Seymour and J. Taylor. 1993. Introduction in Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, UK.
32. Villarreal, N. M., H. G. Rosli, G. A. Martınez and P. Marcos-Civello. 2008. Polygalacturonase activity and expression of related genes during ripening of strawberry cultivars with contrasting fruit firmness. *Postharvest Biology and Technology* 47: 141-150.
33. Wang, L., P. Zhang and S. J. Wang. 2001. Advances in research on theory and technology for hypobaric storage of fruit and vegetable. *Storage and Process* 5: 3-6.
34. Watkins, C. B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389-409.
35. Watkins, C. B., J. F. Nock and B. D. Whitaker. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19: 17-32.
36. Wills, R. B. H. and V. V. V. Ku. 2002. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 26: 85-90.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]

37. Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. 4th ed., Hyde Park Press, Australia.
38. Woolf, A. B., C. Requejo-Tapia, K. A. Cox, R. C. Jackman, A. Gunson and M. L. Arpaia. 2005. 1-MCP reduces physiological storage disorders of 'Hass' avocados. *Postharvest Biology and Technology* 35: 43-60.
39. Zanella, A. 2003. Control of apple superficial scald and ripening-a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology* 27: 69-78.
40. Zhang, J. J. and C. B. Watkins. 2005. Fruit quality, fermentation products, and activites of associated enzymes during elevated CO_2 treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 130: 124-130.
41. Zheng, Y., S. Y. Wang, C. Y. Wang and W. Zheng. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *L W T* 40: 49-57.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.9.15.8]