مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۴ صفحه‌های ۴۷۳ تا ۴۸۶ (۱۴۰۳)
مقاله پژوهشی

تأثیر پوشش خوراکی صمغ کتیرا در ترکیب با اسانس دارچین بر کیفیت انارداته میوه رقم "رباب" طی انبارمانی

The Effect of Tragacanth Gum Edible Coating in Combination with Cinnamon Essential Oil on the Quality of Pomegranate Arils "Rabab-E-Neyriz" During Storage Life

سمیه زارع[۱]، سید حسین میردهقان[*۱]، مریم دهستانی اردکانی[۲و۳]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲. گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
۳. پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mirdehghan@vru.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۳

چکیده

پوشش‌های خوراکی با کنترل تبادل گازها و بخار آب به حفظ کیفیت و ماندگاری محصولات باغبانی کمک می‌کنند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پوشش‌های خوراکی صمغ‌کتیرا غنی‌شده با اسانس دارچین بر افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت انارداته‌های رقم "رباب" بود. این مطالعه در قالب طرح کاملا تصادفی در یک آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور شامل صمغ کتیرا در چهار غلظت (۰، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر)، اسانس دارچین در سه سطح (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) و سه زمان نگهداری (۰، ۱۵ و ۳۰ روز) با سه تکرار انجام شد. انارداته‌ها در محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف صمغ، اسانس و ترکیبی از غلظت‌های مختلف صمغ و اسانس به روش غوطه‌وری به‌مدت ۹۰ ثانیه پوشش داده شدند و سپس در انبار با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۷۵ درصد به‌مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد که استفاده از غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ گرم بر لیتر صمغ کتیرا به‌ترتیب ۴۵/۸۴ و ۷۴/۸۵ درصد، فساد قارچی را در انارداته‌ها نسبت به شاهد کاهش داد. کاهش فعالیت قارچی در انارهای پوشش داده‌شده با اسانس دارچین (۲۵۰ میکرولیتر در لیتر) نیز مشاهده شد. در آخرین روز انبارمانی، آریل‌های پوشش‌داده شده با تیمار ترکیبی صمغ (۰/۷۵ و ۱/۵ گرم در لیتر) و اسانس دارچین (۲۵۰ میکرولیتر در لیتر) نسبت به شاهد با به‌ترتیب ۳۵/۲۹ و ۳۹/۲۱ درصد، کاهش وزن کمتری نشان دادند. بیشترین محتوای فنول کل و آنتوسیانین در تیمار تلفیقی صمغ کتیرا (۱/۵ گرم در لیتر) با اسانس دارچین (۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) حاصل شد. به‌طورکلی می‌توان غلظت‌های پایین صمغ کتیرا (۰/۷۵ و ۱/۵ گرم در لیتر)، غلظت ۲۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین و ترکیبی از این دو را برای حفظ کیفیت انارداته‌های رقم "رباب" معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، فساد قارچی، کاهش وزن، کیفیت انارداته، محتوای فنول کل.

مقدمه

انار با نام علمی (*Punica granatum* L.) از تیره Punicaceae جزء میوه‌های نیمه‌گرمسیری با قابلیت نگهداری و انبارمانی طولانی مدت محسوب می‌شود که کشت آن در ایران و خاورمیانه از سابقه طولانی برخوردار است (Hasanzadeh *et al.*, 2017). به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی این میوه و نقش آن در سلامتی انسان در کاهش بیماری‌های سرطان، دیابت، مسدود شدن رگ‌ها و فشار خون بالا، مصرف انار و به دنبال آن سطح زیرکشت آن روز به روز در حال افزایش است (Hasanzadeh *et al.*, 2017). بخش

خوراکی انار که اناردانه[1] نامیده می‌شود حدود ۵۰ درصد از وزن میوه را تشکیل می‌دهد که شامل ۸۰ درصد آب میوه و ۲۰ درصد بذر می‌باشد (Meighani *et al*., 2017). اناردانه‌های انار (قسمت خوراکی میوه) منبع غنی از قندها، پکتین، آسکوربیک اسید، اسیدهای آمینه، املاح معدنی، فیبرها، آنتوسیانین‌ها، فیتواستروژن و فلاونوئیدها است. بنابراین میوه انار به‌دلیل دارا بودن مواد موثر در سلامتی، محبوبیت زیادی پیدا کرده است (Martínez-Romero *et al*., 2013).

امروزه استفاده از سبزی‌ها و میوه‌های تازه آماده مصرف به‌دلیل استفاده گسترده از سالادهای آماده، افزایش یافته است که دلیل آن تغییر عادت تغذیه‌ای مصرف‌کننده‌ها می‌باشد. اگرچه اخیراً از آریل‌های انار برای تهیه مربا، رب، نوشیدنی‌های الکلی و غیرالکلی استفاده می‌شود، اما معمولا به صورت تازه مصرف می‌شوند (Barzegar *et al*., 2019). در خارج از ایران مصرف انار به‌طور عمده به‌دلیل سختی خارج کردن اناردانه‌ها از پوست، متداول نمی‌باشد، از این رو، میوه انار با حداقل فرآوری (آریل‌های آماده مصرف) به‌جای میوه کامل، محصول جذاب‌تری به مصرف‌کنندگان ارائه و چشم‌انداز تولید و مصرف انار را افزایش می‌دهد. عرضه اناردانه‌های انار به‌صورت تازه، در بسته‌بندی‌های پلاستیکی در طی چند سال اخیر متداول شده و از این رو پژوهشگران آزمایش‌های مختلفی درخصوص راه‌های بهبود کیفیت و نگهداری آریل انار بسته‌بندی شده انجام داده‌اند (Khademi payande *et al*., 2014). با این وجود، اناردانه‌ها مستعد کاهش وزن، تخریب بافتی و تغذیه‌ای هستند که مصرف آنها را محدود می‌کند (Khademi payande *et al*., 2014).

یکی از مشکلات مهم و عمده اناردانه‌های آماده به مصرف انار، فسادپذیری بالای آن توسط قارچها است. یکی از راه‌های جلوگیری از فساد دانه‌های انار، استفاده از پوشش‌های ضد میکروبی و خوراکی است. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد هستند که سدی در برابر انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد حل شده در غذا ایجاد می‌کنند و از این طریق به حفظ کیفیت و زمان ماندگاری محصولات غذایی کمک می‌کنند (Kunte *et al*., 1997). پوشش‌های خوراکی تهیه شده از پلی‌مرهای طبیعی مانند کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها علاوه بر شرایط تخریب‌پذیر بودن و سازگاری با محیط زیست، سبب حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی و به حداقل رساندن افت آب و ترکیبات فرار آروماتیک می‌گردند. از جمله کربوهیدرات‌هایی که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان پوشش استفاده نمود، صمغ‌ها می‌باشند (Barzegar *et al*., 2019). در پوشش‌دهی میوه‌ها و سبزی‌های تازه می‌توان از ترکیب کردن اسانس‌ها با صمغ‌ها نیز استفاده نمود و موجب افزایش هر چه بیشتر ماندگاری و کیفیت این محصولات شد (Barzegar *et al*., 2019). گزارش‌های متعددی در مورد کاربرد صمغ‌ها در دوران پس از برداشت میوه‌های مختلف ارائه شده که توانسته‌اند کاهش وزن این میوه‌ها را کنترل نموده و ماندگاری آن‌ها را افزایش دهند (Kawhena et al., 2020). برای مثال از صمغ کتیرا برای افزایش ماندگاری توت‌فرنگی (Khodaei et al., 2021) و میوه انار (Mokhtarizadeh Naeini, 2018) و صمغ عربی در میوه گواوا (Murmu & Mishra, 2018) استفاده شده است.

پوشش‌های خوراکی به‌طور عمده از پلی ساکارید، پروتئین، با افزودنی‌های کاربردی مانند اسانس (EO)[2]، ترکیب‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدان‌ها و غیره ساخته می‌شوند که ظاهر، یکپارچگی، ایمنی میکروبی، استحکام مکانیکی را افزایش داده و انتشار عوامل ضد میکروبی را کاهش می‌دهد. پوشش‌های خوراکی تعرق و کاهش وزن میوه‌ها را کاهش می‌دهد (Murmu & Mishra, 2018). عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به‌دلیل تأثیر قابل توجه در کنترل آلودگی‌های قارچی می‌توانند جایگزین سموم شیمیایی شوند. بررسی تأثیر برخی پوشش‌های خوراکی نظیر کیتوزان بر کیفیت و جمعیت میکروبی آریل انار نشان داد که این پوشش پلی‌ساکاریدی از رشد باکتری‌ها و قارچها روی سطح اناردانه و افزایش مواد جامد محلول کل ناشی از کاهش آب جلوگیری کرده و سبب حفظ فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد، فنول کل و آنتوسیانین می‌شود (Khodaei *et al*., 2021).

در مطالعه‌ی تاثیر پوشش صمغ فارسی حاوی اسانس دارچین بر عمر نگهداری اناردانه‌های انار گزارش شده است که پوشش حاوی اسانس دارچین، به‌طور قابل‌توجهی از رشد کپک روی نمونه‌ها جلوگیری کرد و با افزایش مقدار اسانس، اثر ضد قارچی پوشش افزایش یافت (Barzegar *et al*., 2019). در پژوهشی مشابه اثر اسانس میخک در ترکیب با نانوذرات کیتوزان بر عمر انبارمانی و کیفیت اناردانه‌های انار را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از این ترکیب عمر انبارمانی اناردانه‌های انار را تا

۱- Aril

۲- Essential oil

۵۴ روز افزایش داد در حالی که اناردانه‌های پوشش داده نشده پس از ۱۸ روز به دلیل پوسیدگی قارچی قابل استفاده نبودند (Hasheminejad & Khodaiyan, 2020).

با توجه به موارد یادشده، هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر پوشش خوراکی صمغ کتیرا و اسانس دارچین بر درصد کاهش وزن و حفظ ترکیب‌های زیست فعال آریل‌های انار "رباب" در دوره‌ی انبارداری بود.

مواد و روش‌ها

تهیه‌ی مواد گیاهی

به منظور انجام این پژوهش میوه‌های انار رقم "رباب" در مرحله بلوغ از یک باغ تجاری واقع در شهرستان تفت استان یزد (عرض جغرافیایی ´۴۴ °۳۱ شمالی و طول جغرافیایی ´۱۱ °۵۴ شرقی) برداشت شدند. میوه‌های برداشت شده به آزمایشگاه گروه باغبانی منتقل شد و انارهای دارای نقص (آفتاب‌سوختگی، ترکیدگی، آسیب‌دیدگی و غیره) حذف گردید. میوه‌های با پوست سالم و اندازه و ظاهر یکنواخت انتخاب شده و به‌منظور کاهش آلودگی، میوه‌ها با آب معمولی شستشو و در دمای معمولی اتاق خشک گردیدند. پوست میوه با یک چاقوی تیز برش داده شد. سپس اناردانه‌ها به‌صورت دستی جدا شدند. اناردانه‌ها در یک ظرف جمع آوری گردیده و پس از آن در یک محلول حاوی ۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر کلرین (NaOCl) به مدت دو دقیقه ضدعفونی شدند. سپس با آب مقطر شسته شده و آب اضافی اناردانه‌ها با پهن کردن روی حوله کاغذی به‌مدت ۲ ساعت در دمای معمولی اتاق گرفته شد (Ghasemnezhad *et al.*, 2013).

تهیه پوشش خوراکی صمغ کتیرا

کتیرای مورد استفاده در این پژوهش از شرکت گیاهان دارویی بوستان یزد تهیه شد. کتیراهای نواری شکل با استفاده از آسیاب برقی پودر و از الک آزمایشگاهی با مش ۲۵ عبور داده شد. ابتدا برای تهیه محلول پایه ۲۰۰ میلی‌لیتر از آب مقطر را به ۵ گرم پودر کتیرا اضافه نموده و غلظت آن برای به کارگیری در محاسبات آتی بر حسب گرم در لیتر محاسبه شد. سپس محلول ۲۴ ساعت در دمای معمولی نگهداری شد تا صمغ کاملا آب جذب کند. در مرحله بعد با همزن برقی به‌طور کامل حل شد و به مدت ۴۰ دقیقه بر روی دستگاه همزن برقی قرار داده شد تا به شدت هم زده و محلولی کاملا یکنواخت حاصل شود. پس از آن در یخچال به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. از این محلول پایه برای تهیه غلظت‌های مورد نظر (۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) استفاده گردید. از آب مقطر نیز به‌عنوان تیمار شاهد استفاده گردید (Meighani *et al*., 2017).

تهیه محلول اسانس دارچین

اسانس دارچین مورد استفاده در این پژوهش از شرکت صنایع کیمیاگر اسانس آریان تهران خریداری شد. از آنجایی که اسانس‌های گیاهی روغن‌های فراری هستند که در آب تقریبا نامحلول هستند، از حلال الکل جهت افزایش حلالیت اسانس استفاده گردید. برای تهیه غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین، ابتدا به وسیله سمپلر حجم های ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرولیتر از اسانس را در ظروف جداگانه ای ریخته و با چند قطره الکل اتانول ۷۰ درصد حل شد. سپس هرکدام جداگانه با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد (Barzegar *et al*., 2019).

آماده سازی پوشش ترکیبی صمغ کتیرا و اسانس دارچین

برای تهیه غلظت‌های ترکیبی صمغ و اسانس دارچین، پس از تهیه محلول‌های مورد نظر صمغ کتیرا، غلظت‌های مورد نظر اسانس دارچین، به آنها اضافه شد (Barzegar *et al*., 2019). برای تهیه غلظت‌های مورد نیاز صمغ و اسانس از رابطه ذیل استفاده گردید:

$$x = \frac{a \times b}{c}$$

x: حجم مورد نیاز از محلول پایه (لیتر)، a: غلظت محلول مورد نیاز (گرم در لیتر)، b: حجم محلول مورد نیاز (لیتر)، c: غلظت محلول پایه (گرم در لیتر).

پوشش‌دهی و انبار آریل انار

اناردانه‌های انار پس از ضدعفونی با روش غوطه‌وری به‌مدت ۹۰ ثانیه در محلول‌های مورد نظر قرار گرفتند. سپس اناردانه‌ها پس از عبور از صافی با پهن کردن روی حوله کاغذی تا خشک شدن کامل (به مدت ۵-۴ ساعت) در دمای معمولی (۲۵-۲۰ درجه

سلسیوس) در معرض هوای آزاد قرار داده شدند. از آب مقطر برای غوطه‌وری نمونه‌های شاهد استفاده شد. پس از پوشش‌دهی، ۲۰۰ گرم از انارداندها در ظروف یک‌بار مصرف پلی‌اتیلنی با ابعاد ۱۳×۱۸×۴ سانتی‌متر و حجم ۴۰۰ میلی‌لیتر قرار داده شد و در آنها محکم بسته شد. بسته‌بندی‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و برچسب زده شد. سپس درون انبار سرد با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵ تا ۹۰ درصد به‌مدت ۳۰ روز قرار داده شد.

اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی

صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی در این پژوهش شامل درصد کاهش وزن، آنتوسیانین، محتوای فنول کل و بار میکروبی (فساد قارچی) بود که در سه زمان ۰، ۱۵ و ۳۰ روز پس از انبارمانی بررسی شد.

درصد کاهش وزن

تمام نمونه‌ها قبل از انبار نمودن با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و برچسب زده شدند. مجدد وزن دقیق نمونه‌ها برای هر تیمار هر ۱۵روز یک‌بار اندازه‌گیری و ثبت گردید. میزان کاهش وزن به‌صورت درصد و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Ebrahimi *et al*., 2019).

رابطه ۱: $\text{درصد کاهش وزن} = (\frac{w1-w2}{w1}) \times ۱۰۰$

W1: وزن بسته‌ها قبل از انبار کردن

W2: وزن بسته‌ها در هر مرحله از انبارداری (۱۵ روز یک‌بار)

آنتوسیانین کل (TA)[۱]

برای اندازه‌گیری مقدار کل آنتوسیانین نمونه‌ها از روش افتراقی pH با دو بافر کلرید پتاسیم با pH=۱ و بافر استات سدیم با pH=۴/۵ استفاده شد (Dong & Wang, 2018). در ابتدا بافرهای استات سدیم ۰/۴ مولار و کلرید پتاسیم ۰/۰۲۵ مولار تهیه گردید. بدین‌منظور پس از انجام محاسبات غلظت (مولاریته) بافرها، میزان پودرهای مورد نیاز را با ترازوی حساس وزن کرده و در ارلن مناسب به‌طور جداگانه با آب مقطر به حجم مورد نیاز رسانده شد. سپس برای تنظیم pH مورد نظر (بافر کلرید پتاسیم با pH=۱ و بافر استات سدیم با pH =۴/۵) ضمن قرار دادن سنسور دستگاه pH متر داخل ارلن، قطره قطره HCl (اسیدکلریدریک) اضافه کرده و مرتب به هم زده شد تا pH نهایی مخصوص هر دو بافر حاصل گردد.

برای اندازه گیری مقدار کل آنتوسیانین نمونه‌ها طبق روش افتراقی pH، ابتدا ۱ میلی‌لیتر از آب انار هر تیمار را داخل لوله فالکون برچسب زده ریخته و ۱۴ میلی‌لیتر اتانول ۵۰ درصد به آن‌ها اضافه گردید. سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ سانتریفوژ انجام شد. ۱ میلی‌لیتر از مایع رویی هر تیمار را در لوله آزمایش ریخته و ۷ میلی‌لیتر از بافرهای با pH =1 و pH =۴/۵ جداگانه اضافه شد. پس از ۱۰ دقیقه جذب هر دو در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت شد. طبق رابطه ۲ غلظت رنگدانه آنتوسیانین را که به‌صورت معادل سیانیدین ۳-گلیکوزید بیان می‌شود، اندازه‌گیری شد (Cheng & Breen, 1991).

رابطه ۲: $A= (A520nm – A700nm)pH\ 1.0 – (A520nm – A700nm)pH\ 4.5$

$TA=\frac{A*MW*DF*1000}{MA*L}$

TA: آنتوسیانین کل (بر حسب غلظت رنگدانه سیانیدین ۳-گلیکوزید)

MW: جرم مولی سیانیدین ۳-گلیکوزید = ۴۴۹.۲ گرم بر مول

DF: فاکتور رقیق سازی

MA: ضریب خاموشی مولی سیانیدین ۳-گلیکوزید = ۲۶۹۰۰ مولار

L: طول مسیر سل بر حسب سانتی‌متر = ۱

۱۰۰۰: ضریب تبدیل گرم به میلی‌گرم

۱- Total Anthocyanins

محتوای فنل کل

از معرف فولین سیوکالتو[1] برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل استفاده شد (Barzegar *et al*., 2019). برای تهیه غلظت‌های مختلف ۱ تا ۶ گرم در لیتر محلول استاندارد گالیک اسید، میزان ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ میلی‌گرم از گالیک اسید را با ترازوی حساس وزن کرده و هر کدام جداگانه درون لوله آزمایش (دارای برچسب) ریخته شد. به لوله‌ها ۱ میلی‌لیتر اتانول اضافه گردید. برای هرکدام از غلظت‌های گالیک اسید، ۳ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰ میکرولیتر از محلول گالیک اسید در بالن‌های ۵ میلی‌لیتری اضافه شد. در مرحله بعد ۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتو به تمام بالن‌ها اضافه کرده و پس از ۳ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات‌سدیم ۲ درصد اضافه گردید. سپس بالن‌ها با آب مقطر به حجم رسانده شد و ۲ ساعت در محیط آزمایشگاه نگه داشته شد. برای تهیه نمونه شاهد، از ۲۰ میکرولیتر محلول دی‌متیل‌سولفوکسید استفاده شد و سایر مراحل مانند تهیه محلول‌های استاندارد انجام شد. و نیز برای تهیه محلول‌های عصاره از هر تیمار ۲۰ میکرولیتر عصاره آب انار را جداگانه در لوله آزمایش ریخته و با ۱۰۰۰ میکرولیتر آب مقطر رقیق شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو به هر لوله اضافه کرده و بعد از ۱۰ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر کربنات‌سدیم ۲ درصد اضافه شد. سپس محلول‌ها به‌مدت ۲ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه نگه داشته و جذب هر یک از محلول‌ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت گردیده و با استفاده از نمودار استاندارد گالیک اسید مقدار محتوای فنول کل محاسبه شد (Papoti & Tsimidou, 2009).

فساد قارچی

بررسی‌های میکروبی با تهیه عصاره رقیق شده آب انار و کشت آن روی محیط‌های ویژه کشت قارچ یعنی PDA[2] صورت گرفت. یک گرم نمونه درون هاون چینی با چند میلی‌لیتر آب مقطر استریل به خوبی همگن شد و به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس یک میلی‌لیتر از این عصاره با آب مقطر استریل به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. یک قطره از سوسپانسیون تهیه شده درون محیط کشت PDA با کمک سوآپ به‌طور همگن پخش و با پارافیلم درب محیط کشت برای جلوگیری از ورود آلودگی بسته شد. تمام فعالیت‌ها در زیر هود انجام شد. پتری‌های کشت شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در اتاقک رشد نگهداری شدند. سپس تعداد کلونی‌های موجود در هر پلیت (تعداد نقطه‌های آلوده) شمارش شد (Esna-Ashari *et al*., 2019).

واکاوی داده‌ها

این پژوهش به‌صورت طرح فاکتوریل با سه فاکتور (صمغ کتیرا، اسانس و زمان انبارمانی) در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار و یک بسته (۲۰۰ گرمی) در هر تکرار انجام شد. واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. تجزیه واریانس از طریق آزمون تعقیبی دانکن در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

کاهش وزن

در پژوهش حاضر نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی صمغ، اسانس و زمان انبارمانی و نیز برهمکنش آنها بر میزان کاهش وزن، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش پوشش‌های خوراکی صمغ کتیرا، اسانس دارچین و نیز زمان انبارمانی (شکل ۱) نشان داد که میزان کاهش وزن در طول مدت انبارمانی با گذشت زمان افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین کاهش وزن با اختلاف معنی‌دار در روز سی‌ام مشاهده شد. انارهای تیمار شده با پوشش‌های تلفیقی صمغ و اسانس در طول انبارمانی از کاهش وزن کمتری نسبت‌به شاهد و تیمارهای جداگانه صمغ و اسانس برخوردار بود، به‌طوری‌که کمترین (۰/۲ درصد) و بیشترین (۰/۶درصد) کاهش وزن به ترتیب مربوط به انارهای پوشش داده شده با پوشش تلفیقی (۱/۵ درصد صمغ کتیرا + ۲۵۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین) در روز پانزدهم و غلظت ۳ گرم در لیتر

۱- Folin-Ciocalteu ۲- Potato Dextrose Agar

صمغ کتیرا در روز سی‌ام انبارداری مشاهده گردید. این نتایج با یافته‌های Dong و Wang (Dong & Wang, 2018) مطابقت داشت، آنها گزارش کردند که ادغام عصاره جینسنگ در پوشش‌های خوراکی صمغ گوار، کاهش وزن آلبالو شیرین را با کاهش سرعت تنفس و از دست دادن آب در طول دوره نگهداری در دمای محیط کاهش داد. نتایج مشابهی روی انارهای پوشش‌داده شده با صمغ کتیرا گزارش شده است (Mokhtarizadeh Naeini, 2018). افزایش در میزان کاهش وزن در طی انبارداری به‌طور عمده مربوط به تبخیر و تعرق ناشی از اختلاف فشار بخار آب در فضای بین سلولی بافت میوه و اتمسفر اطراف میوه می‌باشد. همچنین با افزایش میزان تنفس در طی انبارداری احتمال کاهش وزن وجود دارد (Mokhtarizadeh Naeini, 2018). پوشش‌های خوراکی با تأثیر بر روی این عوامل و نیز کاهش اختلالات فیزیولوژیکی و کنترل عوامل میکروبی می‌تواند موجب افزایش عمر پس از برداشت محصولات کشاورزی به‌ویژه میوه‌های با حداقل فرآوری شوند. این نوع پوشش‌ها علی‌رغم اینکه ممانعت ضعیفی در برابر نفوذ بخار آب دارند، اما می‌توانند با برقراری پیوند با آب و نگه‌داشتن رطوبت در خود، لایه‌ای مرطوب در اطراف میوه ایجاد کرده و موجب حفظ رطوبت میوه در طی انبارداری شوند (Mostafavi & Kadkhodaee, 2020). در پژوهشی که توسط Khodaei و همکاران (Khodaei *et al*., 2021) انجام شد نتایج نشان داد که پوشاندن توت فرنگی با صمغ کتیرا (۰/۶ گرم در لیتر)، صمغ ایرانی (۴ گرم در لیتر) و پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز (۲ گرم در لیتر) موجب کاهش وزن و درصد پوسیدگی میوه‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد گردید.

همچنین در این پژوهش استفاده از غلظت‌های زیاد صمغ و اسانس کاهش وزن بیشتری را نسبت به نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) نشان داد (شکل ۱)؛ به‌طوری‌که میوه‌های پوشش‌داده شده با غلظت ۳ گرم در لیتر صمغ کتیرا و یا غلظت ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین نسبت به شاهد، کاهش وزن بیشتری داشتند. علت کاهش وزن بیشتر در این نوع تیمارها می‌تواند مربوط به اسیدی بودن پوشش کتیرا در غلظت‌های بالا به علت وجود اسید تراگاگانتین (موجود در قسمت محلول صمغ کتیرا) و به‌دنبال آن آسیب به بافت میوه و در نهایت افزایش تلفات آب میوه و یا به‌دلیل عدم ایجاد یک غشای کامل روی میوه باشد (Mokhtarizadeh Naeini, 2018). نتیجه‌های این پژوهش با یافته‌های Mokhtarizadeh Naeini و همکاران (Mokhtarizadeh Naeini, 2018) که اختلاف معنی‌داری بر درصد کاهش وزن انار ملس یزدی و ملس شهوار پوشش داده شده با غلظت‌های ۷/۵ و ۱۰ گرم در لیتر صمغ کتیرا نسبت به انارهای شاهد (بدون پوشش) مشاهده نکردند، نیز همسو است. در پژوهشی دیگر (Khanian & Ghanbarian, 2016) گزارش شده است که انارهای پوشش داده شده با محلول کیتوزان یک درصد نسبت به شاهد کاهش وزن بیشتری را نشان داد. آنها علت این موضوع را علاوه بر تأثیر اسید سیتریک موجود کیتوزان مربوط به حفظ رطوبت بین لایه کیتوزان و پوست میوه و نهایتا افزایش فعالیت قارچ و باکتری دانستند که این عامل موجب افزایش پوسیدگی میوه و به دنبال آن کاهش وزن بیشتر در غلظت‌های بالای پوشش‌ها می‌شود.

ضریب پخش شوندگی پائین محلول صمغ‌ها ممکن است موجب جمع‌شدن پوشش بر سطح میوه و در نهایت تشکیل لایه‌ای نازک و ضعیف در اطراف آن شود. بنابراین، اصلاح ترکیب یا فرمولاسیون ماده غذایی در جهت اتصال بهتر محلول پوشش انجام می‌شود. برای دستیابی به این هدف معمولا از سورفاکتانت‌ها، نرم‌کننده‌ها یا لیپیدها استفاده می‌شود (Nieto, 2009) که متاسفانه در این پژوهش استفاده نشده بود. در صورتی که از این ترکیبات استفاده شود، در غلظت‌های بالاتر که احتمال جمع‌شدگی پوشش بیشتر می‌شود، می‌تواند تاثیر پوشش را در جلوگیری از تلفات آب میوه بیشتر کند.

ملکول‌های آب در ساختار فیلم اثر نرم‌کنندگی دارند و مقدار آنها بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم مانند میزان نفوذپذیری به بخار آب و ویژگی‌های مکانیکی آن اثر بسزایی دارند. اساسا تفاوت در مقدار رطوبت فیلم‌ها می‌تواند به‌علت تفاوت در ساختار شیمیایی آن‌ها باشد. این تفاوت تعداد برهمکنش‌های برقرار شده بین ملکول‌های پلی‌ساکارید و آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mostafavi & Kadkhodaee, 2020). بنابراین در این پژوهش نیز به‌نظر می‌رسد که افزودن اسانس دارچین به کتیرا در بهبود خواص سدکنندگی صمغ نقش موثری داشته است.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر صمغ کتیرا، اسانس دارچین و زمان انبارمانی بر کاهش وزن، آنتوسیانین کل، ترکیبات فنلی و فساد قارچی اناردانه‌ها.

Table 1. Variance analysis of tragacanth gum, cinnamon essential oil and time on weight loss, total anthocyanin, phenolic compounds, and fungal spoilage of pomegranate arils.

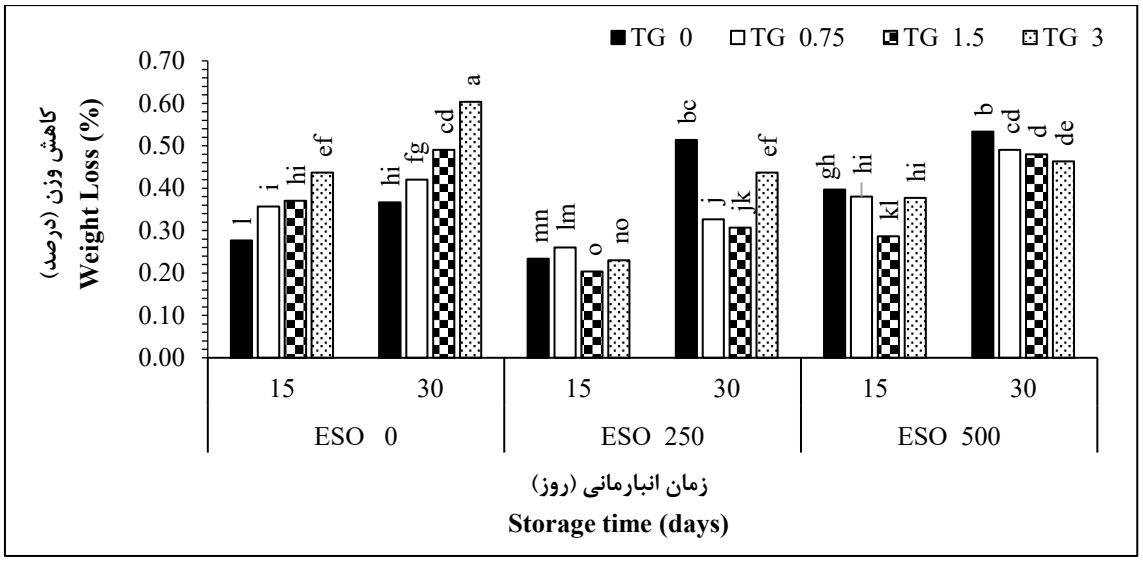
منابع تغییرات Variable	درجه آزادی Degree of Freedom	میانگین مربعات (Mean Square) فساد قارچی Fungal spoilage	آنتوسیانین کل Total anthocyanin	محتوای فنول کل Total phenolic content	کاهش وزن Weight loss
صمغ کتیرا (TG[1])	3	1303.9**	95.92**	0.51**	0.015**
اسانس دارچین (EO[2])	2	122.59**	314.9**	0.701**	0.092**
زمان Time	2	3556.05**	6184.18**	1.25**	0.32**
EO*TG	6	487.37**	301.98**	0.059**	0.024**
Time*TG	6	977.94**	233.68**	0.421**	0.007**
Time*EO	4	133.93**	280.95**	0.244**	0.004**
Time*TG*EO	12	169.26**	391.59**	0.317**	0.007**
خطا Error	72	7.23	18.66	0.016	0.001
ضریب تغییرات CV(%)	-	1.042	11.26	5.7	0.276

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ می‌باشد.

** Indicates a significant difference at the 0.01 level.

۱- Tragacanth gum

۲- Cinnamon essential oil



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش‌های صمغ کتیرا و اسانس دارچین در زمان انبارمانی بر کاهش وزن (درصد) اناردانه‌های انار رقم رباب. حرف‌های مشترک در هر ستون و برای هر مقایسه میانگین نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. (TG 0, 0.75, 1.5, 3= ۰، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر صمغ کتیرا و ESO 0, 250, 500= ۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین)

Fig. 1. Comparison of the average interaction effect of tragacanth gum and cinnamon essential oil at different levels of storage time on weight loss (%) of pomegranate arils of cv. Rabab-e-Neyriz. The common letters in each column and the mean for each comparison show no significant difference at the one percent probability level. (TG 0, 0.75, 1.5 and 3= 0, 0.75, 1.5 and 3 g L^{-1} Tragacanth Gum and ESO 0, 250 and 500= 0, 250 and 500 µl/l cinnamon essential oil).

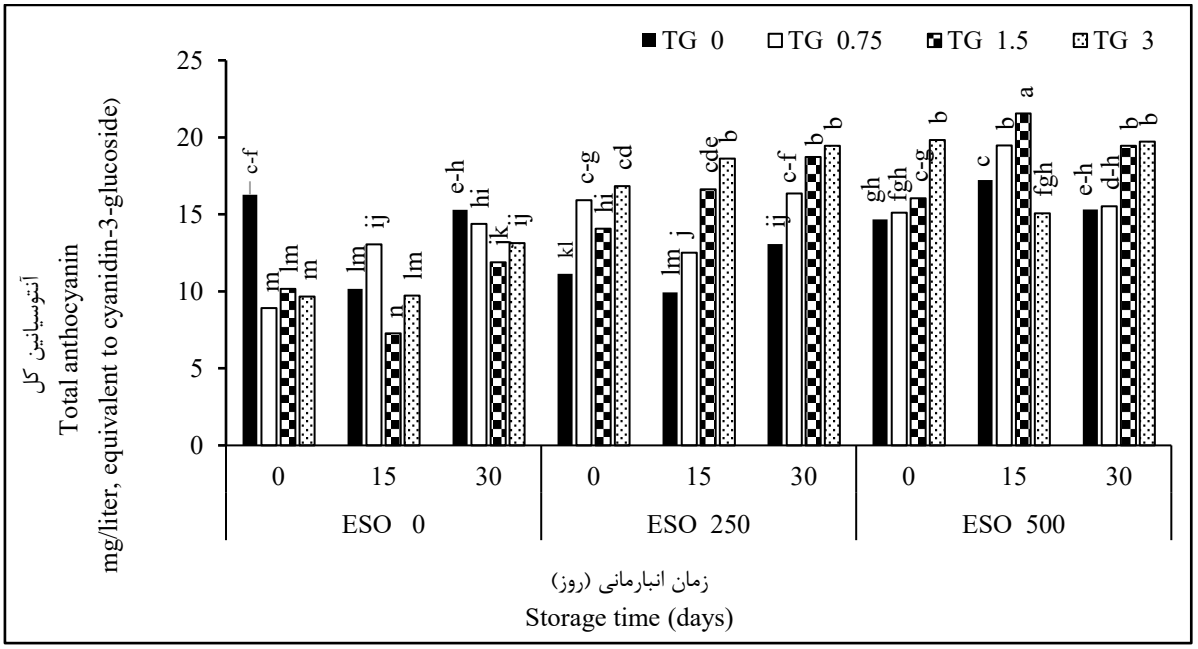
آنتوسیانین کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده صمغ، اسانس و زمان انبارمانی و نیز برهمکنش آنها بر میزان آنتوسیانین کل، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس این نتایج مقدار آنتوسیانین در میوه‌ها با گذشت زمان انبارمانی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج نشان داد با افزایش غلظت صمغ کتیرا میزان آنتوسیانین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این موضوع در رابطه با اسانس دارچین نیز صدق می‌کرد. کمترین (۷/۲۶ میلی‌گرم در میلی‌لیتر آب انار) و بیشترین میزان آنتوسیانین کل (۲۱/۵۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر آب انار) به‌ترتیب در آریل‌های با پوشش صمغ کتیرا (۱/۵ گرم در لیتر) در روز پانزدهم انبارداری و تیمار تلفیقی (۱/۵ گرم در لیتر صمغ کتیرا + ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس دارچین) در روز پانزدهم مشاهده گردید. در بررسی برهمکنش پوشش‌ها در زمان انبارمانی مشخص گردید که ترکیب صمغ و اسانس با گذشت زمان، اثرات تقویتی و افزایشی بر روی میزان آنتوسیانین کل انار داشتند به‌طوری‌که تمام تیمارهای تلفیقی از آنتوسیانین بالاتری نسبت به شاهد برخوردار بودند. در پایان انبارداری بالاترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار پوشش تلفیقی صمغ کتیرا (۱/۵ گرم در لیتر) + اسانس دارچین (۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) بود. همچنین نتایج نشان داد که به جز اناردانه‌های تیمار شاهد که در پایان انبارداری از آنتوسیانین کمتری نسبت به روز اول انبارداری برخوردار بود، در سایر تیمارها در روز سی‌ام، افزایش آنتوسیانین کل نسبت به ابتدای دوره انبارداری مشاهده شد (شکل ۲).

همچنین کاهش آنتوسیانین در شاهد می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز باشد. از جمله دلایل کاهش شدت رنگ، تبدیل آنتوسیانین به فرم بی‌رنگ بوده، که با تغییر پی‌اچ ارتباط دارد. آنتوسیانین‌ها تحت تاثیر دما و زمان انبارمانی قرار می‌گیرند، اما با نگهداری در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس به‌دلیل ترکیب با قندها، مقاوم در برابر تجزیه هستند. افزایش مقدار آنتوسیانین در زمان انبارداری ممکن است مربوط به سنتز آنتوسیانین در میوه‌های انار در طول دوره نگهداری باشد (Mokhtarizadeh Naeini, 2018). آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌های پلی‌فنلی محلول در آب هستند و فعالیت

پاداکسندگی قابل توجهی نشان می‌دهند. تیمارهای پوششی با تنظیم غلظت اکسیژن، می‌توانند باعث به‌تاخیر انداختن پیری و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده آنتوسیانین‌ها شوند (Meighani *et al*., 2017). پوشش‌های خوراکی از طریق ایجاد اتمسفر تغییریافته، کاهش اکسیژن در دسترس برای فعالیت آنزیم‌ها و کاهش از دست‌دهی آب، باعث کند شدن تخریب آنتوسیانین‌ها می‌شوند. همچنین دمای پایین باعث کاهش از دست دهی آب و کند کردن سوخت‌وساز سلول‌ها و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کنندهٔ آنتوسیانین‌ها در دورهٔ انبارداری می‌شود (Safizadeh, 2019). هرچند تغییرات آنتوسیانین به رقم میوه مورد نظر و همچنین ترکیب شاخص مورد بررسی نیز بستگی دارد اما محققان روند آهسته‌تر کاهش آنتوسیانین در نمونه‌های تیمار نسبت به نمونه‌ی شاهد را ناشی از کمتر بودن فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده می‌دانند.

در پژوهشی Mokhtarizadeh Naeini و همکاران (Mokhtarizadeh Naeini, 2018) تأثیر صمغ کتیرا را بر عمر انبارمانی انار ملس یزدی بررسی کردند و نشان دادند که انارهای پوشش داده شده نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در آنتوسیانین نشان دادند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج آن‌ها مطابقت داشت.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش‌های صمغ کتیرا و اسانس دارچین در سطوح مختلف زمان انبارمانی بر ظرفیت آنتوسیانین کل اناردانه‌های انار رقم رباب. حرف‌های مشترک در هر ستون و برای هر مقایسه میانگین نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. (TG 0, 0.75, 1.5, 3= ۰، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر صمغ کتیرا و ESO 0, 250, 500= ۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین)

Fig. ۲. Comparison of the average interaction effect of tragacanth gum and cinnamon essential oil at different levels of storage time on the total anthocyanin capacity of pomegranate arils of cv. Rabab-e-Neyriz. The common letters in each column and the mean for each comparison show no significant difference at the one percent probability level. (TG 0, 0.75, 1.5 and 3= 0, 0.75, 1.5 and 3 g L^{-1} Tragacanth Gum and ESO 0, 250 and 500= 0, 250 and 500 µl/l cinnamon essential oil).

محتوای فنل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده صمغ، اسانس و زمان انبارمانی و نیز برهمکنش آنها بر محتوای فنل کل، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمایش با گذشت زمان غلظت محتوای فنل کل، در پایان دوره انبارداری کاهش یافت، به‌طوری‌که میزان این ترکیبات در روز سی‌ام نسبت به زمان ابتدای انبارداری با ۱۵ درصد کاهش مواجه بود. کاهش محتوای فنل کل در زمان انبارمانی را می‌توان به اکسیداسیون ترکیبات فنلی توسط آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در زمان تخریب سلولی و فرآیند پیری نسبت داد. همچنین طی فرآیند پیری ترکیبات فنلی به‌عنوان متابولیت‌های

ثانویه برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن خودشان اکسید می‌شوند (Majidi, 2021). کاهش محتوای فنل کل می‌تواند مربوط به اکسیداسیون آنزیمی پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز در طول انبارمانی باشد.

همچنین نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت صمغ کتیرا محتوای فنول آریل‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است، در حالی‌که بین غلظت‌های ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در مقایسه با شاهد، افزایش غلظت اسانس دارچین نیز به طور معنی‌داری منجر به افزایش سطح فنل شد. در پایان دوره انبارداری محتوای فنل کل در تیمار پوشش تلفیقی صمغ کتیرا (۱/۵ گرم در لیتر) + اسانس دارچین (۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) با بالاترین مقدار (۲/۹۵ میلی‌گرم در میلی لیتر آب میوه) نسبت به شاهد ۳۰ درصد افزایش نشان داد. محتوای فنل در نمونه‌های شاهد نسبت به سایر تیمارها (به جز تیمار ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین) از مقدار کمتری برخوردار بود (شکل ۳).

ترکیبات فنلی جزو متابولیت‌های ثانویه در گیاه هستند که در پاسخ به عوامل تنش‌زای درونی و بیرونی در مکانیسم دفاعی گیاه سنتز می‌شوند و از طرف دیگر مسئول ایجاد عطر، طعم و رنگ در میوه‌ها می‌باشند (Xu *et al*., 2019). استفاده از اسانس دارچین جهت پوشش‌دهی میوه لیموترش (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime) اثر معنی‌داری در تغییر محتوای فنل نسبت به شاهد نشان نداد، در حالی‌که اسانس آویشن باغی[1] موجب افزایش معنی‌دار محتوای فنل کل میوه شد (Abbasi *et al*., 2021). در پژوهشی مشخص شد که استفاده از ژل آلوئه‌ورا ۸۰ درصد موجب افزایش محتوای فنول در ۶۰ روز ابتدایی انبارمانی و سپس کاهش آن شد، در حالی‌که محتوای فنول میوه‌های شاهد در طول دوره نگهداری کاهش یافت (Molaei *et al*., 2021).

پژوهش در زمینه اثر پوشش‌های صمغ فارسی و اسانس دارچین بر حفظ کیفیت دانه‌های انار نشان داد که ترکیب این دو پوشش خوراکی تاثیر قابل توجهی در حفظ ترکیبات فنلی میوه دارد، به‌طوری که محتوای فنل در طول دوره نگهداری تغییر قابل توجهی نشان نداد (Barzegar *et al*., 2019). گزارش شده است که تیمارهای پوشش دهی (کیتوزان ۱ و ۲ درصد و واکس کارناوبا) به‌طور قابل توجهی از کاهش فنول کل در رقم انار "ملس ترش ساوه" جلوگیری کردند (Meighani *et al*., 2017). در پژوهش دیگری مشخص شد که محتوای فنل میوه‌های گواوا[2] پوشش‌داده شده با صمغ عربی در ترکیب با اسانس دارچین و سدیم کازئینات با گذشت زمان کاهش یافته، البته میزان کاهش در زمان رسیدن میوه بیشتر بود (Murmu & Mishra, 2018).

<u>بار میکروبی (فساد قارچی)</u>

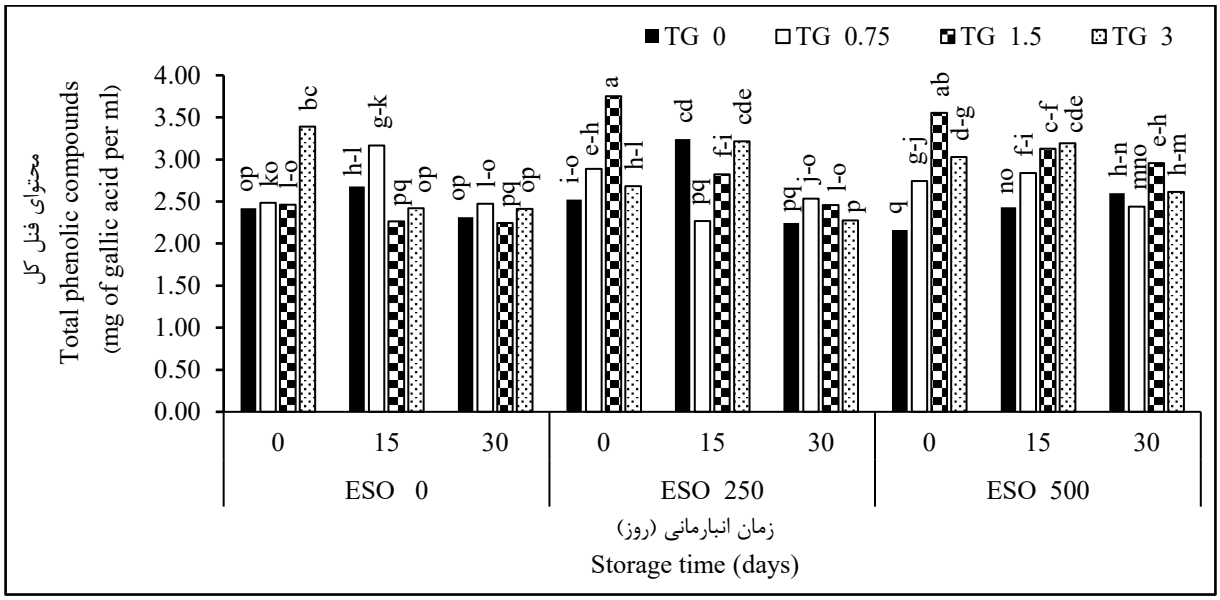
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده صمغ، اسانس و زمان انبارمانی و نیز برهمکنش آنها بر میزان فساد قارچی، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در طول دوره انبارمانی با گذشت زمان میزان آلودگی قارچی افزایش یافت (شکل ۴). در روز سی‌ام انبارداری بیشترین تراکم آلودگی قارچی مربوط به تیمار پوشش تلفیقی صمغ کتیرا (۳ گرم در لیتر) + اسانس دارچین (۲۵۰ میکرولیتر در لیتر) و نیز شاهد بود. کمترین تراکم آلودگی مربوط به انارهای با پوشش تلفیقی صمغ کتیرا (۰/۷۵ گرم در لیتر) + اسانس دارچین (۲۵۰ میکرولیتر در لیتر) در روز پانزدهم انبارداری بود. نتایج نشان داد که پس از سی روز انبارداری، تنها سه تیمار اسانس دارچین (۲۵۰ و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) و پوشش تلفیقی صمغ کتیرا (۳ گرم در لیتر) + اسانس دارچین (۲۵۰ میکرولیتر در لیتر)، نسبت به انارهای شاهد آلودگی قارچی بیشتری داشتند و در سایر تیمارها آلودگی کمتری مشاهده شد (شکل ۴ و ۵). بنابراین به نظر می‌رسد برخی غلظت‌های تیمارهای پوششی صمغ کتیرا و اسانس دارچین می‌تواند در کاهش فعالیت میکروبی موثر باشد.

گزارش شده است که ترکیباتی با خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی در صمغ کتیرا وجود دارد که از ورود و استقرار فیزیکی عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند، بنابراین به نظر می‌رسد که علت کاهش پوسیدگی در تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش نیز این عامل باشد (Mokhtarizadeh Naeini, 2018). کتیرا در مقایسه با سایر هیدروکلوئیدها کمتر تحت تأثیر میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد و بدون کاهش ویسکوزیته دارای طول عمر نگهداری بالایی است. پژوهش‌ها نشان داده است که اسانس دارچین دارای پتانسیل خوبی به‌عنوان یک عامل ضد قارچی طبیعی برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد. اسانس دارچین قادر است که از رشد میکروارگانیزم‌های اصلی فاسدکنندهٔ غذاهای با رطوبت متوسط پیش‌گیری کند و استفادهٔ

۱- *Thymus vulgaris* L.

۲- *Psidium guajava* L.

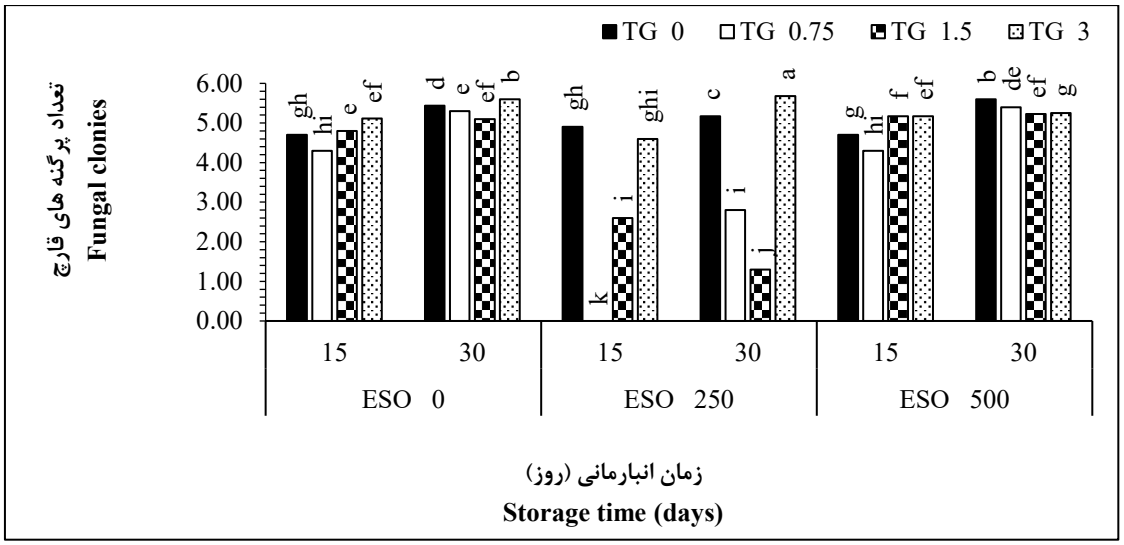
آن در آب شست وشوی سبزی‌ها، موفقیت زیادی در کنترل کپک‌ها و بیمارگرهای سبزی‌ها داشته است (Mousavian *et al*., 2018).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش‌های صمغ کتیرا و اسانس دارچین در سطوح مختلف زمان انبارمانی بر محتوای فنل کل اناردانه‌های انار رقم رباب. حرف‌های مشترک در هر ستون و برای هر مقایسه میانگین نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. (TG 0, 0.75, 1.5, 3= ۰، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر صمغ کتیرا و ESO 0, 250, 500= ۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین)

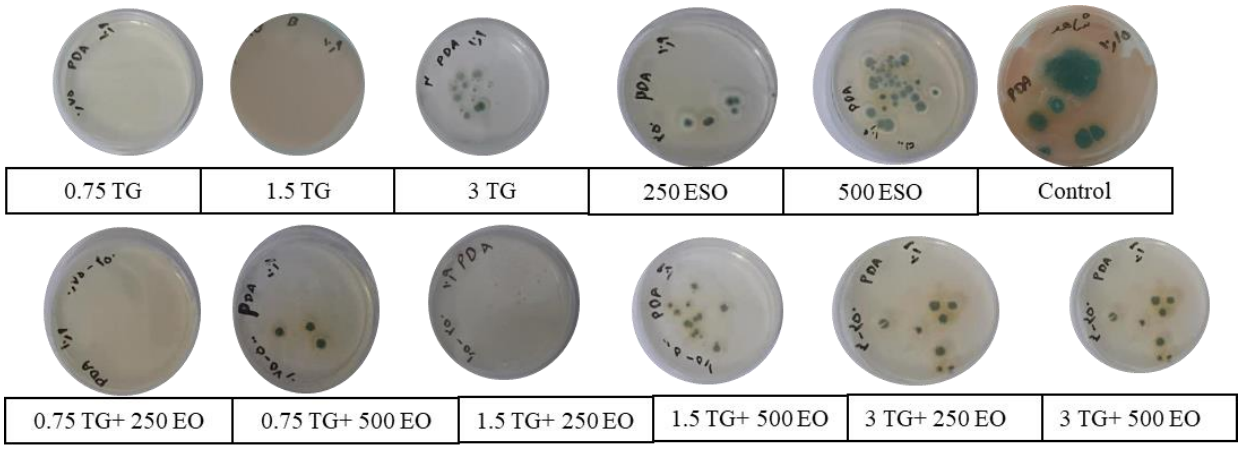
Fig. 3. Comparison of the average interaction effect of tragacanth gum and cinnamon essential oil at different levels of storage time on the phenolic compounds of pomegranate arils of cv. Rabab-e-Neyriz. The common letters in each column and the mean for each comparison show no significant difference at the one percent probability level. (TG 0, 0.75, 1.5 and 3= 0, 0.75, 1.5 and 3 g L^{-1} Tragacanth Gum and ESO 0, 250 and 500= 0, 250 and 500 µl/l Essential Oil of Cinnamon)

همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد پوشش تلفیقی اسانس و صمغ نسبت به کاربرد جداگانه هر کدام، تأثیر بیشتری در کاهش فعالیت قارچ‌ها در طول مدت انبارداری داشته است. در غلظت‌های بالای اسانس یا صمغ آلودگی قارچی افزایش یافته است، به طوری‌که برخی انارهای پوشش داده شده با غلظت‌های ۳ گرم در لیتر صمغ و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس با آلودگی بیشتری مواجه بودند. این نتایج با گزارشات قبلی مطابقت داشت (Khanian & Ghanbarian, 2016). آنها بیان کردند که کیتوزان از طریق حفظ رطوبت بین لایه پوششی و پوست میوه و در نهایت افزایش فعالیت قارچ و باکتری باعث افزایش پوسیدگی میوه و به دنبال آن کاهش وزن بیشتر در غلظت های بالای پوشش‌ها می‌شود.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش‌های صمغ کتیرا و اسانس دارچین در سطوح مختلف زمان انبارمانی بر تعداد پرگنه‌های قارچ آب‌میوه‌ی انار رقم رباب. حرف‌های مشترک در هر ستون و برای هر مقایسه میانگین نشان‌دهنده عدم اختالف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. (TG 0, 0.75, 1.5, 3= ۰، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر صمغ کتیرا و ESO 0, 250, 500= ۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین)

Fig. 4. Comparison of the average interaction effect of tragacanth gum and cinnamon essential oil at different levels of storage time on the rate of fungal clonies of pomegranate juice of cv. Rabab-e-Neyriz. The common letters in each column and the mean for each comparison show no significant difference at the one percent probability level. (TG 0, 0.75, 1.5 and 3= 0, 0.75, 1.5 and 3 g L^{-1} Tragacanth Gum and ESO 0, 250 and 500= 0, 250 and 500 µl/l Essential Oil of Cinnamon)



شکل ۵- تعداد کلونی‌های قارچ موجود در محیط کشت PDA پس از ۷۲ ساعت. (0.75, 1.5, 3 TG= ۰/۰۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر صمغ کتیرا و 250, 500 ES= ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس دارچین و Control= شاهد)

Fig. 5. The number of fungi colonies in the PDA culture medium after 72 hours. (0.75, 1.5 TG and 3= 0.75, 1.5 and 3 g L^{-1} Tragacanth Gum and 250, 500 ES = 250 and 500 µl/l Essential Oil of Cinnamon)

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب اسانس دارچین با پوشش صمغ کتیرا می‌تواند کیفیت پس از برداشت اناردانه‌های انار را با کاستن از کاهش وزن و کند کردن فعالیت‌های متابولیکی بهبود بخشد. افزودن اسانس دارچین به صمغ کتیرا توانست خاصیت سدکنندگی صمغ در برابر رطوبت را بهبود بخشد و باعث کاهش وزن کمتر در اناردانه‌ها شود. غلظت‌های مختلف صمغ کتیرا و

اسانس دارچین موجب بهبود ترکیبات فعال زیستی مانند فنول و آنتوسیانین آریل انار در مقایسه با شاهد شد. تیمارهای ۰/۷۵ و ۱/۵ گرم در لیتر صمغ کتیرا در ترکیب با اسانس دارچین (۲۵۰ میکرولیتر در لیتر) نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش آلودگی قارچی شدند. در طول انبارداری آریل‌های پوشش‌داده شده با این دو ترکیب، از ترکیبات فنولی بیشتری نسبت به شاهد برخوردار بودند. بنابراین به نظر می‌رسد که پوشش‌های خوراکی مختلف تاثیر متفاوتی بر صفات کمی و کیفی میوه دارد و غلظت‌های مختلف آن‌ها می‌تواند باعث بهبود برخی از صفات در کیفیت پس از برداشت میوه گردد. باتوجه به اثرات مثبت اسانس دارچین در ترکیب با صمغ کتیرا، از آنجایی که نگرانی جهانی زیادی در مورد سلامت انسان وجود دارد، می‌توان این فرمول را برای بهبود کیفیت نگهداری آریل‌های انار پیشنهاد کرد. با این حال، تحقیقات بیشتر در مورد سایر میوه‌ها و سبزی‌ها برای درک مکانیسم‌های احتمالی تأثیرات این ترکیبات مورد نیاز است.

References منابع

Abbasi, M., Mirzaalian Dastjerdi, A., Askari Siahouee, M., Shamili, M., & Madani, B. (2021). Efficacy of Some Essential Oils on Blue Mold (*Penicillium italictum*) Decay and Qualitative Characteristics of Lime Fruit (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime). *Research in Pomology*, *6*(1), 51-65. doi: 10.30466/rip.2021.121086. (In Persian).

Aghili moghaddam, H.S., Emadi, B., Hosseini, F., & Sadrnia, H. (2016). Production of biodegradable edible films from tragacanth gum and determination of their physical and mechanical properties. *Journal of Research Innovation Food Science and Technology, 5*(2), 119-130. (In Persian)

Andrade, P. B., Barbosa, M., Matos, R. P., Lopes, G., Vinholes, J., Mouga, T., & Valentão, P. (2013). Valuable compounds in macroalgae extracts. *Food Chemistry*, *138*(2-3), 1819-1828.

Barzegar, H., Jokar, A., & Eslami, M. (2019). Effect of Persian gum coating containing cinnamon essential oil on the shelf life of pomegranate arils. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *50*(1), 67-76. (In Persian)

Bekran, A., Seifi, E., & Varasteh, F. (2019). A Study on the Effect of Nanosilicate-Based Coatings on Storage Life of Pomegranate Cultivar Malas-E-Saveh. *Journal of Food Technology Nutrition, 16*(1), 49-60. (In Persian)

Cheng, G. W., & Breen, P. J. (1991). Breen Activity of phenylalanine ammonialyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *Journal of American Society Horticultural Science, 116,* 865–9. doi: 10.21273/JASHS.116.5.865

Dong, F & Wang, X. 2018. Guar gum and ginseng extract coatings maintain the quality of sweet cherry. LWT - *Food Science and Technology, 89*, 117-122.

Ebrahimi, F., Rastegar, S., and Meftahizade, H. (2019). Effect of Guar gum and Aloe Vera edible coatings on postharvest life of mango fruit (*Mangifera indica*). *Journal of Pomegranate Research, 4*(2), 73-82. (In Persian)

Esna-Ashari, M., Fathi, L., Ershadi, A., & Zafari, D. (2019). The Effect of UV irradiation and packaging type on anthocyanin content, antioxidant activity and microbial population in pomegranate fruit (cv. Malas Saveh) during cold storage. *Journal Plant Production and Technology, 19*(1), 143-159. (In Persian)

Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., & Sajedi, R. H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(2), 368-374.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, *48*(10), 4581-4589.

Hasanzadeh, S., Habibi, F., Amiri, M. E., & Naeini, M. R. (2017). Study of aril and leaf mineral composition of pomegranate cv. Naderi with spraying fertilizer containing amino acid under drought stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *48*(1), 229-236.

Hasheminejad, N., & Khodaiyan, F. (2020). The effect of clove essential oil loaded chitosan nanoparticles on the shelf life and quality of pomegranate arils. *Food Chemistry*, *309*, 520-554.

Jahani, M., Pira, M., & Aminifard, M. H. (2020). Antifungal effects of essential oils against Aspergillus niger in vitro and in vivo on pomegranate (*Punica granatum*) fruits. *Scientia Horticulturae*, *264*, 109188.

Kawhena, T. G., Tsige, A. A., Opara, U. L., & Fawole, O. A. (2020). Application of gum arabic and methyl cellulose coatings enriched with thyme oil to maintain quality and extend shelf life of “acco” pomegranate arils. *Plants*, *9*(12), 1690-1710.

Khademi payande, F., Yari F., & Heidari, M. (2014). The effect of arabic gum on increasing the storage life of grape fruit in modified atmosphere (MAP) conditions. The third national congress on organic and conventional agriculture. Mohaghegh Ardabili University. P 1-5.

Khanian, M., & ghanbarian. D. (2016). Effect of four type coating layers on some physico-chemical properties of pomegranate (Maikhosh Cultivar). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *30*(4), 661-670. (In Persian)

Khodaei, D., Hamidi-Esfahani, Z., & Rahmati, E. (2021). Effect of edible coatings on the shelf-life of fresh strawberries: A comparative study using TOPSIS-Shannon entropy method. *NFS Journal*, *23*, 17-23.

Kunte, L. A., Gennadios, A., Cuppett, S. L., Hanna, M. A., & Weller, C. L. (1997). Cast films from soy protein isolates and fractions. *Cereal Chemistry*, *74*(2), 115-118.

Majidi, M. (2021). The effect of guar and eremurus edible coatings on postharvest life of pomegranate fruit cv. "Rabab-e-Neyriz-e-Fars". M. Sc thesis. Faculty of Agriculture. Ardakan University. (In Persian)

Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., & Serrano, M. (2013). Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. *Postharvest Biology and Technology*, *86*, 107-112.

Meighani, H., Ghasemnezhad, M., & Bakhshi, D. (2017). Effect of different postharvest coating on colour and anthocyanin content of pomegranate fruit cv.'Malas-e-Saveh' during cold storage. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *47*(4), 753-762. (In Persian)

Mokhtarizadeh Naeini, M. (2018). Effect of tragacanth gel coating on storage life of pomegranate fruit cv. 'Malase Yazdi' in traditional storage. M. Sc thesis. Faculty of Agriculture. Ardakan University. (In Persian)

Molaei, S., Rabiei, V., Soleimani, A., & Razavi, F. (2021). Effect of Aloe vera gel on chilling injury, decay and nutritional quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during cold storage. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *52*(3), 565-580. doi: 10.22059/ijhs.2020.308327.1834

Mostafavi, F.S., & Kadkhodaee, R. (2020). Investigating and comparing the functional properties of tragacanth gum, locust bean and gum *Alyssum homolocarpum* Seed gum for coating tomato. *Iranian Journal of Food Science & Technology, 17*(108), 195-205. (In Persian)

Murmu, S. B., & Mishra, H. N. (2018). The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. *Food Chemistry*, *245*, 820-828.

Mousavian, M., Bazgir, E., & Moradpour, A. (2018). Cinnamon bark essential oil compounds and its antifungal effects against fungal rotting of fruits. *Journal of Crops Improvement*, *19*(4), 907-920, (In Persian)

Nair, M. S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*, *240*, 245-252. https://doi.org/10.1016/j. foodchem.2017.07.122.

Nieto, M.B. (2009). Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings, Edible films and coatings for food applications. 57-112. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_3

Papoti, V.T., & Tsimidou, M. Z. (2009). Impact of sampling parameters on the radical scavenging potential of olive (*Olea europaea* L.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(9), 3470–3477. https://doi.org/10.1021/jf900171d.

Safizadeh, M.R. (2019). Effect of Active and Passive Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pomegranate Fruits (*Ponica granatum* cv. Rabab Ney-Riz) during Cold Storage. *Iranian Journal of Food Science & Technology, 20*(1), 51-64. (In Persian)

Xu, D., Shi, M., Jia, B., Yan, Z., Gao, L., Guan, W., Wang, Q., & Zuo, J. (2019). Effect of ozone on the activity of antioxidant and chlorophyll-degrading enzymes during postharvest storage of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, *43*(8), e14020.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (4): 473-486 (2024)
Research article

The Effect of Tragacanth Gum Edible Coating in Combination with Cinnamon Essential Oil on the Quality of Pomegranate Arils "Rabab-E-Neyriz" During Storage Life

Somayeh Zare[1], Seyed Hossein Mirdehghan[1*], Maryam Dehestani-Ardakani[2,3]
1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran
3. Medicinal and Industrial Plants Research Institute, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran.
* Corresponding Author, Email: (mirdehghan@vru.ac.ir)

Edible coatings help maintain the quality and shelf life of horticultural products by controlling the exchange of gases and water vapor. The aim of this study was to investigate the effect of tragacanth gum edible coatings enriched with cinnamon essential oil on increasing and maintaining the quality of Rabab-e-Neyriz pomegranate arils. is the experiment was conducted in the form of a completely randomized design in a factorial experiment with three factors including tragacanth gum in four concentrations (0, 0.75, 1.5 and 3 g L^{-1}), cinnamon essential oil in three levels (0, 250 and 500 µl L^{-1}) and at three times (0, 15 and 30 day) with three repetitions. Arils were coated by solutions of different concentrations of tragacanth gum, cinnamon essential oil and their combination and then stored at 4±1°C for 30 days. Application of 0.75 and 1.5 g L^{-1} of tragacanth gum significantly reduced the fungi spoilage of arils 45.84 and 74.85% respectively, compared to the control. A decrease in the fungi spoilage was also observed in pomegranates coated with cinnamon essential oil (250 µl L^{-1}). On the last day of storage, arils coated with combination of tragacanth gum (0.75 and 1.5 g L^{-1}) and cinnamon essential oil (250 µl L^{-1}) showed significantly lower weight loss, by approximately 35.29 and 39.21%, respectively compared to control. The highest amount of total phenol and anthocyanin were obtained in combination of tragacanth gum (1.5 g L^{-1}) and cinnamon essential oil (500 µl L^{-1}). In general, the low concentrations of tragacanth gum (0.75 and 1.5 g L^{-1}) and cinnamon essential oil (250 µl L^{-1}) and their combination can improve the quality of pomegranate arils of 'Rabab-e-Neyriz'.

Keywords: Anthocyanin, Fungal spoilage, Weight loss, Aril quality, Total phenol content.