بهبود عمر انبارمانی سیب رقم "گلاب کهنز" با استفاده از تیمار۱- متیل سیکلو پروپن

هما اعتمادی نسب[۱]، فریبا امینی[۲*] و علی اکبر رامین[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۸)

چکیده

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است و براساس الگوی تنفس و تولید اتیلن میوه‌ای فرازگرا است. هر تیماری که بتواند از تولید اتیلن و یا از عمل آن جلوگیری کند سبب افزایش عمر انباری میوه‌های فرازگرا می‌شود. ۱- متیل سیکلوپروپن، ماده‌ای گازی است که در غلظت‌های بسیار کم، آثار ضد اتیلنی دارد. در این تحقیق تأثیر تیمارهای ۱- متیل سیکلوپروپن با غلظت‌های (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر) بر عمر انبارمانی میوه سیب رقم گلاب کهنز بررسی شد. میوه‌ها بعد از تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن و نگهداری در سردخانه در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰٪ در فواصل زمانی۳ هفته یکبار از انبار سرد خارج شده و از نظر شاخص‌هایی مانند سفتی بافت، درصد کاهش وزن، اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که در میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپن، سفتی و اسیدیته قابل تیتراسیون به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های شاهد بود. هم‌چنین درصد کاهش وزن میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپن به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود. بیشترین سفتی در تیمار ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپن مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و کمترین سفتی مربوط به تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد تیمار میوه‌ها با 1-MCP بر عمر انبارمانی میوه سیب تأثیر داشته و توانسته است کیفیت میوه‌ها را به‌مدت طولانی‌تری حفظ کند.

واژه‌های کلیدی: سیب گلاب کهنز، ۱- متیل سیکلوپروپن، عمر انبارمانی.

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

۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اراک

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: f-amini@araku.ac.ir

مقدمه

بازدارنده‌های تولید اتیلن به روش‌های مختلف باعث افزایش عمر انباری محصولات باغبانی می‌شوند اعتقاد بر این است که اتیلن با اتصال به پذیرنده ویژه‌ای در سیتوپلاسم کمپلکسی تشکیل می‌دهد که در نهایت باعث بروز واکنش رسیدن میوه می‌شود. این عمل اتیلن می‌تواند به‌وسیله جلوگیری از اتصال اتیلن به پذیرنده خود یا تغییر در تعداد پذیرنده تحت تأثیر قرار گیرد(۱۸). ۱- متیل سیکلوپروپن از ترکیبات سیکلوپروپن می‌باشد که در دما و فشار استاندارد، ماده‌ای گازی است که در غلظت‌های بسیار کم، آثار ضد اتیلنی داشته و تأثیر منفی بر محیط‌زیست و سلامت انسان ندارد و به سادگی قابل مصرف بوده و تأثیر آن دائمی نمی‌باشد (۱، ۳، ۷ و ۱۸). ۱- متیل سیکلوپروپن پذیرنده‌های اتیلن موجود در غشای سلول را اشغال کرده در نتیجه از عمل اتیلن ممانعت می‌کند و از این طریق کلیه فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه را کاهش می‌دهد. میل ترکیبی ۱- متیل سیکلوپروپن برای این گیرنده‌ها تقریباً ۱۰ برابر بیشتر از خود اتیلن است. ۱- متیل سیکلوپروپن هم‌چنین باعث کاهش تولید اتیلن از طریق کنترل سیستم خود تنظیمی می‌شود(۲).

بای و همکاران نشان دادند که استفاده از تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن و انبار در دمای $1^{\circ}C$ و رطوبت ۹۵٪ باعث افزایش عمر انباری و کاهش از دست دهی سفتی و محتوای اسید آلی در سه رقم سیب گالا(Gala)، فوجی(Fuji)، گرانی اسمیت(Granny Smith) شده به نحوی که استفاده از انبار سرد و تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن بهتر از انبار کنترل اتمسفر از نظر حفظ کیفیت عمل می‌کند(۱). حفظ سفتی و افزایش عمر قفسه‌ای از صفات تجاری مهمی است که حتی در دماهای بالا به‌وسیله ۱- متیل سیکلوپروپن انجام می‌گیرد (۱۴). هم‌چنین نشان داده شده است تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن نرم شدن درسیب رقم جینگر گولد(Ginger Gold) را به تأخیر انداخته است(۲۵). تأثیر این ماده بر افزایش عمر انباری و نگهداری سفتی میوه در سیب‌های دلیشز(Delicious) و اسپی گلد(Spigold) گزارش شده است (۲۵). این در صورتی است که سیب‌های رقم رویال گال(Royal Gala) تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپن در طی مدت نگهداری در انبار نسبت به میوه‌های تیمار نشده سطح اتیلن کمتری نشان دادند (۲۵). مطالعات نشان می‌دهد که تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن در سیب‌های برش خورده(Fresh cut) رقم فوجی باعث کاهش تولید اتیلن و کاهش تنفس ناشی از زخم و حفظ سفتی در طول انبارداری شده است(۱۳). زنلا و همکاران در آزمایشی که روی هفت رقم از سیب‌های منطقه جنوب ایتالیا انجام دادند نشان دادند که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن از تولید اتیلن و فعالیت تنفسی جلوگیری می‌کند و بدین طریق رسیدن را به تأخیر انداخته و با حفظ سفتی، کاهش کیفیت در حین انبارداری و مخصوصاً در عمر قفسه‌ای(Shelf life) را کنترل می‌نماید (۲۶). با توجه به این‌که سیب گلاب به‌دلیل داشتن عطر خاص معروف‌ترین و مطلوب‌ترین سیب‌های تابستانه می‌باشد و هم‌چنین یکی از محصولات با ارزش در کشور ماست و نگهداری پس از برداشت این میوه حائز اهمیت است، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر ۱- متیل سیکلوپروپن بر عمر انبار مانی میوه سیب رقم "گلاب کهنز" طراحی و انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۹ در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. میوه سیب مورد نیاز برای انجام پژوهش، از یکی از باغ‌های تحقیقاتی سیب وابسته به سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی واقع در شهرستان سمیرم فراهم شد. انتخاب و نمونه‌برداری از درختان میوه سیب رقم "گلاب کهنز" پیوند شده روی پایه مالینگ مرتون ۱۰۶ انجام گرفت. میوه‌ها در زمان بلوغ فیزیولوژیک (قبل از کلیماکتریک) برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. میوه‌های صدمه دیده، زخمی و کاملاً رسیده از آزمایش خارج گردیدند. میوه‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و در بین ظروف پلاستیکی ۷۰ لیتری که در درب آنها فن‌هایی برای گردش هوا تعبیه شده بود و

نسبت به هوا نفوذ ناپذیر بود به‌طور مساوی تقسیم شد پس از استقرار نمونه‌ها مقادیر لازم از پودر 1-MCP با درجه خلوص ۰/۰۱۴ براساس توصیه شرکت سازنده (Smartfresh^{TM}) محاسبه، توزین و در لوله آزمایش درب‌دار ریخته و به میزان ۴ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به‌مدت چند دقیقه با دستگاه ورتکس با دور ۲۲۰۰ دور در دقیقه به هم زده شد تا محلول کاملاً شفاف تهیه شود. محلول به‌دست آمده درون پتری دیش حاوی دو عدد کاغذ واتمن که قبلاً روی نمونه‌ها قرار داده شده بود ریخته و بلافاصله درب مخزن پلاستیکی با پارافیلم کاملاً مسدود گردید. برای مخزن شاهد به همین گونه عمل شد با این تفاوت که به میزان ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به جای محلول بخار شونده 1-MCP استفاده شد. میوه‌ها در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۲ ساعت درمعرض 1-MCP قرار گرفت.

پس از اعمال تیمارها و بازکردن درب مخازن، برحسب غلظت 1-MCP شامل شاهد، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵و ۱ میکرولیتر در لیتر، میوه‌ها به گروه‌های هشت‌تایی تقسیم و درون کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. پس از برچسب‌زنی و توزین، کیسه‌های پلاستیکی به سردخانه با دمای ۱±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل شد. نمونه‌ها در طول دوره انبارمانی هر سه هفته یک‌بار از لحاظ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل سفتی بافت، پی اچ عصاره، میزان کل مواد جامد محلول در عصاره، میزان اسید آلی، کاهش وزن مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار که هر تکرار شامل هشت میوه بود، انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها به کمک نرم‌افزار سیستم پردازش آماری SAS (نسخه ۹/۱)(Statistical analysis system (SAS), version 9.1) انجام و مقایسه میانگین‌ها و آثار متقابل عوامل آزمایشی براساس آزمون LSD با سطح احتمال(Probability level) پنج درصد به کمک نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت. نمونه‌برداری از ظرف‌ها به‌طور کاملاً تصادفی انجام شد.

بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیایی

سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی سنج دستی(Penetrometer) (مدل OSK-I-10576) با قطر پیستون هشت میلی‌متراندازه‌گیری شد. نتایج براساس نیوتن محاسبه شد.

وزن میوه

میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش و قبل از بسته‌بندی وزن شده و بلافاصله پس از خروج از سردخانه دوباره وزن گردیدند و درصد کاهش وزن از طریق معادله زیر محاسبه گردید. [(W1-W2) ÷ W1×۱۰۰]= درصد کاهش وزن

W1= وزن اولیه (وزن اندازه گیری شده قبل از نگهداری در انبار)

W2= وزن ثانویه (وزن بعد از خروج از انبار)

اندازه‌گیری مواد جامد محلول((Soluble solid content(SSC)

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر دستی(Refractometer) (مدل k-۰۰۳۲ ساخت ژاپن) استفاده شد. ابتدا با چند قطره آب مقطر و با استفاده از پیچ تنظیم دما، دستگاه کالیبره گردید و پس از خشک کردن دستگاه با دستمال کاغذی، یک قطره عصاره تهیه شده را روی منشور رفراکتومتر گذاشته و به سمت نور گرفته شد تا شکست نور و عدد حاصل از آن‌که مقدار درصد مواد جامد محلول است برحسب درجه بریکس(Brix) به‌دست آید.

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون((Titratable acidity (TA)

از تیتراسیون به روش pH متری برای تعیین میزان اسیدهای آلی قابل اندازه‌گیری استفاده شد. مقدار عدد به‌دست آمده از این روش نزدیک به میزان اسید آلی غالب میوه است. در این روش پس از تهیه آب میوه، مقدار ۱۰ میلی‌لتر عصاره توسط پیپت برداشته شده و داخل بشر ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر نیز آب مقطر به آن اضافه شد تا رقیق شود. سپس تیتراسیون با

استفاده از سود ۰/۲ نرمال انجام شد. نقطه پایان تیتراسیون زمانی بود که pH عصاره به عدد ۸/۲ رسید و حجم سود مصرفی یادداشت شد و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون براساس غالبیت اسید مالیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$C = \left[\left(N \times V \times E\right) \div D\right] \times ۱۰۰$$

که در آن، C اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره، N نرمالیته سود مصرفی، V حجم سود مصرفی، E اکی والان گرم اسید آلی غالب و D حجم نمونه براساس میلی‌لیتر است.

شاخص طعم میوه(SSC/TA: Suger to Acid Ratio)

برای بیان شاخص طعم میوه از فرمول نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون استفاده شد. این رابطه همبستگی مثبتی با کیفیت خوراکی میوه دارد.

نتایج و بحث

سفتی بافت

براساس مقایسه میانگین (جدول ۱) اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه سیب رقم "گلاب کهنز" در طول صد و چهل و هفت روز نگهداری در انبار سرد، همه غلظت‌های تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن در حفظ سفتی بافت میوه نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است. این تأثیر با افزایش غلظت ۱- متیل سیکلوپروپن بیشتر شده به‌طوری‌که بیشترین سفتی مربوط به تیمار ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر مشاهده گردید که البته تفاوت معنی‌داری بین غلظت ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپن از نظر سفتی بافت وجود نداشت. هم‌چنین سفتی میوه در مدت انبارداری در همه میوه‌های تیمار شده و شاهد کاهش یافت ولی همه تیمارها نسبت به شاهد کاهش سفتی کمتری نشان دادند (شکل ۱).

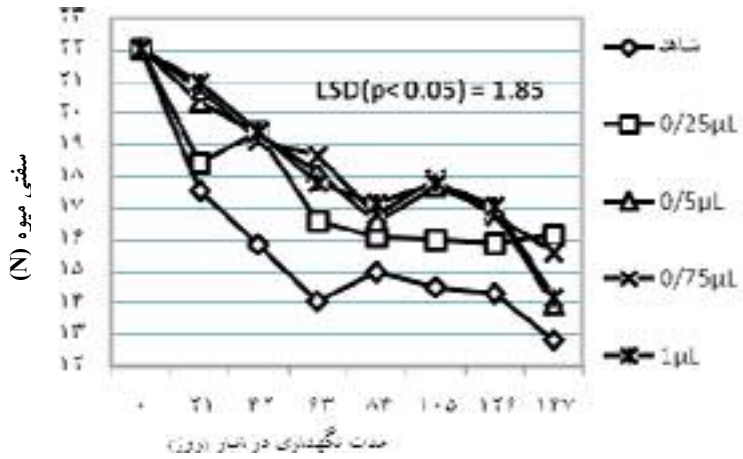
عامل مهم در تغییر بافت یا نرم شدن میوه تجزیه پلی ساکاریدهای ساختمانی به‌ویژه ترکیبات پکتیکی و تا حدودی همی سلولز است (۱۸). هیدرولیز ترکیبات پکتیکی باعث افزایش قابلیت انحلال آنها در آب می‌شود. آنزیم‌هایی که باعث تجزیه این ترکیبات می‌شوند عبارت‌اند از پکتین استراز یا پکتین متیل استراز((Pectin methylesterase (PME)، پلی گالاکتوروناز((Polygalacturonase (PG) و پکتین ترانس الیمیناز((Pectin transeliminase (PTE)(۱۸). آزمایش روی نرم شدن میوه سیب نشان داده است که ۱- متیل سیکلوپروپن فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی از جمله پلی گالاکتوروناز، سلولاز و پکتین متیل استراز را در میوه کاهش می‌دهد (۲۴).

در پژوهشی مشخص شد که تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن و انبار سرد نرم شدن در دو رقم سیب "Delicious" و "Fuji" را به تأخیر می‌اندازد(۲۴). ماهاجان و همکارانش (گزارش نمودند که تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن می‌تواند کاهش سفتی در میوه گلابی را نسبت به میوه‌های شاهد کاهش و عمر انبارمانی را تا ۷۵ روز افزایش دهد(۱۱). نرم شدن میوه‌ها می‌تواند به‌دلیل شکست پروپکتین‌های نامحلول به پکتین محلول و یا هیدرولیز نشاسته باشد. کاهش پکتین‌ها در تیغه میانی دیواره سلولی کلید فرآیند رسیدن است که کاهش سفتی و نرم شدن را به دنبال دارد(۲۴). نتیجه تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن افزایش حفظ سفتی است که این امر به‌دلیل کاهش تولید و عمل اتیلن و در نتیجه آن کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی است(۲۵). این موضوع که ۱- متیل سیکلوپروپن می‌تواند نرم شدن را در میوه‌ها به تأخیر بیندازد در آزمایش‌های گوناگون روی انبه، هندوانه،گلابی وسیب ارقام "فوجی و "جان گلد"و زیتون به اثبات رسیده است (۴،۷،۱۰و۱۹). این موضوع با نتایج حاصل از آزمایش فان و همکارانش روی زردآلو مطابقت دارد (۶). در مورد سیب‌های "Law Rome" و "Cortland" نیز جونگ و واتکینز نشان دادند که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن پس از برداشت تأثیر بیشتری بر کاهش اتیلن داخلی و تأخیر در نرم شدن بافت میوه دارد (۹).

جدول۱. مقایسه میانگین اثر تیمارها با ۱- متیل سیکلوپروپن در غلظت‌های مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی سیب رقم گلاب کهنز در طول ۱۴۷ روز نگهداری در دمای ۲c

تیمار 1- MCP(µl/l)	سفتی (نیوتن)	اسید آلی (%)	مواد جامد محلول (%)	کاهش وزن (%)	شاخص طعم میوه SSC/TA
شاهد	۱۴/۸^{c}	۰/۱۲۸^{b}	۱۱/۳۳^{c}	۱۱/۹^{a}	۹۴/۵۳^{a}
۰/۲۵	۱۷/۰۸^{b}	۰/۱۶۱ ^{a}	۱۲/۱۸^{b}	۹/۶ ^{b}	۷۸/۴۹^{b}
۰/۵	۱۷/۵۷^{ab}	۰/ ۱۷۱ ^{a}	۱۲/۲۱ ^{b}	۷/۷ ^{c}	۷۷/۳^{b}
۰/۷۵	۱۷/۹۴ ^{a}	۰/ ۱۶۸^{a}	۱۲/۲۸^{ab}	۶/۱^{d}	۷۶/۵۸^{b}
۱	۱۷/۷۷ ^{a}	۰/۱۷۲ ^{a}	۱۲/۵۱^{a}	۴/ ۰ ^{e}	۷۵/۴۵^{b}

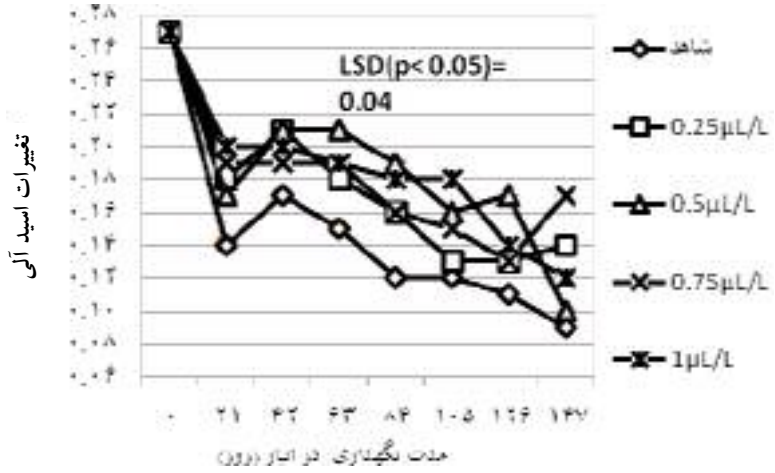
در هر ستون، اعدادی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ندارند. داده‌ها میانگین ۷ زمان بررسی می‌باشند.



شکل ۱. تغییرات سفتی میوه سیب رقم گلاب کهنز تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبار سرد

اسیدتیه قابل تیتراسیون

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی سیب رقم "گلاب کهنز"، در طول صد و چهل و هفت روز نگهداری در انبار سرد (جدول۱) نشان داد که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون موجود در میوه در طول این آزمایش داشت. میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپن نسبت به میوه‌های شاهد از میزان اسید آلی بیشتری برخوردار بودند ولی در این راستا تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف ۱- متیل سیکلوپروپن دیده نشد. تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون میوه طی مدت نگهداری در انبار سرد در شکل- ۲ آمده است. با توجه به این نکته که به‌طور معمول اسیدهای آلی در زمان رسیدن میوه کاهش می‌یابد و می‌تواند به قند تبدیل شود، بنابراین کاهش اسیدهای آلی در تیمار شاهد و نیز دیگر تیمارها مورد انتظار است (۲۰). به نظر می‌رسد تیمار میوه با ۱- متیل سیکلوپروپن با کند کردن فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه، باعث کاهش مناسب سرعت کم شدن اسیدهای آلی شده‌اند (۲۳). بنابراین میزان اسیدهای آلی، به‌دلیل عدم مصرف و یا عدم تبدیل به قندهای ساده در میوه حفظ شده و سیر نزولی آن نسبت به تیمار شاهد کمتر بود. گزارش‌های مشابهی در ارتباط با جلوگیری از کاهش اسیدهای آلی با استفاده از تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن در مورد آووکادو، موز، گلابی، آلو، گوجه‌فرنگی و

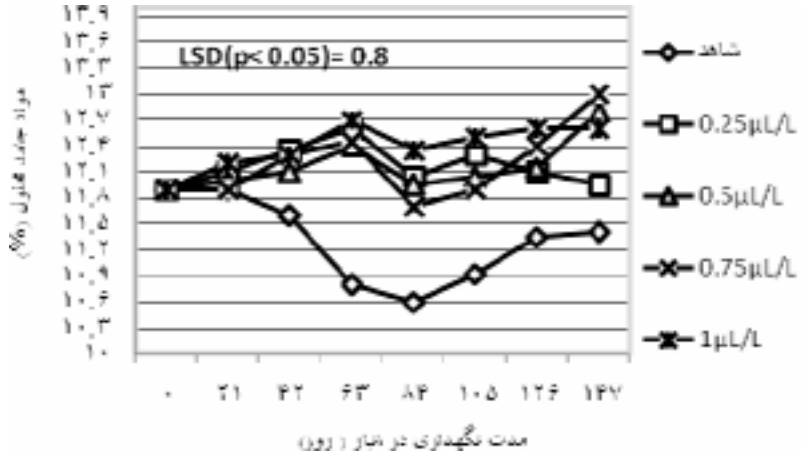


شکل۲. تغییرات اسید آلی میوه سیب رقم "گلاب کهنز" تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبارسرد

انبـــه وجـــود دارد(۲۲). رامـــین در پژوهـــشی روی تـــأثیر ۱- متیل سیکلوپروپن بر بهبود کیفیت پـس از برداشـت گوجـه گلخانه‌ای نشان داد که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن از کـاهش اسید آلی میوه گوجـه‌فرنگـی کاسـته اسـت و در ایـن راسـتا بـا افزایش غلظت ۱- متیل سـیکلوپروپن تـأثیر بیـشتر بـوده اسـت (۲۰) در پژوهشی دیگر در همین راستا، بای و همکارانش نشان دادنـد کـه تیمـار بـا ۱- متیـل سـیکلوپروپن مـی‌توانـد کـاهش اسـیدهای آلـی در چهـار رقـم سـیب "Gala", "Delicious", "Granny Smith" و "Fuji" را بـه تـأخیر انـدازد. هـم‌چنـین در پژوهش آنها مشخص شـد تیمـار بـا ۱- متیـل سـیکلوپروپن و نگهداری در انبار معمولی می‌تواند جایگزین خوبی بـرای انبـار کنترل اتمسفر باشد (۱).

مقدار مواد جامد محلول

مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن بـر خـصوصیات اندازه‌گیری شده (جدول ۱) نشان می‌دهد که مقدار مـواد جامـد محلول در همه تیمارهـا نـسبت بـه شـاهد بیـشتر بـوده اسـت. بیشترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به تیمـار ۱ میکرولیتـر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپن بود که تفاوت معنی‌داری بـا تیمـار ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتـر ۱- متیـل سـیکلوپروپن نداشـت. رونـد تغییرات مواد جامد محلول نشان داد که در همه تیمارها بـه‌جـز تیمار شاهد روند افزایشی میزان مواد جامد محلـول تـا روز ۶۳ نگهداری در انبـار سـرد ادامـه داشـته و پـس از آن تـا روز ۸۴ نگهداری در انبار کاهش یافتـه اسـت و سـپس تـا آخـرین روز نگهداری در انبار روند افزایشی داشته اسـت. ایـن تغییـرات در شاهد به گونه‌ای است کـه تـا روز ۸۴ نگهـداری در انبـار سـرد درصد مواد جامد محلول کاهش یافته و پـس از آن تـا آخـرین روز نگهداری در انبار افزایش یافتـه اسـت (شـکل ۳). در ایـن پژوهش محتوای مواد جامد محلـول در میـوه‌هـای تیمـار شـده بیشتر از میوه‌های تیمار نشده بود. تأثیر معنی‌دار تیمار ۱- متیـل سیکلوپروپن بر مواد جامد محلول میوه سیب پس از انبـارداری، در مورد دیگر ارقام سیب نیز توسط سایر محققان گزارش شـده اسـت. در پژوهـشی کـه روی سـیب "Gala" توسـط فـان و همکـارش انجـام گرفـت، میـوه‌هـای تیمـار شـده بـا ۱- متیـل سیکلوپروپن، مواد جامد محلول بیشتری داشـتند (۵). بـرعکس، پـری آیمـارد و همکـارانش دریافتنـد کـه تیمـار ۱- متیـل سیکلوپروپن در رقم "Anna" تأثیر معنـی‌داری بـر میـزان مـواد جامد محلول ندارد (۱۶). از آن جا که اسـید آلـی و نـشاسته در طی فرآیند تنفس مصرف شده و منبع تأمین مواد جامد محلـول می‌باشـد میـزان بیـشتر آن در تیمـار بـا ۱- متیـل سـیکلوپروپن می‌تواند به‌دلیل تنفس کمتر باشد ولی باید درنظر داشت که ایـن به نوع محصول و شرایط انبار بستگی دارد (۲۳).



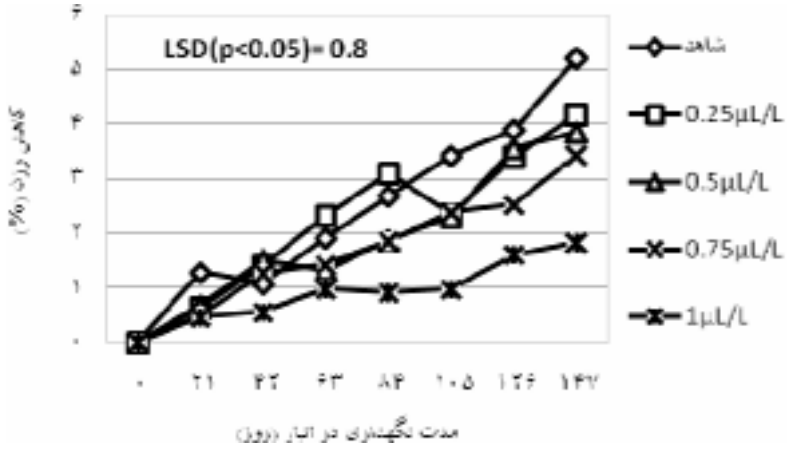
شکل۳. تغییرات مواد جامد محلول میوه سیب رقم "گلاب کهنز" تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبارسرد

درصد کاهش وزن

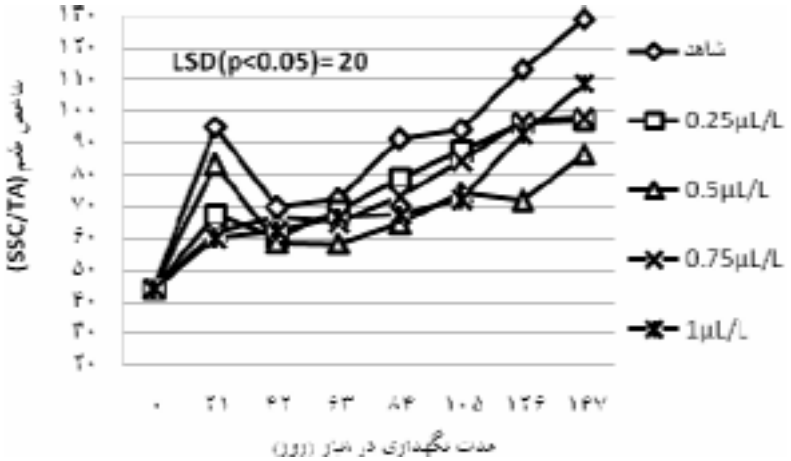
همان‌گونه که در جدول (جدول ۱) مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن بر خصوصیات فیزیکو شیمیایی سیب رقم گلاب کهنز در طی ۱۴۷ روز نگهداری در دمای ۲c مشاهده می‌شود، بیشترین کاهش وزن در تیمار شاهد بوده است که. با افزایش غلظت ۱- متیل سیکلوپروپن کاهش وزن میوه کاهش یافته به‌طوری‌که کمترین کاهش وزن میوه مربوط به تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپن بود. تغییرات کاهش وزن میوه‌های سیب طی مدت نگه‌داری در انبار سرد (شکل ۴) نشان داد که کاهش وزن در همه تیمارها اتفاق افتاده است. در طی مدت نگهداری در انبار نشیب و فرازهایی در کاهش وزن وجود داشت اما به‌طورکلی کاهش وزن در همه تیمارها روند افزایشی دارد. در طی ۱۴۷ روز نگه‌داری در انبار سرد بیشترین کاهش وزن متعلق به شاهد است که در بیشتر زمان‌های اندازه‌گیری تفاوت معنی‌داری با غلظت ۰/۲۵ ندارد و کمترین آن در تیمار ۱ میکرولیتر دیده شد. از آنجایی که تیمار 1-MCP در کاهش تنفس نقش داشته و کاهش وزن میوه در اثر کاهش آب ناشی از تنفس و تعرق است، می‌توان نقش تیمار-1 MCP را در کاهش وزن توجیه کرد(۲). از طرفی ۱- متیل سیکلوپروپن اثری روی کاهش وزن پرتقال نداشته ولی کاهش وزن در آووکادو را به تأخیر انداخته است (۹ و۱۵).

شاخص طعم

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف ۱- متیل سیکلوپروپن بر شاخص طعم میوه در طول ۱۴۷ روز نگه‌داری در انبار سرد (جدول ۱) نشان داد که شاخص طعم نمونه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاخص طعم تیمارهای ۱- متیل سیکلوپروپن بوده در حالی‌که بین غلظت‌های مختلف تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص طعم وجود نداشت. تغییرات شاخص طعم میوه سیب هم تحت تأثیر کاربرد تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن طی ۱۴۷ روز نگه‌داری در انبار سرد قرار گرفت (شکل۵). مشاهده گردید تغییرات شاخص طعم در همه تیمارها تا روز ۲۱ نگهداری در انبار سرد افزایش یافته است. پس از ۴۲ روز نگهداری در انبار سرد تا آخرین روز نگهداری روند افزایشی داشته و این تغییرات در همه تیمارها مشاهده می‌شود. با توجه به کاهش تدریجی اسید آلی عصاره میوه و افزایش مواد جامد محلول در طی زمان، شاخص ظعم افزایش نشان داد ولی این افزایش در تیمار ۰/۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپن حداقل بوده و در تیمار شاهد حداکثر خود را نشان داد که این تغییرات را می‌توان به حفظ اسیدهای آلی به‌دلیل کاهش تنفس و حفظ اسیدهای آلی توسط ۱- متیل سیکلوپروپن نسبت داد ضمن این که مقدار مواد جامد محلول عصاره میوه در تیمارهای حاوی



شکل ۴. تغییرات کاهش وزن میوه سیب رقم گلاب کهنز تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبارسرد



شکل۵. تغییرات شاخص طعم میوه سیب رقم "گلاب کهنز" تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبار سرد

۱- متیل سیکلوپروپن نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و شاخص طعم نیز از رابطه میزان مواد جامد محلول به اسید آلی به‌دست می‌آید، در نتیجه شاخص طعم میوه در این تیمارها هم اختلاف معنی‌داری با شاهد پیدا کردند.

تغییرات زیاد نسبت SSC/TA تغییر زیاد در طعم میوه و در واقع دور شدن از طعم مطلوب اولیه میوه در ابتدای آزمایش است. با توجه به این که ۱- متیل سیکلوپروپن باعث بازدارندگی فعالیت آنزیم‌های الکل دهیدروژناز و پیرووات دکربوکسیلاز می‌شود، بنابراین انتظار می رود تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن از تغییرات شدید طعم میوه جلوگیری نماید (۱۸).

استفاده از تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن کاهش سفتی را در میوه‌های تیمار شده کنترل می‌کند و نیز به‌دلیل کاهش تنفس در میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپن کاهش مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده به تأخیر می‌افتد. کاهش وزن در میوه‌های تیمارشده با ۱- متیل سیکلوپروپن کمتر است. استفاده از تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن در افزایش عمر انبارمانی سیب رقم گلاب کهنز تأثیر مثبت داشته و سرعت تغییرات بیوشیمیایی در میوه سیب را کاهش می‌دهد.

منابع مورد استفاده

1. Bay, J., E. A. Baldwin, J. P. Mattheis and J. K. Brecht. 2005. Response of four apple cultivars to 1 Methylcyclopropene treatment and control atmosphere storage. *HortScience* 40: 1534-1538.
2. Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
3. Cai, C., K. Chena, W. Xua, W. Zhang, X. Li and I. Ferguson. 2006. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology* 40 155-162.
4. Ergun, M., J. W. Jeong, D. J. Huber and D. J. Cantliffe. 2005. Suppression of ripening and softening of 'Galia' melons by 1-methylcyclopropene applied at preripe or ripe stages of development. *HortScience* 40: 170-175.
5. Fan, X., L. Argenta and J. P. Mattheis. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. *Postharvest Biology and Technology* 20: 135-142.
6. Fan, X. and J. P. Mattheis. 2001. 1-methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology* 23: 143-151.
7. Hershkovitz, V., S. I. Saguy and E. Pesis. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 37: 252-264
8. Jung, S. k. and C. B. Watkins. 2008. Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology* 50: 45-52.
9. Kashimura, Y., H. Hayama and A. Ito. 2010. Infiltration of 1-methylcyclopropene under low pressure can reduce the treatment time required to maintain apple and Japanese pear quality during storage. *Postharvest Biology and Technology* 57: 14-18.
10. Mahajan, B. V. C., K. Singh and W. S. Dhillon. 2010. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits. *Jornal of Food Science Technology* 47: 351-354.
11. Mao, L., F. Lu and G. Wang. 2007. Application of 1-methylcyclopropene reduces wound responses and maintains quality in fresh-cut apple. Asia *Pacific Journal of Clinical Nutrition* 16: 111-115
12. Mir, N. A., E. Curell, N. Khan, M. Whitaker and R.M. Beaudry. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of `Redchief Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 26: 618-624.
13. Porat, R., B. Weiss, V. Cohen, A. Daus, R. Goren and S. Dorby. 1999. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of Shamoti oranges. *Postharvest Biology and Technology* 15: 155-163.
14. Pre-Aymard, C., E. Fallik, A. Weksler and S. Lurie. 2005. Sensory analysis and instrumental measurements of 'Anna' apples treated with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 36: 135-142.
15. Pre-Aymard, C., A. Weksler and S. Lurie. 2003. Responses of 'Anna', a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 27: 163-170.
16. Rahemi, M. 1382. Postharvest. An introduction to the physiology and Handling of Fruit and Vegetables. *Center of University Press, shiraz, Iran*. (In Farsi).
17. Ramin, A. A. 2007. Effects of storage temperatures and 1-MCP treatment on postharvest quality of green olives. *Fruits* 62: 383-390.
18. Ramin, A. A. 2006. Improving postharvest quality of glasshouse tomatoes treated with 1-MCP at ripeness stage. *Journal of agricultural food and environmental sciences* 1(2): 149-155.
19. Wang, B., J. Wang, X. Feng, L. Lin, Y. Zhao and W. Jiang. 2009. Effects of 1-MCP and exogenous ethylene on fruit ripening and antioxidants in stored mango. *Plant Growth Regulation* 57: 185-192.
20. Watkins, C. B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruit and vegetables. *Biotechnology Advances* 24: 389-409.
21. Weia, J., Ma. Fengwang , S. Shouguo, Q. Xiudong , Z. Xiangqiu and Y. Junwei. 2010. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 56: 147-154.
22. Weis, S. A. and W. J. Bramlage. 2002. 1-MCP: how useful can it be on new England apples. *Fruit Notes* 67: 5-9.
23. Zanella, A., M. Cecchinel, O. Rossi, P. Cazzanelli and A. Panarese. 2005. Effects of the postharvest treatment with 1-methylcyclopropene (1 MCP) on the preservation of South-Tyrolean (Italy) apple quality during storage. *Laimburg Journal* 2: 6-26.