مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۰ شماره ۳/ سال ۱۳۹۹/ صفحات ۲۰۳ تا ۲۱۹

تأثیر پوشش ژل آلوئه‌ورا بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی دو رقم زردآلو طی انبارمانی

جواد پارسا*[۱]، محمد اسماعیل امیری[۲]، جعفر حاجیلو[۳]، فرهنگ رضوی[۴] و حمید رهنمون[۵]

تاریخ دریافت: ۹۸/٤/١٦ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۱۱

[۱] دانشجوی دکترای علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

[۲] استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

[۳] استادگروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

[٤] استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

[۵] استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

*مسئول مکاتبه: Email: parsa.jp2018@gmail.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) یکی از با اهمیت‌ترین ومطلوب‌ترین میوه‌های مناطق معتدله است. **هدف:** پوشش‌دهی محصولات کشاورزی فسادپذیر، یکی از روش‌های متداول جهت حفظ کیفیت و در نتیجه کاهش ضایعات انبارمانی است. ژل آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) به منظور بهبود روند تغییرات فیزیولوژیکی به مانند حفظ سفتی، جلوگیری از کاهش وزن، افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در انبارمانی محصولات کشاورزی مورد توجه واستفاده قرار گرفته است. **روش کار:** به منظور بررسی کاربرد ژل آلوئه‌ورا بر خصوصیات و ویژگی‌های کیفی میوه دو رقم زردآلو در طی انبارمانی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار طراحی و اجرا گردید. فاکتورهای این آزمایش شامل ارقام زردآلو ('درشت ملایر' و 'قرمز شاهرود')، غلظت ژل آلوئه‌ورا [شاهد (صفر درصد)، ۲۵ درصد و ۳۳ درصد] و طول دوره نگه‌داری میوه [صفر (زمان برداشت)، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز] بودند. **نتایج:** نتایج نشان داد که تیمار میوه‌های زردآلو با ژل آلوئه‌ورا به ویژه در غلظت ۳۳ درصد باعث افزایش معنی‌دار میزان ویتامین ث، اسیددیته قابل تیتراسیون، ظرفیت آنتی‌اکسدانی و حفظ بهتر سفتی بافت شد، اما در عین حال میزان مواد جامد محلول، کاهش وزن و pH را کاهش داد. همچنین مشخص شد که میزان ویتامین ث، اسیددیته قابل تیتراسیون و سفتی بافت میوه به طور معنی‌داری در طول انبارداری کاهش یافت، درحالی که میزان مواد جامد محلول، کاهش وزن و ظرفیت آنتی‌اکسدانی به طور معنی‌داری افزایش یاقت. در بین ازقام نیز رقم 'قرمز شاهرود' در طول دوره انبارداری داری میزان مواد جامد محلول، کاهش وزن، pH و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری بود، درحالی که رقم 'درشت ملایر' اسیددیته قابل تیتراسیون، سفتی بافت و ویتامین ث بیشتر در پایان دوره انبارداری بود. **نتیجه گیری نهایی:** سطوح مختلف ژل آلوئه‌ورا در اکثر صفات تأثیر معنی‌داری داشته و موجب بهبود صفات میوه زردآلودر طول مدت انبارمانی این میوه شد، با توجه به اثرات مثبت مشاهده شده ژل آلوئه‌ورا می‌تواند به عنوان یک پوشش غذایی مناسب، در دسترس و مؤثر در افزایش انبارمانی و حفظ کیفیت میوه‌های زردآلو مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: اسید قابل تیتراسیون، زردآلو، ژل *آلوئه‌ورا* (*Aloe vera*)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مواد جامد محلول

مقدمه

زردآلو با نام علمی *Prunus armeina* L. به خانواده گل‌سرخیان تعلق داشته و از مهم‌ترین محصولات باغبانی در ایران و جهان می‌باشد. جایگاه جهانی ایران در تولید زردآلو و اهمیت اقتصادی آن برای باغداران ایرانی، تحقیقات در زمینه‌های مختلف این محصول را اجتناب ناپذیر کرده است (Ahmadi et al., 2008). در زنجیرهٔ تولید این محصول علاوه بر مسائل باغداری، مراحل پس از برداشت میوه به خصوص بسته‌بندی، حمل‌و نقل و انبارداری به منظور دستیابی به محصولی با کیفیت بالا اهمیت بسزایی دارد، زیرا میوهٔ زردآلو با توجه به خصوصیات خاص خود، عمر پس از برداشت کمتری داشته و در حالت معمول قبل از رسیدن به دست مصرف‌کننده، کیفیت مطلوب خود را از دست می‌دهد (Wang et al., 2006).

امروزه کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات کشاورزی با هدف افزایش امنیت غذایی و جلوگیری از هدر رفت سرمایه، یکی از چالش‌های اساسی پیش‌روی جوامع گوناگون می‌باشد (Kader, 2005). به کارگیری پوشش‌های خوراکی (Tanada-Palmu and Grosso., 2005; Del-Vallea et al., 2005)، بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته (Caner and Aday, 2009)، بسته‌بندی‌های فعال (Almenar et al., 2009) و ضد میکروبی (Mehyar and Han, 2011) و همچنین استفاده از نانو ساختارها (Yang et al., 2010) توجه ویژه‌ای را در فناوری‌های پس از برداشت محصولات کشاورزی به خود جلب کرده‌اند. پوشش‌دهی برای محصولات کشاورزی با قابلیت فسادپذیری بالا، یکی از روش‌های متداول است که با کاهش سرعت خروج رطوبت از محصول و کاهش شدت تنفس محصول، سبب کاهش سرعت تخریب ویژگی‌های کیفی نظیر سفتی بافت، عطر، طعم و سایر خصوصیات حسی در محصول شده و در نتیجه سرعت رشد میکروبی را در محصول کندتر می‌کند (Bifani et al., 2007). یک پوشش مطلوب علاوه بر بدون رنگ، عطر و طعم بودن، باید سرعت خروج رطوبت محصول را کاهش داده و اثر نامطلوبی بر سلامت مصرف‌کنندگان نداشته باشد (Mehyar and Han, 2011).

آلوئه‌ورا گیاهی با خصوصیات ویژه است که در فیزیولوژی پس از برداشت و انبارمانی میوه مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. پوشش‌دهی با ژل آلوئه‌ورا درایجاد تغییرات مثبت در روند تولید و پرورش واستاندارد سازی محصولات نهایی بسیار مهم و قابل توجه است (Dalia et al., 2017). آلوئه‌ورا بیش از ۷۵ ماده غذایی و ۲۰۰ ترکیب فعال دارد که از آن جمله می‌توان به ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، مواد معدنی، قند، لیگنین، آنتراکوئینون، ساپونین، اسیدسالیسیلیک و اسیدهای آمینه اشاره کرد (Park and Jo, 2006). پوشش‌های پلی ساکاریدی به همراه پوشش چربی به طور مؤثری مانع از کاهش رطوبت میوه می‌شوند، اما ژل آلوئه‌ورا علیرغم اینکه تنها حاوی پلی‌ساکارید است می‌تواند عاملی مؤثر در کاهش رطوبت میوه باشد (Martinez-Romero et al., 2005). در سال‌های اخیر استفاده از ژل آلوئه‌ورا به عنوان لایه پوششی برای میوه و سبزیجات به منظور حفظ کیفیت انبارداری آن‌ها مطرح شده است (Valverde *et al* 2005; Navarro *et al 2010*). با توجه به این که این ماده فاقد طعم و بو است، مصرف آن برای انسان مشکلی به وجود نمی‌آورد و حتی برای سلامتی نیز مفید می‌باشد، لذا استفاده از آن به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای افزایش ماندگاری میوه‌ها مطرح است. پوشش ژل آلوئه‌ورا می‌تواند اتمسفر درونی میوه را تغییر داده و شرایطی را همانند اتمسفر کنترل شده را برای میوه به وجود آورد (Valverde et al., 2005). مطالعات نشان داده که آلوئه‌ورا دارای ویژگی‌های ضد میکروبی، ضد اکسیدانی، ضد ویروسی و ضد التهابی می‌باشد (Pal et al.,2013). ژل آلوئه‌ورا دارای خاصیت کشسانی بوده که به راحتی در آب حل شده و در تمام اطراف محصول به یک اندازه پخش می‌شود واین ژل به صورت یک لایه حفاظتی روی محصول قرار گرفته و سلولهای زیر لایه حفاظتی را در مقابل صدمات مکانیکی محافظت نموده و همچنین از اتلاف آب میوه جلوگیری می کند (Choi and Chung, 2003). پوشش‌دهی توت‌فرنگی تازه با آلوئه‌ورای ۴۰ درصد، توانایی افزایش طول عمر توت‌فرنگی تازه را در دمای چهار درجه سانتی گراد، تا ۱۶ روز بدون تاثیر منفی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی داشته است. به

طوری که سرعت تخریب اسید اسکوربیک کاهش معنی داری داشته و نیز کمترین کاهش وزن با ژل آلوئه‌ورای ۴۰ درصد بوجود آمده است (امامی‌فر،۱۳۹۳). پوشش-دهی میوه‌های هلو با ژل آلوئه‌ورا اثرات مثبت معنی‌داری در کم کردن کاهش وزن میوه، مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون داشته است و علاوه بر این پوشش با ژل آلوئه‌ورا توانایی افزایش ویژگی‌های ظاهری، طعم مطلوب و بافت مناسب را داشته است و به عنوان جایگرین مواد نگهدارنده شیمیایی در انبارمانی اقتصادی میوه‌های هلو مؤثر بوده است (Hazrati et al., 2017). همچنین پوشش‌دهی میوه لیچی با ژل آلوئه‌ورا در کیفیت بعد از برداشت این میوه مؤثر بوده است (Ali et al., 2019). در تحقیق حاضر نیز اثر ژل آلوئه‌ورا روی خصوصیات فیزیکی شیمیایی دو رقم زردآلوی 'درشت ملایر' و 'قرمز شاهرود' بررسی می‌شود. هدف از این تحقیق استفاده از پوششی طبیعی و سالم، جهت افزایش کیفیت میوه، انبارمانی میوه و کاهش ضایعات زردآلو است. استفاده از ژل آلوئه‌ورا وعدم استفاده از مواد شیمیایی راه کاری مفید در سلامت انسان‌ها و پاکیزگی محیط زیست است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در تابستان سال ۱۳۹۶ میوه‌های زردآلوی دو رقم رومیزی و تجاری 'درشت ملایر' و 'قرمز شاهرود' در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و بلوغ تجاری و با شاخص برداشت رنگ میوه و جدا شدن راحت میوه و میزان TSS، (Haciseferohullari *et al*.,2007) از درختان ایستگاه تحقیقاتی سهند وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی برداشت شدند.

تهیه ژل آلوئه‌ورا، آماده سازی میوه، تیمار و نگهداری میوه: پس از تهیه ژل آلوئه‌ورا از برگ‌های تازه، مخلوط ژل خالص برای پاستوریزه شدن به مدت ۵ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد (Valverde et al., 2005). غلظت‌های تحت بررسی ژل آلوئه‌ورا (صفر، ۲۵ و ۳۳ درصد وزنی-وزنی) با افزودن آب مقطر استریل به ژل خالص تهیه گردید. از هر رقم مورد مطالعه ۱۵۰ عدد میوه زردآلو با سایز یکسان، در غلظت‌های مورد نظر از ژل آلوئه‌ورا به مدت ۵ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) غوطه‌ور شدند. میوه‌ها پس از انجام تیمار ژل از محلول خارج و پس از ۳۰ دقیقه قرارگیری در دمای محیط، در ظروف یک‌بارمصرف درب‌دار از جنس پلی‌اتیلن سبک در سردخانه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲±۹۰ درصد منتقل و به مدت ۷، ۱۴ و ۲۱ روز در این شرایط نگه‌داری شدند (وحدت و همکاران، ۱۳۹۱؛ خالصی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Valverde *et al* 2005).

اندازه گیری صفات: مواد جامد محلول کل، اسید قابل تیتراسیون، pH آب میوه، سفتی میوه، درصد کاهش وزن، میزان ویتامین C و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها از جمله صفات مورد بررسی در این تحقیق بودند.

سفتی بافت: تعیین درجه سفتی بافت گوشت میوه برحسب پوند با دستگاه پنترومتر مدل FT-011 ساخت کشور ایتالیا و با پروب هشت میلی‌متری انجام گرفت (Kucuker *et al* 2014).

درصد کاهش وزن: برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن بلافاصله بعد از اعمال تیمار ژل آلوئه‌ورا و قبل از انبار کردن تعداد ۴ عدد میوه به‌صورت تصادفی با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. میوه‌ها بلافاصله بعد از هر سطح از دوره نگهداری نیز مجدداً وزن شده و درصد کاهش وزن آنها محاسبه گردید.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{(W_1-W_2)\times 100}{W_1}$$

W_1: وزن میوه قبل از انبارمانی

W_2: وزن میوه در پایان هر سطح از انبارمانی

ویتامین C: جهت اندازه‌گیری میزان ویتامین C میوه‌ها، از روش تیتراسیون عصاره میوه با ۲ و ۶ دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد و مقدار ویتامین C برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر میوه محاسبه گردید. در این روش از هر تکرار ۱۰ گرم گوشت میوه به کمک متافسفریک اسید ۳ درصد هضم و سپس مخلوط حاصل به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شد. ۱۰ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده با ماده رنگی دی کلرو فنل ایندوفنل تا رسیدن رنگ محلول به صورتی

کم‌رنگ تیتر گردید. برای محاسبه میزان اسید اسکوربیک، حجم ماده رنگی مورد استفاده در تیتراسیون، برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره در نظر گرفته شد (A.O.A.C, 1984).

مواد جامد محلول: اندازه‌گیری مواد جامد محلول با دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (مدل Pal-1 ساخت شرکت Atago ژاپن) برحسب درجه بریکس در دمای ۲۰ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت.

اسید قابل تیتراسیون: برای اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. ابتدا ۲/۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه صاف‌شده، با ۴۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق و سپس چند قطره معرف فنل فتالئین به‌عنوان نشانگر با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH= ۸/۱ تیتر شد. مرحله تغییر رنگ و ظهور رنگ صورتی نشان‌دهنده پایان تیتراسیون بود. بعد از ثبت حجم سود مصرفی، درصد اسید آب میوه برحسب اسید مالیک (اسید غالب در زردآلو) با فرمول زیر محاسبه گردید (Ayala-Zavala *et al.*, 2004):

$$A = \frac{S \times N \times F \times E \times ۱۰۰}{C}$$

که A نشان دهنده مقدار اسید عصاره میوه بر حسب گرم در ۱۰۰میلی لیتر،

S) حجم سود مصرف شده در تیتراسیون (میلی لیتر)

N) نرمالیته سود مصرفی

F) فاکتور سود (فاکتور محلول‌های نرمال مساوی ۱ می‌باشد)

E) اکی‌والان اسید مالیک (۰/۰۶۷)

C) حجم عصاره میوه (میلی‌لیتر) می‌باشد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل از طریق اندازه‌گیری توانایی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی درون عصاره متانولی در پاک‌سازی رادیکال آزاد دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) به صورت درصد بازدارندگی در طول موج ۵۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به روش برندویلیامز و همکاران (Brand-Williams *et al.*, 1995) از طریق فرمول زیرتعیین شد.

درصد مهار رادیکال آزاد = $[(A_C - A_S)/ A_C] \times 100$

A_C و A_S به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه بر حسب میکروگرم بر میلی لیتر

pH: برای تعیین pH عصاره میوه‌ها (مخلوط عصاره سه عدد میوه برای هر تکرار) از pH متر مدل HI 9811 ساخت کشور ایتالیا استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: در تحقیق حاضر آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام گرفت. ارقام زردآلو ('درشت ملایر' و 'قرمز شاهرود')، غلظت های ژل آلوئه‌ورا و طول دوره نگه‌داری فاکتورهای موجود در این تحقیق بودند. برای انجام تجزیه واریانس ابتدا توزیع داده‌ها از نظر نرمال بودن خطاهای آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. داده-های مربوط به صفات ویتامین C، مواد جامد محلول، سفتی میوه و کاهش وزن دارای توزیع نرمال بودند. اما توزیع خطاهای آزمایشی متعلق به فعالیت آنتی‌اکسیدانی، pH و اسید قابل تیتراسیون از این توزیع پیروی نمی‌کردند. برای نرمال کردن توزیع این داده‌ها، از تبدیل داده لگاریتمی استفاده گردید. تست مجدد این صفات از نظر نرمال بودن خطاهای آزمایشی نشان از نرمال شدن توزیع‌ها داشت. بنابراین برای انجام تجزیه واریانس، از داده‌های اصلی صفات ویتامین ث، مواد جامد محلول، سفتی میوه و کاهش وزن و داده‌های تبدیل شده صفات فعالیت آنتی‌اکسیدانی، pH و اسید قابل تیتراسیون استفاده گردید. برای تجزیه واریانس داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS24.0 و برای رسم نمودارها و شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویتامین ث: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری و همچنین اثرات دوگانه، رقم در زمان انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان ویتامین ث میوه زردآلو معنی‌دار بود (جدول۱).

مقایسات میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا میزان ویتامین ث میوه زردآلو افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان ویتامین ث (۱۸/۷۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در تیمار ۳۳ درصد ژل آلوئه‌ورا

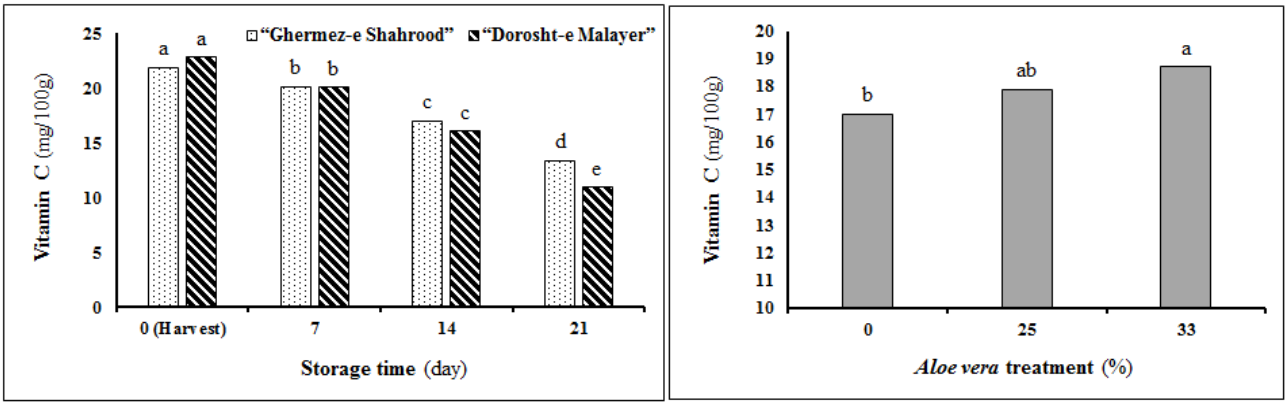
مشاهده شد (شکل ۱). بر اساس مقایسات میانگین اثرات متقابل دوگانه رقم در زمان انبارداری مشخص شد که میزان ویتامین ث میوه در طول انبارداری به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱). در این میان، اگرچه ارقام مورد بررسی از نظر میزان ویتامین ث تا ۱۴ روز پس از انبارداری اختلاف معنی‌داری به یکدیگر نشان ندادند اما در مرحله آخر انبارداری (روز ۲۱)، رقم 'قرمز شاهرود' با ۱۳/۳۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ویتامین ث بیشتری در مقایسه با رقم 'درشت ملایر' (۱۰/۹۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) داشتند (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رقم، غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا و طول دوره‌های نگه‌داری بر خصوصیات کیفی زردآلو

Table 1. ANOVA of the effect of cultivar, different concentrations of *Aloe vera* gel and storage periods on apricot quality characteristics

Sources of variations	Df	Traits						
		Vitamin C	Total soluble solids	Titratable acidity	Weight loss	pH	Firmness	Antioxidant capacity
Cultivar	1	5.04 ^{ns}	443.04**	15.121**	37.00**	4.860**	0.891**	67.03**
Aloe vera	2	23.17**	7.20**	0.161**	38.89**	0.148**	0.802**	46.23**
Storage time	3	467.90**	51.26**	2.535**	421.27**	0.446**	8.045**	353.31**
Aloe vera×Cultivar	2	1.71 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.114**	1.54 ^{ns}
Cultivar × Storage time	3	12.19**	6.64**	0.198**	5.74**	0.113**	5.391**	24.02*
Aloe vera × Storage time	6	3.05 ^{ns}	4.12*	0.063**	5.43**	0.020 ^{ns}	0.160**	13.65^{ns}
Aloe vera×Cultivar×Storage	6	2.71 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.74 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.069**	4.72 ^{ns}
Error	72	2.32	0.82	0.009	0.41	0.013	0.016	8.22
(CV)	-	8.53	7.42	7.01	11.49	2.84	13.27	4.53

**, * and ^{ns}: Significant at 0.01, 0.05 and not significant, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار ژل آلوئه‌ورا (راست) و اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری (چپ) بر میزان ویتامین ث میوه زردآلو در طی انبارمانی

Figure 1- Means comparison of the simple effect of *Aloe vera* gel treatment (right) and interaction effects of cultivar × storage time (left) on the vitamin C content of apricot fruit during storage

افزایش میزان ویتامین ث توسط تیمار ژل آلوئه‌ورا با یافته‌های وحدت و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد که گزارش کردند استفاده از تیمار ژل آلوئه‌ورا در غلظت‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توانست میزان ویتامین ث میوه توت‌فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش دهد. در همین راستا اصغری و همکاران (۱۳۹۴) بیان نمودند که تیمار ژل آلوئه‌ورا با غلظت‌های ۲۵ و ۳۳ درصد به طور معنی‌داری میزان ویتامین ث میوه انگور رقم قزل‌ازوم افزایش داد.

کاهش ویتامین ث در طول انبارداری میوه زردآلو با یافته‌های قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) مطابقت دارد. کاهش مقدار این ویتامین در طول انبارمانی ممکن است به دلیل کاهش آب میوه باشد که منجر به اکسیداسیون ویتامین ث (آسکوربیک اسید) به دی‌هیدروآسکوربیک اسید و سپس تجزیه به ۲و۳-دی‌کتو-گلوکونیک اسید توسط فعالیت آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز باشد (Shiri et al., 2016b). دلیل دیگر کاهش ویتامین ث می‌تواند این باشد که برای جلوگیری از خسارت ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی داخل میوه مانند ویتامین ث (اسید اسکوربیک)، الکترون خود را به رادیکال آزاد اکسیژن و سایر رادیکال‌ها داده و خود اکسید می‌شوند (Soleimani Aghdam et al., 2011).

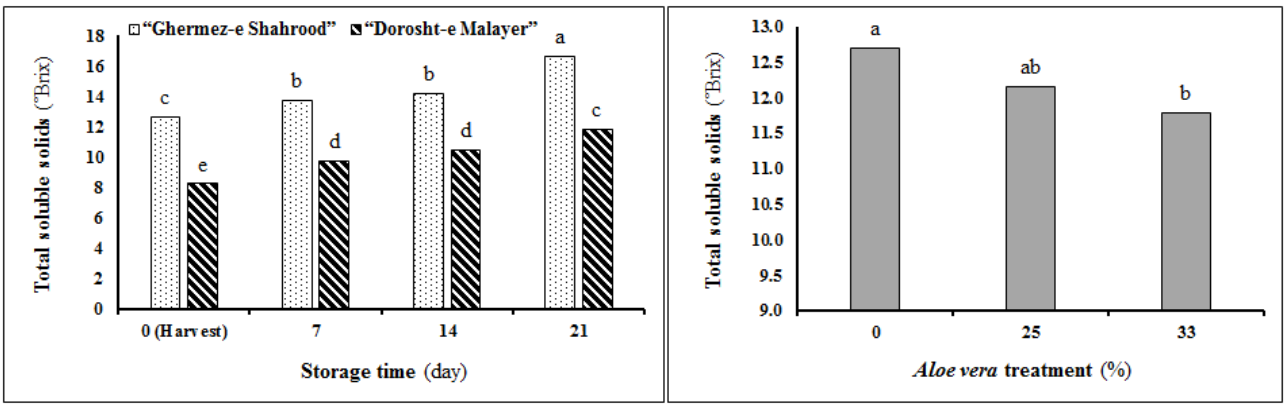
مواد جامد محلول: بر اساس جدول ۱ مشخص شد که اثرات ساده رقم، ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری و همچنین اثرات متقابل دوگانه ژل آلوئه‌ورا در زمان انبارداری و رقم در زمان انبارداری به طور معنی‌داری مواد جامد محلول میوه زردآلو را تحت تأثیر قرار داد.

نتایج حاکی از آن بود که با افزایش غلظت تیمار ژل آلوئه‌ورا میزان مواد جامد محلول میوه به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که کمترین میزان مواد جامد محلول (۱۱/۷۸ درجه بریکس) در غلظت ۳۳ درصد ژل آلوئه‌ورا به دست آمد (شکل ۲). همچنین مشخص شد که میزان مواد جامد محلول میوه زردآلو در طول دوره انبارداری در مجموع افزایش یافت، به طوری که در هر دو رقم، بیشترین میزان مواد جامد محلول در مرحله آخر انبارداری به دست آمد (شکل ۲). به طور کلی در بررسی حاضر رقم 'قرمز شاهرود' در مقایسه با رقم 'درشت ملایر' از مواد جامد محلول بیشتری برخوردار بود (شکل ۲).

مطابق با نتایج بررسی حاضر وحدت و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان دادند که تیمار ژل آلوئه‌ورا در غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توانست به طور معنی‌داری میزان مواد جامد محلول کل میوه توت‌فرنگی را کاهش دهد. همچنین افزایش میزان مواد جامد محلول کل در طول انبارداری نیز با یافته‌های زرین‌بال و همکاران (۱۳۸۹) همخوانی دارد.

تغییرات میزان مواد جامد محلول نقش مهمی در کیفیت محصولات باغبانی دارد به طوری که تغییرات میزان مواد جامد محلول میوه باعث تغییر در طعم و مزه آن خواهد شد. افزایش مواد جامد محلول در طول انبارداری فقط مربوط به افزوده شدن قند نیست، بلکه به افزایش و کاهش مواد دیگری همچون اسیدها، پکتین‌های محلول و ترکیبات فنلی و همچنین کاهش آب میوه نیز بستگی دارد (Amodio et al., 2007; Shiri et al., 2011; Shiri et al., 2016a). علت افزایش مواد جامد محلول می‌تواند به افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز نیز ارتباط دارد، که آنزیمی کلیدی در بیوسنتز ساکاروز بوده و طی فرآیند رسیدن، توسط هورمون اتیلن فعال می‌شود (Kaur et al., 2013). افزایش میزان مواد جامد محلول بیانگر افزایش هیدرولیز نشاسته موجود در گوشت میوه به قندهای هگزوز است. به دنبال اجتماع مواد جامد محلول در میوه، تولید گاز اتیلن از بافت‌های نرم، سبب تحریک آنزیم‌هایی چون پلی‌گالاکتروناز می‌شود که مستقیماً روی دیواره سلولی عمل نموده و باعث نرم شدن بیشتر دیواره سلولی می‌گردد. هر چه میزان و سرعت هیدرولیز بیشتر باشد میوه زودتر نرم شده و در برابر عوامل بیماری‌زای انباری آسیب‌پذیرتر می‌شود. نتیجه این فعل و انفعالات کاهش عمر انباری میوه‌ها می‌باشد (Lara *et al*., 2004). زردآلو از تولید کنندگان اتیلن در دوره رسیدگی است و تاثیر آن در تسریع پیری برای خود زردآلو و سایر میوه های کلیماکتریک همجوار با آن محرز است (Defilippi et al., 2015). با استفاده از ژل آلوئه‌ورا ضمن کاهش تنفس و جلوگیری از شکسته شدن

قندها، حفظ ترکیبات قندی را به دنبال دارد، درحالی که در میوه‌های شاهد به دلیل پیشرفت پدیده پیری، پلی ساکاریدهای دیواره سلولی هضم شده و مواد جامد محلول افزایش می‌یابد. مالی و گروسمان (Mali and Grossmann, 2003) در مطالعه‌ای دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول را به تخریب کربوهیدرات‌ها و شروع فساد میوه‌ها از یک طرف و شکسته شدن اسید به قند از طرف دیگر نسبت دادند. این افزایش با به‌کارگیری پوشش‌ها و کاهش شدت تنفس از شیب روند افزایشی ملایم‌تری پیروی می‌کند. این افراد با به‌کارگیری پوشش‌هایی از جنس نشاسته بر روی توت‌فرنگی اعلام کردند که میزان تجمع مواد جامد محلول در میوه‌ها، نسبت به توت‌فرنگی‌های بدون پوشش کاهش می‌یابد که علت آن کم شدن شدت تنفس، به دلیل حضور پوشش می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار ژل آلوئه‌ورا (راست) و اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری (چپ) بر میزان مواد جامد محلول کل میوه زردآلو در طی انبارمانی

Figure 2- Means comparison of the simple effect of *Aloe vera* gel treatment (right) and interaction effects of cultivar × storage time (left) on the total soluble solids content of apricot fruit during storage

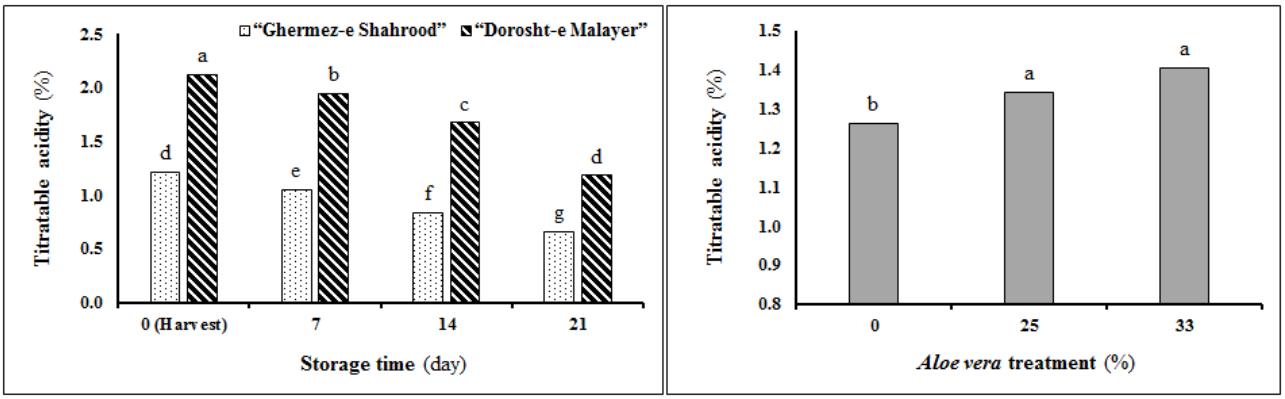
اسیدیته قابل تیتراسیون: میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه زردآلو به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده رقم، ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری و همچنین اثرات متقابل دوگانه رقم در زمان انبارداری و نیز تیمار ژل آلوئه‌ورا در زمان انبارداری قرار گرفت (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه با اعمال تیمارهای ژل آلوئه‌ورا به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است به طوری که میوه‌های تیمار شده با ۳۳ درصد ژل آلوئه‌ورا بالاترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۴۰ درصد) را به خود اختصاص داد، اگرچه از لحاظ آماری با میوه‌های تیمار شده با ۲۵ درصد ژل آلوئه‌ورا (۱/۳۴ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). در مجموع مشخص شد که میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه زردآلو در طول ۲۱ روز انبارداری به طور معنی‌داری کاهش یافت که در این بین به طور کلی میوه‌های رقم 'درشت ملایر' در مقایسه با میوه‌های رقم 'قرمز شاهرود' از میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری برخوردار بودند (شکل ۳).

مطابق با نتایج بررسی حاضر قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) نیز گزارش کردند که اسیدیته قابل تیتراسیون در مراحل آخر انبارداری میوه زردآلو به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین افزایش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در پاسخ به تیمار ژل آلوئه‌ورا با یافته‌های امامی‌فر (۱۳۹۳) مطابقت دارد که این محقق نشان داد تیمار ژل آلوئه‌ورا در غلظت ۷۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه توت‌فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش داد. در همین راستا اصغری و همکاران (۱۳۹۴) بیان نمودند که تیمار ژل آلوئه‌ورا با غلظت‌های ۲۵ و ۳۳ درصد توانست به طور معنی‌داری میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه انگور رقم قزل‌ازوم افزایش دهد.

به طور کلی، کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در طول انبارداری می‌تواند به دلیل تبدیل اسیدهای آلی به قندها و همچنین استفاده بیش‌تر آن‌ها به‌عنوان پیش ماده تنفسی در طی فرایند تنفس باشد. بنابراین، بالا بودن میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه نشان دهنده‌ی کاهش تعرق و تنفس در میوه است که سبب افزایش ماندگاری آن در زمان نگهداری نیز می‌شود (Amodio et al., 2007; Shiri et al., 2011). با توجه به مطالب بالا، هر تیماری که باعث کاهش سرعت متابولیسم و فرآیند پیری محصول شود می‌تواند سرعت تغییرات اسید قابل تیتراسیون را در طی دوره نگه‌داری کاهش دهد. کاهش اسیدهای آلی در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های پوشش داده شده به تولید اتیلن بیشتر و سرعت تنفس بالا مربوط است که موجب مصرف اسیدهای آلی می‌شود و این اسیدها به عنوان سوبسترا مصرف می‌شوند، اما در میوه‌های پوشش‌دار با تغییر در غلظت گازهای تنفسی و کاهش اکسیداسیون، اسیدهای آلی حفظ می‌شوند (Yaman and Bayoindirli, 2002). بنابراین این احتمال وجود دارد که استفاده از ژل آلوئه‌ورا با کاهش تولید اتیلن و سرعت تنفس، باعث پایین آوردن متابولیسم فرآورده شده، فرآیندهای رسیدن میوه را کند کرده و در نتیجه تخریب اسید قابل تیتراسیون میوه را کاهش دهد (امامی‌فر، ۱۳۹۳).

از طرف دیگر کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون موجود در میوه در طول انبارمانی به مقدار زیادی به آنزیم آکونیتاز و ایزوسیتریک دی‌هیدروژناز کنترل می‌شود. این واکنش منجر به کاهش اسیدهای آلی شده که خود باعث افزایش طعم مطلوب در عصاره میوه می‌شود (Ladaniya, 2011).



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار ژل آلوئه‌ورا (راست) و اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری (چپ) بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه زردآلو در طی انبارمانی

Figure 3- Means comparison of the simple effect of *Aloe vera* gel treatment (right) and interaction effects of cultivar × storage time (left) on the titratable acidity content of apricot fruit during storage

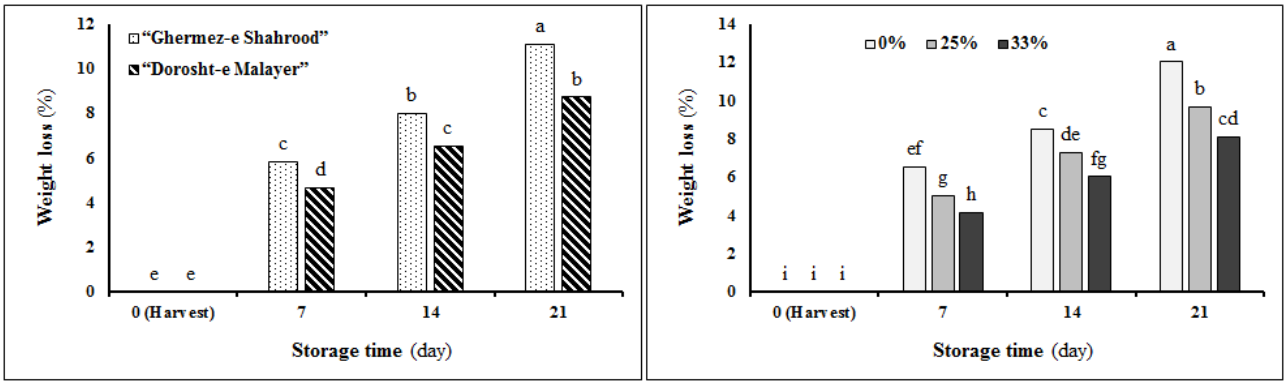
کاهش وزن: تجزیه واریانس داده که اثرات ساده رقم، ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری و همچنین اثرات متقابل دوگانه رقم در زمان انبارداری و نیز تیمار ژل آلوئه‌ورا در زمان انبارداری به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد میزان کاهش وزن میوه‌های زردآلو را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۱). بر اساس شکل ۴ مشخص شد که در طول انبارداری کاهش وزن به طور معنی‌داری افزایش یافت که در این میان تیمار ژل آلوئه‌ورا به ویژه در غلظت ۳۳ درصد توانست به طور معنی‌داری میزان کاهش وزن میوه زردآلو را کاهش دهد. همچنین در مجموع در تمامی مراحل انبارداری میوه‌های رقم 'درشت ملایر' در مقایسه با میوه‌های رقم 'قرمز شاهرود' از کاهش وزن کمتری برخوردار بودند (شکل ۴).

افزایش کاهش وزن میوه زردآلو در طول انبارداری با یافته‌های قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) مطابقت دارد. همچنین همراستا با نتایج بررسی حاضر، وحدت و همکاران (۱۳۹۱) بیان نمودند که تیمار میوه توت‌فرنگی توسط غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا

توانست به طور معنی‌داری میزان کاهش وزن میوه در طول انبارداری را کاهش دهد.

کاهش وزن یکی از عوامل مهم در کاهش کیفیت محصول در مدت زمان انبارداری می‌باشد. به طور کلی، کاهش وزن میوه همزمان با افزایش مدت انبارداری افزایش می‌یابد که دلیل اصلی آن از دست‌دهی آب و مصرف ذخایر میوه در نتیجه تنفس می‌باشد. همچنین تعرق صورت گرفته از طریق روزنه‌ها دلیل اصلی کاهش آب در محصولات تازه باغبانی عنوان شده است (Shiri et al., 2011; Shiri et al., 2016a).

کنترل کاهش وزن میوه‌ها و سبزی‌های تازه یکی از مهم‌ترین اهداف پوشش‌دهی به شمار می‌رود. طبق گزارش‌های ارگون و ساتیچ (Ergun and Satici, 2012)، مقدار کاهش وزن بسته به نوع محصول، رقم و خصوصیات بافت آن می‌تواند متفاوت باشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثر اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری (چپ) و تیمار ژل آلوئه‌ورا در زمان انبارداری (راست) بر میزان کاهش وزن میوه زردآلو در طی انبارمانی

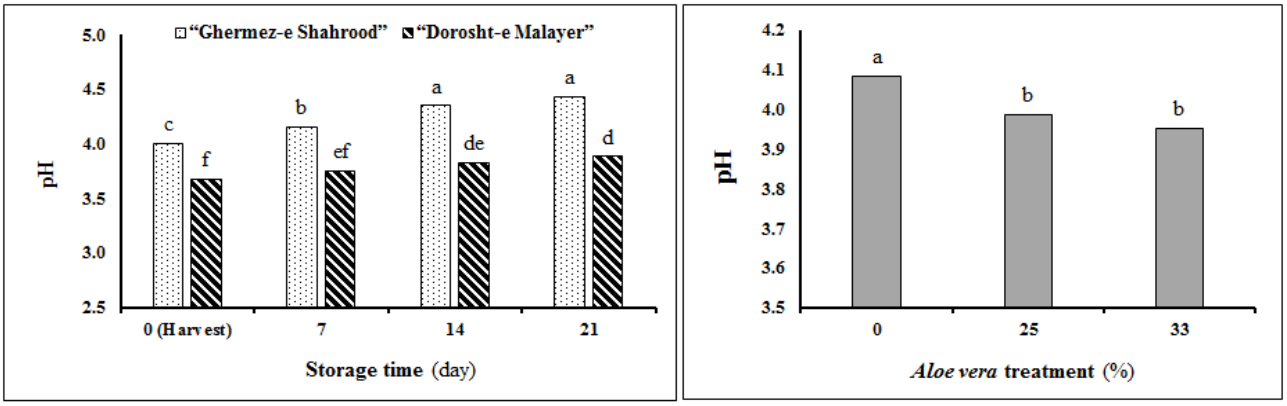
Figure 4-Means comparison of the interaction effects of cultivar × storage time (left) and *Aloe vera* gel treatment × storage time (right) on the weight loss amount of apricot fruit during storage

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان این‌گونه استنباط کرد که برای جلوگیری از کاهش وزن میوه زردآلو در طی انبارمانی، استفاده از پوشش ژل آلوئه‌ورا یکی از گزینه‌های مطلوب می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که بین میزان تنفس و کاهش وزن میوه ارتباط مستقیمی وجود دارد (Saltveit and Choi, 2007). میزان تنفس و کاهش وزن میوه محصولاتی مانند زردآلو، گیلاس، هلو، شلیل، آلو و گلابی تا چهار برابر محصولاتی مانند سیب، مرکبات، کیوی و انگور است (Saltveitand and Choi, 2007). مهم‌ترین عامل کاهش وزن میوه در طی دوره نگه‌داری، افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه می‌باشد. علاوه بر این، پوشش‌دهی میوه عمدتاً از بوسیله کاهش فعالیت آنزیم‌های از بین برنده ساختار سلولی، موجب کاهش تبادلات گازی و موجب کاهش تنفس می‌شوند (Levy and Poovaiah, 1979; Yaman and Bayoindirli, 2002). محبی و همکاران (Mohebbi *et al.*, 2012) نیز مهم‌ترین اثر مثبت پوشش‌دهی محصولات تازه کشاورزی را تشکیل لایه‌ای برای جلوگیری از تبخیر و انتشار آب از بافت محصول به محیط اطراف اعلام کرده‌اند. این پوشش روی روزنه‌ها و عدسک‌ها تأثیر گذاشته و در نتیجه سرعت عبور گازها از پوست میوه را کاهش می‌دهد. البته این ژل دارای مزایای دیگری از جمله حفظ مواد معطر داخل میوه، بهبود خصوصیات ساختاری سلولهای میوه مثل درزگیری و پوشش‌دهی محل زخم‌ها و بریدگی‌های میوه می‌باشد. از طرف دیگر قابلیت افزودن موادی مثل ویتامین‌ها و قارچ‌کش‌ها به ژل وجود دارد و همچنین ژل آلوئه‌ورا به محصول خاصیت درخشندگی می‌دهد (Choi and Chung, 2003). تحقیقات متعددی مبنی بر اثر مثبت ژل آلوئه‌ورا بر کنترل میزان افت وزن محصولات تازه کشاورزی از قبیل انگور، گیلاس، سیب و پاپایا در طول دوره نگه‌داری در سردخانه گزارش شده است (Martinez Romero *et al.*,

2005; Valverde *et al*., 2005; Marpudi *et al*., 2011; Ergun and Satici, 2012).

pH آب‌میوه: نتایج حاصل نشان داد که میزان pH آب‌میوه زردآلو به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده رقم، ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری و همچنین اثرات متقابل دوگانه رقم در زمان انبارداری قرار گرفت (جدول ۱).

مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ژل آلوئه‌ورا در هر دو غلظت ۲۵ و ۳۳ درصد توانست به طور معنی‌داری میزان pH آب‌میوه را کاهش دهد، که در این میان اختلاف معنی‌داری بین غلظت تیمار ژل آلوئه‌ورا مشاهده نشد (شکل ۵). همچنین اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری مشخص نمود که میزان pH آب‌میوه در طول ۲۱ روز انبارداری به طوری معنی‌داری افزایش یافت که در مجموع رقم 'قرمز شاهرود' در مقایسه با رقم 'درشت ملایر' از میزان pH آب‌میوه بالاتری برخوردار بود (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار ژل آلوئه‌ورا (راست) و اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری (چپ) بر میزان pH میوه زردآلو در طی انبارمانی

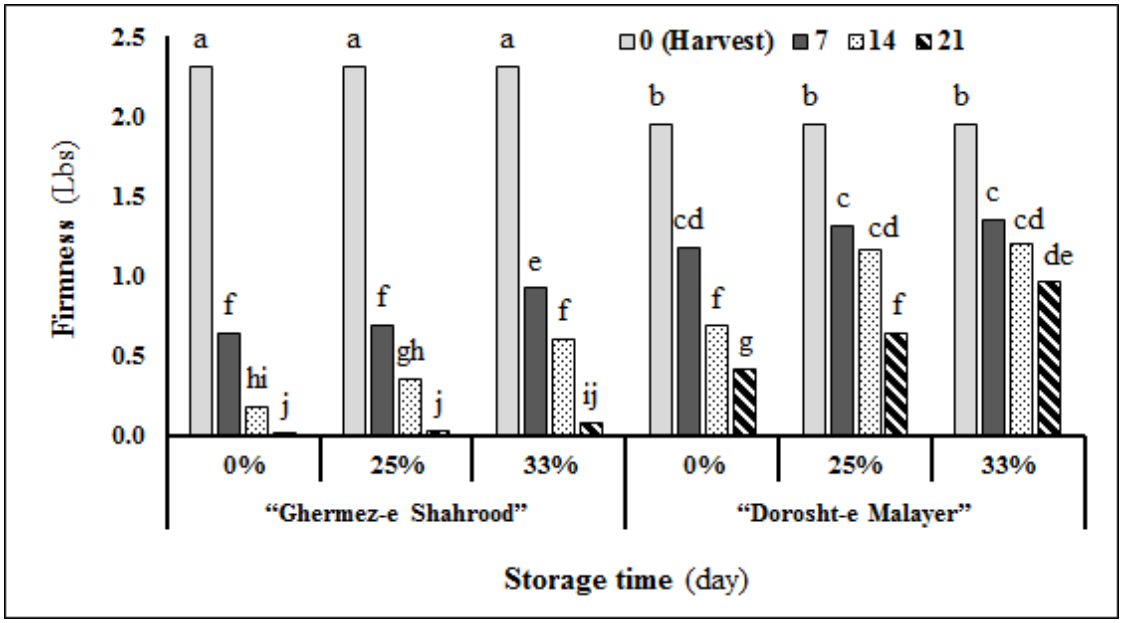
Figure 5-Means comparison of the simple effect of *Aloe vera* gel treatment (right) and interaction effects of cultivar × storage time (left) on the pH content of apricot fruit during storage

افزایش میزان pH میوه زردآلو در طول انبارمانی به یافته‌های قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) مطابقت دارد. میزان pH زردآلو در ابتدای برداشت به علت وجود اسیدهای آلی در حد پایین‌تری قرار دارد ولی به‌تدریج و در طی فعل‌وانفعالات پیر شدن، اسیدها به ترکیبات دیگری مثل قند تبدیل‌شده و میزان pH افزایش می‌یابد. کاهش تغییرات pH در اثر استفاده از پوشش پورسیتین و افزایش آن در طول مدت نگه‌داری در هلو (Zokaee *et al*., 2008a) و توت‌فرنگی (Zokaee *et al*., 2008b) گزارش شده است. کریشنان و همکاران (Krishnan et al., 2017) گزارش کرده‌اند که میوه‌های گواوا تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا میزان pH کمتری (pH=۴) در مقایسه با تیمار شاهد (pH=۵-۷) ایجاد نموده‌اند، pH کمتر از قهوه‌ای شدن میوه‌ها که ناشی از فعالیت آنزیم‌های کاتکین و اسید کلروژنیک در (pH=۵-۷) است، جلوگیری می‌کند.

همچنین قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) بیان نمودند که استفاده از پوشش چیتوزان با ایجاد یک پوشش نیمه‌تراوا روی سطح میوه زردآلو میتواند باعث ایجاد یک نوع حالت اتمسفر تغییر یافته درونی در میوه نموده که در نتیجه آن میزان گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن تغییر یافته و در نهایت فرآیند رسیدگی میوه را به تأخیر انداخت، که این امر خود بر میزان pH میوه اثر معنی‌داری داشت.

سفتی میوه: بر اساس جدول ۱ مشخص شد که تمامی اثرات ساده، اثرات متقابل دوگانه و سه گانه رقم، ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان سفتی بافت میوه زردآلو معنی‌داری بود.

مقایسات میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که میزان سفتی بافت میوه زردآلو در طول انبارداری به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۶). در این میان، استفاده از تیمار ژل آلوئه‌ورا توانست به طور معنی‌داری از کاهش سفتی بافت میوه زردآلود در طول انبارداری جلوگیری کند به طوری که در هر یک از زمان‌های انبارداری، میوه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا (به ویژه با غلظت ۳۳ درصد) بیشترین میزان سفتی بافت میوه را به خود اختصاص دادند (شکل ۶). همچنین مشخص شد اگرچه در زمان برداشت میوه‌های رقم 'قرمز شاهرود' دارای سفتی بافت بیشتری بودند اما در پایان انبارداری، بیشترین سفتی بافت میوه در میوه‌های رقم 'درشت ملایر' مشاهده شد.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار ژل آلوئه‌ورا در رقم در زمان انبارداری بر میزان سفتی بافت میوه زردآلو در طی انبارمانی

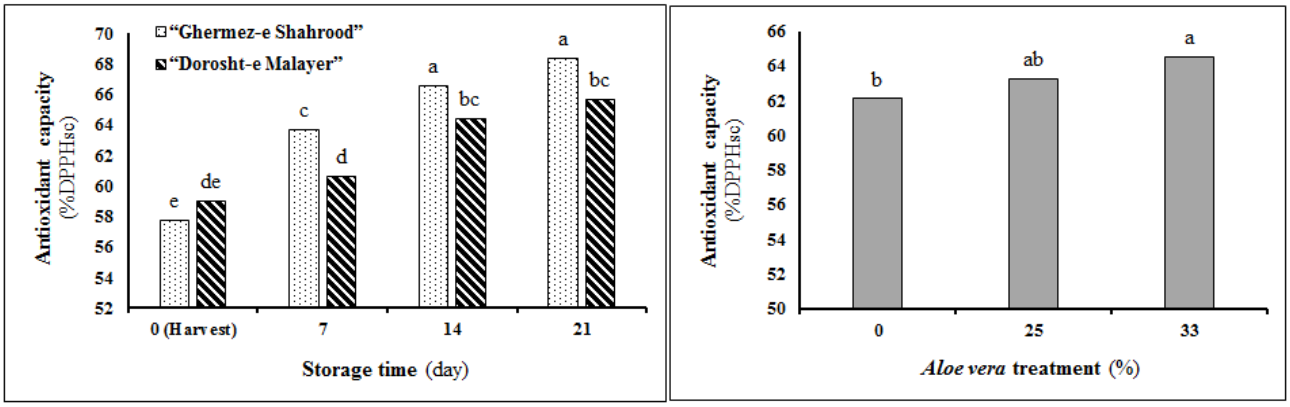
Figure 6- Means comparison of the interaction effects of *Aloe vera* gel treatment × cultivar × storage time on the tissue firmness level of apricot fruit during storage

کاهش سفتی بافت میوه زردآلو در طول انبارداری با یافته‌های زرین‌بال و همکاران (۱۳۸۹)، خالصی و همکاران (۱۳۹۷) و قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) مطابقت دارد. همچنین حفظ سفتی بافت میوه در طول انبارمانی با استفاده از غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا با یافته‌های وحدت و همکاران (۱۳۹۱) در مورد میوه توت‌فرنگی همخوانی دارد. زرین‌بال و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیان نمودند که میزان تغییرات یفتی بافت میوه در طول دوره انبارداری در ارقام مختلف زردآلود متفاوت می‌باشد که هم‌راستا با نتایج بررسی حاضر می‌باشد.

مارتینز- رومرو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که ژل آلوئه‌ورا همانند یک پوشش خوراکی عمل میکند و باعث کاهش وزن کمتر میوه گیلاس می‌شود و این کاهش کمتر وزن باعث حفظ بیشتر سفتی بافت میوه می‌شود. همچنین ژل آلوئه‌ورا فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز را کاهش می‌دهد که همین امر نیز باعث حفظ سفتی بافت میوه می‌شود. پوشش‌دهی میوه هلوی رقم آرکتیک اسنو (Arctic Snow) با ژل آلوئه‌ورا در مقایسه با میوه‌های پوشش داده نشده، باعث حفظ بیشتر سفتی میوه گردید که این امر ناشی از کاهش تولید اتیلن در میوه‌های پوشش داده با ژل آلوئه‌ورا عنوان شد که فرآیند رسیدگی

را در خلال این دوره به تاخیر انداخته بود (Ahmed et al 2009).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه زردآلو به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده رقم، ژل آلوئه‌ورا و زمان انبارداری و همچنین اثرات متقابل دوگانه رقم در زمان انبارداری قرار گرفت (جدول ۱). بر اساس شکل ۷ مشخص شد که تیمار ژل آلوئه‌ورا به ویژه در غلظت ۳۳ درصد توانست به طور معنی‌داری میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه زردآلو را افزایش دهد. در هر دو رقم مورد مطالعه، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در طول انبارداری به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۷). همچنین نتایج حاکی از آن بود که اگرچه در زمان برداشت میوه‌های رقم 'درشت ملایر' دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری بودند، اما در تمامی مراحل انبارداری میوه‌های رقم 'قرمز شاهرود' از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری برخوردار بودند (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثر ساده تیمار ژل آلوئه‌ورا (راست) و اثرات متقابل رقم در زمان انبارداری (چپ) بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه زردآلو در طی انبارمانی

Figure 7- Means comparison of the simple effect of *Aloe vera* gel treatment (right) and interaction effects of cultivar × storage time (left) on the antioxidant capacity of apricot fruit during storage

قاسم‌نژاد و همکاران (Ghasemnezhad et al., 2010) بیان نمودند که میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه زردآلو در طول انبارداری و به ویژه در مراحل ابتدایی آن به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. همراستا با نتایج بررسی حاضر اصغری و همکاران (۱۳۹۴) گزارش نمودند که تیمار ژل آلوئه‌ورا با غلظت‌های ۲۵ و ۳۳ درصد توانست به طور معنی‌داری میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه انگور رقم قزل‌ازوم را افزایش دهد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها شامل ترکیبات آنزیمی مثل آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و همچنین ترکیبات غیر آنزیمی شامل ویتامین ث، ترکیبات فنلی و کارتنوئیدها می‌باشد. سیستم آنتی‌اکسیدانی باعث جلوگیری از اثرات سوء رادیکال‌های آزاد می‌شود (Zhao liang *et al.*, 1998). عواملی مانند تنش‌های زیستی و پیری باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند که سلول‌های میوه برای حذف رادیکال‌های آزاد از آنتی‌اکسیدان‌ها کمک می‌گیرند. بنابراین تیمارهایی که موجب تأخیر در پیری و کاهش تنفس می‌شوند باعث حفظ محتوای آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های میوه می‌گردند (Asghari and Babalar, 2010). تأثیر پوشش ژل آلوئه‌ورا در حفظ و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه به تاثیر ژل آلوئه‌ورا در کاهش اتلاف آب میوه، کاهش تنفس، کاهش تولید اتیلن و ایجاد تاخیر درپیری میوه مربوط می‌شود (Yahia *et al.*, 2001).

نتیجه‌گیری

مطالعات نشان داده است که آلوئه‌ورا دارای ویژگی‌های ضد میکروبی، ضد اکسایشی می‌باشد(Pal *et al*., 2013). نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از تأثیر مناسب و مؤثر پوشش‌دهی ژل آلوئه‌ورا به ویژه در غلظت ۳۳ درصد بر حفظ بهتر کیفیت دو رقم زردآلوی بود که باعث افزایش معنی‌دار میزان ویتامین ث، اسیدیته قابل تیتراسیون، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، حفظ بهتر سفتی بافت و جلوگیری از کاهش وزن میوه شد، و در عین حال با کاهش میزان مواد جامد محلول و pH، رسیدگی بیش از حد میوه زردآلو را به تأخیر انداخت به دلیل مشاهده اثرات متقابل مربوط به رقم و سطوح ژل آلوئه‌ورا بهتر است این تحقیق بر روی ارقام دیگر زردآلو نیز انجام گیرد، تا بهترین ارقام برای انبارمانی و نگه‌داری با این پوشش جهت عرضه به بازار مصرف انتخاب شوند.

منابع مورد استفاده

اصغری م ر، احدی ل و ریایی س، ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد پس از برداشت اسید سالسیلیک و ژل آلوئه‌ورا بر عمر پس از برداشت و ویژگی‌ها آنتی‌اکسیدانی انگور رقم قزل‌ازوم، علوم باغبانی ایران، شماره ۴۶ جلد ۴، صفحات ۶۷۷-۶۸۵.

امامی فر آ، ۱۳۹۳. ارزیابی تاثیر ژل آلوئه‌ورا به عنوان پوشش خوراکی بر ویژگی های میکروبی، فیزیکو شیمیایی و حسی توت فرنگی تازه طی انبارداری، فصلنامه فناوری های غذایی، سال دوم، شماره ۶، زمستان ۹۳ صفحه ۲۹-۱۵.

خالصی ر، امیری م ا و حبیبی ف، ۱۳۹۷. تأثیر استات کلسیم بر انبارمانی، حفظ ویژگی‌های کیفی و کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه زردآلو رقم شکرپاره. علوم باغبانی ایران، شماره ۴۹ جلد ۲، صفحات ۴۹۳-۵۰۳.

زرین‌بال م، سلیمانی ج، اسکندری ا، دباغ محمدی نسب ع و رسولی پیروزیان ر، ۱۳۸۹. تأثیر زمان برداشت و بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته بر عمر انباری میوه چند رقم زردآلو. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۲۴ جلد ۱، صفحات ۹۱-۱۰۱.

وحدت ش، قاسم‌نژاد م، فتوحی قزوینی ر، شیری م ع و خداپرست س ع ا، ۱۳۹۱. اثر غلظت‌های مختلف ژل آلوئه ورا بر حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. شماره ۲۲، جلد ۳، صفحات ۲۸۵-۲۷۱.

AOAC 1984. Official Methods of Analysis, 14. Association of Official Agricultural Chemists. Washington DC. 844-847.

Ahmadi H, Fathollahzadeh H and Mobli H, 2008. Some physical and mechanical properties of apricot fruits, pits and kernels c v tabarzeh. American-Eurasian. Journal of Agricultural and Environmental Sciences 3(5):703-70.

Ahmed M J, Singh Z and Khan A S, 2009. Postharvest *Aloe vera* gel –coating modulates fruit ripening and quality of ´Arctic Snow´ nectarine kept in ambient and cold storage. International Journal of Food Science and Technology 44, 1024-1033.

Ali S, Khan A S, Nawaz A, Anjum M A, Naz S, Ejaz S and Hussain S, 2019. *Aloe vera* gel coating delays postharvest browning and maintains quality of harvested litchi fruit. Postharvest Biology and Technology. Volume 157, November, 110960

Almenar E, Catala R, Hernandez-Muñoz P and Gavara R, 2009. Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. LWT- Food Science and Technology 42:587-593.

Amodio ML, Colelli G, Hasey JK, Kader A A 2007. A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits. Journal of the Science of Food and Agriculture 87: 1228-1236.

Asghari M R and Babalar M 2010. Use of salycilic acid to increase strawberry fruit total antioxidant activity. Proceedings 6th international symposium, Acta Horticulture 877.

Ayala-Zavala J F, Wang S Y, Wang C Y and González-Aguilar G A 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. LWT-Food Science and Technology 37(7):687-695.

Bifani V, Ramírez C, Ihl M, Rubilar M, García A and Zaritzky N 2007. Effects of murta (Ugni molinae Turcz) extract on gas and water vapor permeability of carboxymethylcellulose-based edible films. LWT-Food Science and Technology 40:1473-1481.

Brand-Williams W, Cuvelier M E and Berset C 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel- Wissenschaft Und-Technologie 28:25-30.

Caner C and Aday M S 2009. Maintaining quality of fresh strawberries through various modified atmosphere packaging. Packaging Technology and Science 22:115-122

Choi S and Chung M H 2003. A Review on The relationship Between Aloe vera Component and Their biologic effects. Seminars in Integrative Medicine 1:53-62.

Dalia I Sanchez-Machado, Jaime Lopez-cervantes, Raquel Sendon, Ana Sanches-Silva 2017. Aleo vera: Ancient knowledge with new frontirers. Trends in Food Science & Technology 61 (2017) 94 - 102

Defilippi B G, Rubio P, Pizarro M, Campos-Vargas R, Gudenschwager O and González-Agüero M 2015. Effect of ethylene inhibitors in apricot (*Prunus armeniaca* L) ripening: action vs biosynthesis. www. Inia. cl/ postcosecha/ files/ 2015/ 02/ Defilippi_damasco_Turquia.pdf

Del-Vallea V, Hernández-Muñozb P, Guardac A and Galottod M J 2005. Development of a cactusmucilage edible coating (Opuntia indica) and its application to extend strawberry (Fragaria ananassa) shelf-life. Food Chemistry 91:751-756.

Ding C K, Chachin K, Hamauzu Y, Ueda Y and Imahori Y 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology 14:309-315.

Ergun M and Satici F 2012. Use of aloe vera gel as biopreservative for 'granny smith' and 'red chief' apples. J Anim Plant Science 22:363-368.

Fatima T, Bashir O, Gani G, Bhat T A and Jan N 2018. Nutritional and health benefits of apricots. International Journal of Unani and Integrative Medicine 2(2): 05-09.

García M A, Ventosa M, Díaz R, Falco S and Casariego A 2014. Effects of *Aloe vera* coating on postharvest quality of tomato *Fruits,* vol 69 p 117–126. DOI: 10.1051/fruits/2014001

Ghasemnezhad M, Shiri M A and Sanavi M 2010. Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L) during cold storage. Caspian Journal of Environmental Sciences 8(1): 25-33.

Haciseferohullari H, Gezer I, Ozcan M M and Murat-Asma B 2007. Postharvest chemical and physical-mechanical propertis of some apricot varities cultivated in turkey. Journal of Food Engineering 79:364-373.

Hazrati S, Beyraghdar K A, Habibzadeh F, Tahmasebi S Z and Sadeghi A R 2017. Evaluation of *Aloe vera* gel as an alternative edible coating for Peach fruits during cold storage period. Journal of Gesunde Pflanzen 07-08| Original Article | Issue 3

Kader A A 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. Acta Horticulture 682:2169-2176.

Kaur K, Dhillon WS, Mahajan BVC 2013. Effect of different packaging materials and storage intervals on physical and biochemical characteristics of pear. Journal of Food Science and Technology 50(1): 147-152.

Krishnan A S, Abhishek U, Nukasani S, Tiny E O, and Sunaila K 2017. Development of *Aloevera* Based Edible Coating. International Journal of pure Applied Bioscience 5 (5): 796-801

Kucuker E, Ozturk B, Celic S M, and Aksit H 2014. Preharvest spray application of methyl jasmonate plays an important role in fruit ripening, fruit quality and bioactive compounds of Japanes plum. Scientia Horticulturaea 176: 162-169

Ladaniya MS, 2011. Physico-chemical, respiratory and fungicide residue changes in wax coated mandarin fruit stored at chilling temperature with intermittent warming. Journal of Food Science Technology 48(2): 150–158.

Lara I, García P and Vendrell M 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry *(Fragaria ananassa* Duch) fruit. Postharvest Biology and Technology 34:331-339.

Levy D and Poovaiah B W 1979. Effect of calcium infiltration of senescence of apples. Horticultural Science 14: 466-472.

Mali S and Grossmann M V E 2003. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (Fragaria ananassa). J Agric Food Chemistry 51:7005-7011.

Marpudi S L, Abirami L S S, Pushkala R and Srividya N 2011. Enhancement of storage life and quality maintenance of papaya fruits using Aloe vera based antimicrobial coating. Indian Journal of Biotechnology 10:83-89.

Martınez-Romero D, Alburquerque N, Valverde J M, Guillen F, Castillo S, Valero D and Morrano M 2005. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatments: A new edible coating. Postharvest Biology and Technology 39:93-100.

Mehyar, G F and Han J H 2011. Active packaging for fresh-cut fruits and vegetables, in modified atmosphere packaging for fresh-cut fruits and vegetables. John Wiley and Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA.

Misir J, Brishti F H, Hoque M M 2014. Aloe vera gel as a Novel edible coating for fresh fruits: A review. American Journal of Food Science and Technology 2(3): 93-97. DOI: 10.12691/ajfst-2-3-3

Mohebbi M, Ansarifar E, Hasanpour N and Amiryousefi M R 2012. Suitability of aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. Food Bioprocess Technology 5:3193-3202.

Pal S, Sahrawat A and Prakash D 2013. Aloe Vera: composition, processing and medicinal properties. International Journal Current Discover Innovation Research 2:106-122.

Park Y I and Jo T H 2006. Perspective of industrial application of Aloe vera. In: New Perspective on Aloe, Editors: Park Y I and Lee S K Springer Verlag, New York, USA, pp: 191-200.

Saltveit M E and Choi Y 2007. Aromatic- and dicarboxylates inhibit wound-induced phenolic accumulation in excised lettuce (Lactuca sativa L) leaf tissue. Postharvest Biology and Technology 46(3):222-229.

Shiri M A, Ghasemnezhad, M, Bakhshi, D and Saadatian, M 2011b. Effect of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grape. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 10: 2506-2515.

Shiri M A, Ghasemnezhad, M, Fattahi Moghaddam, J and Ebrahimi, R 2016a. Effect of $CaCl_2$ sprays at different fruit development stages on postharvest keeping quality of 'Hayward' kiwifruit. Journal of Food Processing and Preservation 40(4): 624–635.

Shiri M A, Ghasemnezhad, M, Fattahi Moghaddam, J and Ebrahimi, R 2016b. Enhancing and maintaining nutritional quality and bioactive compounds of 'Hayward' kiwifruit: Comparison the effectiveness of different $CaCl_2$ spraying times. Journal of Food Processing and Preservation 40(5): 850-862.

Siddiq M, Butt M S and Greiby I 2012. Apricots Production, Processing, and Nutrition. In: Handbook of Fruits and Fruit Processing, Second Edition. Edited by Nirmal K Sinha, Jiwan S Sidhu, J´ozsef Barta, James S B Wu and M Pilar Cano 385-398 pp DOI: 10.1002/9781118352533.ch23

Soleimani Aghdam M, Motallebiazar A, Mostofi Y, Fattahi Moghaddam J and Ghasemnezhad M 2011. Methyl salicylate affects the quality of Hayward kiwifruits during storage at low temperature. Journal of Agricultural Science 3(2):149-156.

Tanada-Palmu S P and Grosso C R F 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (fragaria. ananassa) quality. Postharvest Biology and Technology 36:199-208.

Valverde J M, Valero D, Martinez-Romero D, Guillen F, Castillo S and Serrano M 2005. Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. Agricultural and Food Chemistry 53:7807-7813.

Wang L J, Chen S, Kong W F, Li S H and Archbold D D 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and effects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology 41:244-251.

Yahia, E M, Contreras-Padilla, M and Gonazalez-Aguilar G, 2001. Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activityand polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie 34:452-457.

Yaman O and Bayoindirli L 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. LWT-Food Science and Technology. Tec 35:146-150.

Yang F M, Li H M, Li, F, Xin Z H, Zhao L Y, Zheng Y H and Hu Q H 2010. Effect of Nano-Packing on Preservation Quality of Fresh Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch, cv Fengxiang) during Storage at 4 °C. Journal of Food Science 75:236-240.

Zhao-liang L, Young-Bing, Y, Cheng-lian L, Zong-Xun C and Tsung-Hsum T 1998. Regulation of antioxidant enzymes by salycilic acid in cucumber leaves. Acta Botanica Sinica 40(4):356-36

Zokaee Khosroshahi M R and Esna-Ashari M 2008b. Effect of putrescine on shelf life and postharvest physiology of strawberry, apricot, peach and cherry. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12(45): 219-230.

Zokaee Khosroshahi M R and Esna-Ashari, M 2008a. Effect of exogenous putrescine treatment on the quality and storage life of peach (*Prunus persica* L) fruit. Journal of Postharvest Technology and Innovation 1(3): 278-287.

Journal of Food Researches/vol.30 No.3/ 2020/pp 203-219
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

The effect of *Aleo vera* gel coating on physicochemical characteristics of fruits in two apricot cultivars during storage period

J Parsa[1]*, M E Amiri[2], J Hajilou[3], F razavi[4] and H Rahnemoon[5]

Received: July 5, 2019 Accepted:Desember 31, 2019
[1]PhD Student, Department of Horticulture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[2]Professor Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[3]Pprofessor Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[4]Assistant Professor Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[5]Assistant Professor Horticulture Crops Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
*Corresponding author: Email: parsa.jp2018@gmail.com

Introduction: Apricot fruit is a carbohydrate-rich commodity and is a good source of fibers, essential minerals, vitamins and organic acids. It is also rich in bioactive compounds i.e. polyphenols and carotenoids that have certain antioxidant character in biological system. It is consumed in fresh, dried and frozen forms or used for the preparation of jam, juices, nectars and extruded products. Therefore, apricot being an attractive nutritious fruit is appreciated by consumers and farmers all over the world and has gained great economic importance over the years. Apricot is a climacteric fruit that presents a high respiratory and metabolic rate and, among stone fruits, is the one that presents the highest ethylene emission. One of the major problems of apricots is the rapid postharvest softening, which limits its storability and marketability. These features results that, at the postharvest, have an extremely short shelf-life of only 1-2 weeks in the cold storage, and pass quickly from maturity to overripe. One of the major problems of apricots is the rapid postharvest softening, which limits its storability and marketability. For this reason, to have acceptable quality fruits, they must be stored with adequate techniques to limit the post-harvest losses. As apricot production and export increase, demands for practical methods of post-harvest quality retention are necessary to improve the post-harvest quality of apricots during postharvest life. Several pre- and postharvest technologies have been used to control postharvest losses, but the use of chemicals as fungicides is restricted in most countries and consumers demand agricultural commodities without pesticide residues. Consumers around the world demand for food of high-quality, without chemical preservatives, and extended shelf life. Therefore, an increased effort has been made to develop new natural preservatives and antimicrobials. Many storage techniques have been developed to extend the marketing distances and holding periods for commodities after harvest. Among these technologies, edible coatings are traditionally used to improve food appearance and preservation. Edible coatings are thin layers of edible material applied to the product surface in addition to or as a replacement for natural protective waxy coatings and provide a barrier to moisture, oxygen and solute movement. They are applied directly on the food surface by dipping, spraying or brushing. Edible coatings are used to create a modified atmosphere and to reduce weight loss during transport and storage. In fact, the barrier characteristics of gas exchange for films and coatings are the subjects of much recent interest. Recently, researchers have developed a gel based on *Aloe vera* that prolongs the conservation of fresh fruits. This gel is tasteless, colorless and odorless. This natural product is a safe and environmental friendly alternative to synthetic preservatives such as sulfur dioxide. This gel operates through a combination of mechanics, forming a protective layer against the oxygen and moisture of the air and inhibiting the action of micro-organisms that cause food-borne illnesses through its various

antibacterial and antifungal compounds. *Aloe vera* gel-based edible coatings have been shown to prevent moisture and firmness losses, control respiratory rate and delay ripening process slow oxidative browning and reduce microorganism proliferation in fruits. Present study was conducted to evaluate the increasing of apricot storage time, introducing suitable cultivars based on *Aloe vera* gel coating, effects of *Aloe vera* gel on the qualitative characteristics of fruit and obtain the optimum concentration of *Aloe vera* gel required to coating apricot fruits.

Material and methods: Therefore, a factorial experiment was carried out based on a completely randomized design with four replications. The evaluated factors including cultivars "*Dorosht-e Malayer"* and "*Ghermez-e Shahrood*", concentrations of *Aloe vera* gel [control (non-gel coating fruits), 25% and 33%] and storage time [0 (Harvest), 7, 14 and 21 d)]. Moreover, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), fruit firmness, pH, percentage of weight loss, antioxidant activity and vitamin C content were determined during storage time.

Results and discussion: The results showed that treatment of apricot fruits with *Aloe vera* gel, especially at 33% concentration, significantly enhanced vitamin C content, titrable acidity, antioxidant capacity and improved tissue firmness, but also reduced soluble solids, weight loss and pH content. Moreover, it was found that vitamin C content, titratable acidity and fruit tissue firmness significantly decreased during storage time, while soluble solids content, weight loss and antioxidant capacity significantly increased. Among the cultivars, "*Ghermez-e Shahrood*" cultivar had higher soluble solids content, weight loss, pH and antioxidant capacity during storage time, whereas "*Dorosht-e Malayer"* cultivar had higher titrable acidity, tissue firmness and vitamin C at the end of storage time.

double and triple interaction effects of evaluated factors significantly affected all characteristics, except in antioxidant activity, where just storage time had a significant effect. It was found that the highest vitamin C content in "*Dorosht-e Malayer"* and "*Ghermez-e Shahrood"* was obtained at the end of the second week in coated fruits with 33% of *Aloe vera* gel. TSS content in fruits of "*Dorosht-e Malayer"* cultivar that coated with 25% and 33% of *Aloe vera* gel was less than "*Ghermez-e Shahrood"* cultivar, while *Aloe vera* gel had no significant effect on TSS content in "*Ghermez-e Shahrood"* cultivar. *Aloe vera* gel had no defined pattern on TA concentration but generally, "*Dorosht-e Malayer"* fruits had higher TA concentration comparing "*Ghermez-e Shahrood"* fruits During the storage time, the fruit weight loss and firmness were higher in "*Ghermez-e Shahrood"* as compared with "*Dorosht-e Malayer"*, however, in the both evaluated cultivars, treatment with *Aloe vera* gel had a significant positive effect to controlling of fruit weight loss and firmness. Furthermore, coating with *Aloe vera* gel improved the antioxidant capacity *in both evaluated cultivars.*

Conclusion: Overall, according to the results, it can be concluded that as compared with "*Ghermez-e Shahrood"* cultivar, "*Dorosht-e Malayer"* cultivar showed better quality based on the evaluated parameters and maintained its quality for a longer time. As a conclusion, considering the positive effects of *Aloe vera* gel, it can be in order to increase the shelf-life and maintaining the quality of apricot fruits.

Keywords: *Aloe vera*, Antioxidant activity, Apricot, Titratable acidity, Total soluble solids