

## بهبود عمر انبارمانی سیب رقم "گلاب کهنز" با استفاده از تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن

هما اعتمادی نسب<sup>۱</sup>، فریبا امینی<sup>۲\*</sup> و علی اکبر رامین<sup>۱</sup>

(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 زمانی ۳ 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 به صورت 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 به طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های شاهد بود. هم‌چنین درصد کاهش وزن میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپن به طور 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 به مدت طولانی‌تری حفظ کند.

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

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

۲. گروه زیست‌شناسی، 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 سیکلوپروپین از ترکیبات سیکلوپروپین 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 سیکلوپروپین 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 سیکلوپروپین برای این گیرنده‌ها تقریباً ۱۰ برابر بیشتر از خود اتیلن است. ۱- متیل سیکلوپروپین هم‌چنین باعث کاهش تولید اتیلن از طریق کنترل سیستم خود تنظیمی می‌شود (۲).

بای و همکاران نشان دادند که استفاده از تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین و انبار در دمای  $1^{\circ}\text{C}$  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 سیکلوپروپین 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 سیکلوپروپین انجام می‌گیرد (۱۴). هم‌چنین نشان داده شده است تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپین 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 گالا (Royal Gala) تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپین در طی مدت نگهداری در انبار نسبت به میوه‌های تیمار نشده سطح اتیلن کمتری نشان دادند (۲۵). مطالعات نشان می‌دهد که تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین 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 سیکلوپروپین 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 این نگهداری پس از برداشت این میوه حائز اهمیت است، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر ۱- متیل سیکلوپروپین 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

### بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی

#### سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی سنج دستی (Penetrometer) (مدل OSK-I-10576) با قطر پیستون هشت میلی متر اندازه گیری 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.  $W1 \times 100 = [(W1 - W2) \div W1] \times 100$  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 رفاکتومتر 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 رفاکتومتر گذاشته و به سمت نور گرفته شد تا شکست نور و عدد حاصل از آن که مقدار درصد مواد جامد محلول است برحسب درجه بریکس (Brix) به دست 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 به دست 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

نسبت به هوا نفوذ ناپذیر بود به‌طور مساوی تقسیم شد پس از استقرار نمونه‌ها مقادیر لازم از پودر I-MCP با درجه خلوص ۰/۰۱۴ براساس توصیه شرکت سازنده (Smartfresh™) محاسبه، توزین و در لوله آزمایش دربار ریخته و به میزان ۴ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت چند دقیقه با دستگاه ورتکس با دور ۲۲۰۰ دور در دقیقه به هم زده شد تا محلول کاملاً شفاف تهیه شود. محلول به دست آمده درون پتری دیش حاوی دو عدد کاغذ واتمن که قبلاً روی نمونه‌ها قرار داده شده بود ریخته و بلافاصله درب مخزن پلاستیکی با پارافیل 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 I-MCP استفاده شد. میوه‌ها در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت در معرض I-MCP قرار گرفت. پس از اعمال تیمارها و بازکردن درب مخازن، برحسب غلظت I-MCP شامل شاهد، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میکرولیتر در لیتر، میوه‌ها به گروه‌های هشت تایی تقسیم و درون کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. پس از برچسب‌زنی و توزین، کیسه‌های پلاستیکی به سردخانه با دمای  $1 \pm 2$  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، پی‌اچ عصاره، میزان کل مواد جامد محلول در عصاره، میزان اسید آلی، کاهش وزن مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به صورت طرح کورت‌های 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 طرف‌ها به‌طور کاملاً تصادفی انجام شد.

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 transesterase (PTE) (۱۸). آزمایش روی نرم شدن میوه سیب نشان داده است که ۱- متیل سیکلوپروپین 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 سیکلوپروپین 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 سیکلوپروپین 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 به دلیل شکست پروپکتین‌های نامحلول به پکتین محلول و یا هیدرولیز نشاسته باشد. کاهش پکتین 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 سیکلوپروپین افزایش حفظ سفتی است که این امر به دلیل کاهش تولید و عمل اتیلن و در نتیجه آن کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی است (۲۵). این موضوع که ۱- متیل سیکلوپروپین می‌تواند نرم شدن را در میوه‌ها به تأخیر بیندازد در آزمایش‌های گوناگون روی انبه، هندوانه، گلابی و سیب ارقام "فوجی" و "جان گلد" و زیتون به اثبات رسیده است (۷، ۴، ۱۹). 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 سیکلوپروپین پس از برداشت تأثیر بیشتری بر کاهش اتیلن داخلی و تأخیر در نرم شدن بافت میوه دارد (۹).

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:

$$C = \left[ \frac{(N \times V \times E)}{D} \right] \times 100$$

که در آن، C اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره، N نرمالیه 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

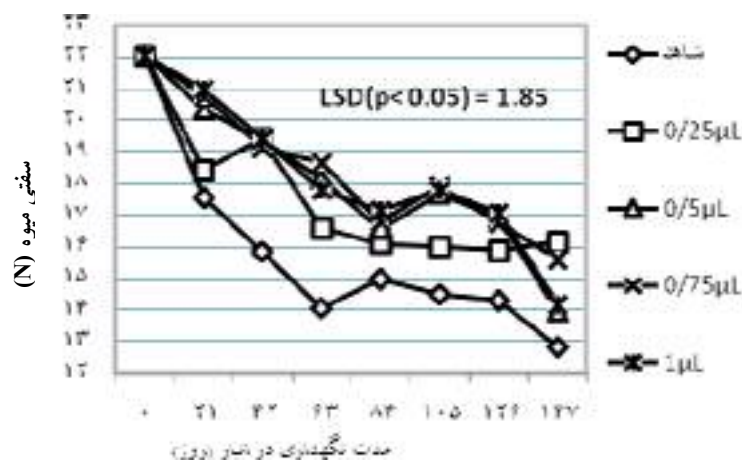
براساس مقایسه میانگین (جدول ۱) اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه سیب رقم "گلاب کهنز" در طول صد و چهل و هفت روز نگهداری در انبار سرد، همه غلظت‌های تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین در حفظ سفتی بافت میوه نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است. این تأثیر با افزایش غلظت ۱- متیل سیکلوپروپین بیشتر شده به طوری که 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 سیکلوپروپین 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

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر تیمارها با ۱- متیل سیکلوپروپن در غلظت‌های مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی سیب رقم گلاب کهنز در طول ۱۴۷ روز نگهداری در دمای ۲۰

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

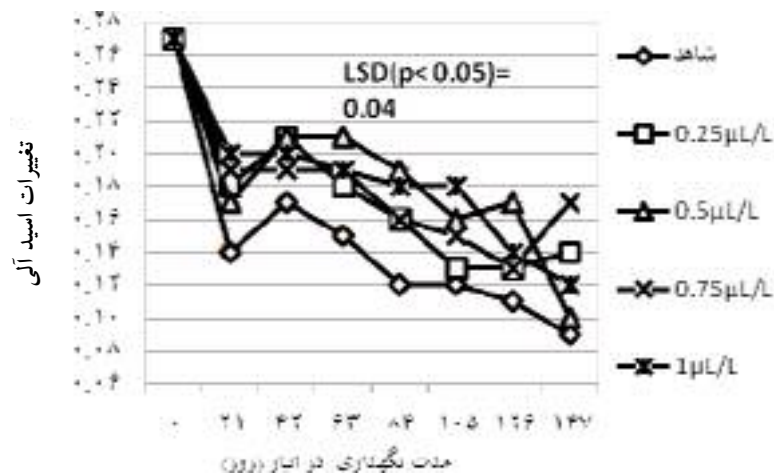
در هر ستون، اعدادی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ندارند. داده‌ها میانگین ۷ زمان بررسی می‌باشند.



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

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، به دلیل 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

اسیدتیته قابل تیتراسیون نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی سیب رقم "گلاب کهنز"، در طول صد و چهل و هفت روز نگهداری در انبار سرد (جدول ۱) نشان داد که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپن تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدتیته 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 اسیدتیته قابل تیتراسیون میوه طی مدت نگهداری در انبار سرد در شکل ۲ آمده است. با



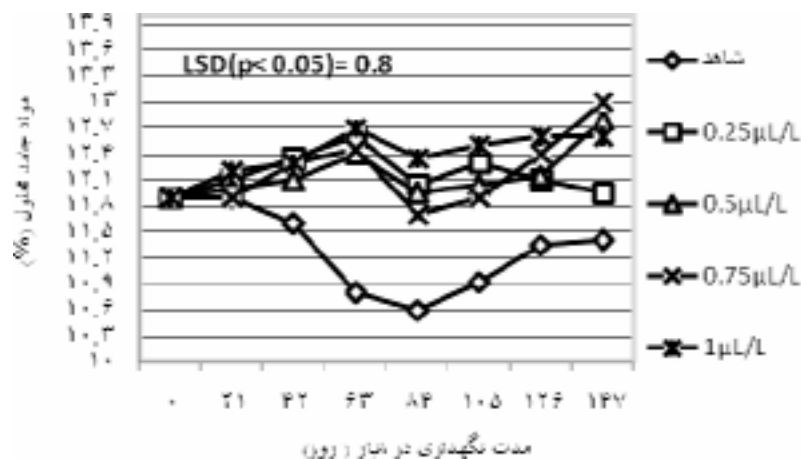
شکل ۲. تغییرات اسید آلی میوه سیب رقم "گلاب کهنز" تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبار سرد

تیمار شاهد روند افزایشی میزان مواد جامد محلول تا روز ۶۳ نگهداری در انبار سرد ادامه داشته و پس از آن تا روز ۸۴ نگهداری در انبار کاهش یافته است و سپس تا آخرین روز نگهداری در انبار روند افزایشی داشته است. این تغییرات در شاهد به گونه‌ای است که تا روز ۸۴ نگهداری در انبار سرد درصد مواد جامد محلول کاهش یافته و پس از آن تا آخرین روز نگهداری در انبار افزایش یافته است (شکل ۳). در این پژوهش محتوای مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده بیشتر از میوه‌های تیمار نشده بود. تأثیر معنی‌دار تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین بر مواد جامد محلول میوه سیب پس از انبارداری، در مورد دیگر ارقام سیب نیز توسط سایر محققان گزارش شده است. در پژوهشی که روی سیب "Gala" توسط فان و همکارش انجام گرفت، میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپین، مواد جامد محلول بیشتری داشتند (۵). برعکس، پری آی‌مارد و همکارانش دریافتند که تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین در رقم "Anna" تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول ندارد (۱۶). از آن جا که اسید آلی و نشاسته در طی فرآیند تنفس مصرف شده و منبع تأمین مواد جامد محلول می‌باشد میزان بیشتر آن در تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپین می‌تواند به دلیل تنفس کمتر باشد ولی باید در نظر داشت که این به نوع محصول و شرایط انبار بستگی دارد (۲۳).

انبه وجود دارد (۲۲). رامین در پژوهشی روی تأثیر ۱- متیل سیکلوپروپین بر بهبود کیفیت پس از برداشت گوجه گلخانه‌ای نشان داد که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپین از کاهش اسید آلی میوه گوجه‌فرنگی کاسته است و در این راستا با افزایش غلظت ۱- متیل سیکلوپروپین تأثیر بیشتر بوده است (۲۰) در پژوهشی دیگر در همین راستا، بای و همکارانش نشان دادند که تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپین می‌تواند کاهش اسیدهای آلی در چهار رقم سیب "Gala"، "Delicious"، "Granny Smith" و "Fuji" را به تأخیر اندازد. هم‌چنین در پژوهش آنها مشخص شد تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپین و نگهداری در انبار معمولی می‌تواند جایگزین خوبی برای انبار کنترل اتمسفر باشد (۱).

#### مقدار مواد جامد محلول

مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپین بر خصوصیات اندازه‌گیری شده (جدول ۱) نشان می‌دهد که مقدار مواد جامد محلول در همه تیمارها نسبت به شاهد بیشتر بوده است. بیشترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به تیمار ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپین بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۰/۷۵ میکرولیتر بر لیتر ۱- متیل سیکلوپروپین نداشت. روند تغییرات مواد جامد محلول نشان داد که در همه تیمارها به جز



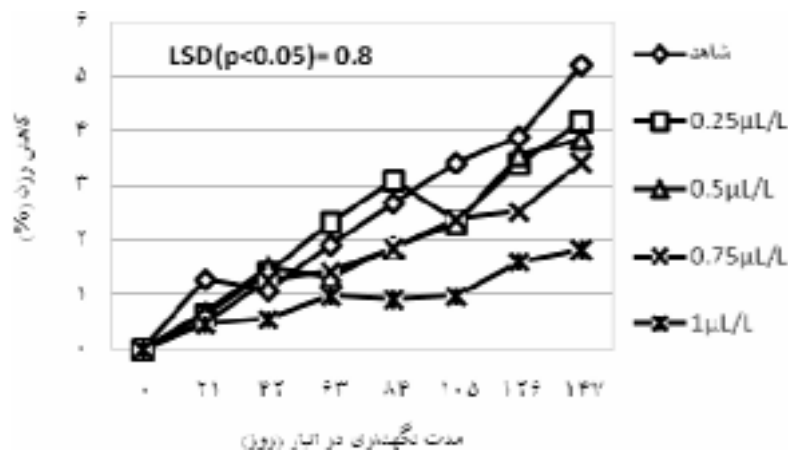
شکل ۳. تغییرات مواد جامد محلول میوه سیب رقم "گلاب کهنز" تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبار سرد

### شاخص طعم

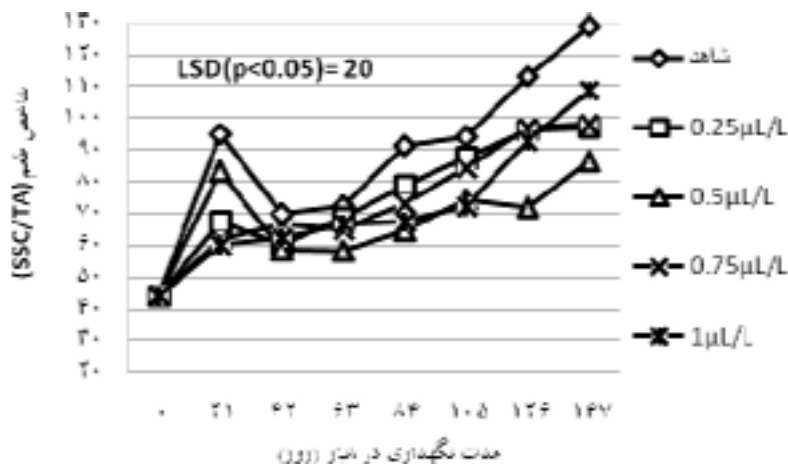
نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف ۱- متیل سیکلوپروپن بر شاخص طعم میوه در طول ۱۴۷ روز نگهداری در انبار سرد (جدول ۱) نشان داد که شاخص طعم نمونه‌های شاهد به طور معنی‌داری بیشتر از شاخص طعم تیمارهای ۱- متیل سیکلوپروپن بوده در حالی که بین غلظت‌های مختلف تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن اختلاف 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 (شکل ۵). 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 طعم افزایش نشان داد ولی این افزایش در تیمار ۵/۰ 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 به دلیل کاهش تنفس و حفظ اسیدهای آلی توسط ۱- متیل سیکلوپروپن نسبت داد ضمن این که مقدار مواد جامد محلول عصاره میوه در تیمارهای حاوی

### درصد کاهش وزن

همان‌گونه که در جدول (جدول ۱) مقایسه میانگین اثر تیمار ۱- متیل سیکلوپروپن بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی سیب رقم گلاب کهنز در طی ۱۴۷ روز نگهداری در دمای ۲۰ مشاهده می‌شود، بیشترین کاهش وزن در تیمار شاهد بوده است که با افزایش غلظت ۱- متیل سیکلوپروپن کاهش وزن میوه کاهش یافته به طوری که 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 به طور کلی 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 ۲۵/۰ 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 و ۱۵).



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



شکل ۵. تغییرات شاخص طعم میوه سیب رقم "گلاب کهنژ" تیمار شده با 1-MCP طی مدت نگهداری در انبار سرد

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

۱- متیل سیکلوپروپین نسبت به شاهد، به طور معنی‌داری بیشتر بود و شاخص طعم نیز از رابطه میزان مواد جامد محلول به اسید آلی به دست 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 سیکلوپروپین باعث بازدارندگی فعالیت آنزیم‌های الکل دهیدروژناز و پیرووات دکربوکسیلاز می‌شود، بنابراین انتظار می‌رود تیمار با ۱- متیل سیکلوپروپین از تغییرات شدید طعم میوه جلوگیری نماید (۱۸).

## 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. *Journal 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. Cecchinell, 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.