اثر اسید آسکوربیک و اسانس آویشن زوفایی بر عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی

جواد عرفانی مقدم[1*] و عشرا محمدی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۶)

چکیده

به‌منظور افزایش عمر قفسه‌ای و حفظ خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا اثر تیمارهای اسید آسکوربیک و اسانس آویشن زوفایی (*Thymbra spicata*) روی این میوه ارزیابی شد. میوه‌ها به‌مدت دو دقیقه در تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار و اسانس آویشن زوفایی ۴۰۰ و ۶۰۰ پی‌پی‌ام غوطه‌ور و پس از خشک شدن در دمای آزمایشگاه، درون ظروف پلی‌اتیلنی با استفاده از پوشش سلوفان بسته‌بندی و به دمای چهار درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. برخی صفات کیفی، کمّی و بیوشیمیایی نمونه‌ها، در زمان‌های هفت و ۱۴ روز بعد از انبارداری ارزیابی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در اکثر صفات مورد ارزیابی وجود دارد. درصد کاهش وزن و قهوه‌ای شدن بافت میوه در میوه‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک و اسانس در مقایسه با شاهد کمتر بود و دارای بازارپسندی و کیفیت مطلوب‌تری بودند. تیمارهای اسید آسکوربیک و اسانس باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، فنل کل و نشت یونی شدند درحالی که مقدار ویتامین ث و ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با شاهد افزایش یافت. تیمار اسید آسکوربیک نسبت به اسانس آویشن زوفایی اثرات مفیدتری در حفظ کیفیت میوه از خود نشان داد، درحالی که تیمار اسانس در کنترل میکروارگانیسم‌ها روی میوه مؤثرتر بود. نتایج این پژوهش نشان داد تیمارهای اسید آسکوربیک (۱۵ میلی‌مولار) و اسانس آویشن زوفایی (۴۰۰ پی‌پی‌ام) باعث کاهش تخریب بافت میوه در زمان نگهداری در سردخانه شده و به‌عنوان تیمارهایی مناسب برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی هستند.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانت، ویتامین ث، پلی‌فنل اکسیداز

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: j.erfani@ilam.ac.ir

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) میوه‌ای سرشار از ویتامین و مواد معدنی است که به‌صورت تازه خوری و فرایند شده مصرف می‌شود. کیفیت میوه توت‌فرنگی به ظاهر میوه، سفتی، طعم و ارزش تغذیه‌ای آن بستگی دارد. این میوه سرشار از ویتامین C بوده و قندها و اسیدهای آلی و ترکیبات معطر در طعم آن که ترکیبی از بو و مزه است، نقش مهمی دارند. فرایندهای اکسیداتیو پس از رسیدن میوه افزایش می‌یابند و باعث تخریب ساختار دیواره سلولی و نرم شدن میوه می‌شوند. توت‌فرنگی میوه‌ای نافرازگرا بوده و به‌دلیل مقدار آب زیاد، تنفس بالا، فعالیت متابولیکی بالا و حساسیت به پوسیدگی‌های میکروبی یکی از میوه‌های بسیار فسادپذیر بوده و طول عمر پس از برداشت پایینی دارد (۳۳). مؤثرترین راه حل در کنترل این میکروب‌ها استفاده از مواد شیمیایی است اما در اکثر موارد به‌علت مشکلات زیست‌محیطی بازمانده‌های سموم، سمیت برای انسان، ایجاد نژادهای مقاوم و در برخی موارد هزینه‌های بسیار بالا، مصرف این گونه ترکیبات با محدودیت مواجه است (۳۹ و ۵۱).

امروزه به‌منظور حفظ خصوصیات کیفی محصولات، نحوهٔ نگهداری محصولات گیاهی پس از برداشت از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۳۲). با توجه به اینکه تقاضای مصرف کنندگان به‌سمت میوه‌های ارگانیک و عاری از سموم و مواد شیمیایی است، یکی از راه‌های جایگزین برای کنترل آلودگی‌ها استفاده از پوشش‌های ضدمیکروبی و خوراکی است. در این بین اسیدهای آلی و اسانس‌ها به‌عنوان ترکیباتی مؤثر و کارآمد دارای خاصیت ضدمیکروبی خوبی هستند و به‌تازگی استفاده از آنها در کنترل عوامل میکروبی در طول دوره پس از برداشت رو به پیشرفت است. این ترکیبات نه تنها فاقد اثرات جانبی بوده بلکه به‌علت خواص آنتی اکسیدانی، باعث حفظ کیفیت و افزایش طول دوره انبارداری میوه‌ها و سبزیجات می‌شوند (۳۹).

از اسیدهای آلی به‌عنوان کاهنده فعالیت باکتریایی در برنامه‌های غذایی استفاده می‌شود (۳۴ و ۴۹). اسید آسکوربیک یک اسید آلی ضعیف است که به‌طور طبیعی در بافت بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات تازه وجود داشته و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان مهم در سلول‌های گیاهی و عامل کمک‌رسان به وضعیت اکسیداتیو است (۴۶). گزارش شده است که اسید آسکوربیک تقسیم سلولی و رشد سلول را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌عنوان کوفاکتور برای آنزیم‌های مختلف و تنظیم کننده رشد گیاهی عمل می‌کند (۴۶)، از جمله به‌عنوان کوفاکتور در آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز، نقش مهمی در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن دارد (۷). این ترکیب می‌تواند با احیای رادیکال‌های آزاد موجب بازدارندگی آنها شود و نقش بسیار مهمی در مسیر آسکوربات-گلوتاتیون و حذف گونه‌های فعال اکسیژن در کلروپلاست و سیتوزول داشته و می‌تواند مولکول‌های ضروری بدن مانند پروتئین، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک را از تخریب توسط رادیکال‌های آزاد و انواع اکسیژن فعال محافظت کند (۳ و ۲۸). اسید آسکوربیک با کاهش pH موجب کاهش رشد و تکثیر باکتری می‌شود. اثرات مثبت این اسید در کاهش تنش‌های مختلف، روی گیاهان مختلفی گزارش شده است (۲۸ و ۴۵). کاهکونن و همکاران (۲۷) بیان کردند که اسید آسکوربیک یک اثر هم‌افزایی با میزان فنل کل میوه‌ها دارد. در گزارش‌های مختلف، این ترکیب به‌عنوان بازدارنده فعالیت پلی‌فنل اکسیداز (PPO) معرفی شده است و باعث کاهش قهوه‌ای شدن بافت میوه شده است (۴۹ و ۵۳). استفاده از اسانس‌های گیاهی در کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه به‌عنوان روشی جدید در چند سال اخیر مطرح شده است. این ترکیبات گستره وسیعی از متابولیت‌های ثانویه را شامل می‌شوند که در بیشتر حالات دارای خاصیت ضدمیکروبی، آللوپاتی، آنتی‌اکسیدانی و زیست‌تنظیمی هستند و به‌عنوان ضدعفونی‌کننده باکتریایی، ویروسی، قارچی بوده و خواص دارویی آنها شناخته شدند. این ترکیبات نه تنها اثرات جانبی نداشته، بلکه به‌علت خواص آنتی‌اکسیدانی کیفیت و طول دوره انبارداری میوه‌ها را افزایش می‌دهند (۳۸). بنابراین به‌منظور افزایش میزان صادرات محصولات عاری از مواد شیمیایی مضر، یک راهکار مناسب

برای نگهداری محصولات در سطح تجاری محسوب می‌شوند و استفاده از این ترکیبات طبیعی برای افزایش عمر پس از برداشت محصولات مختلف رو به افزایش است. در پژوهشی، برای افزایش ماندگای میوه گیلاس در سردخانه از ژل آلوئه‌ورا استفاده شد. میوه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا ماندگاری و کیفیت بالاتری در مقایسه با میوه‌های شاهد داشتند. نتایج نشان داد پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا به‌عنوان ابزاری نوآورانه و جالب برای کاربردهای تجاری و جایگزینی برای استفاده از تیمارهای شیمیایی در پس از برداشت است (۳۱).

نتایج حاصل از استفاده از اسانس گیاهان رازیانه، آویشن و اسطوخودوس به‌ترتیب بر حفظ کیفیت پس از برداشت سیب، انار و توت‌فرنگی بیانگر اثرات مثبت این اسانس‌ها در افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها و کاهش ضایعات آنها بود (۲، ۱۸ و ۴۲). اثر مثبت سه نوع اسانس پونه کوهی (*Origanum vulgare* L.)، آویشن (*Thymus vulgaris* L.) و لیمو (*Citrus limon* L.) بر کاهش رشد قارچ‌ها روی توت‌فرنگی، خیار و گوجه‌فرنگی گزارش شد (۵۱). در پژوهشی اثرات اسانس آویشن کوهی و باغی بر عمر پس از برداشت توت‌فرنگی بررسی شد و نتایج نشان داد اسانس آویشن از طریق کنترل قارچ باعث افزایش ماندگاری میوه شد (۲۴). در پژوهشی دیگر اثرات ضدقارچی چند اسانس گیاهی بر کنترل بیماری‌های قارچی میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارمانی بررسی شد و نتایج نشان داد با افزایش غلظت اسانس میزان رشد قارچ کاهش می‌یابد (۳۲ و ۳۹). غلظت اسانس به‌کار رفته در گیاهان مختلف متفاوت بوده به‌طوری که در مورد انار غلظت اسانس آویشن باغی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر کنترل ضایعات میوه داشته (۴۲)، درحالی که در مورد توت‌فرنگی غلظت ۳۰۰ میکرولیتر بر لیتر آویشن باغی بیشترین تأثیر را نشان داده است (۲۴).

این پژوهش با هدف بررسی اثر اسید آسکوربیک و اسانس گیاه آویشن زوفایی (*T. spicata* L) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارمانی و تأثیر آن بر حفظ کیفیت و ماندگاری میوه در زمان عرضه به بازار انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش میوه توت‌فرنگی رقم سلوا در مرحله رسیده و کاملاً سفت از یک باغ تجاری در شهرستان سنندج برداشت شد. تیمارهای اعمال شده در این پژوهش، شامل آب مقطر به‌عنوان شاهد، اسید آسکوربیک در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار و اسانس آویشن زوفایی با غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ پی‌پی‌ام بودند. به‌منظور استخراج اسانس آویشن زوفایی، ۲۰۰ گرم از مواد گیاهی این گیاه شامل بخش‌های خشک شده رویشی و زایشی (برگ، ساقه و گل) به‌طور کامل آسیاب شد و به‌روش تقطیر با آب و به‌وسیله دستگاه کلونجر به‌مدت ۳ ساعت استخراج شد. اسانس استخراج شده پس از آبگیری در یک شیشه تاریک در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد درون یخچال تا زمان تیماردهی نگهداری و پس از رقیق‌سازی با غلظت ۴۰۰ و ۶۰۰ پی‌پی‌ام استفاده شد (۳۹). این آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۵×۲ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل تیمارهای نامبرده و فاکتور دوم زمان‌های بررسی (۷ روز و ۱۴ روز) درنظر گرفته شد. پس از تهیه غلظت‌های مورد نظر، مقدار ۴۰۰ گرم میوه توت‌فرنگی در مدت دو دقیقه در تیمارهای مورد نظر غوطه‌ور و پس از آن در دمای اتاق خشک شدند و سپس در ظروفی از جنس پلی‌اتیلن قرار گرفته و توسط پوشش سلوفان بسته‌بندی شدند. میوه‌های توت‌فرنگی بسته‌بندی شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انبار شده و پس از ۷ و ۱۴ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل درصد کاهش وزن، درصد مواد جامد محلول، درصد اسید، pH عصاره، درصد نشت یونی، تعداد کلونی باکتری رشد یافته، کیفیت ظاهری میوه (بازارپسندی)، شاخص طعم، فنل کل، ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین، ویتامین ث و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در پایان هر دوره اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه کاهش وزن، نمونه‌ها قبل از انبارداری با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شده و پس از پایان هر دوره نمونه‌ها با همان ترازو دوباره توزین شدند و میزان کاهش وزن

نمونه‌ها بحسب درصد محاسبه شد (۱۷). مقدار مواد جامد محلول با قرار دادن چند قطره عصاره صاف شده توت‌فرنگی روی صفحه دستگاه رفراکتومتر دستی ATAGO مدل ATC-1e برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد (۳۲). برای اندازه‌گیری اسیدیته کل از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و تیتراسیون محلول آب میوه تا رسیدن به pH 8/2 انجام شد و و با توجه به میزان سود مصرفی در فرایند تیتراسیون ، میزان درصد اسیدیته کل محاسبه شد (۱۲). شاخص طعم از نسبت مواد جامد محلول به درصد اسید برآورد شد. کیفیت ظاهری میوه (بازارپسندی) بر اساس نمره‌دهی توسط ۵ نفر از ۱ تا ۵ برآورد شد که نمره بالاتر بیانگر بازارپسندی بهتر بود (۱۹).

برای تعیین تعداد کلونی باکتری‌های موجود در سطح توت‌فرنگی، یک گرم نمونه به‌طور تصادفی از سطح میوه توسط تیغ استریل برداشته شده و درون هاون چینی استریل دارای ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به‌خوبی همگن شد. سپس یک میلی‌لیتر از این عصاره برداشته شده و با آب مقطر استریل به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد. یک قطره از سوسپانسیون تهیه شده درون محیط کشت نوترینت آگار (۲/۸ درصد) با کمک سوآپ به‌طور همگن پخش و درب محیط کشت برای جلوگیری از ورود آلودگی توسط پارافیلم محکم شد. پتری‌های کشت شده به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد نگهداری شدند. سپس با استفاده از دستگاه کلونی کانتر، تعداد کلونی موجود شمارش شد (۱۴). به‌منظور سنجش فنل کل، در زمان نمونه‌گیری، ۱۰ گرم از بافت میوه توت‌فرنگی از هر تیمار توسط نیتروژن مایع منجمد و در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان استخراج نگهداری شدند. برای استخراج فنل از یک گرم نمونه منجمد آسیاب شده، ۵ گرم متانول اسیدی سرد ۸۰ درصد استفاده شد. محلول حاصل ۵ دقیقه روی دستگاه تکان دهنده قرار گرفته و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. محلول رویی برای اندازه‌گیری فنل مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری فنل توسط روش فولین سیو- کالچو و با استفاده از منحنی استاندارد گالیک‌اسید صورت گرفت (۴۴). میزان جذب نمونه در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و ترکیبات فنل کل به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه به‌دست آمد.

برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی، از معرف DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) استفاده شد. بدین منظور، ۲۰۰ میلی‌گرم از بافت میوه به ۱۰ میلی‌لیتر متانول خالص اضافه شد. پس از به هم‌زدن و یکنواخت شدن بافت میوه، محلول به‌مدت یک‌ساعت در دمای اتاق قرار گرفت، و پس از عبور از کاغذ صافی در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر عصاره متانولی به ۱۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH اضافه شد و بلافاصله به‌هم زده شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی تا رسیدن محلول به حالت یکنواخت نگهداری و پس از آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب نمونه‌ها در ۵۱۵ نانومتر قرائت شد (۹). فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مطابق روش پیزوکارو و همکاران (۳۷) بر اساس اکسیداسیون کاتکول اندازه‌گیری شد. در این روش حدود ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۱/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات مخلوط شد و پس از سانتریفیوژ، ۱۰۰ میکرولیتر از قسمت شفاف عصاره جدا و مجدد ۲/۵ میکرولیتر بافر فسفات (pH ۴/۶) به آن اضافه شد. در کلیه مراحل آزمایش دمای ۴ درجه حفظ شد. اندازه‌گیری توسط تزریق ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیم به ۵/۲ میلی‌لیتر ماده بافری که شامل (بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار، pH ۴/۶ و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول) اندازه‌گیری شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر به‌مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی بر اساس میزان تغییر PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم محاسبه شد (۳۷). تعیین میزان آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف pH انجام شد. بدین منظور ابتدا بافرهای هیدروکلریک اسید-پتاسیم کلرید و استات به‌ترتیب با pH یک و ۴/۵ تهیه شدند. سپس ۶ گرم میوه پس از همگن‌سازی در هاون چینی به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ و یک میلی‌لیتر از روشناور با استفاده از ۴ میلی‌لیتر بافر

هیدروکلریک اسید-پتاسیم کلرید رقیق و به‌همین ترتیب مرتبه دوم رقیق‌سازی با استفاده از بافر استات انجام شد. درنهایت جذب نوری در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر خوانده و مقدار آنتوسیانین کل برحسب میلی‌گرم پلارگونیدین ۳-گلوکوزید بر ۱۰۰ گرم وزن تازه محاسبه شد (۴۳).

میزان اسید آسکوربیک به‌روش تیتراسیون ید در یدور پتاسیم در حضور معرف نشاسته یک درصد اندازه‌گیری شد (۶). محلول ید در یدور پتاسیم را برای تیتراسیون داخل بورت ریخته و حجم اولیه محلول در بورت، یادداشت شد. مقدار ۱۰ سی‌سی عصاره میوه در یک ظرف ریخته و به آن دو سی‌سی نشاسته یک درصد اضافه شد، سپس مخلوط عصاره میوه و نشاسته به‌وسیله محلول یدور تهیه شده، تیتر شد. عمل تیتراسیون تا زمان تشکیل رنگ خاکستری روشن (دودی) ادامه یافت. در پایان حجم محلول مصرفی یادداشت شد. برای برآورد میزان اسید آسکوربیک موجود در آب میوه، محلول استاندارد اسید آسکوربیک تهیه شد. برای اندازه‌گیری نشت یونی از روش لوتس و همکاران (۳۰) استفاده شد. به‌طور خلاصه چند برش با قطر یکسان از بافت میوه تهیه و از قسمت میانی میوه با چوب‌پنبه سوراخ‌کن به قطر ۱۰ میلی‌متر تعداد ۶ تکه به قطر ۱۰ میلی‌متر برداشته شد. نمونه‌ها در داخل لوله آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند و به‌مدت ۲۴ ساعت روی تکان‌دهنده با سرعت ۱۳۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. پس از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC1) محلول توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی جن وی مدل ۴۰۱۰ اندازه‌گیری شد. سپس محلول حاوی نمونه‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام بن‌ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از قرارگیری در دمای محیط به‌مدت ۲۴ ساعت، هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) محلول اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی بر اساس دو عدد حاصله محاسبه شد. برای تمام سنجش‌های جذب نوری از دستگاه اسپکتروفتومتر ساینکو مدل S3100 ساخت کره جنوبی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و رسم نمودار در محیط Excel صورت گرفت. تجزیه طرح با روش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای استفاده شده بر بیشتر صفات مورد بررسی شامل درصد کاهش وزن، درصد اسید، pH عصاره، سفتی بافت، درصد نشت یونی، تعداد کلونی باکتری رشد یافته، بازارپسندی، شاخص طعم، فنل کل، ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی، آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و ویتامین ث معنی‌دار بود. اثر برهم‌کنش بین تیمار و زمان کاربرد آن بر شاخص‌های آنزیم پلی فنل اکسیداز، فنل کل و نشت یونی معنی‌دار شد (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده با گذشت زمان انبارمانی، میزان کاهش وزن، نشت یونی و میزان تشکیل کلونی باکتری افزایش یافت، اما تیمارهای اعمال شده باعث کاهش در این فاکتورها شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان و اثر تیمار بر درصد کاهش وزن معنی‌دار بود (جدول ۱). با گذشت زمان آزمایش کاهش وزن در تمامی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در زمان بررسی هفت روز نمونه‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری کاهش وزن کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده با اسانس بودند. در زمان بررسی ۱۴ روز، نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش وزن بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند، ولی تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها مشاهده نشد (جدول ۲). همچنین بر اساس نتایج حاصل اثرات زمان و تیمار بر درجه بازارپسندی توت‌فرنگی معنی‌دار بود (جدول ۱). در زمان بررسی هفت روز، توت‌فرنگی تیمار شده با اسید آسکوربیک و اسانس در مقایسه با شاهد از بازارپسندی بهتری برخوردار بودند. در این بین میوه‌های تیمار شده با هر دو غلظت اسید آسکوربیک و در درجه بعدی میوه‌های تیمار شده با اسانس ۴۰۰ میلی‌مولار دارای بازارپسندی بالاتری بودند. اما

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی از صفات کمّی، کیفی و بیوشیمیایی مورد بررسی در میوه توت فرنگی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کاهش وزن	مواد جامد محلول	اسیدیته قابل تیتر	شاخص طعم	pH	بازارپسندی	کلونی باکتری
تیمار	۴	۱۵/۵۱**	۳/۶۸^{ns}	۰/۳۴**	۷/۵۴**	۰/۱۸*	۲/۰۹**	۱۷۶/۱۲**
زمان بررسی	۱	۱۶/۳۴**	۰/۴۵*	۰/۷۸**	۱۱/۸**	۰/۷۸**	۶/۲۳**	۱۴۴/۳۴**
تیمار × زمان	۴	۳/۱^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۳/۶۵^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۵۷^{ns}	۴۱/۴^{ns}
خطا	۲۰	۴/۸۲	۰/۷۳	۰/۲۴	۲/۱۶	۰/۲۱	۰/۰۷	۱۲۳/۳۴
ضریب تغییرات (درصد)	--	۱۹	۷	۹	۱۱/۵	۱۸	۶	۱۹

^{ns}= غیر معنی‌دار، *= معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **= معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ادامه جدول ۱.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		آنزیم پلی‌فنل اکسیداز	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	فنل کل	ویتامین ث	آنتوسیانین	نشت یونی
تیمار	۴	۹/۳۲**	۱۱۲/۱۴**	۱۴/۲۳**	۲۷/۲۸**	۲۴/۳^{ns}	۱۲۰/۱۵**
زمان بررسی	۱	۲۸/۴۷**	۶۱/۲۳*	۳۴/۴۲*	۱۸/۶۳*	۵/۲۸**	۹۸۰/۳۳*
تیمار × زمان	۴	۵/۱۳**	۴۶/۵۵^{ns}	۱۴/۴۴*	۱۱/۵۶^{ns}	۰/۹۸^{ns}	۵۶/۱۶*
خطا	۲۰	۰/۷۸	۱۸/۲۳	۶/۴۳	۳/۶۷	۰/۵۷	۶/۴۳
ضریب تغییرات (درصد)	--	۵/۶۶	۱۲/۴۹	۱۳/۶۷	۱۰/۳۴	۶/۵۶	۶/۶۴

^{ns}= غیرمعنی‌دار، *= معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **= معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات تیمار اسید آسکوربیک و اسانس آویشن زوفایی بر صفات کمّی و کیفی میوه توت فرنگی بعد از انبارمانی

تیمار	کاهش وزن	اسیدیته قابل تیتر	شاخص طعم	pH	بازارپسندی	کلونی باکتری	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	ویتامین ث
	(٪)	(٪)	(نسبت)		(کد)	(CFU)	(٪)	(mg/g fw)
شاهد	۲۱/۴۱^{a}	۰/۶۷^{b}	۶/۷^{a}	۴/۱۷^{a}	۰/۸^{f}	۲۸۰^{a}	۱۱/۲۱^{c}	۰/۴۳^{cb}
اسید آسکوربیک (۱۰ میلی‌مولار)	۸/۹۱^{bc}	۱/۱۴^{a}	۳/۴۳^{b}	۳/۱۵^{c}	۳/۶۴^{ab}	۱۷^{b}	۴۳/۰۱^{a}	۰/۷۵^{a}
اسید آسکوربیک (۱۵ میلی‌مولار)	۶/۲۴^{c}	۱/۳۴^{a}	۳/۱۹^{b}	۳/۰۱^{c}	۴/۱۶^{a}	۱۳^{c}	۴۷/۹^{a}	۰/۸۱^{a}
اسانس آویشن زوفایی (ppm ۴۰۰)	۱۰/۶۰^{b}	۰/۶۳^{b}	۵/۴۹^{a}	۳/۹۳^{a}	۳/۲^{b}	۱۶^{b}	۲۶/۶۰^{b}	۰/۴۹^{b}
اسانس آویشن زوفایی (ppm ۶۰۰)	۱۱/۱۸^{b}	۰/۶۵^{b}	۵/۲۴^{a}	۳/۹۹^{a}	۲/۶^{d}	۹^{d}	۱۹/۱۸^{b}	۰/۳۷^{c}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه در هر صفت هستند تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در سطح پنج درصد آزمون دانکن ندارند.

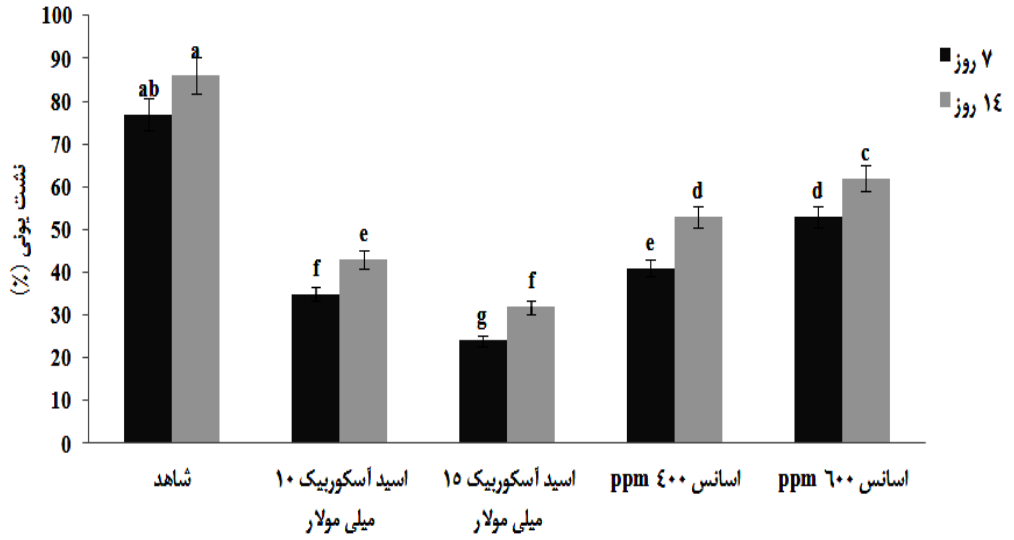
تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و همچنین اسانس آویشن زوفایی ۴۰۰ پی‌پی‌ام مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ترکیبات استفاده شده و زمان بر کلونی باکتری معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمار مواد و زمان بر کلونی باکتری معنی‌دار نبود (جدول ۱). در این بررسی تعداد کلونی باکتری در تیمار شاهد ۲۸۰ عدد بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. همچنین در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار و ۶۰۰ پی‌پی‌ام اسانس آویشن زوفایی تعداد کلونی باکتری به‌ترتیب ۱۳ و ۹ عدد حاصل شد که دارای کمترین مقدار بود و بعد از آن غلظت ۱۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و ۴۰۰ پی‌پی‌ام اسانس قرار گرفتند، که دو تیمار اخیر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). در این پژوهش اثر زمان بر تعداد کلونی باکتری معنی‌دار بود. با گذشت زمان جمعیت باکتری افزایش یافت، به‌طوری که در تیمار هفت روز تعداد کلونی‌ها ۵۷ عدد و در تیمار ۱۴ روز تعداد آنها ۱۳۸ عدد بود (جدول ۲). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان و تیمار و برهم‌کنش بین زمان و تیمار بر درصد نشت یونی معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی میزان نشت یونی نشان داد که در هر دو زمان بررسی هفت و ۱۴ روز الگوی به‌نسبت مشابهی وجود داشت، به‌طوری که نمونه‌های شاهد دارای بیشترین مقدار نشت یونی در بین تیمارها بودند. تیمارهای اسید آسکوربیک و اسانس آویشن زوفایی به‌طور مؤثری مقدار نشت یونی را در مقایسه با شاهد کاهش دادند. اثر تیمارهای استفاده شده به غلظت آنها بستگی داشت، به‌طوری که اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار دارای کمترین مقدار نشت یونی و به‌دنبال آن سطوح ۱۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، ۴۰۰ و ۶۰۰ پی‌پی‌ام اسانس در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱). مقدار مواد جامد محلول تحت تأثیر زمان قرار گرفت اما اثرات تیمار و اثرات متقابل تیمار و زمان بر این شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین مقدار مواد جامد محلول در میوه، در زمان بررسی ۱۴ روز ثبت شد (۱۰/۷) که این میزان تفاوت معنی‌داری با زمان بررسی در روز هفتم داشت (جدول ۳).

نتایج نشان داد اثر تیمارهای استفاده شده و زمان بر اسیدیته قابل تیتراسیون معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمار مواد و زمان بر اسیدیته قابل تیتراسیون معنی‌دار نبود (جدول ۱). در تیمار شاهد اسیدیته قابل تیتراسیون به‌میزان ۰/۶۷ درصد ثبت شد که کمترین مقدار بود، اما تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد با سطوح مختلف اسانس مشاهده نشد. هر چند اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار بیشترین مقدار (۱/۳۴ درصد) بود اما تفاوت معنی‌داری در بین سطوح ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مشاهده نشد (جدول ۲). در این پژوهش اثر زمان بر اسیدیته قابل تیتراسیون معنی‌دار بود به‌طوری که کمترین مقدار این پارامتر در زمان ۱۴ روز بعد از انبارمانی مشاهده شد (۰/۳۷ درصد).

نتایج نشان داد اثر تیمارهای استفاده شده و زمان بر شاخص طعم معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمار مواد و زمان بر این شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۱). در این بررسی شاخص طعم در تیمار شاهد دارای بیشترین مقدار (۶/۷) بوده و تفاوت معنی‌داری با سطوح مختلف اسانس آویشن زوفایی نداشت. همچنین تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های اسید آسکوربیک مشاهده نشد (جدول ۲). اثر زمان بر شاخص طعم معنی‌دار بود. در تیمار ۱۴ روز، شاخص طعم به مقدار ۸/۱۸ و در تیمار ۷ روز به مقدار ۶/۷۲ ثبت شد (جدول ۳). همچنین اثر تیمار و زمان بر بازارپسندی معنی‌دار بود ولی اثر متقابل آنها بر این پارامتر معنی‌دار نبود (جدول ۱).

نتایج نشان داد که اثرات تیمار و زمان و همچنین اثرات متقابل بین آنها بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز معنی‌دار بود. بررسی فعالیت این آنزیم نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیمی در نمونه‌های شاهد مشاهده شد و تیمارهای اسید آسکوربیک در هر دو غلظت ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار دارای فعالیت آنزیمی کمتری در مقایسه با شاهد بودند. در این بین نمونه‌های تیمار شده با اسانس آویشن زوفایی به‌طور معنی‌داری دارای فعالیت



شکل ۱. اثرات متقابل تیمار و زمان بر مقدار نشت یونی میوه توت‌فرنگی در طول انبارداری ۷ و ۱۴ روز (میانگین‌های با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح پنج درصد آزمون دانکن هستند).

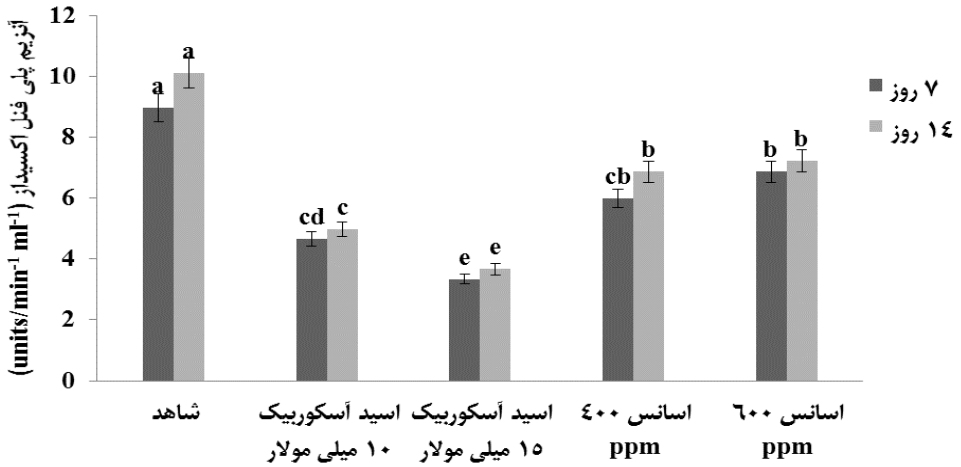
جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات زمان بر صفات کمّی و کیفی میوه توت‌فرنگی بعد از انبارمانی

زمان بررسی	کاهش وزن (٪)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدیته قابل تیتر (٪)	شاخص طعم (نسبت)	pH	بازارپسندی (کد)	کلونی باکتری (CFU)	ظرفیت آنتی اکسیدانی (٪)	ویتامین ث (mg/g fw)	آنتوسیانین (mgPro/100 gFW)
۷ روز	۶/۸۱^{b}	۷/۳^{b}	۰/۸۳^{a}	۶/۷۲^{b}	۳/۴^{b}	۴/۳^{a}	۵۷^{b}	۲۳/۳^{a}	۰/۷۹^{a}	۱۸/۲^{b}
۱۴ روز	۱۴/۲۴^{a}	۱۰/۷^{a}	۰/۳۷^{b}	۸/۱۸^{a}	۴/۲۱^{a}	۳/۲^{b}	۱۳۸^{a}	۱۵/۹۶^{b}	۰/۴۵^{b}	۴۱/۲^{a}

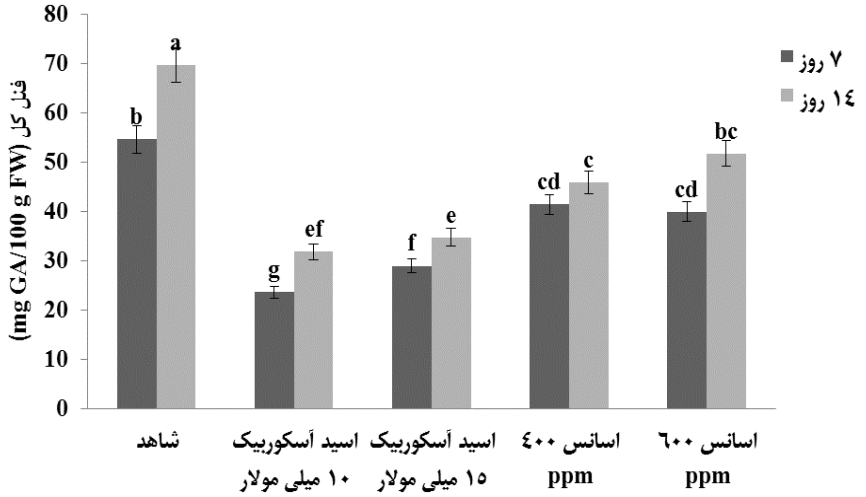
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه در هر صفت هستند تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در سطح پنج درصد آزمون دانکن ندارند.

آنزیمی کمتری در مقایسه با شاهد بودند اما در مقایسه با سطوح مختلف اسید آسکوربیک فعالیت این آنزیم بیشتر بود. در بین غلظت‌های متفاوت اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌داری از نظر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مشاهده نشد. با گذشت زمان آزمایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز افزایش بیشتری نشان داد (شکل ۲).

اثر تیمار و زمان و اثرات متقابل بین آنها بر فنل کل معنی‌دار بود (جدول ۱). نمونه‌های شاهد دارای مقدار فنل بیشتری در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با اسید آسکوربیک و اسانس بودند. در بین نمونه‌ها نیز، تیمار اسید آسکوربیک ۱۰ میلی‌مولار دارای مقدار فنل کمتری در مقایسه با سایر تیمارها بود و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۳). نتایج این بررسی نشان داد اثرات غلظت‌های مختلف تیمارها و زمان بر مقدار آنتی‌اکسیدان کل معنی‌دار شد، ولی اثرات متقابل تیمار و زمان بر این شاخص معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار به مقدار ۴۷/۹ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد که البته اختلاف معنی‌داری با اسید آسکوربیک ۱۰ میلی‌مولار نشان نداد. تیمار آویشن زوفایی با غلظت ۴۰۰ پی پی ام دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری در مقایسه با شاهد بود، ولی در مقایسه با سطوح مختلف اسید



شکل ۲. اثرات متقابل تیمار و زمان بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز میوه توت‌فرنگی در طول انبارداری ۷ و ۱۴ روز (میانگین‌های با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح پنج درصد آزمون دانکن هستند).



شکل ۳. اثرات متقابل تیمار و زمان بر مقدار فنل کل میوه توت‌فرنگی در طول انبارداری ۷ و ۱۴ روز (میانگین‌های با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در سطح پنج درصد آزمون دانکن هستند).

آسکوربیک از ظرفیت آنتی اکسیدانی کمتری برخوردار بود. با گذشت زمان آزمایش، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۳).

نتایج این بررسی نشان داد که اثرات تیمارهای مختلف اسید آسکوربیک و اسانس آویشن زوفایی بر مقدار آنتوسیانین میوه معنی‌دار نبود ولی اثرات زمان معنی‌دار شد (جدول ۲). در تیمار زمان ۷ روز، میزان آنتوسیانین ۱۸/۲ درصد و در زمان ۱۴ روز ۴۱/۴ درصد ثبت شد (جدول ۳). نتایج مربوط به داده‌های ویتامین ث نشان داد که اثرات تیمار و زمان بر ویتامین ث معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل آنها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). تیمارهای اسید آسکوربیک با غلظت ۱۵ میلی‌مولار دارای بیشترین مقدار ویتامین ث و بعد از آن غلظت ۱۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک قرار گرفت. اسانس آویشن زوفایی اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. (جدول ۲). اثرات زمان نیز بر این شاخص معنی‌دار بود به‌طوری که بیشترین مقدار ویتامین ث در ۷ روز بعد از انبارمانی ثبت شد (جدول ۳).

بحث

کیفیت ظاهری محصول به‌عنوان مهم‌ترین شاخص ارزیابی بازارپسندی محصول است. نقصان در ظاهر و بازارپسندی محصولات تازه ناشی از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی و بروز واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در آنها است (۳۶). میوه توت‌فرنگی دارای آب فراوان بوده و به‌علت اینکه میوه‌ای نافرازگرا است باید در زمان رسیدگی برداشت شود، به‌همین علت ماندگاری پس از برداشت کوتاهی دارد. طی نگهداری در انبار در اثر تداوم تنفس سلولی و فعالیت آنزیمی، میوه توت‌فرنگی در ابتدا نرم شده و سپس حالت لهیده پیدا می‌کند. با ادامه این روند به‌دلیل حل شدن پکتین در مایع درون‌سلولی کپک‌زدگی مشاهده می‌شود (۱۶). بر اساس نتایج این پژوهش و تأثیر ترکیبات اعمال شده روی میوه توت‌فرنگی می‌توان بیان داشت که از میان تیمارهای اعمال شده، بهترین نتایج در کیفیت و ظاهر میوه در تیمارهای اسید آسکوربیک مشاهده شده است. گزارش شده است که آنزیم پلی‌فنل اکسیداز یکی از مهم‌ترین عوامل اصلی قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ در محصولات است (۲۵). واکنش قهوه‌ای شدن باعث ایجاد یک تغییر نامطلوب در بافت می‌شود که بر طعم، ظاهر و کیفیت میوه اثر منفی دارد. در مطالعات قبلی گزارش شده که اسید آسکوربیک به‌طور مناسبی از فعالیت این آنزیم جلوگیری و مانع از تغییر رنگ بافت می‌شود (۳۶). در آزمایشی مشابه، گزارش شده است که واکنش قهوه‌ای شدن در تکه‌های برش خورده آناناس به عواملی همچون سطوح سوبسترا، فعالیت آنزیمی و حضور بازدارنده‌های قارچی بستگی دارد، و ذکر شده که کاربرد اسید آسکوربیک، واکنش قهوه‌ای شدن در تکه‌های برش خورده آناناس را به‌طور معنی‌داری کاهش داده است (۲۰). کاربرد اسید آسکوربیک تأثیر معنی‌داری بر میزان pH داشت که می‌توان گفت این ترکیب می‌تواند با کاهش تنفس و کاهش سرعت فرایندهای متابولیکی سلول از کاهش اسیدهای آلی تا حدودی جلوگیری کند که در بلندمدت باعث تجمع اسیدهای آلی و افت pH میوه می‌شود. در مطالعه حاضر کمترین میزان pH میوه و همچنین اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار اسید آسکوربیک ۱۵ میلی‌مولار حاصل شد (به‌ترتیب ۳/۰۱ و ۱/۳۴). در این تحقیق هرچند اختلاف معنی‌داری بین مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی در تیمارهای مختلف وجود نداشت، ولی با گذشت زمان میزان این مواد افزایش یافت. افزایش قندها و کاهش اسیدها طی نگهداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌شود ولی این افزایش در برخی میوه‌ها متفاوت است، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تأثیر بر pH را دارند (۴۰). همچنین گزارش شده است که افزایش مواد جامد محلول در طول مدت نگهداری در نتیجه کاهش آب میوه و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده اتفاق می‌افتد (۵۴). قندهای محلول به‌عنوان یک سیستم دفاعی باعث می‌شوند تا آلودگی‌های کمتری وارد بافت میوه شود و از طرفی هرچه میزان قند در بافت میوه بیشتر باشد میزان آب موجود در بافت کمتر است و آب کمتری بر اثر تبخیر و تعرق از بین می‌رود (۴).

در میوه لیچی استفاده از اسیدهای آلی به‌دلیل افزایش یکپارچگی غشا مانع تخریب آنتوسیانین، کاهش اکسیداسیون و کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز می‌شود. به‌نظر می‌رسد استفاده از این ترکیبات به‌طور مؤثری می‌تواند قهوه‌ای شدن میوه‌جات در طول دوره انبارداری و پس از برداشت را کنترل کند (۵۵). همچنین اثر اسید آسکوربیک یک درصد بر کاهش قهوه‌ای شدن در سیب برش‌خورده گزارش شده است (۲۵). نقش مثبت اسیدهای آلی در کاهش سرعت تولید اتیلن و سرعت تنفس گزارش شده است (۲۱ و ۴۸). در میوه‌های برداشت شده، اسید آسکوربیک می‌تواند عامل کاهش تنفس و تولید اتیلن بوده و با افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی محصول از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری کند (۱۱). بنابراین به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل ماندگاری بافت میوه توسط تیمارهای اسید آلی ممانعت از افزایش تولید اتیلن و کاهش آلودگی با میکروارگانیسم‌ها در اثر این تیمارها باشد. گزارش شده است که اسیدهای آلی، مقاومت بافت میوه را در برابر افزایش فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز

افزایش داده و با ضدعفونی بافت میوه از رشد و فعالیت عوامل میکروبی ممانعت می‌کنند (۵۵). تأثیر اسیدهای آلی در کاهش بار میکروبی می‌تواند ناشی از حفظ بهتر سفتی بافت میوه و کاهش pH سطح سلول باشد، چرا که باکتری‌ها در pH نزدیک خنثی فعالیت بیشتری از خود در مقایسه با pHهای پایین نشان می‌دهند (۴۱). در تحقیقی که روی هلو انجام شد مشخص شد کاهش میزان ویتامین ث به‌دنبال واکنش قهوه‌ای شدن روی می‌دهد. استفاده از تیمار اسید آسکوربیک با کاهش واکنش قهوه‌ای شدن و مهار کننده‌های واکنش قهوه‌ای شدن مرتبط است (۵۰). آسیب اکسیداتیو فرایند اولیه‌ای است که در نتیجه ترکیب شدن یک ماده با اکسیژن در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌فنل اکسیداز ایجاد می‌شود. اکسیداسیون فنل‌ها منجر به قهوه‌ای شدن بافت می‌شود (۵). در طول دورهٔ نگهداری میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی اکسیدان‌های مهم است کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین به‌عنوان دهندهٔ الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد است (۴۷). در این پژوهش کمترین میزان فنل کل در تیمار ۱۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک حاصل شد ولی کمترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در تیمار ۱۵ میلی‌مولار از این ترکیب مشاهده شد. میزان نشت یونی روندی مشابه با فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز دارا بود و کمترین میزان نشت یونی در تیمار ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مشاهده شد.

اثرات مثبت کاربرد اسیدهای آلی بر کاهش نفوذپذیری و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا در گیاهان مختلفی گزارش شده است (۲۲). اثرات محافظتی تیمار اسید آسکوربیک بر غشای سلول ممکن است تا حدودی ناشی از نقش این ترکیب در فعال کردن آنزیم های آنتی‌اکسیدان باشد که می‌توانند گیاه را از تولید گونه‌های فعال اکسیژن حفظ کنند. همان‌طور که انتظار می‌رفت، بیشترین میزان ویتامین ث در تیمارهای اسید آسکوربیک مشاهده شد. کاهش مقدار ویتامین ث به‌علت اکسیداسیون اسید آسکوربیک است که توسط آنزیم آسکوربات اکسیداز انجام می‌شود و به فرم غیرفعالی که تنها ۱۰ درصد از ویتامین ث را به‌خود اختصاص میدهد، تبدیل می‌شود.

نتایج گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که اسانس‌های گیاهان دارویی به‌دلیل خاصیت ضدمیکروبی می‌توانند در کنترل عوامل میکروبی در طول دوره انبارمانی مؤثر واقع شوند. به‌نظر می‌رسد اثرات کنترل کنندگی اسانس‌ها علاوه بر اثرات مستقیم اسانس‌ها روی میکروب به اثر اسانس در تحریک پاسخ‌های دفاعی هم باشد (۵۲). در این پژوهش استفاده از اسانس آویشن زوفایی، نسبت به گیاهان شاهد، باعث بهبود ویژگی‌های کیفی و کمّی میوه توت‌فرنگی در تمام فاکتورهای مورد بررسی شد. مهم‌ترین ترکیب اسانس آویشن زوفایی کارواکرول (بیش از ۷۰ درصد) و سپس ترپن‌های مختلف است که دارای اثر ضدعفونی کننده قوی و قدرت بازدارندگی رشد میکروارگانیسم‌های مختلف است (۲۹). اثرات مثبت اسانس آویشن بر عمر پس از برداشت دیگر میوه‌ها از جمله پرتقال و انار هم گزارش شده است (۱۵ و ۱۸). همچنین استفاده از اسانس گیاهانی از قبل دارچین اثرات مفیدی بر صفات کیفی گل رز رقم فول هاوس و کنترل روی رشد قارچ در این گیاه داشته است (۲۳). نتایج حاصل از پژوهش‌های مشابه بیانگر این است که کاربرد اسانس‌های گیاهی سبب جلوگیری از فعالیت سریع آنزیم آسکوربات اکسیداز و اکسیداسیون ویتامین ث می‌شود (۴ و ۱۵). آنزیم‌های اکسیداتیو از قبیل پلی‌فنل اکسیداز باعث تجزیه پلی‌فنل‌ها در میوه توت‌فرنگی می‌شوند که سبب قهوه‌ای شدن و فقدان فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود و با تولید ترکیبات قهوه‌ای رنگ از بازارپسندی این محصول می‌کاهد. کنترل قهوه‌ای شدن آنزیمی در طول نگهداری و فرآوری برای حفظ ظاهر اصلی میوه‌ها مهم است، بنابراین به یکی از اهداف اصلی برای فرآورنده‌های غذا و پژوهشگران تبدیل شده است. با استفاده از اسانس‌های گیاهی میزان فعالیت این آنزیم به تأخیر می‌افتد و از قهوه‌ای شدن سریع بافت میوه‌ها جلوگیری می‌کند. علت این امر را می‌توان در میزان بالای ماده مؤثره آویشن یعنی کارواکرول دانست. مواد مؤثره در اسانس‌های گیاهی هر قدر بیشتر باشند و در زمان کوتاه‌تری خارج شوند، به‌علت داشتن خواص ضد

میکروبی نتایج مطلوب‌تری در نگهداری و حفظ عمر انباری محصولات خواهند داشت. از بین فاکتورهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق، اسانس آویش زوفایی فقط در کنترل رشد کلونی باکتریایی نسبت به اسید آسکوربیک عملکرد بهتری از خود نشان داد. نتایج گزارش‌های قبلی بیانگر این مطلب است که اسانس مرزه، آویشن شیرازی و زنیان دارای خواص ضدمیکروبی بوده و به‌طور مؤثری قادر به مهار بیماری‌های پس از برداشت میوه توت‌فرنگی هستند (۸).

به‌نظر می‌رسد تأثیر ضدمیکروارگانیسمی اسانس آویشن به‌دلیل خاصیت آبگریزی و انحلال‌پذیری آن در غشای سیتوپلاسمی و تشکیل باندهای هیدروژنی توسط ترکیبات فنلی آن با پروتئین‌های غشای سیتوپلاسمی قارچ بعد از تجزیه در قسمت لیپیدی غشا است (۲۶). نتایج این پژوهش با نتایج عبداللهی و همکاران (۱) در مورد تأثیر اسانس‌های رازیانه، زیره سیاه و زنیان روی گوجه فرنگی و همچنین با نتایج حاصل از آزمایش مسکوکی و مرتضوی (۳۵) در مورد تأثیر اسانس آویشن و اسانس زنیان روی گلابی و غفوری و همکاران (۱۸) در مورد اثر اسانس آویشن بر انار مطابقت دارد.

همچنین تأثیر مثبت اسانس آویشن در کاهش نشت یونی و افزایش بازارپسندی در زمان انبارمانی قابل توجه بود. نتایج مشابهی از کاربرد اسانس آویشن بر میوه انار گزارش شده است (۱۸). سرما در بافت گیاهی باعث کاهش سیالیت غشای سلولی و بروز سرمازدگی در غشای سلولی آسیب دیده می‌شود که منجر به افزایش نشت یونی از غشای سلول‌ها می‌شود. به‌نظر می‌رسد اسانس آویشن، با تأثیر در حفظ سیالیت ساختار غشای پلاسمایی و اندامک‌های داخلی در دمای پایین، مانع از هم پاشیده آنها شده و درنتیجه باعث کنترل نشت یون‌ها شود. ترکیبات فنلی، که از مهم‌ترین ترکیبات اسانس آویشن زوفایی هستند (۲۹)، سرشار از گروه co- هستند که می‌توانند در متلاشی کردن رادیکال‌های آزاد به‌وجود آمده در اثر تنش سرما نقش مهمی بازی کرده و منجر به کاهش سرمازدگی در بافت میوه‌ها شود.

در این تحقیق غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام اسانس آویشن، نسبت به غلظت بالاتر، تأثیر بهتری بر حفظ ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی دارا بود. به‌عبارتی دیگر غلظت کمتر اسانس اثر مفیدتری نسبت به غلظت بیشتر آن داشت که مشابه با نتایج حاصل از کاربرد اسانس گیاهی بر سیب رقم گلدن دلیشز، ژربرا و انار است (۲، ۱۳ و ۱۸). جنتی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که برای حفظ کیفیت پس از برداشت توت‌فرنگی، غلظت ۳۰۰ میکرولیتر بر لیتر آویش باغی بهتر از تیمارهای دیگر بود. همچنین گزارش شده که غلظت بالای اسانس اسطوخودوس و ریحان تأثیرات منفی در کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی داشته است (۳ و ۴۲). شاید غلظت بالای اسانس به‌عنوان یک عامل تنش‌زا سبب افزایش فعالیت‌های حیاتی سلول شده و مواد غذایی ذخیره شده در میوه را به مصرف برساند. اسانس‌ها در سلول‌های یوکاریوتی می‌توانند قطب‌زدایی غشاهای میتوکندری را به‌وسیله کاهش پتانسیل غشاء و تأثیر بر چرخه یونی کلسیم و دیگر کانال‌های یونی و شیب pH تحریک کنند (۴۲). اسانس‌ها سیالیت غشاها را تغییر می‌دهند به‌طوری که غشا به‌طور غیرطبیعی نفوذپذیر شده و منجر به نشت رادیکال‌ها، سیتوکروم c، یون‌های کلسیم و پروتئین‌ها شده و درنهایت باعث تنش اکسیداتیو می‌شود (۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج کلی نشان داد میوه توت‌فرنگی به‌سرعت در طی دوره نگهداری دچار نقصان بازارپسندی می‌شوند که علائم آن دربرگیرنده کاهش وزن و قهوه‌ای شدن سطح میوه است. تیمارهای اسیدهای آلی و اسانس گیاهی به‌دلیل خاصیت ضدقهوه‌ای شدن و آنتی‌اکسیدانی منجر به افزایش عمر قفسه‌ای در میوه توت‌فرنگی شدند. این تیمارها باعث کاهش فعالیت باکتری در سطح میوه، کاهش آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و کاهش نشت یونی در مقایسه با شاهد شده بودند. از بین تیمارهای استفاده شده، تیمار اسید آسکوربیک در غلظت بالاتر در کنترل نابسامانی‌های میوه توت‌فرنگی بهتر بود، درحالی که اسانس

آویشن در کنترل کلونی‌های باکتری بهتر از دیگر تیمارها عمل کرد. با توجه به نتایج این تحقیق، اسید آسکوربیک در ترکیب با اسانس آویشن زوفایی در غلظت‌های مناسب این پتانسیل را دارند برای کنترل نابسامانی‌های پس از برداشت توت‌فرنگی معرفی شوند.

تشکر و قدردانی

هزینه‌های این طرح پژوهشی از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه ایلام تأمین شده است که نگارندگان بدین وسیله مراتب قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

منابع مورد استفاده

1. Abdolahi, A., A. Hassani, Y. Ghuosta, T. Javadi and M. H. Meshkatalsadat. 2010. Essential oils as control agents of Post-harvest *Alternaria* and *Penicillium* rots on tomato fruits. *Journal of Food Safety* 30: 341-352.
2. Aboutalebi, A. and A. Sami. 2012. Evaluation the antifungal effect of fennel essence on post harvest life of golden delicious apple and comparison its effect with carbendazim and thiabendazole fungicide. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3: 2104-2107.
3. Asghari Marjanlo, A., Y. Mostoufi, S. H. Shoeybi and M. Maghoumi. 2008. Effect of Basil essential oil on gray mold control and postharvest quality of strawberry. *Journal of Medicinal Plants* 28: 131-139.
4. Atress, S. H., M. M. El-Mogy, H. E. Aboul-Anean and B. W. Alsanius. 2010. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 2: 88-97.
5. Ayala-Zavala, J. F., S. Y. Wang, C. Y. Wang and G. A. González-Aguilar. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT-Food Science and Technology* 37: 687-695.
6. Babazadeh, D. B. 2013. Comparison of vitamin C in Mandarin (*Citrus Blanco*.) cultivars. *Eco-Phytochemical Journal of Medical Plants* 1: 82-93.
7. Barth, C., M. Detullio and P. L. Conklin. 2006. The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. *Journal of Experimental Botany* 57: 1657-1665.
8. Behdad, M., N. A. Etemadi, E. Behdad and H. Zeinali. 2013. Antifungal effects of three plant essential oils against *Rhizopus stolonifer*, the cause of soft rot on strawberry fruit. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 29: 399-411. (In Farsi).
9. Boquete, E. J., G. D. Trinchero, A. A. Fraschina, F. Vilella and G. O. Sozzi. 2004. Ripening of 'Hayward'kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 32: 57-65.
10. Bruni, R., A. Medici, E. Andreotti, C. Fantin, M. Muzzoli and M. Dehesa. 2003. Chemical composition and biological activities of Isphingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from *Ocotea quixos* (lam) kosterm.(lauraceae) flower calkes. *Food Chemistry* 85: 415-421.
11. Cioroi, M. 2007. Study on L-ascorbic acid contents from exotic fruits. *Cercetari Agronomicin Moldova* 1: 23-27.
12. Corrales-Garcıa, J., C. B. Peña-Valdivia, Y. Razo-Martínez and M. Sánchez-Hernández. 2004. Acidity changes and pH-buffering capacity of nopalitos (*Opuntia* spp.). *Postharvest Biology and Technology* 32: 169-174.
13. Dareini, H., V. Abdos and E. Danaee. 2014. Effect of some essential oils on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (gerbera *jamesonii* cv. Sorbet). *European Journal of Experimental Biology* 4: 276-280.
14. Eckert, J. W. and J. M. Ogawa. 1988. The chemical control of postharvest diseases: deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. *Annual Review of Phytopathology* 26: 433-469.
15. Fatemi, S., M. Jafarpour and S. H. Eghbalsaeid. 2011. Study of the effect of *Thymus vulgaris* and hot water treatment on storage life of orange (*Citrus sinensis* CV. Valencia). *Journal of Medicinal Plants Research* 6: 968-971.
16. Ferrari, C. C., C. I. Sarantopoulos, S. M. Carmello-Guerreiro and M. D. Hubinger. 2013. Effect of osmotic dehydration and pectin edible coatings on quality and shelf life of fresh-cut melon. *Food and Bioprocess Technology* 6: 80-91.
17. Fisk, C. L., A. M. Silver, B. C. Strik and Y. Zhao. 2008. Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 47: 338-345.
18. Ghafouri, B., A. Carlsson, S. Holmberg, A. Thelin and C. Tagesson. 2016. Biomarkers of systemic inflammation in farmers with musculoskeletal disorders; a plasma proteomic study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 17: 1-11.
19. Ghasemnezhad, M., M. A. Nezhad and S. Gerailoo. 2011. Changes in postharvest quality of loquat (*Eriobotrya japonica*) fruits influenced by chitosan. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 52: 40-45.
20. González-Aguilar, G. A., S. Ruiz-Cruz, H. Soto-Valdez, F. Vázquez-Ortiz, R. Pacheco-Aguilar and C. Y. Wang. 2005. Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents. *International Journal of*

Food Science & Technology 40: 377-383.
21. Han, T., Y. Wang, L. Li and X. Ge. 2002. Effect of exogenous salicylic acid on post harvest physiology of peaches. In: XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Postharvest Horticulture.
22. Horvath, E., G. Szalai and T. Janda. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Plant Growth Regulation* 26: 290-300.
23. Hosein Zade, E. 2010. Effect of salicylic acid and calcium salts and essential oils of rose and disease control *Botrytis cinerea* on the quality of cut flowers in the full house. MSc Thesis, Islamic Azad University of Science and Research Branch of Tehran. Iran. (In Farsi).
24. Jannati, M., V. Abdossi and M. Mashhadi Akbar Boujar. 2014. Effect of calcium chloride and thyme essential oils application on some postharvest characteristics of strawberry fruit cv. Selva. *Agroecology Journal* 10: 25-32. (In Farsi).
25. Jeong, H. L., W. J. Jin, D. M. Kwang and J. P. Kee. 2008. Effects of anti-browning agents on polyphenoloxidase activity and total phenolics as related to browning of fresh-cut 'Fuji'apple. *Asean Food Journal* 15: 79-87.
26. Juven, B. J., J. Kanner, F. Sched and H. Weisslowicz. 1994. Factors that interact with the antimicrobial of thyme essential oil and its active constituent's. *Journal of Applied Bacteriology* 76: 626-631.
27. Kähkönen, M. P., A. I. Hopia and M. Heinonen. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 4076-4082.
28. Khosheghbal, F., M. Ghorbanli and R. Hajihosseini. 2010. Effect of zinc sulfate stress and its interaction with ascorbic acid on some physiological parameters in *Brassica napus*. *Rostaniha* 11: 93-102. (In Farsi).
29. Kilic, T. Z. 2006. Analysis of essential oil composition of *Thymbra spicata* var. *spicata*: antifungal, antibacterial and antimycobacterial activities. *Zeitschrift fur Naturforschung* 61: 324-328.
30. Lutts, S., J. M. Kinet and J. Bouharmont. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany* 78: 389-398.
31. Martínez-Romero, D., N. Alburquerque, J. M. Valverde, F. Guillén, S. Castillo, D. Valero and M. Serrano. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39: 93-100.
32. Mohammadi, S., H. Aroui, A. Tehranifar and V. Jahanbakhsh. 2012. Application of essential oil of medicinal plants on the postharvest decay resulted from *Botrytis cinerea* on strawberry (cv. Selva). *Physiology and Technology of Postharvest in Horticultural Crops* 1: 55-73. (In Farsi).
33. Mostofi, Y. and A. Asgharimarjanlo. 2010. The effect of UV-C radiation on gray mold decay control and postharvest quality of strawberry (cv. Selva). *Iranian Horticulture Journal* 41: 39-46. (In Farsi).
34. Munsch, P., K. Johnstone and T. Alatossava. 2002. Evidence for genotypic differences between the two siderovars of *Pseudomonas tolaasii*, cause of brown blotch disease of the cultivated mushroom Agaricus bisporus. *Microbiological Research* 157: 93-102.
35. Muscovi, A. and A. Mortazavi. 2004. Antifungal activity of Essential oils of *Thymus vulgaris* and *Trachyspermum ammi* against Aspergilus. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 8: 207-214. (In Farsi).
36. Oms-Oliu, G., M. A. Rojas-Graü, L. A. Gonzalez, P. Varela, R. Soliva-Fortuny, M. I. H. Hernando, I. P. Munuera, S. Fiszman and O. Martín-Belloso. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology* 57: 139-148.
37. Pizzocaro, F., D. Torreggiani and G. Gilardi. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation* 17: 21-30.
38. Plaza, P., R. Torres, J. Usall, N. Lamarca and I. Vinas. 2004. Evaluation of the potential of commercial post-harvest application of essential oils to control *citrus* decay. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79: 935-940.
39. Ranjbar, H., M. Farzaneh, R. Sharifii, J. Hadian and M. H. Mirjalili. 2008. Classification of selected mul-ticut Persian clover germplasm of National Plant Genebank based on agronomic traits. *Pajouhesh & Sazandegi* 81: 54-60. (In Farsi).
40. Raskin, I. 1992. Salicylic, a new plant hormone. *Plant Physiology* 99: 799-803.
41. Ruíz-Jiménez, J. M., P. J. Zapata, M. Serrano, D. Valero, D. Martínez-Romero, S. Castillo and F. Guillén. 2014. Effect of oxalic acid on quality attributes of artichokes stored at ambient temperature. *Postharvest Biology and Technology* 95: 60-63.
42. Sayari, M. and R. Gharibi. 2016. Effects of *Lavendula* essential oils and Methyl Salicilate on mouldy grey and fruit quality of strawberry. *Journal of Horticultural Science* 29: 662-670. (In Farsi).
43. Serrano, M., F. Guillén, D. Martínez-Romero, S. Castillo and D. Valero. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 2741-2745.
44. Singleton, V. L., R. Orthofer and R. M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of Total Phenols and others Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. London.

45. Smirnoff, N. 2000. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-facetted molecule. *Current Opinion in Plant Biology* 3: 229-235.
46. Smirnoff, N. and G. L. Wheeler. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* 35: 291-314.
47. Spinardi, A. M. 2004. Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulturae* 682: 135-140.
48. Srivastava, M. K. and U. N. Dwivedi. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science* 158: 87-96.
49. Suttirak, W. and S. Manurakchinakorn. 2011. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. *Walailak Journal of Science and Technology* 7: 5-14.
50. Veltman, R. and A. Van Schaik. 1997. Membrane demage in fruits perhaps the explanation of hollow core and flesh browning. *Fruitteelt* 87: 12-13.
51. Vitoratos, A., D. Bilalis, A. Karkanis and A. Efthimiadou. 2013. Antifungal activity of plant essential oils against *Botrytis cinerea*, *Penicillium italicum* and *Penicillium digitatum*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41: 86.
52. Wang, C. Y. and J. G. Buta. 2003. Maintaining quality of fresh-cut kiwifruit with volatile compounds. *Postharvest Biology and Technology* 28: 181-186.
53. Whangchai, K., K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2006. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. *Crop Protection* 25: 821-825.
54. Wills, R., L.Terry and D. Graham. 1990. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables. Springer.
55. Zheng, X. L. and S. P. Tian. 2006. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chemistry* 96: 519-523.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 11, No. 2, Summer 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Ascorbic Acid and Essential Oil of *Thymbra spicata* on Shelf Life and Quality Maintenance of Strawberry

J. Erfani-Moghadam[1*] and O. Mohammadi[2]

(Received: January 21-2018; Accepted: January 25-2021)

Abstract

Aiming at finding a suitable treatment for maintaining the fruit quality and increase the shelf life of strawberry, effects of ascorbic acid and essential oil of *Thymbra spicata* were evaluated. Fruits were dipped in 10 and 15 mM of ascorbic acid and essential oil of *T. spicata* (400 and 600 ppm) for two minutes, and after drying at room temperature, were packed by cellophane in the polyethylene container and transferred to 4 °C. Some of the qualitative, quantitative and biochemical parameters were measured at 7 and 14 days after storage. Results of analysis of variance showed that there were significant differences among the treatments in most of the evaluated parameters. Strawberry fruits treated with ascorbic acid and essential oil showed lower weight loss and lower fruit browning, while they had higher marketability than control plants. Ascorbic acid and essential oil treatments also led to decreases in polyphenol oxidase activity, total phenol content and electro leakage, while the vitamin C content and antioxidant capacity were significantly higher than control plants. Generally, ascorbic acid (15 mM) and essential oil (400 ppm) compounds reduced fruit's degradation during cold storage and these treatments have the potential to be used as practical postharvest treatments to retain the quality of strawberry fruits.

Keywords: Strawberry, Antioxidant capacity, Vitamin C, Polyphenol oxidase

1, 2. Associate Professor and Former M.Sc. Student, Respectively, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
*: Corresponding Author, Email: j.erfani@ilam.ac.ir