

بررسی اثرات پایه و پیوندک بر ویژگی‌های انبارمانی سیب (*Malus domestica* Borkh)

حسین محمدپور، یحیی سلاح ورزی*، عطیه اورعی و علی تهرانی فر

گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱)

چکیده

امروزه در صنعت باغداری کاربرد پایه‌های رویشی پاکوتاه و نیمه‌پاکوتاه جهت احداث باغ‌های یکنواخت با عملکرد بالا و کیفیت محصول مطلوب جهت کاهش هزینه‌های تولید میوه امری ضروری است. در این میان استفاده از پایه‌ها و پیوندک‌های مناسب به دلیل صرفه‌جویی در هزینه‌های تهیه و تولید، سازگاری با اقلیم منطقه، افزایش ماندگاری میوه‌ها دارای اهمیت فراوانی هستند. در سال ۱۳۹۸، ویژگی‌های کیفی و انبارمانی میوه‌های سیب ارقام برابر ن و گلدن دلشیز تحت تأثیر پایه‌های رویشی MM106 و M9 در باغ متراکم آستان قدس رضوی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه انجام شده نشان داد که صفاتی نظیر آنتی‌اکسیدان، فنل کل، قند محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، سفتی و درصد کاهش وزن بطور معنی‌داری طی انبارمانی تحت تأثیر اثرات متقابل پایه و پیوندک قرار گرفت. به طوری که، مواد جامد محلول کل (۱۳/۹٪)، pH (۱۵/۷٪)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۱/۶٪) و قند محلول کل (۳/۵٪) میوه‌های سیب طی دوره انبارمانی با گذشت زمان افزایش و صفاتی نظیر، اسیدیته قابل تیتراسیون (۶۰/۸٪)، میزان فنل (۷۰٪) و سفتی میوه (۴۴/۵٪) کاهش یافت. کاهش وزن میوه‌ها در پایه M9 از ماه دوم و برای پایه MM106 از ماه اول انبارمانی شروع شد. بیشترین درصد کاهش وزن از ماه دوم، برای رقم گلدن دلشیز بر پایه M9 (۵۰٪) و کمترین درصد کاهش وزن برای پیوندک برابر ن بر پایه MM106 (۶۴٪)، نسبت به ماه پنجم، مشاهده شد. کاهش سفتی بافت طی دوره انبارمانی برای سیب برابر ن پایه M9 و برای پیوندک گلدن دلشیز پایه MM106 به ترتیب، ۴۲ و ۳۸٪ بود.

واژه‌های کلیدی: عمر پس از برداشت، کیفیت میوه، پایه‌های پاکوتاه و نیمه‌پاکوتاه، تغییرات بیوشیمیایی

مقدمه

محصولات عمر ماندگار بالایی دارد که تحت تأثیر عوامل پیش از برداشت و پس از برداشت قرار می‌گیرد. میوه‌های سیب به دلیل تولید زیاد در یک بازه زمانی، پس از برداشت جذب بازار نمی‌شوند و نیاز به انبارمانی دارند و در صورت عدم نگهداری کیفیت بافت میوه از دست می‌رود (Wills and Golding, 2016).

علاوه بر ژنتیک، عوامل متعددی مانند شرایط دمای نگهداری، غلظت گازهای دی‌اکسید کربن و اکسیژن، میزان

سیب با نام علمی *Malus domestica* متعلق به خانواده Rosaceae است. سیب از مهم‌ترین محصولات باغی در ایران است که در سال ۱۳۹۷ بین محصولات کشاورزی با بیشترین سطح تولید بعد از خرما، رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۷، ۱۴/۳ درصد (حدود ۲/۹ میلیون تن) از کل محصولات باغبانی ایران متعلق به تولید سیب بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). سیب در بین

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: selahvarzi@um.ac.ir

گسترده استفاده می‌شود (Kviklys *et al.*, 2014; 2017). ارقام پیوندی روی پایه MM106 استقرار خوبی دارند، پاجوش نمی‌دهند و نیمه‌پاکوتاه و بسیار پرمحصول هستند (Milosevic and Milosevic, 2021).

در مورد اثرات متقابل پایه و رقم بر ماندگاری میوه‌های سیب در ایران، تحقیقات کمی صورت پذیرفته است. در تحقیقی مشخص شد که سفتی میوه‌های حاصل از ارقام پیوند شده روی پایه‌های M9 در پایان دوره نگهداری در انبار نسبت به ارقام پیوندشده روی پایه M26 تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین مواد جامد محلول کل در میوه‌های حاصل از درختان پیوندشده روی پایه M26 به میزان ۹/۸۱ درصد از پایه M9 بیشتر بود. اما pH (۴/۲۴) و اسیدیته (۰/۲۳ درصد) تحت تأثیر نوع پایه واقع نشد (پیرمردیان و بابالار، ۱۳۷۴).

نتایجی که از ترکیب یک وارسته خاص با یک پایه تحت شرایط ویژه یک منطقه بدست می‌آید نمی‌توان به مناطق دیگر تأمین داد. از این‌رو در مناطق مختلف تأثیر پایه‌ها باید بررسی شود تا مناسب‌ترین پایه برای هر منطقه توصیه گردد (Rasool *et al.*, 2020). تاکنون تحقیقات زیادی با توجه به اثر پایه بر صفات رویشی و زایشی درختان سیب انجام شده است (محرمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ شاعری و همکاران، ۱۳۹۳) بنابراین علاوه بر توجه به بیشترین عملکرد و تولید، باید به عمر پس از برداشت درختان سیب نیز توجه نمود. یکی از راه‌های افزایش کیفیت و انبارمانی سیب‌ها استفاده از پتانسیل ارقام روی پایه‌های رویشی جهت توصیه در مناطق مختلف کشور است. بدین منظور یافتن بهترین پایه و پیوندک که بتوان بهترین کیفیت رقم موردنظر را از آن بدست آورد از ضروریات اساسی در توسعه باغ‌های متراکم سیب است؛ لذا آزمایشی با هدف بررسی تأثیر دوپایه رویشی M9 و MM106 بر انبارمانی و کیفیت میوه‌های ارقام سیب گلدن دلشز (Golden Delicious) و برابرن (Brabern) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر متقابل پایه و رقم بر

تنفس و همچنین غلظت اتیلن و عوامل قبل از برداشت، بر ماندگاری مؤثر هستند. به‌طورمعمول برای حفظ کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت سیب از روش‌های مختلفی همچون نگهداری در دمای پایین و یا اتمسفر کنترل‌شده استفاده می‌شود (Kawhena *et al.*, 2021). اگرچه استفاده از روش‌های مختلف طی انبارداری به‌همراه درجه حرارت پایین سبب افزایش عمر پس از برداشت سیب می‌شود، از طرف دیگر، مشکلات اجرایی در تأمین امکانات لازم، درعمل استفاده از این روش‌ها مشکلاتی به‌همراه دارد (Hassan *et al.*, 2021)؛ بنابراین، بایستی از روش‌های دیگری برای حفظ کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت سیب استفاده کرد.

به‌منظور افزایش راندمان تولید سیب، باید تمام تلاش را با اقدامات مناسب باغی برای افزایش کیفیت میوه انجام داد. انتخاب پایه و رقم مطلوب یکی از مهم‌ترین این موارد است (Saghafian Larjani *et al.*, 2021). پایه و پیوندک مناسب در کنار عواملی زیستی دیگر، بر کیفیت میوه، اندازه میوه، استحکام گوشت، غلظت مواد جامد محلول و پتانسیل انبارمانی میوه‌ها تأثیرگذار است (Sharma *et al.*, 2021). با این‌حال، درک بر همکنش پایه و رقم به‌دلیل ماهیت تعاملی آنها کار آسانی نیست.

پایه‌های سیب از نظر سازگاری با خاک، شرایط اقلیمی و مقاومت در برابر بیماری‌ها متفاوت هستند. علاوه بر این، پایه‌های سیب بر اندازه و قدرت درخت، تغذیه، بهره‌وری و بازده عملکرد، میزان فتوسنتز و اندازه و کیفیت میوه تأثیرگذارند (قاسمی، ۱۳۹۰؛ بهرامی و حاج نجاری، ۱۳۹۸). پایه‌های سیب براساس قدرت درخت طبقه‌بندی می‌شوند، به‌عنوان مثال، پاکوتاه، نیمه‌پاکوتاه، نیمه پر رشد و پر رشد. پایه‌های پاکوتاه عملکرد، کارایی، اندازه میوه و کیفیت را در باغ‌های تجاری سیب بسیار افزایش داده است (Dallabetta *et al.*, 2021)، در مطالعات انجام‌شده مربوط به اثر پایه بر کیفیت میوه و تجمع ترکیبات زیست‌فعال، نتایج نشان داد که بواسطه اثر پایه‌های P61 و P22، میزان فنول کل بطور قابل‌توجهی بالاتر از میوه‌های تولیدشده روی پایه P67 بوده است. در بسیاری از کشورها، پایه‌های مربوط به مالینگ و مالینگ مرتون به‌صورت

جدول ۱- شرایط آب و هوایی در باغ آستان قدس در سال ۱۳۹۸

روزهای یخبندان	روزهای برفی	میزان بارندگی (میلی‌متر)	دمای حداقل	دمای حداکثر	میانگین دما
۴۲	۷	۲۳۷	۱۰/۳	۲۳/۳	۱۶/۸

(درجه سانتی‌گراد)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باغ متراکم آستان قدس

شن	رس	سیلت	هدایت الکتریکی	pH	ماده آلی	نیترژن (%)	فسفر (پی‌پی‌ام)	پتاسیم
۳۸	۳۶	۲۶	۱/۹	۷/۹	۱/۶	۱/۱	۱۵	۱۷۵

جدول ۳- برنامه کوددهی در طی یک سال در باغ آستان قدس

نوع کود	اوره	دی‌آمونیم فسفات	سولوپتاس ۲۰-۲۰-۲۰	فروت ست	گوگرد مایع	محلول پاشی اسیدآمینه و ریزمغذی
میزان	۵۰	۵	۱۰	۲	۱۰ لیتر	-
دفعات	۳ نوبت	۲ نوبت	۴ نوبت	اول بهار و آخر پاییز	به فاصله یک ماه	۲ نوبت

ویژگی‌های پس از برداشت میوه‌های سیب در سال ۱۳۹۸ در باغ‌های متراکم آستان قدس (طول و عرض جغرافیایی ۲۵/۸ ۴۳ ۵۹ شرقی و ۱۹/۳ ۱۱ ۳۶ شمالی) انجام شد. درختان سیب ارقام گلدن دلشیز (Golden Delicious) و برابرن (Brabern) که بر روی پایه‌های M9 و MM106 پیوند زده شده بودند، در زمان آزمایش پنج ساله بودند. شرایط آب‌وهوایی تا قبل از برداشت میوه در سال ۱۳۹۸ در جدول ۱ بیان شده است. فاصله کشت در برای درختان پایه رویشی MM9×۸۰×۳۲۰ سانتی‌متر و برای پایه MM106 ۱۵۰×۳۲۰ سانتی‌متر بود. خصوصیات خاک نیز در جدول ۲ ذکر شد. عملیات داشت، شامل کوددهی (جدول ۳)، آبیاری قطره‌ای (هر سه روز یکبار به مدت چهار ساعت)، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز طی دوره این آزمایش به صورت یکنواخت در کلیه تیمارها انجام شد.

به منظور انجام تحقیق برای هر رقم و پایه، درختانی با مشخصات ظاهری یکسان و فاقد بیماری انتخاب شد و از هر تیمار سه درخت و از هر درخت ۲۴ میوه بطور تصادفی ۱۶۴

روز پس از تمام گل برداشت شد. سپس در سردخانه‌ای با دمای ± 1 صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شد و در زمان‌های برداشت، یک، دو، سه، چهار و پنج ماه انبارمانی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میوه‌ها شامل مواد جامد محلول کل (TSS)، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، فنل کل، آنتی‌اکسیدان، قند محلول کل، سفتی بافت و کاهش وزن میوه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد جامد محلول کل (TSS)، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): مواد جامد محلول کل با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی (PR-201 Palette, Atago, Japan) اندازه‌گیری و به صورت درجه بریکس آب میوه گزارش شد (Pradhan et al., 2019). برای اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر استفاده شد. اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از دستگاه pH متر و به کمک تیتراسیون ۵ سی‌سی آب میوه ۰/۱ درصد با سود ۰/۱ نرمال تا زمان رسیدن به $\text{pH} = 8/1$ اندازه‌گیری شد و به صورت درصدی از اسید مالیک (اسید غالب سیب) بیان گردید (Abid et al., 2013).

زمان نمونه برداری میوه‌ها توزین شده و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن آن محاسبه شد (Jan et al., 2012).

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

داده‌ها توسط برنامه SPSS نسخه ۲۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر پایه و رقم در زمان نگهداری بر درصد مواد جامد محلول، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون معنی‌دار بود (جدول ۴). طی دوره انبارمانی، پایه MM106 نسبت به پایه M9 محتوای مواد جامد محلول بیشتری (۶/۸۱ درصد) را در میوه‌های سیب رقم گلدن دلشز به خود اختصاص داد. این در صورتی است که تأثیر پایه از این نظر برای رقم برابر بسیار کمتر بود (شکل ۱b). میزان مواد جامد محلول در سیب‌های گلدن دلشز پیوند زده شده بر پایه M9 و MM106 به ترتیب، ۱۱/۴ و ۱۷/۲ درصد از ماه اول تا پایان آزمایش افزایش یافت. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد با گذشت زمان انبارمانی، در تمام تیمارها میزان pH افزایش یافته است. به طور کلی پایه M9 برای سیب گلدن دلشز و پایه M106 برای سیب برابرین میزان pH بالاتری را در طی دوره انبارمانی سبب شدند (شکل ۱a). در مقابل اسیدیته قابل تیتراسیون در تمام تیمارها با گذشت زمان، روندی کاهشی را نشان داد. در سیب‌های گلدن دلشز پیوندشده روی پایه M9 نسبت به پایه MM106 اسیدیته کمتری را طی دوره انباری نشان دادند. این در حالی است که برای رقم برابرین مقادیر پایه MM106 سبب کاهش شدید اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌ها در زمان برداشت و پس از آن در انبار سرد شد. بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در پیوندک برابرین بر پایه MM106 در ابتدای آزمایش به ثبت رسید و با گذشت زمان این روند نزولی به مقدار ۵۳ درصد کاهش یافت (شکل ۱c).

چندین مطالعه روی سیب، مرکبات و دیگر درختان

فنل کل: تعیین میزان فنل کل سیب با استفاده از معرف فولین - سیکالتو انجام گرفت. در ابتدا آب سیب به میزان یک‌به‌یک با استفاده از محلول متانول (۴۰ درصد) و آب (درصد) رقیق شد. ابتدا ۳۰۰ میکرولیتر آب میوه رقیق شده به ۱/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد اضافه شد و بعد از گذشت ۵ دقیقه ۱/۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. میزان جذب نور محلول حاصل پس از ۱/۵ ساعت نگهداری نمونه‌ها در دمای اتاق و شرایط تاریکی، در طول موج ۷۶۰ نانومتر ثبت شد. در پایان میزان فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه و برحسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه بیان شد (Singleton et al., 1999).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH صورت گرفت. در این روش ۰/۱ میلی‌لیتر آب میوه سیب پس از سانتریفیوژ (۱۵ دقیقه در ۴۰۰۰ دور) به یک میلی‌لیتر DPPH (۵۰۰ میکرومولار در متانول) افزوده شد. پس از ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی و دمای اتاق میزان جذب نور در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد (Yi et al., 2008).

قند محلول کل: اندازه‌گیری قند کل به روش McCready و همکاران (۱۹۵۰) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری قند کل ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره غلیظ شده با ۳ میلی‌لیتر آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر معرف آنترون، ۷۶ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد با ۳۰ میلی‌لیتر آب رقیق شد. بعد از سرد شدن ۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در آن حل شد. میزان جذب نور پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از گلوکز با غلظت‌های مختلف بدست آمد.

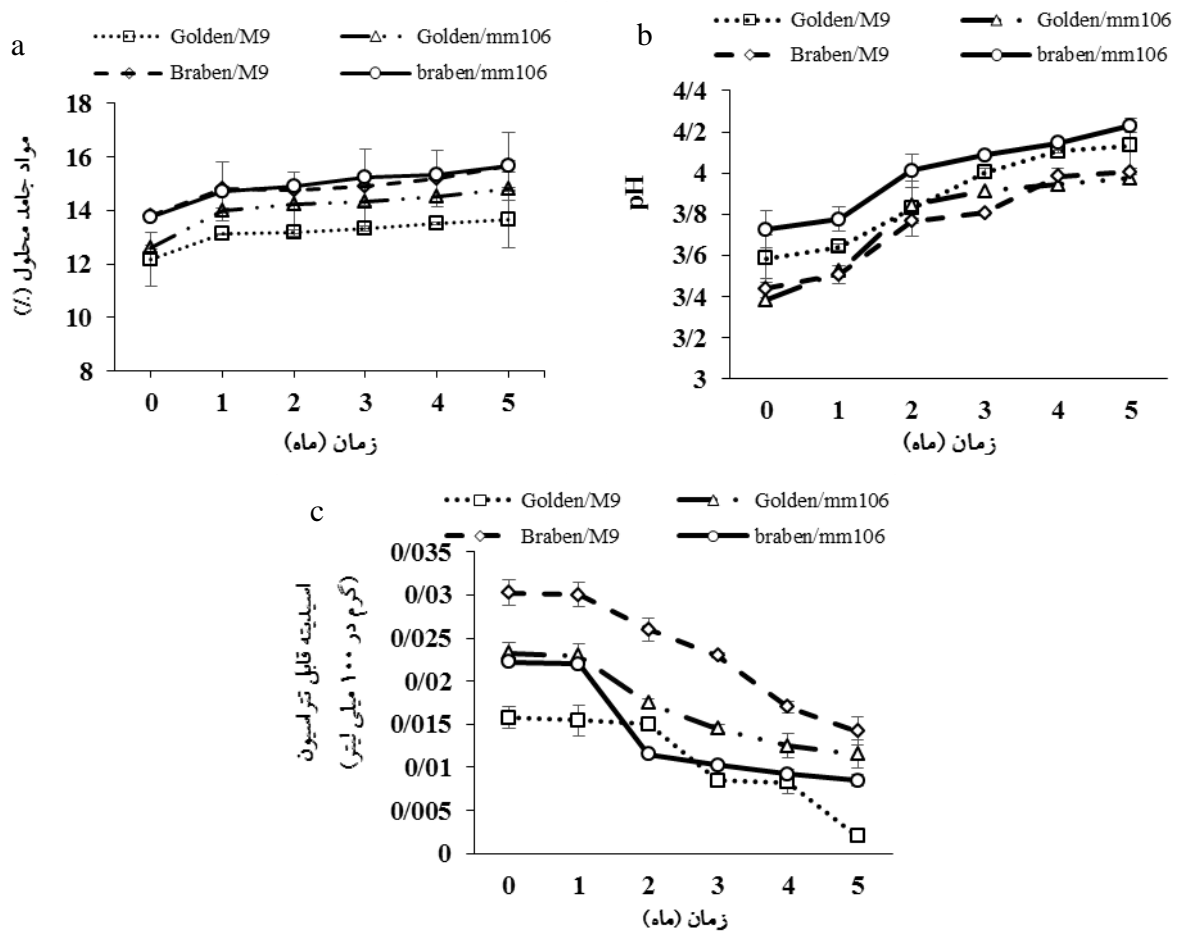
سفتی بافت میوه: سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از پترومتر دستی با پیستون ۸ میلی‌متری (Effegi 8 mm Plunger, Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد و نتایج برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد (Molina-Delgado et al., 2009).

کاهش وزن: برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن، در

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر کاربرد پایه و پیوندک بر برخی ویژگی‌های سیب در طی انبارمانی

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
کاهش وزن	سفتی	قند محلول کل	آنتی‌اکسیدان	فنل	اسیدیته قابل تیتراسیون	pH	مواد جامد محلول		
۰/۰۰۵ ^{ns}	۱۱/۵۵ ^{**}	۱۹/۲۰ ^{**}	۲۷۰/۲۰ ^{**}	۹۹/۴۹ ^{**}	۰/۰۰۰۱ ^{**}	۰/۰۹۴ ^{**}	۱۶/۸۶۷ ^{**}	۱	پایه (A)
۰/۳۵۴ ^{**}	۰/۷۱۸ ^{**}	۱۸/۰۴ ^{**}	۸/۴۳۷ ^{**}	۵۹/۴۷ ^{**}	۰/۰۰۰۲ ^{**}	۰/۰۶۳ ^{**}	۲۸/۹۹۶۰ ^{**}	۱	پیوندک (B)
۹/۶۰ ^{**}	۵۴/۱۱ ^{**}	۱۰/۰۲ ^{**}	۸۹/۴۷ ^{**}	۲۳۸/۲۸ ^{**}	۰/۰۰۰۴ ^{**}	۰/۸۳۵ ^{**}	۶/۰۵۶۵ ^{**}	۵	زمان انبارمانی (C)
۰/۰۰۳ ^{ns}	۴۶/۶۲ ^{**}	۱۱/۹۳ ^{**}	۵۶/۵۴۹ ^{**}	۱۸۰/۱۸ ^{**}	۰/۰۰۰۹ ^{**}	۰/۸۹۴ ^{**}	۴/۶۱۱۳ ^{**}	۱	(B) × (A)
۰/۳۸۹ ^{**}	۰/۲۸۷ ^{**}	۰/۱۲۳ [*]	۹۶/۳۲۵ ^{**}	۶۱/۰۴ ^{**}	۰/۰۰۰۴ ^{**}	۰/۰۰۹ ^{**}	۰/۳۶۴۴ ^{**}	۵	(C) × (A)
۰/۰۵ ^{**}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۷۷۹ ^{**}	۶/۷۳ ^{**}	۳۴/۷۷ [*]	۰/۰۰۰۹ ^{**}	۰/۰۰۵ [*]	۰/۸۹۴۵ ^{**}	۵	(C) × (B)
۰/۰۱۷ ^{**}	۰/۶۱۹۹ ^{**}	۰/۱۱۶ ^{**}	۱۴/۸۳۶ ^{**}	۴۹/۷۹ ^{**}	۰/۰۰۰۵ ^{**}	۰/۰۰۷ ^{**}	۲/۰۷۰۷ ^{**}	۵	(C) × (B) × (A)
۰/۰۰۲	۰/۰۵۲۹	۰/۰۴۵	۰/۸۷۴	۱۱/۵۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۴۰۲	۴	خطا

^{**} و ^{*} به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار است. ^{ns} از لحاظ آماری معنی دار نیست.



شکل ۱- اثر پایه و پیوندک بر مواد جامد محلول (a)، pH (b) و اسیدیته قابل تیتراسیون (c) میوه سیب در طی انبارمانی. (مقادیر شامل میانگین چهار میوه \pm خطای استاندارد)

برگریز نشان داده است که روابط بین نوع پایه و پیوندک در درخت پیوندی براساس پارامترهای مختلف فیزیولوژیکی

است. انتخاب ترکیب مناسب پیوند می‌تواند از نظر جذب مواد مغذی، پتانسیل آب، قدرت گیاه، کیفیت میوه و بازده عملکرد مؤثر باشد. نتایج پیرمردیان و بابلار (۱۳۷۴) نشان داد که نوع پایه اثر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول دارد به طوری که میوه‌های تولید روی پایه مالینگ M26 مواد جامد محلول بیشتری (۹/۸۱ درصد) نسبت به میوه‌های تولیدی روی پایه M9 داشتند. شاعری و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که اثرات متقابل پایه و پیوندک بر میزان مواد جامد محلول تأثیرگذار بود اما مواد جامد محلول در پایه و پیوندک‌های گلدن دلشیز روی M9 و گلدن روی MM106 در سال ۱۳۹۱ تفاوت معنی‌داری نداشت (۱۳/۷ درصد). در مقایسه بین دو پایه M9 و MM106 و پیوندک فوجی نیز تفاوتی مشاهده نشد (در حدود ۱۵/۱ درصد)، اما پیوندک دلباراستیوال میزان مواد جامد محلول آن بر پایه M9 بیشتر (۱۳/۸ درصد) بود. در آزمایش حاضر میزان مواد جامد محلول در ابتدای ماه اول بین ۱۲ تا ۱۴ درصد ثبت شد که همسو با نتایج شاعری و همکاران (۱۳۹۳) بود. در خصوص تأثیر پایه نتایج متفاوتی گزارش شده است که برخی به عدم تأثیر پایه بر مواد جامد محلول (Barden and Marini, 1992) و برخی دیگر بر تأثیر مثبت آن اشاره نمودند (Massonnet et al., 2007).

بسیاری از پژوهشگران به کاهش درصد مواد جامد محلول در طول انبارمانی اشاره نمودند (مستوفی و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج نشان داد که میزان مواد جامد محلول طی دوره انبارداری با گذشت زمان در تیمارها ۱۳/۹ درصد افزایش نشان داد. نتایج این تحقیق با گزارشات Mahajan و Sharma (۲۰۰۰) مطابق است، آنها نشان دادند که میزان مواد جامد محلول در میوه‌های هلو (۲۴ درصد) در طی دوره انبارمانی افزایش یافت. میزان مواد جامد محلول یکی از شاخص‌های اصلی رسیدگی میوه‌ها به شمار می‌آید. افزایش مواد جامد محلول به دلیل تبدیل نشاسته به قندهای محلول رخ می‌دهد. نشاسته از ترکیبات ذخیره‌ای سیب به شمار می‌آید که طی رشد میوه انباشته می‌شود و تجزیه آن پیش از بلوغ میوه، منبع عمده قندهای میوه است که منجر به شیرینی میوه می‌شود (هادیان دلجو و ساری

خانی، ۱۳۹۱)؛ بنابراین تغییرات اصلی در میزان مواد جامد محلول سیب به مدت زمان انبارداری و نوع سیب بستگی دارد، زیرا در صورت انبارداری طولانی مدت و اتمام ذخیره نشاسته در اثر مصرف آنها در فرایند متابولیسمی تنفس، میزان مواد جامد محلول کاهش می‌یابد (عشقی و همکاران، ۱۳۹۰). از طرفی می‌توان اختلاف بین دو رقم در طی انبارمانی را به نوع بافت میوه نسبت داد زیرا ویژگی‌های فیزیولوژیکی، متابولیسم و تنفس در طی انبار در ارقام مختلف متفاوت است (یاوری و همکاران، ۱۳۹۳).

صفت اسیدیته قابل تیتراسیون بطور معنی‌داری تحت تأثیر نوع پایه و پیوندک قرار گرفت و این شاخص در پایه MM106 بیشتر بود. Barascu و همکاران (۲۰۱۸) نیز در تحقیقی نشان دادند که میزان اسیدیته در پایه میوه‌های Pinova پیوند زده شده بر پایه MM106 نسبت به پایه‌های دیگر بیشتر است. پاشازاده و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که در مدت انبارمانی میزان اسیدیته سیب در رقم دیررس مشهد و ولثی (Wealthy) تا ماه چهارم روندی صعودی و سپس روندی نزولی داشته است. همچنین میزان اسیدیته در پیوندک دیررس مشهد نسبت به ولثی بیشتر بود. در بررسی صفات اسیدیته قابل تیتراسیون و pH نتایج نشان داد که طی انبارمانی، pH افزایش یافت و اسیدیته قابل تیتراسیون نیز در دوره انبارمانی از ماه اول تا پنجم روندی نزولی داشت یکی از سازوکارهای مهم در توضیح این روند به مصرف اسید مالیک طی دوره انبارمانی به دلیل فعالیت‌های تنفسی بر می‌گردد. هر چه میزان اسیدیته میوه کمتر باشد، pH آن بالاتر است و از آنجا که یکی از مواد اولیه برای تنفس، استفاده اسیدهای آلی است با توجه به کاهش اسیدیته و افزایش pH در طول نگهداری در سردخانه به نظر می‌رسد این تغییرات به دلیل مصرف اسیدهای آلی در تنفس و یا تبدیل آن به قند باشد (قادرزاده و ارشد، ۱۳۹۳). در آزمایش حاضر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون طی انبار از زمان برداشت روندی کاهشی داشته و این شتاب کاهش در تیمارهای مختلف متفاوت بوده است، به نحوی که در پیوندک گلدن دلشیز بر روی پایه‌های M9 و MM106 میزان این شاخص به ترتیب، ۸۷ و ۵۲

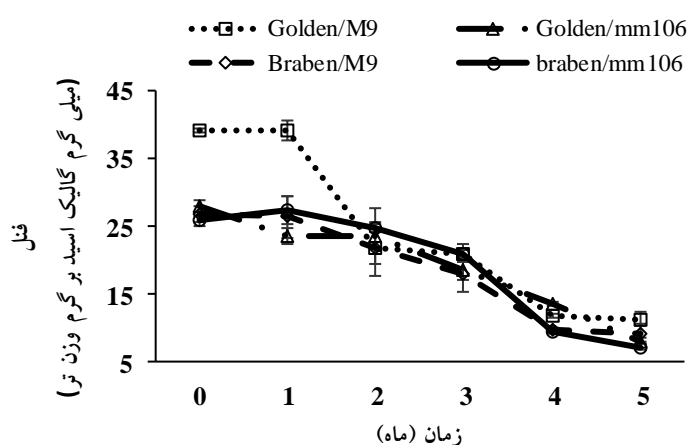
درصد کاهش یافت، و در پیوندک برابر نیز ۵۳ و ۶۳ درصد به ثبت رسید. هر چند که این صفت متأثر از ویژگی‌های ژنتیکی پایه و رقم بوده ولی میزان اسیدیته میوه‌ها براساس میزان اسیدهای آلی قابل تیتراسیون آنها تغییر می‌یابد (بخشی خانیکی و همکاران، ۱۳۹۰).

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر پایه و رقم در زمان نگهداری بر فنل، فعالیت آنتی‌اکسیدان، قند محلول کل معنی‌دار بود (جدول ۴). براساس نتایج بدست آمده در بررسی میزان فنل کل طی انبارمانی در تمام تیمارها روند کاهشی مشاهده شده است. در ابتدای آزمایش تیمار گلدن دلشیز بر پایه M9 بیشترین میزان فنل را داشت و با گذشت زمان در ماه پنجم حدود ۳/۵ برابر کاهش یافت. اما در مقابل پایه MM106 با گذشت زمان و در ماه پنجم انبارمانی، میزان فنل ارقام گلدن دلشیز و برابرین را به ترتیب ۲/۹ و ۳/۶ برابر کاهش داد (شکل ۲). سیب منبع خوبی از ترکیبات فنلی است (وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۸۹). محتوای فنلی قابل استخراج کل از ۱۱۰ تا ۳۵۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم سیب تازه است (Liu et al., 2001). هادیان دلجو و ساری خانی (۱۳۹۱) نشان دادند که میزان فنل در میوه‌های سیب در طی انبارمانی ۴۵٪ کاهش یافت. ترکیبات فنلی علاوه بر خاصیت اکسیدانی در کیفیت میوه‌ها نیز مؤثر است (Rojas-Lema et al., 2021). میوه‌های با ترکیبات فنولی بالا دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند به‌نحوی که در آزمایش حاضر گلدن دلشیز روی پایه M9 بین تیمارها دارای بیشترین میزان فنل و از طرفی دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. دلیل کاهش ترکیبات فنلی در طی انبار را می‌توان براساس نتایج Castillo-Luna و همکاران (۲۰۲۱) به فرایند پیری و میزان فنل اولیه نسبت داد. در آزمایش حاضر، میزان ترکیبات فنولی بطور معنی‌داری علاوه بر پیوندک، تحت تأثیر پایه نیز قرار گرفتند. به‌طوری که این شاخص در رقم پاکوتاه M9 نسبت به پایه نیمه‌پاکوتاه MM106 بیشتر بود. ارقام مختلف سیب حساسیت‌های متفاوتی نسبت به ماندگاری در انبار دارند که این موضوع به مقدار ترکیبات فنلی تخریب‌شده ارتباط دارد. در تحقیقی محتوای فنول کل تحت

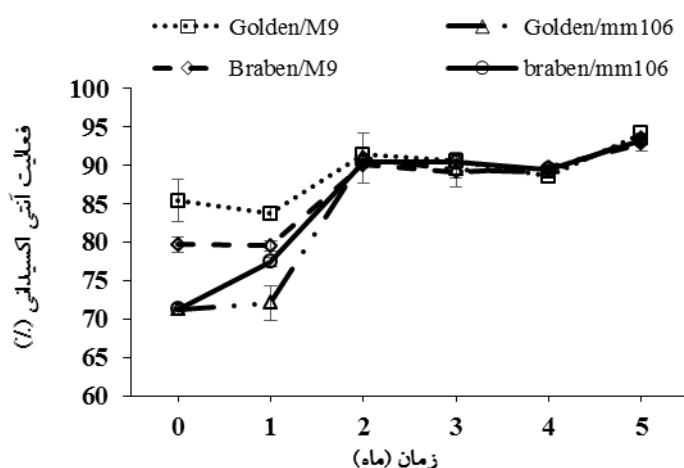
تأثیر نوع پایه قرار گرفت و در سیب‌های پایه آدارد (Idared) نسبت به روم بیوتی (Room beauty) و گلدن دلشیز این شاخص بیشتر بود (Wolfe et al., 2003). در گیلان نیز ترکیبات فنولی تحت تأثیر اثرات متقابل پایه و پیوندک قرار گرفت، به‌نحوی که استفاده از پایه نیمه‌پاکوتاه گیزلا (Gisela 5) نسبت به پایه‌های پر رشد سبب افزایش میزان ترکیبات فنولیک شد که میزان این ترکیبات علاوه بر پایه به قدرت درخت نیز بستگی دارد (Usenik and Stampar, 2002).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر متقابل پایه و پیوندک قرار گرفت، به‌نحوی که بیشترین میزان این شاخص در تیمار گلدن دلشیز روی پایه M9 به ثبت رسید. مهار رادیکال‌های آزاد یا قدرت ضداکسایشی علاوه بر رقم تحت تأثیر پایه نیز قرار می‌گیرد (فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۴). Wolfe و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که پایه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب‌ها مؤثر است به‌نحوی که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پایه آدارد (۳۱۲ میکرومول ویتامین سی بر گرم وزن تر) نسبت به پایه روم بیوتی و گلدن دلشیز به ثبت رسید. در مرکبات نیز پایه پونسیروس باعث بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها شده است (تاجور و همکاران، ۱۳۹۱). Liu و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سیب رقم گالا بر روی پایه سیب مالوس سیورسی (*Malus sieversii*) نسبت به پایه مالوس هی پنسیس (*Malus hupehensis*) بیشتر بود. همچنین سیب پایه *M. sieversii* فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی بالاتری نسبت به ارقام دیگر داشت (Chen et al., 2014).

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تمامی تیمارها روند صعودی داشته است. اما بین چهار تیمار در ماه دوم هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و این روند عدم تفاوت معنی‌داری، در ماه‌های سوم، چهارم و پنجم نیز به ثبت رسید. فعالیت آنتی‌اکسیدانی برای پیوندک گلدن دلشیز روی دو پایه M9 و MM106 باگذشت زمان و از ابتدای آزمایش تا ماه پنجم به ترتیب ۱۰ و ۳۱ درصد و برای رقم برابرین پیوندشده روی این دو پایه به ترتیب ۱۶/۵ و ۳۱ درصد افزایش یافت (شکل ۳).



شکل ۲- اثر پایه و پیوند بر میزان فنل میوه سیب در طی انبارمانی. (مقادیر شامل میانگین چهار میوه \pm خطای استاندارد)



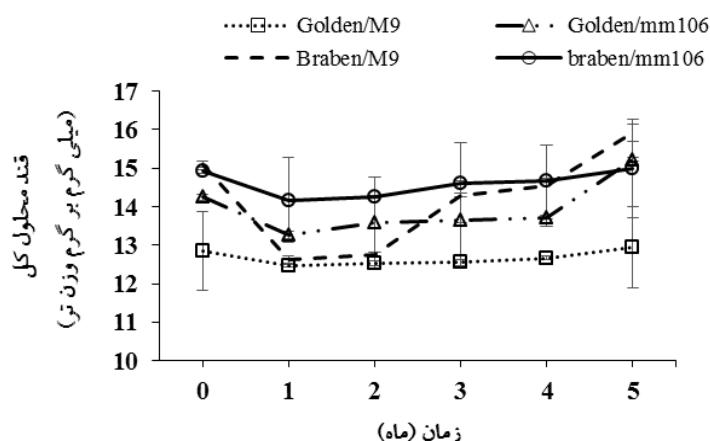
شکل ۳- اثر پایه و پیوند بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب در طی انبارمانی. (مقادیر شامل میانگین چهار میوه \pm خطای استاندارد)

محلول را قندهای محلول تشکیل می‌دهد که میزان آن بستگی به پایه و پیوندک دارد، به طوری که در بررسی دخیانی و بهشتی (۱۳۸۲)، نشان دادند که سیب رقم زرد لبنانی نسبت به قرمز دارای ساکارز بیشتر و گلوکز کمتری بود.

نتایج بررسی میزان قند محلول کل با گذشت دوره انبارمانی، روند صعودی را نشان داده است. اما بین تمامی تیمارها، پیوندک برابر روی پایه M9 بیشترین میزان قند محلول کل را در زمان برداشت به خود اختصاص داد، اما پس از برداشت با شیب زیادی میزان این شاخص تا ماه اول کاهش یافت. در بین تیمارها، پیوندک گلدن دلشیز بر پایه MM106 بیشترین میزان افزایش در ماه پنجم را نسبت به دیگر تیمارها به ثبت رسانید. به طور کلی و طی دوره انبارمانی سیب‌های پیوندک

اما در مورد تأثیر زمان انبارمانی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، LoScalzo و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند میزان این شاخص در ارقام پرتقال طی دوره انبارمانی افزایش یافت که بیشتر به علت تغییرات ویتامین C بوده است. بطور معمول محصولات با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر مقاومت بهتری در مقابل تنش‌های محیطی نشان می‌دهند، چنین میوه‌هایی کیفیت تغذیه‌ای و ویژگی‌های انباری بهتری دارند (Lata, 2007).

میزان قند محلول کل بطور معنی‌داری تحت تأثیر پایه و پیوندک قرار گرفت، به نحوی که بیشترین میزان این شاخص در تیمار برابر پیوند زده شده بر پایه MM106 به ثبت رسید. همسودن میزان قند محلول کل و مواد جامد محلول نشان‌دهنده این مطلب است که بخش اعظم از مواد جامد



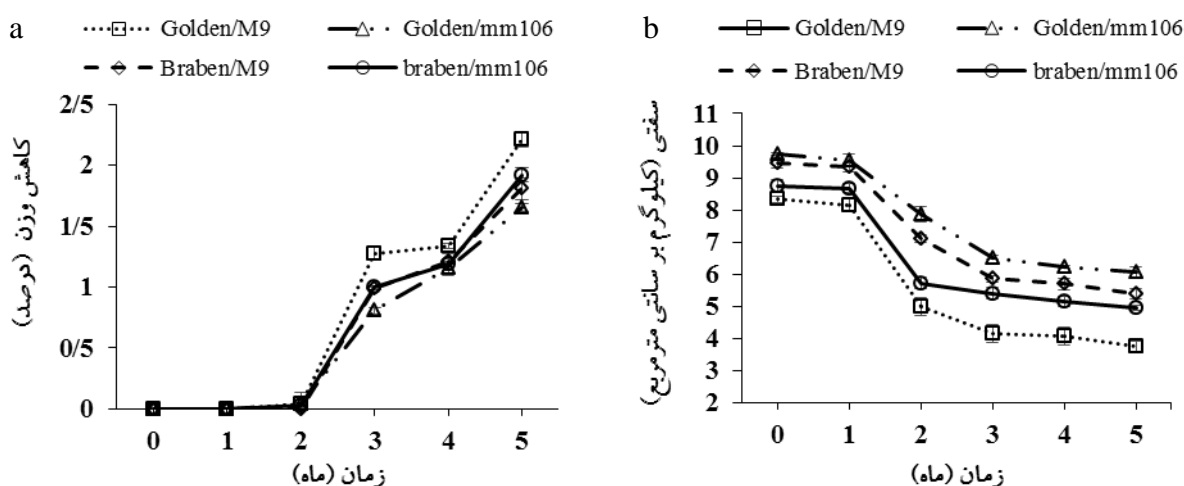
شکل ۴- اثر پایه و پیوندک بر قند محلول کل میوه سیب در طی انبارمانی. (مقادیر شامل میانگین چهار میوه \pm خطای استاندارد)

ماه پنجم میزان کاهش وزن در میوه‌های پیوندک برابر و گلدن دلشیز روی پایه نیمه‌پاکوتاه MM106 در مقایسه با پایه M9 بطور معنی‌داری کمتر بود و از ماه دوم تا پنجم این شاخص به ترتیب ۳۸ و ۶۶ برابر شدند. همچنین این شاخص تحت اثرات پایه و پیوندک قرار گرفت، به نحوی که بیشترین کاهش وزن در تیمار گلدن دلشیز بر پایه M9 (۲/۲ درصد) ثبت شد. در بررسی اثر پیوندک و پایه، Amiri و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که بیشترین وزن میوه در رقم گلدن دلشیز بر پایه‌های M9 و MM106 مشاهده شد. سیب گلدن دلشیز نسبت به کولتیوارهای دیگر سریع‌تر چروکیده می‌شود (بخشی خانیکی و همکاران، ۱۳۹۰).

بیشترین عامل کاهش وزن انبار از دست رفتن میزان آب بافت است که اگر به چروکیدگی بافت منجر شود، از ارزش اقتصادی محصول سیب می‌کاهد و بنابراین استفاده از ارقامی که کمتر دچار این پدیده می‌شوند ارجحیت دارند (Jupa et al., 2021). یکی از دلایل اصلی کاهش وزن میوه، تنفس و سوختن مواد آلی طی انبارمانی است. یکی دیگر از تفاوت ماندگاری در انبار همراه با افت شاخص وزن میوه به دلیل تفاوت ژنتیکی ضخامت پوست و ضخامت کوتیکول در برابر تلفات آب از میوه است (Veraverbeke et al., 2001) که در تیمار برابر بر پایه MM106 میزان افت وزن میوه کمتر بود. از طرفی عامل کاهش سفتی بافت میوه و تجزیه ترکیبات پکتینی در فرایند رسیدن میوه در طول دوره انبارمانی نیز می‌تواند سبب کاهش

گلدن دلشیز در مقایسه با رقم برابر، کاهش بیشتری را در محتوای قند محلول کل خود نشان داد (شکل ۴). بیرانوند و همکاران (۱۳۹۰) سیب رقم گلوکرافل (*Glockeraffel*) را در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵٪ نگهداری کردند و به این نتیجه رسیدند که بعد از انبارداری مقدار قند میوه افزایش پیدا کرد دلیل افزایش میزان قندها در طی انبارداری در میوه سیب به این علت است که مقدار نشاسته موجود در میوه در حین رسیدگی تبدیل به قندهای ساده می‌شود که میزان نشاسته در میوه‌های سیب نارس نسبتاً زیاد است اما در اواخر انبارداری میوه به علت افزایش فعالیت تنفسی میزان آن کاهش می‌یابد. افزایش ۱۵ درصدی میزان قند در ابتدای ماه‌های انبارداری و ثابت ماندن این شاخص در میوه‌های سیب توسط Barboni و همکاران (۲۰۱۰) به اثبات رسیده است. این نتایج نشان‌دهنده تغییرات شیمیایی سیب در سردخانه است (یاوری و همکاران، ۱۳۹۳).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر پایه و پیوندک در زمان نگهداری بر میزان کاهش وزن معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی کاهش وزن در طی انبارمانی نشان داد که کاهش وزن با گذشت زمان در تمام تیمارها افزایش یافته است. بر اساس شکل ۵a مشخص است که طی ماه اول انبارمانی تفاوت معنی‌داری در صفت کاهش وزن میوه‌ها مشاهده نشد اما این تغییرات در رقم پیوندی برابر روی پایه M9 از ماه سوم و در دیگر تیمارها از ماه دوم آغاز شد. طی انبارمانی بلند مدت تا



شکل ۵- اثر پایه و پیوند بر سفتی (a) و کاهش وزن (b) میوه سیب در طی انبارمانی. (مقادیر شامل میانگین چهار میوه \pm خطای استاندارد)

گیاهان دارد. جذب و حمل و نقل مواد معدنی می‌تواند توسط اثرات متقابل پایه و پیوندک در محیط‌های مختلف تغییر کند. در بررسی دو پیوندک گلدن دلشیز و رویال گالا (Royal Gala)، سفتی میوه‌ها بر پایه‌های محلی بیشتر از پایه M9 بود، زیرا پایه M9 حداقل میزان کلسیم را در میوه به خود اختصاص داد؛ بنابراین نوع پایه نیز می‌تواند بر سفتی میوه مؤثر باشد (Amiri *et al.*, 2013). پیرمردیان و بابالار (۱۳۷۴) در تحقیقی نشان دادند که نوع پایه بر تولید اتیلن اثر معنی‌داری دارد به نحوی که میوه‌های حاصل از درختان پیوندشده روی پایه M26 اتیلن بیشتری را تولید نمودند و پایه M به مراتب میوه‌های سفت‌تری به نسبت به پایه M26 تولید نمودند. در آزمایش حاضر نشان داده شد که میوه پیوندک گلدن دلشیز از سفتی بیشتری نسبت به برابرین برخوردار است (شکل ۵b). اثرات متقابل پایه و پیوندک نیز نشان داد که بیشترین سفتی را پیوندک گلدن دلشیز پیوندشده بر روی پایه MM106 داشت. پور آذرنگ (۱۳۷۱) گزارش نمود که سفتی میوه سیب رقم گلشاهی نسبت به رقم رد دلشیز، گلدن دلشیز و عباسی در منطقه خراسان بیشتر بود. احتمال می‌رود شرایط آب و هوایی و فیزیولوژیکی درخت بر سفتی میوه نیز تأثیرگذار باشد. نوع پایه همچنین می‌تواند بر جذب کلسیم و انتقال آن به میوه مؤثر باشد. زمان نگهداری در سردخانه تأثیر معنی‌داری بر سفتی میوه داشت، به طوری که بر اثر گذشت زمان نگهداری در

بیشتر وزن میوه‌ها گردد (Chen *et al.*, 2006). کاهش وزن میوه در طی انبار نیز به دلیل تفاوت در اتصالات سلولی، میزان فشردگی تعداد سلول‌ها در واحد سطح، ضخامت دیواره سلولی (Brummell, 2006) و میزان کلسیم (Gayed *et al.*, 2017) خواهد بود. در اصل پایه MM106 توانایی جذب کلسیم بالاتری دارد که می‌تواند سفتی و ضخامت پوست بیشتری را در میوه‌های سیب فراهم آورد (محرمی و همکاران، ۱۳۹۰). براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر پایه و زمان نگهداری در سردخانه بر میزان سفتی میوه‌ها (جدول ۴). براساس بررسی انجام‌شده، صفت سفتی در طی انبارمانی از شروع آزمایش تا ماه اول تغییری ننمود اما پس از ماه اول در تمام تیمارها روندی نزولی به ثبت رسانید. در مقایسه سفتی تیمارها کمترین مقدار به تیمار پیوندک گلدن دلشیز بر پایه M9 (۳/۷۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) و بیشترین سفتی به تیمار پیوندک گلدن بر پایه MM106 (۶/۰۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) اختصاص یافت. از طرفی با گذشت زمان از شروع آزمایش تا ماه پنجم این شاخص در این دو تیمار به ترتیب ۵۴/۹ و ۳۷/۹ درصد کاهش یافت. در دو تیمار پیوندک برابرین بر پایه‌های M9 و MM106 نیز سفتی میوه ۴۲/۹ و ۴۳/۴ درصد در ماه پنجم کاهش یافت (شکل ۵b).

سفتی میوه در درجه اول تحت تأثیر پایه و رقم قرار می‌گیرد که این موضوع رابطه مستقیمی با جذب عناصر در

مدت انبارداری به دلیل تغییرات فیزیولوژیک دیواره سلول‌ها و کاهش خاصیت تراوایی آنها و افزایش نشت الکترولیت‌ها است (زارع و سیاری، ۱۳۹۷).

نتیجه‌گیری

از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که در بین صفات اندازه‌گیری شده سفتی، قند محلول کل، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تأثیر اثرات متقابل پایه، رقم و مدت زمان انبارمانی قرار گرفتند، اما سرعت تغییرات صفات بررسی شده بسته به عامل ژنتیکی پایه و پیوندک داشت و نتایج نشان داد که تغییرات پیوندک گلدن دلشز بر روی پایه M9 نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بود و ارقامی که در واحد زمان دچار تغییرات کمتری می‌شوند و قدرت بیشتری در حفظ سفتی و ویژگی‌های اولیه خود دارند در نتیجه از انبارمانی بالاتری برخوردار هستند؛ بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از پیوندک گلدن دلشز بر روی پایه MM106 و همچنین استفاده از پیوندک برابر روی پایه M9 بر ماندگاری میوه‌های سیب تأثیر مثبت دارد.

سردخانه سفتی میوه به میزان قابل توجهی کاهش یافت (۴۴/۵٪) و بیشترین سفتی در ۳۰ روز اول نگهداری در سردخانه بدست آمد (۸-۹/۷۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) و پس از آن سفتی میوه کاهش یافت. نتایج فوق با نتایج سایر محققین مطابقت دارد، حسینی فرهی و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که صفت سفتی علاوه بر پایه تحت تأثیر پیوندک نیز قرار می‌گیرد، به نحوی که پایه بذری به میزان ۱۲/۵ درصد نسبت به پایه MM106 سفتی میوه را افزایش داد و پیوندک رد دلشز نسبت به گلدن دلشز این شاخص را ۶/۱۲ درصد افزایش داد، از طرفی با گذشت ۱۵۰ روز میزان سفتی ۱۵ درصد کاهش یافت. نرم شدن میوه در طول انبارداری می‌تواند وابسته به میزان کلسیم باندشده به ظرفیت کل دیواره سلولی در باند کردن کلسیم باشد. کلسیم یک ماده اساسی در فیزیک بافت است و نقش مهمی در استحکام دارد زیرا با اتصال با پلی گالاکتورونیک اسید در سنتز تیغه‌های میانی دیواره‌های سلولی، تشکیل پکتاتی که سلول‌های تقسیم شده جدید را جدا می‌کند و افزایش انسجام نقش اساسی دارد. پیوندک عرضی پکتات‌های دیواره سلولی توسط کلسیم بطور مستقیم با سفتی میوه ارتباط دارد (Taiz and Zeiger, 2010). کاهش سفتی بافت میوه در

منابع

- احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، حسینپور، ر. و عبدشاه، ه. (۱۳۹۷) آمارنامه کشاورزی. تهران. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- بخشی خانیکی، غ.، قربانلی، م. و میرباقری، ش. (۱۳۹۰) تغییرات بیوشیمیایی دو رقم سیب گلاب و شفیع آبادی در زمان برداشت و پس از انبارداری. تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی ۲: ۵۹-۶۵.
- بهرامی، ح. و حاج نجاری، ح. (۱۳۹۸) بررسی کارایی پایه‌های بذری اصلاح شده بر کنترل رشد برخی ارقام پیوندی سیب. پژوهش‌های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و منابع طبیعی) ۲۶: ۲۳۴-۲۱۹.
- بیرانوند، ن.، مصطفوی، م. و ارشادی، الف. (۱۳۹۰) تأثیر پایه‌های بذری و MM106 روی صفات کمی و کیفی ارقام سیب رد دلشز و گلدن دلشز. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران، اصفهان.
- پاشازاده، ب.، سیدین اردبیلی، س.، حاج نجاری، ح.، شواخی، ف. و اسدی، غ. (۱۳۹۳) تأثیر ۱- متیل سیکلو پروپن و نانوذرات پرمنگنات پتاسیم بر خصوصیات کیفی و ماندگاری دو رقم سیب. علوم غذایی و تغذیه ۱۱: ۹۵-۸۱.
- پور آذرنگ، ه. (۱۳۷۱) اثر کلرید کلسیم بر حفظ خصوصیات کیفی ارقام سیب در سردخانه. پژوهش در علم و صنعت ۱۳: ۲۶-۲۳.
- پیرمادیان، م. و بابالار، م. (۱۳۷۴) بررسی اثرات پایه و کلرید کلسیم بر روی تولید اتیلن و برخی صفات کیفی میوه رد دلشز در سردخانه. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۶: ۷۶-۶۹.

تاجور، ی.، فتوحی قزوینی، ر.، حمیداوغلی، ی. و حسن ساجدی، ر. (۱۳۹۱) بررسی اثرات پایه و دمای پایین بر واکنش‌های آنتی‌اکسیدانی نارنگی پیچ [*(Citrus reticulata × C. paradise) × (C. clementina)*] علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶: ۳۲۶-۳۲۱.

حسینی فرهی، م.، ابوطالبی جهرمی، ع.، و پناهی کردلاغری، خ. (۱۳۸۷) بررسی تغییرات سفتی بافت میوه سیب رد و گلدن دلیشز پس از برداشت با توجه به نوع پایه، رقم و تیمار کلرید کلسیم. پژوهش و سازندگی ۲۱: ۷۹-۷۴.

دخانی، ش. و بهشتی، ر. (۱۳۸۲) تجزیه کیفی و کمی قندها و اسیدهای آلی غالب در دو رقم سیب درختی سمیرم در طی بسته‌بندی و انبارمانی، با بهره‌گیری از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) ۱۸۴-۱۶۹: ۷.

زارع، ص. و سیاری، م. (۱۳۹۷) اثر آسکوربات کلسیم بر سفتی بافت میوه، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی و کیفیت پس از برداشت گوجه‌فرنگی رقم ریو گرند. مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران) ۴۹: ۶۷۹-۶۶۹.

شاعری، م.، ربیعی، و. و طاهری، م. (۱۳۹۳) اثر پایه و پیوندک بر جذب عناصر معدنی و برخی صفات کمی و کیفی سیب ارقام گلدن دلیشز فوجی و دلبار استیوال. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲: ۳۷۳-۳۵۷.

عشقی، م.، حاج نجاری، ح.، کلاتری، س.، دامیار، س. و رسولی، و. (۱۳۹۰) روند تغییرات صفات فیزیکی و زیست‌شیمیایی میوه ارقام بومی تابستانه سیب (*Malus domestica Borkh*) در سردخانه. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۱۲: ۷۰-۵۹.

فرامرزی، ش.، یداللهی، ع.، برزگر، م. و کریم‌زاده، ق. (۱۳۹۴) مقایسه مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه سیب گوشت قرمز و تعدادی از ارقام سیب گلاب. به‌زراعی کشاورزی (مجله کشاورزی پردیس ابوریحان) ۱۷: ۷۴۱-۷۲۹.

قادرزاده، ر. و ارشد، م. (۱۳۹۳) بررسی و مقایسه تغییرات کیفی میوه دو رقم انگور حسینی و شاهانی قرمز در سردخانه. اولین سمپوزیوم ملی میوه‌های ریز. دانشگاه بوعلی سینا ۵۷۳-۵۶۷.

قاسمی، الف. ع. (۱۳۹۰) معرفی دو پایه محلی سیب پاکوتاه ایران جهت تکثیر ارقام سیب. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران، اصفهان. محرمی، ر.، ربیعی، و.، امیری، م. و عظیمی، م. (۱۳۹۰) اثر پایه بر برخی صفات سیب رقم دلبار استیوال. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱: ۳۳۷-۳۲۳.

مستوفی، ی.، سیدحاجی‌زاده، ح.، طلایی، ع. و ابراهیم‌زاده موسوی، س. (۱۳۸۶) حفظ کیفیت و افزایش عمر انباری سیب محلی گلاب کهنز با استفاده از روش بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته. نهال و بذر ۲۳: ۹۹-۸۷.

وجودی مهربان، ل.، دادپور، م.، دل‌آذر، ع.، موافقی، ع. و حاجیلو، ج. (۱۳۸۹) شناسایی ترکیبات پلی‌فنلی و فلاونوئیدی میوه سیب ارقام «زنوز» و «گالا» با استفاده از کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا. پژوهش‌های صنایع غذایی (دانش کشاورزی) ۲۰: ۱۲-۱.

هادیان دلجو، م. و ساری‌خانی، ح. (۱۳۹۱) ارزیابی اثر سالیسیلیک اسید بر حفظ کیفیت پس از برداشت میوه سیب رقم «گلاب کهنز». به‌زراعی کشاورزی (مجله کشاورزی پردیس ابوریحان) ۱۴: ۸۲-۷۱.

یاوری، ب.، چاپارزاده، ن.، نژاوند، س.، قدرتی، م. و محمدپور، ع. (۱۳۹۳) تأثیر مدت زمان انبارداری سردخانه‌ای روی برخی خواص فیزیولوژیکی دو رقم سیب. فرآیند و کارکرد گیاهی ۳: ۱۲۳-۱۱۵.

Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., Zhang, Z. and Zeng, X. (2013) Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry* 20: 1182-1187.

Amiri, M. E., Fallahi, E. and Safi-Songhorabad, (2013) Influence of rootstock on mineral uptake and scion growth of 'Golden Delicious' and 'Royal Gala' apples. *Journal of Plant Nutrition* 37: 16-29.

Barascu, R., Hoza, D., Ion, L. and Hoza, G. (2018) Effects of grafting combinations on the fruit quality for the pinova apple tree. *Scientific Papers Series B, Horticulture* 2018: 59.

- Barboni, T., Cannac, M. and Chiamonti, N. (2010) Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. Food Chemistry 121: 946-951.
- Barden, J. A. and Marini, E. (1992) Maturity and quality of 'Golden Delicious' apple as influenced by rootstocks. Journal of the American Society for Horticultural Science 117: 457-550.
- Brummell, D. A. (2006) Cell wall disassembly in ripening fruit. Functional Plant Biology 33: 103.
- Castillo-Luna, A., Criado-Navarro, I., Ledesma-Escobar, C. A., Lopez-Bascon, M. A. and Priego-Capote, F. (2021) The decrease in the health benefits of extra virgin olive oil during storage is conditioned by the initial phenolic profile. Food Chemistry 336: 127730.
- Chen, J. L., Wu, J. H., Wang, Q., Deng, H. and Hu, X. S. (2006) Changes in the volatile compounds and chemical and physical properties of kuerle fragrant pear (*Pyrus serotina* Rehd) during storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 8842-8847.
- Chen, X. S., Zhang, J., Liu, D. L., Ji, X. H., Zhang, Z. Y., Zhang, R., Mao, Z. Q., Zhang, Y. M., Wang, L. X. and Li, M. (2014) Genetic variation of F1 population between Malus species and evaluation on fruit characters of functional apple excellent strains. Scientia Agricultura Sinica 47: 2193-2204.
- Dallabetta, N., Guerra, A., Pasqualini, J. and Fazio, G. (2021) Performance of Semi-dwarf Apple Rootstocks in two-dimensional training systems. HortScience 56: 234-241.
- Gayed, A. A. N. A., Shaarawi, S. A. M. A., Elkhishen, M. A. and Elsherbini, N. R. M. (2017) Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of "Early Swelling" peach during cold storage. Ciencia e Agrotecnologia 41: 220-231.
- Hassan, B., Bhattacharjee, M. and Wani, S. (2021) Post-harvest management inadequacy and its impact on apple industry in Kashmir. International Journal of Applied Research and Studies 7: 246-250.
- Jan, I., Rab, A. and Sajid, M. (2012) Storage performance of apple cultivars harvested at different stages of maturity. Journal of Animal and Plant Science 22: 438-447.
- Jupa, R., Meszaros, M., Hoch, G. and Plavcova, L. (2021) Trunk radial growth, water and carbon relations of mature apple trees on two size-controlling rootstocks during severe summer drought. Tree Physiology. In press.
- Kawhena, T. G., Fawole, O. A. and Opara, U. L. (2021) Application of dynamic controlled atmosphere technologies to reduce incidence of physiological disorders and maintain quality of 'Granny Smith' apples. Agriculture 11: 491.
- Kviklyis, D., Vikelis, P., Rubinskiene, M., Kvikliene, N., Liaudanskas, M., Lanauskas, J. and Janulis, V. (2014) Rootstock affects apple fruit biochemical content. Acta Horticulturae 1058: 595-599.
- Kviklyis, D., Lanauskas, J., Uselis, N., Viskelis, J., Viskeliene, A., Buskiene, L., Staugaitis, G., Mazeika, R. and Samuoliene, G. (2017) Rootstock vigour and leaf colour affect apple tree nutrition. Zemdirbyste-Agriculture 104.
- Lata, B. (2007) Relationship between apple peel and the whole fruit antioxidant content: Year and cultivar variation. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 663-671.
- Liu, R. H., Eberhardt, M. V. and Lee, C. Y. (2001) Antioxidant and antiproliferative activities of selected New York apple cultivars. New York Fruit Quality 9: 15-17.
- Liu, B., Li, M., Cheng, L., Liang, D., Zou, Y. and Ma, F. (2012) Influence of rootstock on antioxidant system in leaves and roots of young apple trees in response to drought stress. Plant Growth Regulation 67: 247-256.
- LoScalzo, R., Innocari, T., Summa, C., Morelli, R. and Rapisarda, P. (2004) Effect of thermal treatment on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. Food Chemistry 85: 41-47.
- Mahajan, B. and Sharma, R. (2000) Effect of preharvest applications of growth regulators and calcium chloride on physico-chemical characteristics and storage life of peach (*Prunus persica* Batsch) cv. Shane-e-Punjab. Haryana Journal of Horticultural Sciences 29: 41-43.
- Massonnet, C., Costes, E., Rambal, S., Dreyer, E. and Lucregnard, J. (2007) Stomatal regulation of photosynthesis in apple leaves: Evidence for different water-use strategies between two cultivars. Annals of Botany 100: 1347-1356.
- McCready, R. M., Guggolz, J., Silveira, V. and Owens, H. S. (1950) Determination of starch and amylase in vegetables. Analytical Chemistry 22: 1156-1158.
- Milosevic, T. and Milosevic, N. (2021) Impact of rootstock on fruit physical properties of Pink Lady apple. Acta Horticulturae Serbica 26: 49-53.
- Molina-Delgado, D., Alegre, S., Barreiro, P., Valero, C., Ruiz-Altisent, M. and Recasens, I. (2009) Addressing potential sources of variation in several non-destructive techniques for measuring firmness in apples. Biosystems Engineering 104: 33-46.
- Pradhan, P. C., Panigrahi, B., Paul, J. C., Sahu, B. C. and Behera, B. (2019) Productivity and quality response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) under different fertigation levels and emitter types in a tropical region of eastern India. International Journal of Chemical Studies 7: 1217-1221.
- Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K. M., Hassan, G. I., Baba, T. R., Alyemeni, M. N., Alsahli, A. A., El-Serehy, H. A., Paray, B. A. and Ahmad, P. (2020) Mechanisms underlying graft union formation and rootstock scion interaction in horticultural plants. Frontiers in Plant Science 11: 1778.

- Rojas-Lema, S., Torres-Giner, S., Quiles-Carrillo, L., Gomez-Caturla, J., Garcia-Garcia, D. and Balart, R. (2021) On the use of phenolic compounds present in citrus fruits and grapes as natural antioxidants for thermo-compressed bio-based high-density polyethylene films. *Antioxidants* 10: 14.
- Saghafian Larijani, A., Hajnajari, H., Khosrowshahli, M. and Mousavi, A. (2021) Influence of improved seedling rootstocks on dwarfism, uniformity, and fruit set of apple cultivars in a 15-year scheme. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 1-16.
- Sharma, M., Sharma, R., Sharma, N. C., Rana, N., Sharma, P. and Chauhan, N. (2021) Graft-induced variations on morphological, biochemical and molecular parameters in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Indian Journal of Experimental Biology* 59: 339-348.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299: 152-178.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2010) *Plant Physiology*, 5th Ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Usenik, V. and Stampar, F. (2002) Influence of scion/rootstock interaction on seasonal changes of phenols. *Phyton* 42: 279-290.
- Veraverbeke, E. A., Lammertyn, J., Saevels, S. and Nicolai, B. M. (2001) Changes in chemical wax composition of three different apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology* 23: 197-208.
- Wills, R. B. H. and Golding, J. B. (2016) *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. School of Environmental and Life Sciences, University of Newcastle, University Dr, Callaghan NSW 2308, Australia.
- Wolfe, K., Wu, X. and Liu, R. (2003) Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 609-614.
- Yi, Z., Yu, Y., Liang, Y. and Zeng, B. (2008) In vitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium Citri Reticulatae* of a new citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT – Food Science and Technology* 41: 597-603.

Evaluation of rootstock and scion interactions on apple storage characteristics (*Malus domestica* Borkh)

Hossein Mohammadpour, Yahya Selahvarzi*, Atiyeh Oraee, Ali Tehranifar

Department of Horticultural Science and Landscape Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of
Mashhad

(Received: 29/08/2021, Accepted: 02/11/2021)

Abstract

Nowadays, because of making uniform orchards with high yield and desirable product quality the use of dwarf and semi dwarf rootstocks is necessary to reduce fruit production costs in the horticultural industry. Therefore, the appropriate rootstocks and scion is a critical factor to cost savings in fruit production, adaptation to the regional climate, and increasing the shelf life of fruits. In 2019, the quality and storage attributes of 'Brabern' and 'Golden Delicious' cultivars apple fruits under the influence of vegetative rootstocks MM106 and M9 were investigated at the dense gardens of Astan Quds Razavi. Results showed that traits such as antioxidants, total phenols, total soluble sugar, titratable acidity, pH, fruit firmness, as well as weight loss percentage during storage were significantly affected by the interactions of rootstocks and scion. Total soluble solids (13.9%), pH (15.7%), antioxidant activity (21.6%), and total soluble sugar (3.5%) of apple fruits increased whereas traits such as, titratable acidity (60.8%), phenol content (70%), and fruit firmness (44.5%) decreased during the storage period over time. Fruit weight loss in M9 rootstock started from the second month and in MM106 rootstock from the first month of storage. The highest weight loss (50%) in Golden Delicious cultivar in M9 and the lowest weight loss (64%) in scion Brabern in MM106 was observed in the second month compared to the fifth month. The reduction in tissue firmness during storage was 42% and 38% for Brabern in M9 and Golden Delicious in MM106, respectively.

Keyword: Biochemical changes, Dwarf and semi-dwarf rootstocks, Fruit quality, Postharvest life

Corresponding author, Email: selahvarzi@um.ac.ir