

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

بهفر مدرس<sup>\*</sup>، علی اکبر رامین، سیروس قبادی و داود خوشبخت<sup>۱</sup>

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

### چکیده

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa*) دارای میوه‌هایی مطبوع و دل‌پستند 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 ۰/۲۰ 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 بدست آمده، بیشترین مقادیر صفات بازارپسندی (٪۹۰)، سفتی میوه (٪۷/۹۵)، 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 تنها نی 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 باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behfar\_modares@of.iut.ac.ir

## مقدمه

توت فرنگی رقم "لانگ آیلند 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 توت فرنگی، گزارش‌های مختلفی نیز از کاربرد مفید انبارهای کم‌فشار در مورد سایر محصولات با غبانی 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 آلبی 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  $0/2^{\circ}\text{C}$  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  $20^{\circ}\text{C}$  درجه سلسیوس شده است (۲۱).

**۱- متیل سیکلوپروپن (1-MethylCycloPropene, 1-MCP)**  
ماده‌ای گازی شکل با وزن ملکولی  $54\text{ g/mol}$  و فرمول  $\text{C}_4\text{H}_8$  است که در غلاظت‌های بسیار کم، آثار ضد اتیلن داشته و تأثیر منفی بر محیط‌زیست و سلامت انسان ندارد؛ ضمن این که به سادگی قابل مصرف بوده و تأثیر آن دائمی نمی‌باشد (۳۴).  $-1^{\circ}\text{C}$  امسی‌پی گیرنده‌های اتیلن موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها را به طور 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).  $1^{\circ}\text{C}$  امسی‌پی هم‌چنین باعث کاهش تولید اتیلن از طریق کنترل سیستم بازسازی اتیلن و ساخت خود به خودی آن می‌شود (۱۵) و (۳۴). گزارش‌های متعددی در مورد اثر 1-MCP بر محصولات مختلف ارائه شده است. برای مثال، 1-MCP-1-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

توت فرنگی، یکی از میوه‌های دانه‌ریز بومی مناطق معتدل 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 ( $3^{\circ}\text{C}$  و  $40^{\circ}\text{C}$ ). در توت فرنگی، 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 میوه توت فرنگی 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 خلاصه 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  $1/10^{\circ}\text{C}$  اتمسفر ( $10\text{ kPa}$ ) معادل با کاهش غلاظت اکسیژن نزدیک به  $2\%$  در فشار عادی اتمسفر است (۱۲). 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 غلاظت اکسیژن در اثر فشار کم اعمال شده تا  $15^{\circ}\text{C}$  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 توت فرنگی ایفا می‌کند. کاهش فشار تا حدود  $200\text{ mbar}$  جیوه باعث افزایش عمر انبارداری بسیاری از ارقام توت فرنگی در دمای  $4/4^{\circ}\text{C}$  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  $20\text{ mbar}$  جیوه و دمای نگهداری  $1^{\circ}\text{C}$  درجه سلسیوس در

آن نوع تیمار به عنوان عامل آزمایشی اول در ۴ سطح و زمان نمونه برداری (بر حسب روز از شروع پژوهش) در ۹ سطح به عنوان عامل آزمایشی دوم و ظروف پلاستیکی ۳۰۰ میلی لیتری درب دار به عنوان کرت در نظر گرفته شدند. در مجموع، ۱۰۸ طرف آزمایشی به این پژوهش اختصاص یافت که به طور تصادفی در قسمت های مختلف انکوباتور  $1^{\circ}\text{C}$  قرار گرفتند. نمونه برداری از ظروف نیز به طور تصادفی انجام شد. با توجه به نوع بسته بندی میوه ها درون ظروف پلاستیکی، میوه ها در رطوبت نسبی نزدیک به ۹۰٪ قرار داشتند. این پژوهش ۲۷ روز به طول انجامید.

اندازه گیری شاخص های ظاهري و فيزيکوشيميايی ميوه شامل پوسيدگي ظاهري، بازار پسندی، سفتی بافت ميوه، pH، مواد جامد محلول، اسيديته قابل تيراسيون، ويتامين ث، محتوai نسي آنتوسپيانين و شاخص مزه ميوه به شرح زير انجام شد:

پوسيدگي قارچي به طور چشمی و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ بر اساس رؤيت رشد ريسه های قارچ های عامل پوسيدگي روی سطح ميوه ها انجام شد ( $1 = \text{طبيعي}$ ،  $2 = \text{جزئي}$ ،  $3 = \text{كم}$ ،  $4 = \text{متوسط}$  و  $5 = \text{زياد}$ ) ( $2$  و  $41$ ).

بازار پسندی با در نظر گرفتن وضعیت ظاهري و ظهور تغیيرات نامطلوب قابل رؤيت (مانند آب انداختن، لهيدگي و پوسيدگي) بيان شد و با استفاده از مقیاس عددی ۱ تا ۵ انجام گرفت ( $1$  و  $2$ ).

اندازه گیری سفتی بافت ميوه توسط دستگاه سفتی سنج (مدل OSK-I-10576) صورت گرفت. نيري لازم برای فشردن نوك سفتی سنج درون بافت ميوه بر حسب نيوتن محاسبه شد ( $23$  و  $.26$ ).

برای تعیین pH عصاره ميوه از دستگاه pH متر Elmteron مدل 501-CP استفاده گردید.

برای اندازه گیری مواد جامد محلول، با استفاده از دستگاه قندسنج دستي (مدل k-0032 ساخت ژاپن، يك قطره عصاره تهيه شده را روی منشور قندسنج گذاشته و به سمت نور گرفته و ميزان مواد جامد محلول قرائت شد.

پاپايا و سيب، مواد جامد محلول در اثر تیمار با ۱-MCP بيشتر شده اند (۱۲). ۱-MCP بر نرم شدن بافت ها، توليد اتيلن، اسيدها، قندها، پروتئين ها و غشاهای سلولی اثر می گذارد (۳۴)، و تأثير مثبت آن بر حفظ ميزان اسيدها آلى و تأخير در کاهش اسيد اسکوربيك در بيشتر محصولات با غبانی به تأييد رسيده است (۴).

کاهش تلفات زياد محصول توت فرنگي و افزایش عمر انبارداری به منظور حفظ و توسعه بازارهای بزرگ مصرف موجود در داخل و خارج کشور، ارزش سرمایه گذاري فني و تجاري در اين بخش را دارد. لذا، هدف از اين پژوهش، بررسی و مقایسه اثر تیمار ۱-امسی بی و هوای کم فشار بر عمر انبارمانی ميوه توت فرنگي رقم "کاماروسا" طی مدت ۲۷ روز نگهداري در انبار سرد می باشد.

## مواد و روش ها

اين پژوهش در بهار سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه "فيزيولوژي پس از برداشت" گروه علوم با غبانی دانشکده كشاورزی دانشگاه صنعتي اصفهان انجام شد. برای انجام پژوهش، چهار دسيکاتور ۱۰ لیتری برای اعمال چهار تیمار شامل تیمار شاهد، تیمار ۱-MCP با غلظت ۱ ميكرو ليتر بر ليتر (بر اساس نتایج آزمایش های اوليه)، تیمار هوای کم فشار  $2/0$  اتمسفر به مدت ۲ ساعت و بالاخره تیمار ۱-MCP به اضافه پيش تیمار هوای کم فشار، در نظر گرفته شد. دستگاه تأمین هوای کم فشار به روش دست ساز، درون سردخانه آزمایشگاه نصب شد. ضمن اينكه پس از اعمال پيش تیمار هوای کم فشار، هوای خارج شده از دسيکاتورها به وسیله گاز نيتروژن جايگزين شد. ميوه توت فرنگي رقم "کاماروسا" از واحد توليدی گلخانه ای سبزینه شهرستان خوانسار واقع در  $160$  کيلومetri شمال غرب اصفهان تهيه شد. ميوه ها در مرحله بلوغ تجاري (زمانی که بيش از  $75\%$  سطح آنها قرمز رنگ شده بود) به روش دستي برداشت شدند. آزمایش به صورت طرح كرت های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفي و در سه تكرار انجام شد که 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 تیمار ۱-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  $13/3$  درصد در مقایسه با تیمار شاهد که  $96/7$  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 تنها 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 ( $33/3$  و  $37/3$ ) 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  $96/7$  درصد به  $63/3$  درصد ( $33/4$  درصد کاهش) رسانده است. ولی تیمار ۱-امسی‌پی پوسیدگی ظاهری را نسبت به شاهد از  $96/7$  درصد به  $16/7$  درصد (یعنی  $80/8$ ٪) 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 نشان‌دهنده برتری تیمار ۱-امسی‌پی به همراه تیمار

برای تعیین میزان اسیدهای آلی قابل اندازه‌گیری، پس از تهیه  $10$  سانتی‌متر مکعب آب میوه، مقدار  $10$  سانتی‌متر مکعب آب مقطر به آن اضافه شد. سپس تیتراسیون با استفاده از سود  $2/2$  نرمال تا زمانی که  $pH$  عصاره به  $8/2$  برسد انجام شد. میزان اسید آلی غالب عصاره (اسید سیتریک) بر حسب میلی‌گرم در  $100$  سی سی محاسبه و گزارش شد ( $23$  و  $41$ ).

برای اندازه‌گیری ویتامین ث عصاره میوه از روش تیتراسیون با محلول ان-بروموسوکسینامید استفاده شد. مقدار  $5$  سانتی‌متر مکعب عصاره میوه، به همراه  $5$  سانتی‌متر مکعب  $6\%$  TCA،  $6\%$  سانتی‌متر مکعب آب مقطر،  $1$  سانتی‌متر مکعب یدید پتاسیم  $4/3$  معرف نشاسته  $1\%$  به وسیله محلول NBS (با غلظت  $4$  میلی‌گرم در لیتر) تا رسیدن به رنگ آبی تیتر شد و ویتامین ث عصاره بر حسب میلی‌گرم در  $100$  سانتی‌متر مکعب گزارش شد.

اندازه‌گیری آنتوسبیانین موجود در عصاره میوه به شکل پلارگونیدین-۳-گلوکوزید توسط آزمایش طیف‌سنجی نوری به روش پیترینی و ماساکی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Shimadzu UV160A ساخت ژاپن، انجام شد ( $20$ ).

برای بیان شاخص مزه میوه از رابطه  $TSS/TA =$  شاخص مزه) استفاده شد. این رابطه، همبستگی مثبتی با کیفیت خوراکی میوه دارد ( $23$ ).

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS (نسخه  $8/1$ )، 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  $2003$ ) استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های تیمارهای  $1$  میکرولیتر بر لیتر -۱-امسی‌پی، پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، ترکیب آنها و تیمار شاهد، پس از مدت  $27$  روز نگهداری در انبار سرد (جدول ۱) نشان داد که تیمارها اثرهای معنی‌داری بر صفات مورد پژوهش در

جدول ۱. تجزیه واریانس خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیابی میوه توت فرنگی رقم 'کاماروسا' تیمار شده با ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم فشار پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد

متابع	درجه آزادی	پوسیدگی ظاهری (%)	بازار پستندي	سفته میوه	TSS	اسید آلی	ویتامین ث	pH عصاره	آنتوسیانین نسبی	TSS/TA	میانگین مریعات	
											تغییرات	منابع
تیمار	۳	۴۷۸۶/۱۱**	۴۸۲۲/۲۲**	۴۳/۰۹**	۲/۷۹**	۰/۱۷۸**	۱۵۸۴/۱**	۰/۱۶۹**	۰/۵۲**	۱۰/۷۴**	۰/۰۴۸	خطا
خطا	۸	۳۳/۳	۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۵۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۳	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	تیمار
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

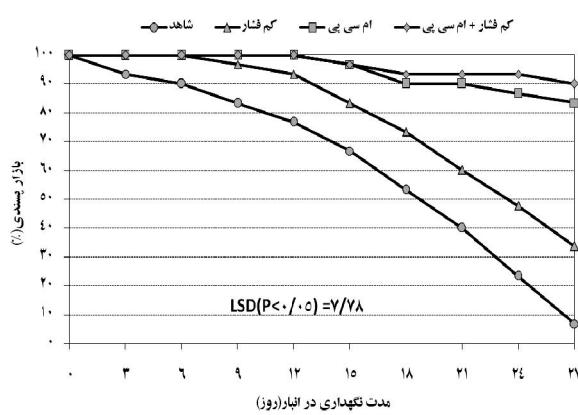
جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم فشار بر خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیابی میوه توت فرنگی رقم 'کاماروسا' پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد\*

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

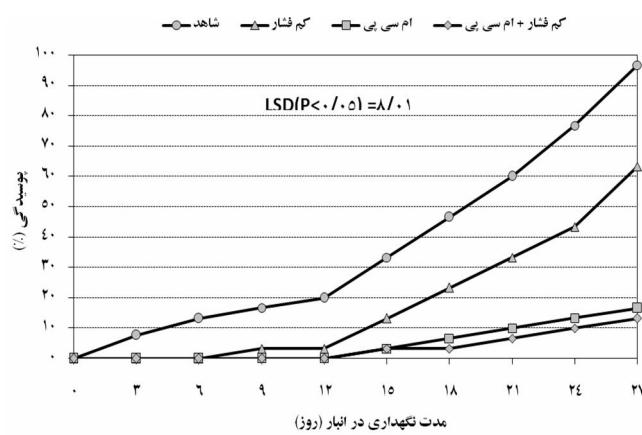
\*: در هر ستون، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

و پیش‌تیمار هوای کم فشار دارای کمترین مقادیر پوسیدگی ظاهری بودند. همان‌گونه که آگوایو و همکاران (۱) عنوان کردند، در زمان انبارداری میوه توت فرنگی، معمولاً رشد میکروبی و پوسیدگی ظاهری روی توت فرنگی 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 غاظت اکسیژن و

ترکیب ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم فشار در همه زمان‌های اندازه‌گیری بود. به طوری که روند یکسانی در همه زمان‌ها دیده شد (شکل ۱). با این حال، اختلاف دو تیمار مذکور و پیش‌تیمار هوای کم فشار تا روز ششم دیده نشد و پس از آن با افزایش پوسیدگی میوه‌ها، این تیمارها از هم جدا شدند. در روز بیست و هفتم نگهداری، تیمار شاهد دارای بیشترین پوسیدگی و تیمار ۱-امسی‌پی به همراه تیمار ترکیب ۱-امسی‌پی



شکل ۲. بازار پستی میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار طی مدت نگهداری در انبار سرد



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

کم فشار دیده نشد.

تغییرات بازارپستی در تیمارهای مختلف در شکل ۲ 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 توت فرنگی انجام نشود، بازارپستی میوه پس از ۱۸ روز، در دمای  $1^{\circ}\text{C}$  به نصف کاهش می‌یابد و در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  این زمان کمتر از شش روز است. هم‌چنین پیش‌بینی شده که با استفاده از تیمار ۱-ام سی پی و اتمسفر کنترل شده بتوان بازارپستی میوه توت فرنگی را تا مدت ۱۲ روز در دمای  $5^{\circ}\text{C}$  حفظ کرد (۱). البته نتایج حاضر نشان می‌دهد که در صورتی که دمای نگهداری میوه  $1^{\circ}\text{C}$  باشد، با استفاده از تیمار ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار می‌توان تا ۱۵ روز میوه توت فرنگی را بدون کاهش معنی‌دار در بازارپستی نگهداری کرد. را لازم به ذکر است که غیر از pH عصاره و شاخص مزه میوه، که ضریب هم‌بستگی منفی با بازارپستی داشتند، ضریب هم‌بستگی سایر صفات با بازارپستی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳).

دی‌اکسید کربن اطراف میوه را نیز کاهش می‌دهد (۳۳)، بنابراین به نظر می‌رسد باید منجر به تسهیل اثر بازدارندگی رشد قارچ‌های ساپروفیت روی میوه شود. ولی همان‌طور که گفته شد، ظاهرآ اثر ۱-ام سی پی 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 کم فشار  $0/2$  اتمسفر به مدت دو ساعت در خیار هم باعث کاهش معنی‌دار پوسیدگی میوه‌ها شده است (۲۱).

### بازارپستی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارها بر بازارپستی میوه پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد (جدول ۲)، تیمار شاهد دارای کمترین بازارپستی و تیمار ترکیب ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار دارای بیشترین بازارپستی بودند. در این صفت هم تیمارها اثر مثبت معنی‌دار در افزایش بازارپستی نسبت به شاهد نشان دادند؛ هرچند که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۱-ام سی پی و ترکیب ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای

جدول ۳. ضرایب همبستگی خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیابی میوه توت فرنگی رقم "کاماروسا" تیمار شده با ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد

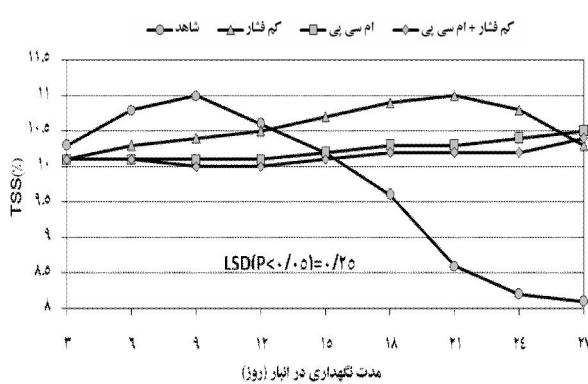
TSS/TA	آنتوسبیانین نسبی	pH عصاره	ویتامین ث	اسید آلی	TSS	سفتی میوه	بازار پستدی	پوسیدگی ظاهری	صفت
-۰/۹۶**	-۰/۸۱**	۰/۹۹**	-۰/۹۷**	-۰/۹۹**	-۰/۸۵**	-۰/۹۸**	-۰/۹۹**	۱	پوسیدگی ظاهری
-۰/۹۸**	۰/۷۶**	-۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۸۱**	۰/۹۹**	۱		بازار پستدی
-۰/۹۸**	۰/۷۸**	-۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۸۱**	۰/۹۹**	۱		سفتی میوه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

\*\*: در هر ستون، نشان دهنده معنی دار بودن ضرایب همبستگی بین صفات در سطح احتمال ۱٪ می باشد.

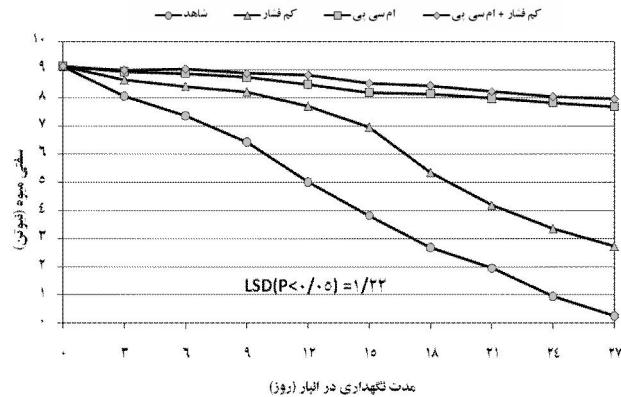
### بررسی سفتی میوه ها در طول مدت نگهداری در انبار سرد

هم نشان دهنده برتری دو تیمار ۱-امسی پی و ترکیب ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار نسبت به تیمارهای دیگر است. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود، 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، پیش تیمار هوای کم فشار قرار دارد که با سرعت کمتری نسبت به شاهد افت کرده است. در مقابل، تیمارهای ۱-امسی پی و ترکیب ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار، افت سفتی میوه بسیار کمی را نشان دادند. به طوری که در روز بیست و هفتم نگهداری، تنها یک نیوتون افت سفتی میوه دیده شد. در حالی که تیمار شاهد، ۹ نیوتون کاهش سفتی میوه داشته است. این نتایج حاکی از اثر مثبت تیمار ۱-امسی پی بر کند نمودن روند رسیدن میوه (که با از بین رفتن دیواره های سلولی و کاهش سفتی میوه همراه است) می باشد. همان گونه که قبلًا هم ذکر شده، تأثیر مثبت تیمار ۱-امسی پی بر حفظ سفتی میوه در سایر میوه ها از جمله آووکادو (۳۸)، سیب (۲۹)، موز (۱۱)، گوجه فرنگی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر تیمار ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار پس از ۲۷ روز نگهداری میوه در انبار سرد بر سفتی میوه (جدول ۲) نشان داد که تفاوت مقادیر سفتی میوه در همه تیمارها معنی دار بود. سفتی میوه در تیمار ترکیب ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار، بیشترین مقدار (۰/۲۵ N) و در تیمار شاهد کمترین مقدار (۰/۹۵ N) را نشان داد. این مطلب نشان دهنده تأثیر مثبت تیمار ترکیب ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار و نیز هر یک از دو تیمار ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار بر کاهش فعالیت آنزیم های از بین برنده دیواره های سلولی و نهایتاً جلوگیری از نرم شدن میوه است. البته به نظر می رسد تأثیر هر دو تیمار ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار 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.



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



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

#### مواد جامد محلول

مقایسه میانگین داده های جدول ۲ نشان می دهد که مواد جامد محلول پس از ۲۷ روز نگهداری میوه توت فرنگی در انبار سرد، در تیمار ترکیب ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار و نیز تیمار ۱-ام سی پی، بیشترین و در شاهد، کمترین مقدار بود و بین تیمار ۱-ام سی پی و تیمار ترکیبی ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار، اختلاف معنی داری وجود نداشت. با این حال، بین پیش تیمار هوای کم فشار و تیمار ۱-ام سی پی تفاوت معنی دار 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 یافته اند (شکل ۴). روند کاهشی که از روز نهم شروع شد، تا پایان پژوهش ادامه داشت. به نظر می رسد 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 آلدگی قارچی و پوسیدگی میوه، شدیداً کاهش پیدا کرده است. تغییرات مشابهی در مواد جامد محلول در پیش تیمار هوای کم فشار دیده شد. با این تفاوت که دامنه این تغییرات وسیع تر بود و تعداد روز بیشتری برای انجام این روند

(۲۱)، خرمalo (۱۴) و انبه و کیوی (۱) گزارش شده است. دلیل اصلی تغییرات در سفتی میوه، متلاشی شدن دیواره سلولی است که مکانیسم های دقیق آن هنوز به خوبی مشخص نشده است (۲۲). ولی نرم شدن میوه توت فرنگی به برخی از پروتئین های انساط سلولی و آنزیم های هیدرولیتیک که موجب حل شدن پلی ساکاریدهای دیواره سلولی می شوند ارتباط دارد (۳۲). به نظر می رسد آنزیم های مرتبه با حل شدن پلی ساکاریدها و پکتین های دیواره سلولی تحت تأثیر تیمار ۱-ام سی پی قرار بگیرند (۳۴). آنزیم های مهمی که در این ارتباط گزارش شده اند عبارتند از پکتین متیل استراز، سلولاز، پلی گالاكتوروناز، بتا گالاكتوزیداز، اندو گلوکلوناز، بتازایلوزیداز و پکتات لیاز، که وجود آنها در توت فرنگی ثابت شده است (۲۲). البته در مورد نقش آنزیم های مذکور در ارتباط با نرم شدن بافت میوه، اتفاق نظر وجود ندارد. ولی به نظر می رسد که در توت فرنگی، آنزیم های پکتین متیل استراز و پکتات لیاز از همه مهم تر باشند (۴). ضرایب همبستگی (جدول ۳) هم نشان می دهند که سفتی میوه همبستگی مثبت و بالای با مواد جامد محلول (r=0.81\*\*)، اسید آلی قابل تیتراسیون (r=0.99\*\*) و ویتامین ث (r=0.99\*\*) دارد.

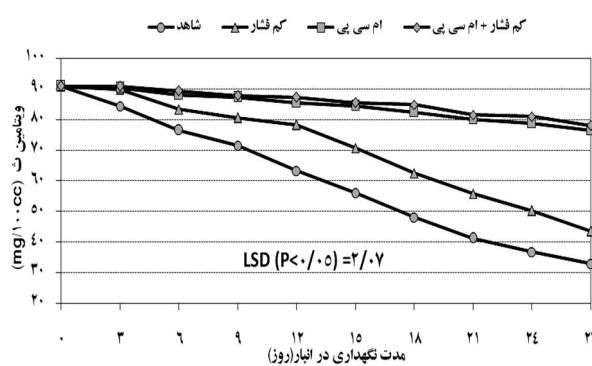
مواد جامد محلول با اسیدهای آلی قابل تیتراسیون ( $r=0.85^{**}$ ) است.

### اسیدیته قابل تیتراسیون

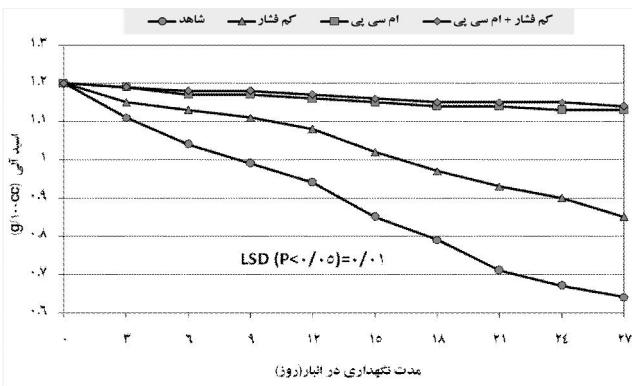
مقایسه میانگین داده‌های اثر تیمار ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار بر اسید آلی قابل تیتراسیون عصاره میوه پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد هم افزایش مواد جامد محلول دیده شد. به نظر تأثیر معنی دار در حفظ اسید آلی بودند. بیشترین مقدار اسید آلی قابل تیتراسیون در پایان دوره انبارداری در تیمار ۱-امسی‌پی به همراه پیش‌تیمار هوای کم‌فشار و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد دیده شد. اختلاف مقادیر اسید آلی قابل تیتراسیون در تیمار ۱-امسی‌پی و ترکیب ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار معنی دار نبود.

بررسی روند تغییرات این صفت نیز این مطلب را نشان می‌دهد که به طور کلی و با گذشت زمان، کاهش اسید آلی قابل تیتراسیون صورت می‌گیرد. ولی این کاهش در تیمارهای حاوی ۱-امسی‌پی بسیار کندر انجام شده و در تیمار شاهد و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، این روند خیلی سریع‌تر بوده است (شکل ۵). جلوگیری از کاهش اسیدهای آلی قابل تیتراسیون توسط تیمار میوه با ۱-امسی‌پی علاوه بر توت‌فرنگی، در سیب (۳۶) و (۳۹)، گلابی (۳۰)، هلو و شلیل (۶) و گوجه‌فرنگی (۲۴) نیز گزارش شده است. با توجه به این که تیمار ۱-امسی‌پی باعث کاهش تنفس می‌شود (۳۴)، بنابراین مصرف قندها کاهش یافته و به دلیل این که تولید قند از طریق اسیدهای آلی ناشی می‌شود (۳۱) و با آن هم‌بستگی دارد (جدول ۳)، تغییرات اسیدهای آلی قابل تیتراسیون کاهش یافته و بنابراین میزان اسیدهای آلی قابل تیتراسیون در میوه‌های تیمار شده بیشتر خواهد بود (۳۴ و ۳۷). ضریب هم‌بستگی صفات در جدول ۳ نیز نشان داد که بجز صفات پوییدگی ظاهری، آنتوسیانین نسبی و شاخص مزه، در مورد سایر صفات اندازه‌گیری شده هم‌بستگی مثبت و بالایی با اسید آلی قابل تیتراسیون عصاره میوه وجود دارد.

طول کشید. به طوری که کاهش مواد جامد محلول در پیش‌تیمار هوای کم‌فشار از روز بیست و یکم نگهداری در انبار سرد شروع شد. در تیمارهای ۱-امسی‌پی و ترکیب تیمار ۱-امسی‌پی و پیش‌تیمار هوای کم‌فشار، تا روز ۲۷ نگهداری در انبار سرد هم افزایش مواد جامد محلول در این تیمارها در زمان‌های دیرتری رخ بدهد. این مشاهدات مشخص کننده اثر ۱-امسی‌پی بر کاهش سرعت تغییرات فیزیکوشیمیابی در بافت میوه است. با وجود این، گزارش‌های متعددی حاکی از آن است که غلطت مواد جامد محلول در اثر تیمار با ۱-امسی‌پی، روند مشخصی نداشته است. در برخی از پژوهش‌ها در اثر تیمار میوه با ۱-امسی‌پی، مواد جامد محلول افزایش یافته، در برخی از پژوهش‌ها کاهش نشان داده و در برخی هم تغییری نکرده است (۳۴). برای مثال، در گلابی، کاربرد ۱-امسی‌پی هیچ تأثیری بر مواد جامد محلول نداشته 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) هم کاهش مواد 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 بر مواد جامد محلول، انتظار می‌رود که مواد جامد محلول در محصولات تیمار شده با ۱-امسی‌پی بیشتر از محصولات تیمار نشده باشد. زیرا تیمار ۱-امسی‌پی منجر به کاهش تنفس شده (۳۴) و بنابراین باید مواد جامد محلول حفظ شود. ولی در عمل گاهی حتی کاهش مواد جامد محلول هم مشاهده شده است که بر اساس نظر محققین این مسئله به نوع محصول و شرایط انبار بستگی دارد (۳۵). با توجه به این که اسیدهای آلی در زمان رسیدن میوه تبدیل به قند می‌شوند (۳۴) و احتمالاً به دلیل این که تیمار ۱-امسی‌پی محتوای اسید آلی میوه را بالا نگه می‌دارد، ممکن است تشکیل مواد جامد محلول به تعویق افتاده و بنابراین مقدار مواد جامد محلول کمتر از حد مورد انتظار نشان داده شود. ضرایب هم‌بستگی (جدول ۳) هم نشان‌دهنده ارتباط مثبت و معنی دار



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



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

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-ام سی پی گیرنده‌های اتیلن موجود در سیتوپلاسم سلول‌ها را اشغال نموده و به این ترتیب 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 کم فشار، غلظت همه گازهای اطراف محصول، از جمله اکسیژن، کاهش یافته و در نتیجه فرایندهای مرتبط با رسیدن میوه کند می‌شود (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 عملده‌ای در افزایش عمر نگهداری و حفظ کیفیت محصول توت فرنگی 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

### ویتامین ث

مقایسه میانگین تأثیر تیمار ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار بر خصوصیات مختلف میوه توت فرنگی 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-ام سی پی بسیار کنترل و در پیش تیمار هوای کم فشار 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-ام سی پی از دست رفتن ویتامین ث در آناناس و هلло را کاهش داده است (۳۴). در سبزه‌ای دلیشس و آمپایر تیمار شده با ۱-ام سی پی هم مواد ضد اکسیدکنندگی

انبارمانی میوه است.

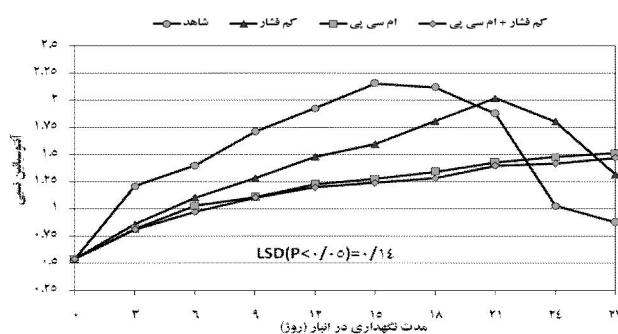
### آنتوسیانین نسبی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر تیمار ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار بر آنتوسیانین نسبی میوه پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد حاکی از وجود اختلاف معنی دار تیمارها نسبت به تیمار شاهد بود؛ هرچند که تفاوت معنی داری در بین تیمارهای مورد مطالعه دیده نشد. بیشترین مقدار آنتوسیانین نسبی در روز بیست و هفتم پژوهش، در تیمارهای حاوی ۱-امسی پی و کمترین آن در تیمار شاهد دیده شد (جدول ۲).

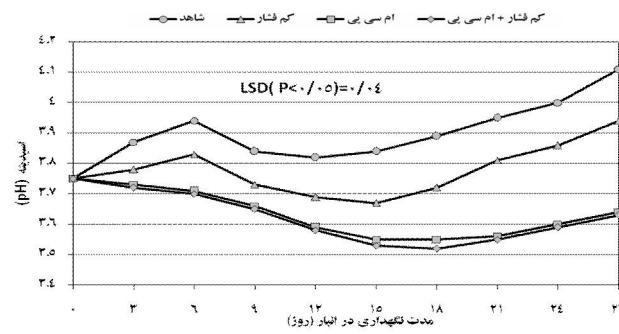
رونده تغییرات آنتوسیانین نسبی نوعی افزایش و سپس کاهش را به دنبال داشت (شکل ۸) به طوری که تیمارهای شاهد و پیش تیمار هوای کم فشار، افزایش سریعی در میزان آنتوسیانین نسبی به ترتیب تا روز پانزدهم و بیست و یکم نگهداری در انبار سرد داشته و سپس کاهش نشان دادند. اما تیمارهای حاوی ۱-امسی پی، تا پایان پژوهش در روز بیست و هفتم پژوهش، افزایش تدریجی در میزان آنتوسیانین نسبی داشتند. ظاهرًا کاهش مقدار آنتوسیانین نسبی در زمان طولانی تری رخ می دهد (شکل ۸). بنابراین همان گونه که قبل از بحث شد، تیمار ۱-امسی پی معمولاً از تغییر رنگ میوه ها و سبزی ها جلوگیری می کند و به همین دلیل خروج رنگیزه ها از واکوئل را به تأخیر انداخته و در نتیجه سرعت تغییر رنگ را کند می کند (۳۴). تغییرات شیمیایی پس از رسیدن میوه، معمولاً باعث کاهش مقدار رنگیزه ها می شود. ولی چون در تیمار ۱-امسی پی، از رسیدن میوه ممانعت می شود، بنابراین، هم سرعت افزایش آنتوسیانین و هم کاهش بعدی آن به تأخیر می افتد که شکل ۸ نیز این موضوع را تأیید می کند. به طور کلی، نشان داده شده است که یک رابطه خطی با ضریب همبستگی زیاد بین میزان کل محتوای ضد اکسید کنندگی و آنتوسیانین عصاره توت فرنگی در مراحل پس از برداشت میوه وجود دارد (۴۱). از سوی دیگر، گزارش شده که تیمار ۱-امسی پی فعالیت ضد

تیمار شاهد و کمترین آن (۳/۶۳) در تیمار ۱-امسی پی و تیمار ترکیب ۱-امسی پی و هوای کم فشار دیده شد. ضمن این که تفاوت معنی داری در pH عصاره میوه در تیمارهای شاهد، پیش تیمار هوای کم فشار و تیمارهای حاوی ۱-امسی پی دیده شد.

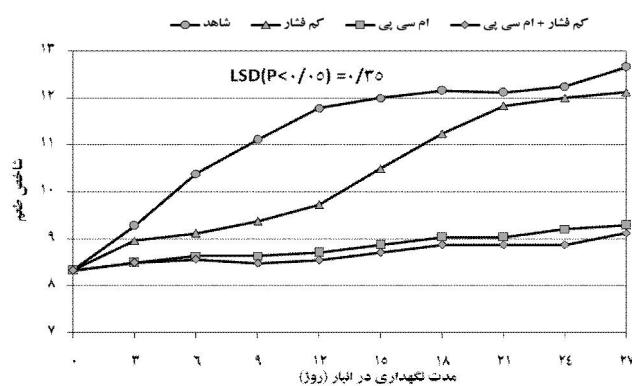
روند تغییرات pH عصاره در شکل ۷ نشان می دهد که این صفت در تیمارهای شاهد و پیش تیمار هوای کم فشار، تا روز ششم نگهداری در انبار سرد افزایش یافت و سپس تا روز دوازدهم کاهش نشان داد و از آن به بعد دوباره افزایش یافت. حال آن که در تیمارهای حاوی ۱-امسی پی، pH عصاره میوه تا روز پانزدهم نگهداری در انبار سرد به کندي کاهش یافته و پس از آن به ملايمت افزایش نشان داد. به عبارت دیگر، کمترین تغییرات مقادیر pH عصاره، در دو تیمار ۱-امسی پی و ترکیب ۱-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار دیده شد. اين تغییرات علاوه بر اين که بيانگر اثر اسیدهای آلی بر مقدار pH عصاره است، وجود تغیيرات بيوشيمايي دیگری در بافت میوه را هم نشان می دهد که بر مقدار pH تأثير گذارند. زيرا pH عصاره تنها معرف اسیدی یا قلیائي بودن آن است و با مقدار اسیدهای آلی رابطه مستقيم ندارد، بلکه به غلظت یون هيدروژن وابسته است. pH عصاره میوه توت فرنگی 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 قلیائي تبدیل می شود (۱۰). بنابراین بالا بودن pH عصاره در توت فرنگی، 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-امسی پی و پیش تیمار هوای کم فشار در جلوگیری از تغییرات شدید pH عصاره است که تأثير ۱-امسی پی در این مورد نیز از پیش تیمار هوای کم فشار بيشتر بوده است. ضمناً pH عصاره و پوسیدگی ظاهری، همبستگی مثبت و معنی داری ( $t=0.99^{**}$ ) نشان دادند (جدول ۳) که تأیید کننده اثر مطلوب تیمارها بر افزایش عمر



شکل ۸. تغییرات آنتوسبیانین میوه توت فرنگی رقم کاماروسا تیمار شده با ۱-ام سی پی و پیش تیمار هوای کم فشار طی مدت نگهداری در انبار سرد



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



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

خصوصیت شاخص مزه، معنی دار بود. زیاد بودن شاخص مزه در تیمار شاهد نشان دهنده تغییر زیاد این شاخص نسبت به مقدار اولیه آن در ابتدای پژوهش، پس از ۲۷ روز نگهداری در انبار سرد می باشد و کم بودن این شاخص در تیمارهای حاوی ۱-ام سی پی، 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 تعیین کننده شاخص مزه میوه است، در روز ۲۷ ام به حداقل خود (۱۲/۷۱) رسید. در تیمار هوای کم فشار نیز روند افزایش این شاخص در طول مدت پژوهش دیده شد (شکل ۹). اما

اسیدکنندگی 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 می کند.

#### شاخص مزه

TSS/TA که بیانگر شاخص مزه میوه است نیز تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت. به طوری که در پایان پژوهش، بیشترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمارهای حاوی ۱-ام سی پی دیده شد (جدول ۲). اختلاف موجود بین تیمارهای حاوی ۱-ام سی پی و سایر تیمارها در

امسی پی، بهبود خصوصیات کیفی میوه در طول مدت نگهداری در انبار سرد را در پی دارد.

### نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر مثبت تیمار ۱-امسی پی بر خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه در میوه توت فرنگی بیشتر از پیش تیمار هوای کم فشار بود و ترکیب دو تیمار نیز تفاوت معنیداری را با تیمار ۱-امسی پی به تنها بی نشان نداد. در مجموع، تیمار ۱-امسی پی نسبت به پیش تیمار هوای کم فشار 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 توت فرنگی<sup>(۵)</sup>، ترکیب دو تیمار ۱-امسی پی و هوای کم فشار به مدت ۲۴ روز و تیمار ۱-امسی پی به تنها بی مدت ۲۱ روز، توانایی نگهداری محصول را در حد قابل قبول دارند.

روند تغییرات شاخص مزه در تیمارهای ۱-امسی پی و ترکیب هوای کم فشار و ۱-امسی پی بسیار کند بود و حداقل 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-امسی پی بر شاخص مزه میوه توت فرنگی در طی مدت نگهداری در انبار سرد است. با توجه به این که تغییر شاخص مزه میوه، معمولاً کاهش بازارپسندی را به همراه دارد<sup>(۱)</sup> و ضرایب همبستگی منفی بین این دو صفت (جدول ۳) هم حاکی از این مطلب است، بنابراین تیمار ۱-امسی پی با جلوگیری از تغییر شاخص مزه، مزه بهتر میوه را به همراه خواهد داشت. به نظر می رسد بسیاری از ترکیبات فرار و معطر، در اثر کاربرد تیمار ۱-امسی پی در میوه ها کاهش نشان دهنند. ولی این تأثیر به نوع محصول و همچنین شرایط نگهداری میوه بستگی دارد. بنابراین می توان گفت که تیمار ۱-امسی پی 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<sup>(۳۴)</sup>. در مجموع، به نظر می رسد کاربرد تیمار ۱-

### 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. Ciccioli 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-

- 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<sub>2</sub> 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. Martinez 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.

37. Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. 4<sup>th</sup> 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<sub>2</sub> 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. *LWT* 40: 49-57.