مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد ژل آلوئه‌ورا بر خواص کیفی و فعالیت آنزیمی میوه تازه بریده شلیل رقم ردگلد

ساوه واعظی[۱]، محمدرضا اصغری[۲] و علیرضا فرخزاد[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۶- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۳)

چکیده

پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد خوراکی (هیدروکلوئیدی یا لیپیدی) هستند که در سطح میوه‌ها و سبزی‌ها قرار می‌گیرند. آنها یک مانع نیمه نفوذپذیر در برابر گازها، بخارآب و ترکیبات فرار ایجاد می‌کنند و فعالیت متابولیکی سلول‌ها را کاهش می‌دهند. از این رو استفاده از پوشش‌های خوراکی روشی مناسب برای حفظ کیفیت و کاهش ضایعات میوه و سبزی‌های تازه می‌باشد. در این پژوهش، اثر ژل آلوئه‌ورا با غلظت‌های ۰ و ۲۰ و ۳۳٪ بر ماندگاری و کیفیت میوه‌های تازه بریده شلیل رقم رد گلد در طول ۲۱ روز نگهداری در دمای ۱-۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵٪ مورد مطالعه قرار گرفت. صفاتی چون کاهش وزن، میزان پوسیدگی، اسیدیته کل، مواد جامد محلول، شاخص قهوه‌ای شدن، فنل کل، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و گایاکول پراکسیداز ارزیابی شدند. ژل آلوئه ورای ۳۳٪ بطور معنی‌داری باعث حفظ کیفیت میوه‌ها و کاهش پوسیدگی در پایان مدت نگهداری و همچنین باعث حفظ اسیدیته کل گردید. شاخص قهوه‌ای شدن در تیمارمیوه‌ها با ژل آلوئه ورا بطور معنی‌داری کاهش پیداکرد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ژل آلوئه ورا به دلیل وجود خواص آنتی‌اکسیدانی و دارویی به عنوان ترکیبی سالم و طبیعی می‌تواند جایگزین مناسبی برای تیمارهای شیمیایی در تکنولوژی پس از برداشت میوه‌های تازه بریده باشد.

کلمات کلیدی: پوسیدگی، پوشش خوراکی، شاخص قهوه‌ای شدن، عمرانباری

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه. گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

* پست الکترونیک: s.vaeziheris@urmia.ac.ir

مقدمه

اخیراً تقاضا برای مواد غذایی که آماده خوردن یا طبخ هستند افزایش یافته است. بنابراین میوه‌ها و سبزی‌های تازه بریده به‌عنوان پاسخی به تقاضای راحت‌تر شدن زندگی روزانه مصرف کنندگان در نظر گرفته می‌شوند (سایو[1] و همکاران، ۱۹۹۹). عملیات تولید محصولات تازه بریده، به‌ویژه برش و پوست‌گیری، باعث افزایش تنفس و تولید اتیلن، تسریع در کاهش آب، تحریک تجمع متابولیت‌های ثانویه، از هم پاشیدگی سلول و قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌شود (واتادا[2] و همکاران، ۱۹۹۶). به همین دلیل استفاده از فناوری‌های نوین برای جلوگیری از ضایعات قابل توجه پس از فرآوری این محصولات بسیار ضروری به نظر می‌رسد (اثنی‌عشری و زکایی‌خسروشاهی، ۱۳۸۷؛ رسولی و همکاران، ۱۳۹۶). یک پوشش خوراکی عبارت است از یک لایه نازک از مواد خوراکی که در روی محصول قرار می‌گیرند و می‌تولند به عنوان بخشی از محصول مصرف شود (بورتوم[3]، ۲۰۰۸). فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌توانند فن‌آوری مناسبی برای حفظ میوه‌ها و سبزی‌های تازه بریده باشند زیرا می‌توانند یک مانع نیمه نفوذپذیر در برابر گازها، بخارآب و ترکیبات فرار در اطراف محصول ایجاد کنند (گونزالز- آگویلر[4] و همکاران، ۲۰۱۰) و با تغییر اتمسفر اطراف محصول باعث کاهش تنفس و سایر فعالیت‌های متابولیکی محصول شده و سرعت پیری را کاهش دهند. بنابراین نیازی به استفاده از ترکیبات شیمیایی و خطرناک برای نگهداری این محصولات نخواهد بود. آلوئه‌ورا یکی از گیاهان گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که از زمان‌های دور به دلیل خواص دارویی بسیار مورد توجه بوده است. با در نظر گرفتن اینکه ژل آلوئه‌ورا خصوصیات ضدقارچی و ضدمیکروبی را نشان می‌دهد، از آن می‌توان به عنوان یک پوشش خوراکی برای تیمار پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده کرد (کومرو[5] و همکاران، ۲۰۱۱). پوشش خوراکی آلوئه‌ورا، از کاهش رطوبت جلوگیری کرده و مقدار تنفس و بلوغ میوه را کنترل می‌کند. همچنین قهوه‌ای شدن اکسیداتیو را در میوه‌هایی مانند گیلاس، انگور و شلیل کاهش می‌دهد (مارپودی[6] و همکاران، ۲۰۱۱). پوشش آلوئه‌ورا برای حفظ کیفیت میوه‌های گیلاس (مارتینز-رومرو[7] و همکاران ۲۰۰۶) مورد مطالعه قرار گرفته است. والورد[8] و همکاران (۲۰۰۵) ماندگاری انگورهای پوشش داده شده با ژل آلوئه‌ورا را در صفر درجه سانتی‌گراد در طول ۳۵ روز با کاهش بار میکروبی در مقایسه با انگورهای شاهد افزایش دادند. آدتوجی[9] و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که ژل آلوئه‌ورا می‌تواند ماندگاری پرتقال‌های انبار شده به مدت ۷ هفته در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد را با حفظ همه ویژگی‌های مطلوب میوه افزایش دهد. ارگون و ساتیسی[10] (۲۰۱۲) گزارش دادند که تیمار سیب گرانی اسمیت با ژل آلوئه‌ورا باعث حفظ اسیدیته کل و رنگ میوه گردیده و از کاهش وزن میوه جلوگیری کرده است. در این پژوهش اثر ژل آلوئه‌ورا روی خصوصیات کیفی و ماندگاری میوه‌های تازه بریده شلیل رقم «ردگلد» انبار در ۱-۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۱ روز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های شلیل رقم "ردگلد"در مرحله بلوغ تجاری هنگامی که ۵۰ تا ۸۰ درصد رنگ گرفته بودند و دارای اندازه مناسب بودند برداشت شدند و شلیل‌های سالم و دارای اندازه یکسان انتخاب شده و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه منتقل گردیدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد نگه داری شدند.

تهیه ژل آلوئه ورا

بدین منظور برگ‌های بالغ و شاداب گیاه آلوئه از بازار تهیه گردیدند و پس از ضدعفونی سطحی برگ‌های مورد نظر، اپیدرم بالایی برگ‌ها حذف شده و بافت گوشتی مورد نظر که به صورت ژل در بین اپیدرم رویی و زیری برگ وجود دارد به آرامی و به صورت لایه لایه به شکل ژله مانند استخراج گردید. سپس ژل خارج شده با آب مقطر به نسبت‌های حجمی۲۰ و ۳۳٪ رقیق شد (آگاری[11] و همکاران، ۲۰۰۵).

فرآوری و تیمار میوه‌ها

1. Siew
2. Watada
3. Bourtoom
4. Conzalez_Aguilar
5. Kumoro
6. Marpudi
7. Martinez-Romero
8. Valverde
9. Adetuji
10. Ergun and Satici
11. Agarry

میوه‌ها با محلول ضدعفونی کننده میوه و سبزی داتیس به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی، سپس شسته شده و خشک گردیدند. اندازه‌گیری‌های اولیه در مورد صفات مورد نظر انجام شد. هر میوه با استفاده از چاقوی فلزی ضدزنگ تیز به ۴ قاچ مساوی تقسیم و سپس هسته میوه خارج شد. پس از آن قاچ‌های شلیل در محلول‌های آماده شده ژل آلوئه‌ورا با غلظت‌های صفر، ۲۰ و ۳۳ ٪ به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند و سپس به مدت نیم ساعت در معرض هوا قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس میوه‌ها در ظرف‌های پلی‌پروپیلنی (۱۰ قاچ در هر ظرف) که از قبل برچسب‌زنی شده و نوع تیمارشان هم معلوم گردیده بود، قرار گرفتند و به سردخانه با دمای ۱-۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵٪ به مدت ۲۱ روز منتقل گردیدند. میوه‌های شاهد نیز با آب مقطر تیمار گشته و پس از خشک شدن به سردخانه منتقل گردیدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی

اندازه‌گیری خواص کیفی در روزهای اول، هفتم، چهاردهم و بیست و یکم انجام گرفت. کاهش وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی آزمایشگاهی AND مدل GF600 ساخت کشور ژاپن انجام شد. برای این منظور تفاوت وزن میوه‌ها در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ با روز اول محاسبه شد (منگ[1] و همکاران، ۲۰۰۷).

وزن اولیه/۱۰۰×(وزن ثانویه-وزن اولیه)= درصد کاهش وزن

برای ارزیابی میزان پوسیدگی هر میوه با بررسی ظاهری میوه از روش نمره‌دهی استفاده شد: ۱- پوسیدگی بسیارکم، ۲- پوسیدگی کم، ۳- پوسیدگی متوسط، ۴- پوسیدگی زیاد، ۵- پوسیدگی خیلی زیاد و ۶- پوسیدگی شدید تعیین گردید (یو[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

برای اندازه‌گیری اسیدیته کل از روش تیتراسیون با محلول ۰/۱ نرمال NaOH تا رسیدن به pH =۸/۲ استفاده گردید و نتایج برحسب گرم اسیدمالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه بیان شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس تیتر گردید (هرناندز-مونز[3] و همکاران، ۲۰۰۸).

مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل Atago Manual) در دمای اتاق بر حسب درجه بریکس قرائت گردید.

شاخص قهوه‌ای شدن طبق روش بوئرا[4] و همکاران (۱۹۸۵) انجام گرفت که با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج تغییرات رنگ از سطح خارجی میوه، اندازه‌گیری شد. شاخص قهوه‌ای شدن به صورت زیر محاسبه گردید:

شاخص قهوه‌ای شدن =۱۰۰(x-۰/۳)/۰/۱۷۵۲

$x=(a+۱/۷۵L^*)/(۵/۶۴۵L^*+a^*-۳/۰۲b^*)$

مدلی که در حال حاضر جهت اندازه‌گیری رنگ مواد غذایی بیشتر مرسوم می‌باشد، استفاده از Lab یا $L^*a^*b^*$ است. فضای رنگی $L^*a^*b^*$ یا CIELab یک استاندارد جهانی برای اندازه‌گیری رنگ است که در سال ۱۹۶۷ توسط کمسیون بین‌المللی روشنایی پذیرفته شده است. L^* مولفه روشنایی یا شفافیت است که محدوده آن از ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد و پارامتر a^* (از سبز تا قرمزی) و b^* (از آبی تا زردی) دو مولفه رنگی هستند که محدوده آنها نامحدود بوده ولی در اغلب مقالات محدوده آنها از ۱۲۰ تا ۱۲۰- ذکر شده است.

فنل کل

برای اندازه‌گیری فنل کل از روش فولین-سیوکالتو استفاده شد. مقادیر فنل کل بر اساس معادل اسیدگالیک (GAE) و بر حسب میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از اسیدگالیک شرکت مرک تهیه گردید (واترهاوس[5] ۲۰۰۲).

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز(PPO)

سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز با روش پیزوکارو[6] و همکاران (۱۹۹۳) بر اساس اکسیداسیون کاتکول انجام شد. یک واحد فعالیت آنزیمی عبارت بود از میزان تغییر PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم.

فعالیت آنزیم پراکسیداز(POD)

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از روش یوپادهیایا[7] و همکاران (۱۹۸۵) انجام شد. یک واحد فعالیت آنزیمی عبارت بود از میزان تغییر POD به مقدار ۰/۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

1. Meng
2. Yu
3. Hernandez-Munoz
4. Buera
5. Waterhouse
6. Pizzocaro
7. Updhyaya

آزمایش بصورت فاکتوریل (۹=۳×۳) در قالب طرح کاملا تصادفی که عامل اول ژل آلوئه‌ورا و عامل دوم زمان نگهداری در ۴ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS انجام شد و برای رسم نمودارها از EXCEL استفاده شد و مقایسات میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

میزان کاهش وزن میوه

تأثیر هر دو تیمار ژل آلوئه‌ورا و زمان و نیز اثرات متقابل آنها بر میزان کاهش وزن میوه‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین کاهش وزن (۳٪/۲۵) مربوط به شاهد در ۲۱ روز پس از نگهداری ثبت شد. کمترین کاهش وزن (۱٪/۰۳) مربوط به تیمار ژل آلوئه‌ورا ۳۳٪ در ۷ روز نگهداری بود (شکل۱). وزن میوه‌ها در طول دوره نگهداری کاهش می‌یابد که این به‌دلیل سرعت بالای تنفس و تعرق محصولات می‌باشد (عباسی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). واضح است که هرگونه زخم موجب افزایش تنفس و افزایش سرعت کاهش وزن محصول می‌شود. میوه‌های تازه بریده کاهش وزن بیشتری دارند زیرا این میوه‌ها سلول‌های اپیدرمی محافظتی ندارند (بائزا[2]، ۲۰۰۷).

آگار و همکاران[3] (۱۹۹۹) گزارش نمودند بیشترین کاهش وزن در قاچ‌های پوست گرفته کیوی و کمترین آن در میوه‌های کامل در شرایط ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است. بر اساس نتایج آدتوجی و همکاران (۲۰۱۲) و ارگون و ساتیسی (۲۰۱۲) کاهش وزن میوه‌ها عمدتاً با افزایش تنفس و از دست دادن رطوبت پوست همراه است. پوشش‌های خوراکی به عنوان سدی در برابر از دست رفتن آب و جلوگیری از آسیب مکانیکی پوست میوه عمل می‌کنند و باعث به تأخیر انداختن دهیدراسیون می‌شوند. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط مجید[4] و همکاران (۲۰۱۹)؛ جنا[5] و همکاران (۲۰۱۹) و شه و هاشمی[6] و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد که گزارش نمودند کاربرد ژل آلوئه‌ورا در موز، انار و انبه موجب کاهش کمتر درصد وزن نسبت به میوه‌های شاهد شده است.

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس تأثیر کاربرد ژل آلوئه ورا و زمان نگهداری و اثرات متقابل آنها بر صفات اندازه‌گیری شده

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجات آزادی	کاهش وزن	میزان پوسیدگی	اسیدیته کل	مواد جامد محلول	شاخص قهوه ای شدن	محتوای فنل کل	آنزیم پلی فنل اکسیداز	آنزیم گایاکول پراکسیداز
اثر ژل (G)	۲	۰/۰۰۶۰۹۲**	۱/۶۴**	۰/۰۷۲**	۰/۰۴۵**	۳۱۰/۳۶**	۱۰۸۰۶*	۱۸۹۷۳۳/۳**	۱۳۳۵۵**
اثر زمان (T)	۲	۰/۰۰۱۷۵۹**	۱/۲۸**	۰/۴۰**	۰/۰۳۰**	۴۱/۷۷**	۱۸۰۰۰**	۲۵۲۴۰۰/۰۰**	۵۰۴۵**
اثر متقابل ژل و زمان (G*T)	۴	۰/۰۰۰۷۵۴*	۰/۲۱**	۰/۰۲**	۰/۰۰۵*	۴۳/۰۷**	۹۹۳۲۷*	۱۴۷۳۳/۳۳*	۳۱۳۹**
اشتباه آزمایشی	۲۷	۰/۰۰۰۲۲۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۵۵	۳۰۰۶۹	۳۷۳۳/۳۳	۱۸۲/۵۳
ضریب تغییرات (CV)		۱۱/۷۶	۵/۹۶	۴/۵۹	۹/۱۳	۰/۰۷۱	۲۲/۲۱	۹/۶۰	۲۹/۱۱

ns ، ** و * به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

میزان پوسیدگی میوه

اثر متقابل پوشش خوراکی و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان پوسیدگی میوه‌ها معنی‌دار بود و بیشترین میزان پوسیدگی (۲٪/۵) در میوه‌های شاهد مشاهده گردید (شکل ۱). تیمار ژل آلوئه‌ورا در کنترل میزان پوسیدگی‌های میوه در طول دوره نگهداری بسیار موثر بود و بهترین اثر در کاهش میزان پوسیدگی (۱٪/۴۳) در غلظت ۳۳٪ ژل آلوئه‌ورا مشاهده شد (شکل ۱). خسارت ناشی از بیماری‌ها در طی حمل و نقل و جابجایی میوه‌ها از هنگام برداشت تا رساندن آنها به بازار مصرف بویژه در مناطق گرم و مرطوب سریع است و حجم بزرگی از ضایعات را تشکیل

1. Abbasi
2. Baeza
3. Agar
4 . Majeed
5. Jena
6. Shah and Hashmi

می‌دهد (میدانی و هاشمی‌دزفولی، ۱۳۷۶). روانفر[1] و همکاران (۲۰۱۲) اظهار کردند که ژل آلوئه‌ورا فعالیت ضد قارچی روی پاتوژن‌هایی مثل پنیسیلیوم، بوتریتیس و آلترناریا دارد بطوریکه از جوانه‌زنی قارچ و رشد میسیلیوم جلوگیری می‌کند (بانکس[2] و همکاران، ۱۹۹۳). کاهش تولید اتیلن در میوه‌های پوشش‌دار در نتیجه تغییر اتمسفر درونی که شامل افزایش CO_2 و کاهش O_2 است می‌باشد که CO_2 بالا اثر جلوگیری از فعالیت قارچ‌ها را دارد (هاگنمیر و شاو[3]، ۱۹۹۲). آدتوچی و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که ژل آلوئه‌ورا با جلوگیری از نرم شدن و تغییر در بافت آناناس در طول دوره نگهداری باعث افزایش ماندگاری آناناس شده است، همچنین میزان پوسیدگی و آسیب‌های مکانیکی را کاهش داده است. بر اساس گزارش مارتینز-رومرو و همکاران (۲۰۰۶) جمعیت میکروبی میوه‌های شاهد گیلاس در مقایسه با میوه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا بعد از ۱۶ روز نگهداری به اضافه یک روز دمای اتاق ۲۰ درجه سانتی‌گراد به سرعت افزایش یافته در حالیکه در میوه‌های تیمار شده کاهش یافته بود. نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که کاربرد ژل آلوئه‌ورا در راس‌بری، توت‌فرنگی، موز و انبه موجب کاهش میزان پوسیدگی در مقایسه با میوه‌های شاهد می‌شود (حسن‌پور[4]، ۲۰۱۴؛ سوگوار[5] و همکاران، ۲۰۱۶؛ مجید و همکاران، ۲۰۱۹ و شه و هاشمی، ۲۰۲۰).

میزان اسیدهای آلی

تأثیر هر دو تیمار پوشش خوراکی و زمان نگهداری و نیز اثرات متقابل آنها بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). همانطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) در طی ۲۱ روز انبارداری کاهش یافت. اما تیمار با ژل آلوئه‌ورا باعث کاهش کمتری نسبت به شاهد شد و بیشترین میزان TA (۰/۸۷٪) در میوه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورای ۳۳٪ در روز ۷ نگهداری ثبت شد. اسیدیته میوه ویژگی مهمی است که کیفیت و مقبولیت آن را تعیین می‌کند. مقادیر بسیار بالا یا بسیار پایین اسیدیته برای میوه‌های دارای کیفیت خوب توصیه نمی‌شود (عباسی و همکاران، ۲۰۰۹). بیشتر بودن میزان TA در میوه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا شاید به دلیل شرایط اتمسفر تغییر یافته ایجاد شده توسط ژل آلوئه‌ورا باشد که باعث کاهش تنفس و حفظ مواد جامد محلول و اسیدهای آلی می‌شود (ارگون و ساتیسی، ۲۰۱۲). نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط سوگوار و همکاران، (۲۰۱۶)؛ مجید و همکاران، (۲۰۱۹) و جنا و همکاران، (۲۰۱۹) مطابقت دارد که گزارش نمودند کاربرد ژل آلوئه‌ورا در توت‌فرنگی، موز و انار موجب کاهش کمتر میزان TA نسبت به میوه‌های شاهد شده است.

میزان مواد جامد محلول

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۱) تیمار ژل آلوئه‌ورا و زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول در طی ۲۱ روز نگهداری داشتند. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، میوه‌های شاهد در طی ۲۱ روز نگهداری دارای بیشترین میزان مواد جامد محلول (۱۵٪) و تیمار میوه‌ها با ژل آلوئه‌ورای ۳۳٪ دارای کمترین میزان مواد جامد محلول (۶/۵٪) می‌باشند. نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که کاربرد ژل آلوئه‌ورا در پاپایا و آلبالو موجب کاهش روند افزایش میزان مواد جامد محلول در مقایسه با میوه‌های شاهد می‌شود که دلیل آن کاهش تنفس و تولید اتیلن و درنتیجه جلوگیری از شکسته شدن پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی می‌باشد (مارپودی و همکاران، ۲۰۱۱ و روانفر و همکاران، ۲۰۱۲). زیرا ژل آلوئه‌ورا می‌تواند تغییری در اتمسفر داخلی میوه ایجاد کند که شبیه انبارهای اتمسفر تغییر یافته می‌باشد (مارتینز-رومرو و همکاران، ۲۰۰۳). اصغری و خمیری‌ثانی (۱۳۸۹) اعلام کردند که روند افزایش میزان مواد جامد محلول در میوه‌های انگور تیمارشده با نیتریک اکسید در طول دوره نگهداری در دمای ۱-۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳ ماه در مقایسه با میوه‌های شاهد کمتر بود. حسن‌پور (۲۰۱۴) اعلام کرد که راس‌بری‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا در طول دوره نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۸ روز در مقایسه با میوه‌های شاهد روند افزایش میزان مواد جامد محلول کمتری داشتند. نتایج ما با نتایج سوگوار و همکاران، (۲۰۱۶) بر روی میوه توت‌فرنگی مطابقت دارد.

1. Ravanfa
2. Bank
3. Hagenmaier and Shaw
4. Hassanpour
5. Sogvar

شاخص قهوه‌ای شدن

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، شاخص قهوه‌ای شدن در همه میوه‌ها در طول دوره انبارداری افزایش یافته است. تیمار با ژل آلوئه‌ورا میزان قهوه‌ای شدن میوه‌ها را نسبت به شاهد کاهش داد و ژل آلوئه‌ورا ۳۳٪ بهترین اثر را در کاهش قهوه‌ای شدن میوه‌ها نشان داد. قهوه‌ای شدن در طول دوره انبارداری و پس از قرار گرفتن در معرض هوا در میوه‌های تازه بریده ممکن است به خاطر افزایش فعالیت پلی‌فنل اکسیداز یا کاهش سطوح ویتامین ث باشد (لاتانزیو[1] و همکاران، ۱۹۹۴). والورد و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که پوشش ژل آلوئه‌ورا در جلوگیری از دهیدراسیون ساقه انگور و قهوه‌ای شدن آن موثر بوده است. روانفر و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که قهوه‌ای شدن در طول مدت نگهداری گیلاس افزایش می‌یابد که با رسیدن میوه همراه است. همچنین میزان قهوه‌ای شدن به آب از دست‌دهی میوه نیز مربوط است (اسچیچ و تویونن[2]، ۲۰۰۲). نتایج این تحقیق با نتایج سوپاپ ونیچ[3] و همکاران (۲۰۱۶) و کومار[4] و همکاران (۲۰۱۸) بر روی میوه سیب تازه بریده مطابقت دارد.

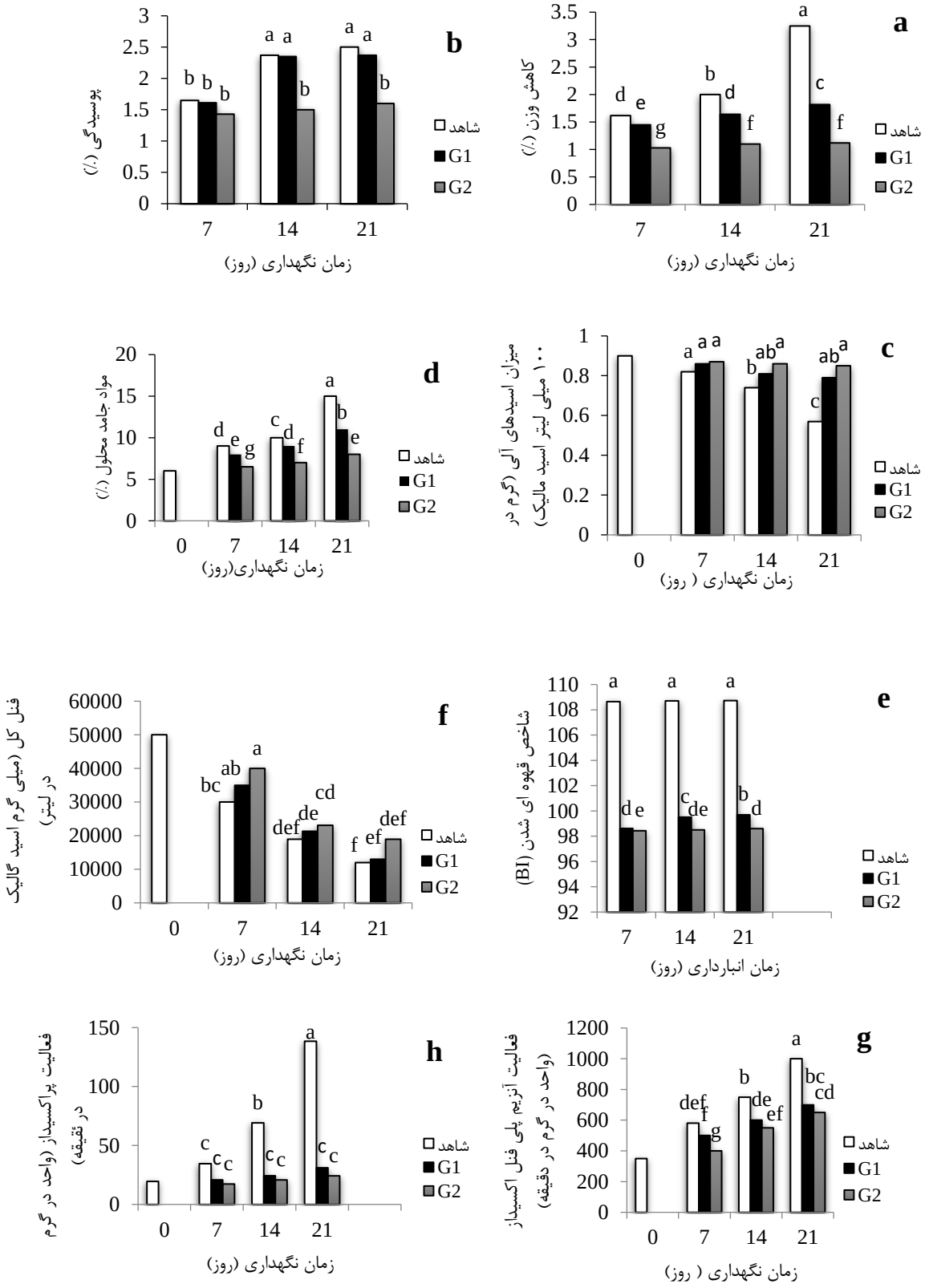
محتوای فنل کل

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل پوشش خوراکی و زمان نگهداری در سطح احتمال ۵٪ بر محتوای فنل کل معنی‌دار بوده است. شکل ۱ نشان می‌دهد که تیمار ژل آلوئه‌ورای ۳۳٪ دارای بیشترین میزان فنل کل است و کمترین میزان فنل کل در میوه‌های شاهد بعد از ۲۱ روز نگهداری مشاهده گردید. آسیب اکسیداتیو فرایند اولیه‌ای است که در نتیجه ترکیب شدن یک ماده با اکسیژن در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی فنل‌اکسیداز (PPO) ایجاد می‌شود. اکسیداسیون فنل‌ها منجر به قهوه‌ای شدن می‌شود (یو[5] و همکاران، ۲۰۰۷). ثابت شده است که پوشش‌های خوراکی حفاظی را روی سطح محصولات ایجاد می‌کنند و منجر به کاهش اکسیژن شده و در نتیجه اکسیداسیون فنل‌ها را کاهش می‌دهند (سو[6] و همکاران، ۲۰۰۱). میلر و رایس-ایوانس[7] (۱۹۹۷) گزارش کردند که مواد فنلی اثر حفاظتی روی اسید آسکوربیک دارند و حضور مواد فنلی در سلول‌های میوه ممکن است به حفظ محتوای اسید آسکوربیک کمک کند. رسنبرگ و انگلبرچ[8] (۱۹۸۵) گزارش کردند که در میوه‌های آووکادو که با ترکیبات کلسیمی تیمار شده بودند، کلسیم منجر به کندشدن روند تنفس و افزایش مواد فنلی گردید. حسن‌پور (۲۰۱۴)، سوپاپ ونیچ (۲۰۱۶)، کومار و همکاران (۲۰۱۸) و شه و هاشمی (۲۰۲۰) اعلام کردندکه محتوای فنلی در راس‌بری، سیب تازه بریده و انبه طی دوره نگهداری نسبت به تیمار شاهد بالاتر بوده است.

میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس ۱ نشان می‌دهد که اثر متقابل پوشش خوراکی و زمان نگهداری در سطح احتمال ۵٪ بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز معنی‌دار بوده است. شکل ۱g نشان می‌دهد که در تیمار ژل آلوئه‌ورای ۳۳٪ میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز دارای کمترین مقدار می‌باشد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم در میوه‌های شاهد بعد از ۲۱ روز نگهداری مشاهده گردید. سان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در میوه لیچی پوشش داده شده با کیتوسان ۱ درصد و آسکوربیک اسید ۴۰ میلی‌مول بر لیتر بعد از ۳۰ روز نگهداری در مقایسه با میوه‌های شاهد کاهش نشان داد. آنزیم پلی‌فنل اکسیداز غالبا در طی رسیدگی میوه و پیری و یا در شرایط تنش، زمانی که به غشا آسیب وارد می‌شود ، فعال می‌شود (مایر[9]، ۱۹۸۷). ژل آلوئه‌ورا به دلیل ایجاد مانع نسبی در مقابل گازهای تنفسی، باعث کاهش اکسیژن در داخل میوه شده و در نتیجه دسترسی آنزیم پلی‌فنل اکسیداز به اکسیژن را کاهش می‌دهد. همچنین با کاهش اتلاف آب، تنش کم آبی را کاهش داده و به این ترتیب باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز می‌شود (والورد و همکاران، ۲۰۰۵). بر اساس گزارش کومار و همکارن، (۲۰۱۸) میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در سیب تازه بریده رقم رویال‌دلشیز تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا در طول مدت نگهداری در ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۰٪ و به مدت ۷ روز در مقایسه با میوه‌های شاهد کاهش یافته بود. نتایج ما با نتایج سوپاپ ونیچ و همکاران

1. Lattanzio
2 .Schick and Toivonen
3. Supapvanich
4. Kumar
5. You
6. Su
7. Miller and Rice-Evans
8. Rensburg and Engelbrecht
9. Mayer



شکل۱- تأثیر کاربرد ژل آلوئه‌ورا بر خواص کیفی و ماندگاری میوه تازه بریده شلیل رقم" رد گلد" a) میزان کاهش وزن b) میزان پوسیدگی c) میزان اسیدهای آلی d) مواد جامد محلول e) شاخص قهوه‌ای شدن f)فنل کل g) آنزیم پلی‌فنل اکسیداز h) آنزیم پراکسیداز ژل آلوئه‌ورای G1=20% ژل آلوئه‌ورای G2= 33%. ستون‌هایی با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح ۱٪ بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن ندارند.

(۲۰۱۶) و جنا و همکاران (۲۰۱۹) در سیب تازه بریده و انار مطابقت دارد.

میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز

همانطور که در شکل ۱h نشان داده شده است میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در همه میوه‌ها در طول دوره نگهداری افزایش یافته است. تیمار با ژل آلوئه‌ورا میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز را نسبت به شاهد کاهش داد و ژل آلوئه‌ورای ۳۳ ٪ بهترین اثر را در کاهش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز میوه‌ها (۲۴/۲۱ واحد در گرم در دقیقه) نشان داد. POD که آنزیم اصلی مسئول در جاروب پراکسید هیدروژن است بطور وسیعی در بافت‌های گیاهی وجود دارد و در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند لیگنینی شدن و التیام زخم‌ها درگیر است (واکاماتسو و تاکاهاما[1]، ۱۹۹۳). زنگ[2] و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که طی نگهداری لیچی، فعالیت POX افزایش یافت که قهوه‌ای شدن آنزیمی در پریکارپ میوه افزایش پیدا کرد. علاوه بر این غلظت آنتوسیانین با افزایش قهوه‌ای شدن و فعالیت POX، در لیچی کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد که POX نقش مهمی را در تجزیه آنتوسیانین با قهوه‌ای شدن پریکارپ در لیچی بازی می‌کند (زنگ و همکاران، ۲۰۰۵). مشاهده شده است که زخم در میوه‌ها باعث افزایش فعالیت POX در کنار فعالیت PPO می‌شود (کانتوس[3] و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج ما با یافته‌های سان[4] و همکاران (۲۰۱۰)؛ سوپاپ ونیچ و همکاران (۲۰۱۶) و کومار و همکاران (۲۰۱۸) در میوه لیچی، سیب تازه بریده مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش مشخص می‌شود که ژل آلوئه‌ورا به عنوان پوشش خوراکی نقش مهمی در حفظ ویژگی‌های کیفی و ماندگاری میوه‌های تازه بریده شلیل رقم 'رد گلد' دارد و بنابراین با توجه به سالم بودن این ترکیب برای سلامتی انسان و محیط زیست استفاده از آن در صنعت تولید میوه‌های تازه بریده شلیل پیشنهاد می‌گردد.

منابع

اثنی‌عشری، م. و زکایی‌خسروشاهی، م.ر. ۱۳۸۷. فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت. چاپ اول، انتشارات دانشگاه همدان. ۶۵۸ ص.

اصغری، م. و خمیری‌ثانی، م. ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد پس از برداشت پوتریسین و نیتریک اکسید بر برخی خواص کیفی و محتوای فنلی کل میوه انگور رقم سفید بی‌دانه. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۵(۳): ۷۲-۶۱.

رسولی، م.، روستایی، پ. و بابایی، آ. ۱۳۹۶. بررسی و مقایسه انبارمانی ارقام مختلف انگور در شرایط کنترل شده. مجله پژوهش‌های میوه‌کاری، ۲(۱): ۷۴-۶۱.

میدانی، ج. و هاشمی‌دزفولی، س.ا. ۱۳۷۶. فیزیولوژی پس از برداشت. نشر آموزش کشاورزی. ۳۷۰ ص.

Abbasi, N.A., Lqbal, Z., Maqbool, M. and Hafiz, I.A. 2009. Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affect by chitisan coating. Pakistan journal of Botany, 41: 343-357.

Adetuji, C.O., Fawole,O.B., Arowora, K.A., Nwaubani, S.I., Ajayi, E.S., Oloke, J.K., Majolagbe, O.M., Ogundele, B.A., Aina, J.A. and Adetunji, J.B. 2012. Effects of Edible coating from *Aloe vera* Gel on quality and postharvest physiology of Ananas Comosus (L.) fruit during ambient storage. Global journal of science Frontier Research (G), 12: 2249-4626.

Agar, L., Massantini, B., Hess-Pierce, B. and Kader, A. 1999. Postharvest CO_2 and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut Kiwifruit slices. Journal of Food Science, 64: 432-440.

Agarry, O.O., Olaleye, M.T. and Bello-Michael, C.O. 2005. Comparative antimicrobial activities of *aloe vera* gel and leaf. African journal of Biotechnology, 12: 1413-1440.

Baeza, R. 2007. Comparison of thechnologiesto conyrol the physiologica, biochemical and nutritional changes of fresh cut fruit. Food Science Graduate Program, 11: 109-115.

Banks, N.H., Dadzie, B.K. and Cleland, D.J. 1993. Reducing gas exchange of fruits with surface coating. Postharvest Biology and Technology, 3: 269-284.

Bourtoom, T. 2008. Edible films and coating: characteristics and properties. International Food Research journal, 15: 237-248.

1. Wakamatsu and Takahama
2. Zhang
3. Cantos
4. Sun

Buera, M.P., Lozano, R.D. and Petriella, C. 1985. Definition of colour in the non-enzymatic browning process. Die Farbe, 32: 318–322.

Cantos, E., Tudela, J.A., Gil, M.I. and Espin, J.C. 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not ratelimiting in browning development of fresh-cut potatoes. Journal of Food Chemistry, 50: 3015–3023.

Ergun, M. and Satici, F. 2012. Use of *Aloe vera* Gel as Biopreserve active for "Grany Smith" and "Red Chief" apples. The journal of Animal and plant Sciences, 22: 363-368.

Gonzalez_Aguilar, G.A., Valenzuela- soto, E., Lizardi-Meudoza, J.3. and Ayalazavala, F.F. 2010. Effect of chitosan coatiny in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya. Jourual of Seience of food Agriculture, 89: 15-23.

Hagenmaier, R.D. and Shaw, P.E. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117(1): 105-109.

Hassanpour, H. 2014. Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit. LWT-Food Science and Technology, 60(1): 495-501.

Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V.D., Velez, D. and Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 110: 428-435.

Jena, S., Goyal, R.K., Godara, A.K. and Mishra, A. 2019. *Aloe vera* Bio-Extract Coating Results Better Shelf Life and Fruit Quality Attributes in Pomegranate. Current Journal of Applied Science and Technology, 35: 1-9.

Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R.R., Singh, S. and Varghese, E. 2018. Improving the shelf life of fresh-cut 'Royal Delicious' apple with edible coatings and anti-browning agents. Journal Food Science and Technology, 55: 3767–3778.

Kumoro, A.C., Retnowati, D.S. and Budiyati, C.S. 2011. Effect of Time and Solvent/ Feed Ratio on the Extraction of Mannan from *Aloe vera* leaf Pulp. International Review of Chemical Engineering, 3: 54-55.

Lattanzio, V., Cardinali, A., Venere, D., Linsalata, V. and Palmieri, S. 1994. Browning phenomena in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads: enzymatic or chemical reactions. Food Chemistry, 50: 1-7.

Majeed, B.H., Mohammed, R.R. and Rustum, A.N. 2019. Effect of Black Seed Oil and *Aloe Vera* Gel on Banana Fruit Maturity and Quality. Plant Archives, 19: 4459-4462.

Marpudi, S.L., Abirani, 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. Journal of Biotechnology, 10: 83-89.

Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, F. 2003. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. Journal Food Science, 68: 1838-1843.

Martínez-Romero, D., Alburquerqu, N., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. Postharvest Biology and Technology, 39: 93-100.

Mayer, A. 1987. Polyphenol oxidase and peroxidase in plants recent progress. Phytochemistry, 26: 11-20.

Meng, X., LiBLiu, J. and Tian, S. 2007. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. Food Chemistry, 106: 501-508.

Miller, N.J. and Rice-Evans, C. 1997. The relative contribution of ascorbic acid and phenolic antioxidant to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. Food Chemistry, 60: 331-337.

Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. Journal of Food Processing and Preservation, 17: 21-30.

Ravanfar, R., Niakousari, M. and Maftoonazad, N. 2012. Postharvest Sour cherry quality and safety maintenance by exposure to Hot-Water or treatment with fresh *Aloe Vera* gel. Association of Food Scientists and Technologist, 35: 15-25.

Rensburg, E. and Engelbrecht, A.1985. The effect of calcium salts on the components causing browning of avocado fruit. South African Avocado Growers' Association Yearbook, 8: 14-15.

Shah, S. and Hashmi, M.S., 2020. Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 61(2): 279-289.

Schick, J.L. and Toivonen, P.M.A. 2002. Reflective tarps at harvest reduce stem browning and improve fruit quality of cherries during subsequent shelf life. Postharvest Biology and Tecnology, 25: 117–121.

Siew, D.C.W., Helimann, C., Easteal, A.J. and Cooney, R.P. 1999. Solution and film properties of sodium caseinate/glycerol and sodium caseinate/polyethylene glycol edible coating systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 3432-3440.

Sogvar, O.B., Koushesh Saba, M. and Emamifar, A. 2016. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 114: 29-35.

Su, X.G., Zheng, Y.H., Zhang, L., Wang, F. and Zhaig, Y.M. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest quality and decay of vegetable soybean pods. Acta Phytophysiologica Sinica, 27: 467-472.

Sun, D., Liang, G., Xie, J., Lei, X. and Mo, Y. 2010. Improved preservation effect sot litchi fruit by combining chitosan coating with ascorbic acid treatment during postharvest storage. African Journal of Biotechnology, 22: 3272- 327.

Supapvanich, S., Mitrsang, P., Srinorkham, P., Boonyaritthongchai, P. and Wongs-Aree, C. 2016. Effects of fresh *Aloe vera* gel coating on browning alleviation of fresh cut wax apple (Syzygium samarangenese) fruit cv.Taaptimjaan. Journal Food Science and Technology, 53: 2844–2850.

Updhyaya, A.D., Sankhla, T.D., Davis, N. Sankhla, A. and Smidth, B.N. 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of Some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. Journal of Plant Physiology, 121: 453-461.

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. Journal Agricultural and Food Chemistry, 53: 7807-7813.

Zhang, Z., Pang, X., Xuewu, D., Ji, Z. and Jiang, Y. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. Journal of Food Chemistry, 90: 47–52.

Wakamatsu, K. and Takahama, U. 1993. Changes in peroxidase activity and in peroxidase isozymes in carrot callus. Physiologia Plantarum, 88: 167–171.

Watada, A.E., Ko, N.P. and Minot, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharvest Biology and Technology, 9: 115-125.

Waterhouse, A.L. 2002. Determination of total phenolics. In: Wrolstad RE. (Ed.), Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 35: 4-10.

You, Y.L., Jiang, Y.M., Duan, X.W., Su, X.G., Song, L.L., Liu, H., Sun, J. and Yang, H.M. 2007. Browning inhibition and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut by anoxia treatment. Journal of Food Processing and Preservation, 31: 595-606.

Yu, Z., Song, C.K., Jun, C.Q., Long, Z.S. and Ping, R.Y. 2003. Effects of Acetylsalicylic Acid (ASA) and Ethylene Treatments on Ripening and Softening of Postharvest Kiwifruit. Acta Botanica Sinica, 45: 1447-1452.