مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

استفاده از پوشش‌های خوراکی برپایه صمغ گیاه گوار و اسانس آویشن شیرازی جهت بهبود کیفیت آریل‌های انار رقم زاغ در دوره انبارمانی

علی ایزدی[۱]، مریم دهستانی اردکانی[۲و۳*]، حیدر مفتاحی‌زاده[۲و۳]، جلال غلامنژاد[۲و۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۲-پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، اردکان، ایران.

۳-دانشیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷

/تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۳۱

کلمات کلیدی:

شاخص طعم،

کاهش وزن،

کیفیت،

ماندگاری،

محتوای فنل

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.1.

* مسئول مکاتبات:

mdehestani@ardakan.ac.ir

چکیده

آریل‌های انار به‌دلیل حساسیت زیاد به عوامل قارچی ماندگاری کمی دارند. استفاده از ترکیبات شیمیایی ضد قارچ برای افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها نگرانی‌های زیادی ایجاد کرده است. به‌همین دلیل استفاده از روش‌های ایمن برای کنترل فساد و حفظ کیفیت آریل‌های انار در زمان نگه‌داری ضروری است. پوشش‌های خوراکی ساخته شده از مواد زیست‌تخریب‌پذیر به‌عنوان یک فناوری برای افزایش ماندگاری محصولات خوراکی از طریق تغییر اتمسفر درونی آنها در نظر گرفته شده است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پوشش‌های خوراکی صمغ گیاه گوار غنی‌شده با اسانس آویشن شیرازی (***Zataria multiflora***) بر افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت آریل‌های میوه انار رقم "زاغ" در طول نگهداری در دمای ۴±۲ درجه سانتی‌گراد بود. این مطالعه در قالب طرح کاملا تصادفی (**CRD**) در یک آزمایش فاکتوریل با استفاده از صمغ گوار در چهار غلظت (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) و اسانس آویشن در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر برلیتر) و در چهار زمان (۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز) با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان وزن آریل‌ها، **TA** و محتوای آنتوسیانین به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت؛ درحالی‌که میزان **TSS**، شاخص طعم، **pH** و محتوای فنل افزایش یافت. در آخرین روز انبارمانی، آریل‌های پوشش‌داده شده با تیمار ترکیبی ۰/۲۵ درصد صمغ‌گوار + ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن نسبت به سایر تیمارها کاهش وزن کمتر و شاخص طعم بالاتری نشان دادند. استفاده از صمغ‌گوار در هر سه غلظت به‌طور معنی‌داری موجب کاهش **TA** و محتوای آنتوسیانین و افزایش مواد جامد محلول کل و محتوای فنل آریل‌ها شد. با افزایش غلظت اسانس آویشن **TA** و **pH** به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طور کلی می‌توان غلظت‌های پائین صمغ گوار (۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و نیز غلظت ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن شیرازی را در بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری آریل‌های انار رقم زاغ معرفی نمود.

۱-مقدمه

علاقه مصرف‌کنندگان به مصرف میوه‌ها به‌طور گسترده در حال افزایش است؛ زیرا میوه‌ها یکی از ارکان مهم یک رژیم غذایی سالم به‌شمار می‌روند [۱]. با این حال، تلفات پس از برداشت که منجر به کاهش کیفیت و کمیت میوه‌ها می‌شود، از جمله مشکلات مهمی است که در عصر مدرن با آن مواجه هستیم [۲]. این تلفات احتمالاً به‌دلیل حمل و نگهداری نامناسب یا بسته‌بندی نامناسب است که باعث ایجاد آلودگی‌های میکروبی و قارچی می‌شود.

اخیراً علاقه مصرف‌کنندگان به انار به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و فواید سلامتی آن افزایش یافته است [۳ و ٤]. انار منبع مهمی از آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی، ویتامین‌ها و مواد معدنی است [۳]. قسمت خوراکی میوه از آریل تشکیل شده است که ۵۲ درصد وزن کل میوه را تشکیل می‌دهد و حاوی ۷۸ درصد (W/W) آب و ۲۲ درصد (W/W) دانه است [۵]. آریل‌ها به‌صورت تازه مصرف می‌شوند یا می‌توان آنها را به‌عنوان محصولات فرآوری شده بر پایه آبمیوه نگهداری کرد. با این حال، زمان‌بر بودن و دشواری جداکردن آریل‌ها از پوست، مصرف انار تازه را محدود کرده است [٦]. با توجه به این موضوع، انارهای آماده مصرف با حداقل فرآوری، محصولات محبوبی هستند. ماندگاری آریل‌های انارهای تجاری تولید شده محدود است. گزارش شده است که حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد از سطح آریل‌ها در طول فرآیند جدا کردن آریل از پوست آسیب می‌بینند. در نتیجه، مایعاتی از آریل‌های آسیب‌دیده تراوش می‌شود که منجر به آلودگی میکروبی می‌شود [۷]. ماندگاری انارها را می‌توان با استفاده از پوشش‌های خوراکی به‌جای استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی یا بسته‌بندی در اتمسفر تغییریافته افزایش داد.

محصولات تازه مخصوصا میوه‌ها و سبزیجات کامل دارای پوشش مومی طبیعی هستند و کاربرد پوشش‌های خوراکی فقط منجر به بهبود عملکرد آنها می‌شود، اما در مورد میوه‌های تازه برش‌خورده یا میوه‌هایی که کمی فرآوری‌شده باشند، سطح محصول در معرض عوامل خارجی (میکروب‌ها)/ محیطی قرار می‌گیرد [۸ و ۹] و جابجایی چنین محصولاتی چالش برانگیز می‌باشد. میوه‌ها و سبزیجات تازه برش‌خورده یا محصولاتی که فرآوری حداقلی شده باشند، به‌دلیل واکنش‌های متابولیک متعددی مانند تغییر در رنگ، بافت و فرآیند رسیدن سریع‌تر در معرض آسیب قرار می‌گیرند [۱۰]. پوشش‌های خوراکی از لایه‌های بیرونی محصول محافظت می‌کنند. پوشش‌های خوراکی به‌عنوان یک لایه اضافی عمل می‌کنند که روزنه‌ها را می‌پوشاند و منجر به کاهش تعرق و در نتیجه جلوگیری از کاهش وزن می‌شوند که این اولین تأثیر مثبت پوشش‌های خوراکی است [۱۱]. همچنین مشخص شده است که پوشش‌ها سرعت تنفس را کاهش داده و استفاده از اسیدهای آلی را به تاخیر می‌اندازند [۱۲]. حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون در بسیاری از میوه‌های تیمار شده با پوشش‌های خوراکی گزارش شده است. پوشش‌های خوراکی قادر به کاهش بیماری‌های پس از برداشت و بار میکروبی محصولات می‌باشند [۱۱]. پوشش‌های خوراکی رایج شامل کیتوزان، نانوذرات، اسانس و موسیلاژها هستند که گاهی اوقات در ترکیبات و غلظت‌های مختلف استفاده می‌شوند. با این وجود، تاکنون مطالعات اندکی جهت حفظ آریل‌های انار با استفاده از پوشش‌های خوراکی صورت گرفته است.

صمغ گیاه گوار یک گالاکتومانان است که از یک ساختار مانوز [متصل به (۱ ← ٤) بتا-دی مانوپیرانوز[۱]] با گروه‌های جانبی گالاکتوز [متصل به (۱ ← ٦) آلفا-دی گالاکتوپیرانوز] تشکیل شده است. این صمغ از آندوسپرم گیاه *Cyamopsis tetragonoloba* که از خانواده Fabaceae است به‌دست می‌آید. پلیمرهای آلی فوق معمولاً برای مهار رشد میکروب‌های مختلف مرتبط با مواد غذایی مانند *Escherichia coli,* *Bacillus subtilis* و *Staphylococcus aureus* با تاخیر در

[۱] mannopyranose

رشد آنها استفاده می‌شود [۱۳]. علاوه‌بر این، به‌دلیل ظرفیت بالای محلول در آب، حلالیت آسان در اسیدهای آلی، وزن مولکولی بالا و زنجیره‌های پلیمری طولانی، این مواد برای تشکیل فیلم و پوشش‌ها پیشنهاد شده‌اند [۱۴].

محققان اثر ژل آلوئه‌ورا و پکتین را بر آریل انار مطالعه کردند [۱۵]. نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار هر دو پوشش مورد استفاده بر اسیدیته قابل تیتراسیون، محتوای ویتامین C، مواد جامد محلول، پلی‌فنل‌های کل، مهار فعالیت رادیکال‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان‌ها در طول نگهداری در یخچال در مقایسه با شاهد بود. از نظر خصوصیات رنگ، آریل‌های تیمار شده با ۵۰ درصد ژل آلوئه‌ورا در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد پس از ۸ روز نگهداری ارزش بیشتری نشان دادند. با این‌حال، آریل‌های تیمار شده با پکتین (۰/۳۷۵ درصد) ماندگاری نسبتاً طولانی‌تری داشتند و ارزیابی ارگانولپتیک بهتری نسبت به سایر تیمارها و شاهد نشان دادند.

افزودن اسانس‌ها با خواص آنتی‌اکسیدانی و/یا ضد میکروبی در پوشش‌های خوراکی ممکن است کیفیت محصول را حفظ کند [۱۶]. پوشش‌های خوراکی پتانسیل زیادی برای عمل به‌عنوان حامل برای مواد فعال مختلف ازجمله عوامل ضدمیکروبی دارند. اخیراً تعدادی از مواد دارای خواص ضدمیکروبی مانند اسانس‌ها از منابع مختلف در پوشش‌ها و فیلم‌های مورد استفاده برای میوه‌ها و سبزیجات تازه و تازه برش داده شده، مورد استفاده قرار گرفته است [۱۷ و ۱۸].

استفاده از اسانس‌های خوراکی مختلف در فرمولاسیون پوشش‌ها می‌تواند کیفیت کلی و ویژگی‌های ایمنی محصولات تازه/تازه برش‌خورده را بهبود بخشد و محققان علاقه‌مند به مطالعه تأثیر این اسانس‌ها هستند. روغن‌های خوراکی و اسانس‌های گیاهی و طبیعی به‌طور قابل توجهی از رشد و کاهش تراکم برخی از میکروب‌های بیماری‌زای جدی مانند *Candida spp.*، *E. coli* و *Salmonella spp* جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این، این اسانس‌ها در مقایسه با ترکیبات مصنوعی در افکار عمومی (مصرف‌کنندگان) جایگاه برتری دارند [۱۹]. اسانس‌های منابع گیاهی مختلف به‌عنوان ترکیبات ضدمیکروبی طبیعی عمل می‌کنند و به‌طور کلی به‌عنوان ایمن (GRAS)[۲] طبقه‌بندی می‌شوند [۲۰ و ۲۱]. اسانس‌ها به‌طور گسترده به‌عنوان باکتری‌کش، ویروس‌کش، قارچ‌کش، ضدانگل، حشره‌کش، به‌خصوص در صنایع دارویی، بهداشتی، آرایشی، کشاورزی و غذایی استفاده می‌شوند [۲۲ و ۲۳].

در پژوهشی جهت افزایش ماندگاری میوه گلابی پوشش‌های خوراکی کیتوزان (۱٪) و صمغ گوار (۲٪) با پنج غلظت اسانس پوست لیمو (۱، ۱/۵، ۲، ۲/۵، و ۳ درصد) استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که ترکیب پوشش‌های خوراکی و اسانس پوست لیمو به‌طور قابل‌توجهی کاهش وزن را کاهش داده و سفتی گلابی را تا ۴۵ روز نگهداری در دمای ۲±۴ درجه سانتی‌گراد بهبود بخشید. علاوه بر این، ترکیب پوشش‌های خوراکی و اسانس پوست لیمو، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کارایی ضدباکتریایی و سطح مالون دی‌آلدئید گلابی را در طول زمان نگهداری افزایش داد [۲۴].

بر اساس مطالعات صورت گرفته مشخص شد که اسانس آویشن و نیز پوشش خوراکی صمغ گوار در پژوهش‌هایی جداگانه جهت بهبود ماندگاری محصولات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما ترکیب آنها در هیچ پژوهشی بررسی نشده است. هدف پژوهش حاضر بررسی نقش این ترکیبات به‌صورت جداگانه و ترکیبی در افزایش عمر انبارمانی و کاهش میزان رشد میکروبی و تلفات آریل‌های انار رقم "زاغ" بود.

۲-مواد و روش‌ها

میوه‌های انار رقم "زاغ" در مرحله رسیدگی از یک باغ تجاری واقع در شهرستان تفت در استان یزد برداشت شدند. میوه‌های برداشت شده بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه اردکان منتقل شدند. انارهای دارای نقص (آفتاب‌سوختگی، ترکیدگی و آسیب دیدگی) حذف شدند. میوه‌های با پوست سالم و اندازه

2-generally recognized as safe

و ظاهر یکنواخت انتخاب شدند و آریل‌ها به‌صورت دستی جدا شدند و در یک ظرف جمع‌آوری شدند. در مرحله بعد آریل‌ها در یک محلول حاوی ۱۰۰ میکرولیتر کلرین (NaOCl) به مدت ۵ دقیقه شستشو شدند و سپس در زیر آب جاری مجددا شسته شده و آب اضافی آریل‌ها با کمک حوله کاغذی گرفته شد [۲٤]. سپس آریل‌ها به‌مدت پنج دقیقه در محلول‌های مورد نظر فرو برده شدند. در نهایت آریل‌ها در یک صافی قرار گرفتند تا خشک شوند. پس از پوشش‌دهی، تقریبا ۲۰۰ گرم از آریل‌ها در ظروف یک‌بار مصرف پلی‌اتیلنی قرار گرفتند و درب آنها محکم بسته شد و درون انبار با دمای ۲ ± ٤ °C با رطوبت نسبی ۵ ± ۸۵ درصد به‌مدت ۳۰ روز قرار گرفتند. نمونه‌ها هر هفت روز یکبار از انبار خارج شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد.

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از اسانس آویشن در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر) و مشتقات صمغ گوار (هر کدام با سه غلظت ۰، ۰/۵ و ۱٪) به صورت مجزا و ترکیب با اسانس و زمان نگهداری در چهار سطح ۷، ۱٤، ۲۱ و ۳۰ روز در دمای ۲ ± ٤ °C با سه تکرار اجرا شد.

۲-۱- صمغ گوار

برای تهیه محلول صمغ گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) در غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد؛ به ترتیب پودر آسیاب شده گوار با استفاده از ترازوی دیجیتالی مقدار ۲/۵، ۵ و ۱۰ گرم وزن گردید و سپس با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. برای تهیه محلول یکنواخت، به‌مدت ۲۰ دقیقه روی همزن کاملا هم‌زده شد.

۲-۲- اسانس آویشن شیرازی

جهت تهیه اسانس، گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multyflora*) از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در کرج تهیه و از سرشاخه‌های گلدار آن جهت استخراج اسانس استفاده گردید. اسانس گیاه آویشن شیرازی با استفاده از دستگاه کلونجر (مدل اشک شیشه ایران) به روش تقطیر با آب استخراج گردید. برای این منظور ۱۵ گرم از نمونه خشک شده گیاهی کاملا خردشده، با آب مقطر شسته و داخل بالن ریخته شد در ادامه با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد به طوری که حدود ۷۰ درصد از حجم بالن را آب و ماده خرد شده گیاه آویشن شیرازی تشکیل داد. عملیات استخراج اسانس در مدت ٤ ساعت، به پایان رسید. چگالی اسانس به علت ترکیبات موجود در آن کمتر از آب است و به همین دلیل روی سطح آب قرار می‌گیرد. در ادامه شیر خروجی دستگاه کلونجر با احتیاط باز شد و اسانس در ظرف مخصوص تیره‌رنگ جمع‌آوری گردید. از سولفات سدیم جهت جذب آب و خالص‌سازی اسانس استفاده گردید. ظرف محتوی اسانس جهت انجام سایر آزمایش‌های مورد نظر فویل‌پیچی و در یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۲۵].

۲-۳- آماده‌سازی تیمار ترکیبی اسانس و صمغ گوار

برای اضافه کردن اسانس‌ها به محلول صمغ گوار جهت پوشش‌دهی آریل‌ها در غلظت‌های (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد)، ابتدا اسانس با نسبت (۲:۱ حجمی/وزنی) در توئین ۸۰ حل گردید و در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر) به محلول گوار اضافه و با استفاده از همزن کاملا مخلوط گردید تا محلول یکنواختی به‌دست آید. پس از آماده‌سازی محلول‌ها، دانه‌های انار در محلول‌های مورد نظر به‌مدت ۲ دقیقه غوطه‌ور شدند. سپس آریل‌ها در یک صافی قرار گرفتند و در دمای اتاق خشک شدند. پس از انجام پوشش‌دهی، ۲۰۰ گرم از آریل‌ها در ظروف یکبار مصرف پلی‌اتیلنی (با حجم ۲۸۰ میلی‌لیتر) بسته‌بندی شدند و درب آنها محکم بسته شد و درون سردخانه با دمای ۲ ± ٤ °C و با رطوبت نسبی ۵ ± ۸۵ درصد به‌مدت ۳۰ روز قرار گرفتند. نمونه‌ها هر هفت روز یکبار از انبار خارج شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد.

۲- ٤- صفات مورد ارزیابی

۲- ٤ – ۱- کاهش وزن

کاهش وزن آریل‌ها در ابتدای آزمایش و در پایان هر دوره نگهداری اندازه‌گیری شد. نتایج به‌عنوان درصد کاهش وزن اولیه ارائه شد [۲۶].

۲-٤-۲- مواد جامد محلول کل (TSS[3])، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA[4]) و pH

برای اندازه‌گیری TSS، TA و pH از روش شرح‌داده شده توسط قاسم‌نژاد و همکاران (۲۰۱۵) استفاده شد. میزان TSS در آریل‌های پوشش‌داده شده و شاهد توسط رفرکتومتر دستی (مدل N1 ساخت شرکت آتاگو ژاپن) اندازه‌گیری و داده‌ها به‌صورت درجه بریکس بیان شد. از pH متر رومیزی (مدل ۸۲۷، ساخت سوئیس) برای اندازه‌گیری pH و TA استفاده شد. برای محاسبه TA ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب‌میوه توسط آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با NaOH ۰/۱ نرمال تیتر گردید. زمانی که pH محلول به ۸/۲ رسید، عمل تیتراسیون متوقف و میزان سود مصرفی یادداشت گردید. درصد اسید قابل تیتراسیون بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید و عدد آن بر حسب درصد اسیدسیتریک (اسید غالب انار) بیان شد. شاخص طعم نیز به‌صورت نسبت TSS به TA محاسبه گردید [۲۷].

رابطه ۱:

اسیدیته قابل تیتراسیون = {حجم آب میوه تیتر شده/میلی اکی والان اسید غالب×نرمالیته سود×حجم سود مصرفی}×۱۰۰

۲-٤-۳- فنل کل

اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو[5] با استفاده از روش سینگلتون و روسی (۱۹٦۵) انجام شد. بدین منظور مقدار ۳۰۰ میکرولیتر آب انار با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو اضافه گردید. بعد از مدت ۵ دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد افزوده شد. محلول آماده شده مدت زمان ۱/۵ ساعت در دمای اتاق و در شرایط تاریکی نگهداری شد. جذب هر نمونه در طول موج ۷٦۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. تبدیل داده‌های حاصل از جذب به غلظت‌های مختلف گالیک اسید با رسم محنی استاندارد گالیک اسید انجام شد. فنل کل بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ میلی‌لیترآب-میوه بیان شد [۲۸].

۲-٤-٤- آنتوسیانین

آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف جذب pH بین دو سیستم بافر اندازه‌گیری شد. برای تعیین آنتوسیانین کل در آریل‌های انار، از فاز رویی آب انار که به‌مدت سه دقیقه در سانتریفیوژ با ٤۵۰۰ دور در دقیقه قرارگرفته بود، استفاده شد. بافر ۱، کلریدپتاسیم و اسیدکلریدریک ۰/۲ مولار با pH ۱ و بافر ۲، اسید استیک و استات سدیم هر کدام به غلظت ۰/۲ مولار با pH ٤/۵ مورد استفاده قرار گرفت. برای قرائت آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد. برای این منظور ابتدا دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل pharmacia/LKB ساخت انگلستان) با بافر ۱ کالیبره شد و ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره توسط بافر ۱ رقیق شد و در دو طول موج قرائت شد. پس از این مرحله دستگاه با بافر ۲ کالیبره شد و ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره با بافر ۲ مخلوط شد و مانند مرحله قبل قرائت صورت گرفت [۲۹]. میزان آنتوسیانین طبق رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲:

میزان رنگدانه آنتوسیانینی مونومری ($mg.L^{-1}$) = $(A \times MW \times DF \times 1000)/(\varepsilon * 1)$

در این رابطه، MW وزن مولکولی آنتوسیانین غالب (سیانیدین ۳- گلوکوزید) در عصاره‌های انار که مقدار آن ۲٦۹۰۰ می‌باشد. ε ضریب جذب مولی برای آنتوسیانین

3-Total Soluble Solid

4- Titratable Acidity

5- Folin-Ciocalteau

غالب که مقدار آن برابر با ٤٤٩/٢ می‌باشد. DF، فاکتور رقیق‌سازی نمونه‌ها و A اختلاف جذب نمونه‌ها در دو pH بوده که توسط رابطه ۳ محاسبه شد.

رابطه ۳:

$$A = (A520 - A700)\ pH1.0 - (A520 - A700)\ pH4.5$$

۲-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل سه عاملی (صمغ گوار ،اسانس و زمان) در قالب یک طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 از طریق آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک انجام شد؛ بدین صورت که داده‌هایی که توزیع نرمال داشتند از طریق تجزیه واریانس و آزمون تعقیبی دانکن بررسی شدند و داده‌هایی که توزیع نرمال نداشتند و نیز داده‌هایی که از طریق نمره‌دهی به‌دست آمدند از آزمون ناپارامتریک کروسکال‌والیس استفاده شد و سپس از طریق آزمون من‌ویتنی، اختلاف بین میانگین‌ها دو به دو انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳ -۱- کاهش وزن

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۱) اثر ساده زمان و اثر متقابل آویشن در زمان در سطح احتمال یک درصد و نیز اثرات سه‌گانه زمان در گوار در آویشن در سطح احتمال ۵٪ بر میزان کاهش وزن آریل‌ها معنی‌دار بود. سایر اثرات ساده و متقابل بر این پارامتر اثر معنی‌داری نشان ندادند.

Table 1 Analysis of variance of the effect of thymus essential oil, guar gum and storage time on some physiological and biochemical characteristics of pomegranate arils cv. 'Zagh'

Sources of variance		Mean Square						
	df	Weight loss	TSS	TA	TSS/TA	pH	Anthocyanin	Phenol
Thymus EO (a)	2	0.008^{ns}	0.067^{ns}	0.036^{**}	2.41^{**}	0.19^{**}	1759.6^{**}	$\mathbf{0.109^{**}}$
Guar gum (b)	3	0.011^{ns}	0.66^{**}	0.006^{**}	0.6^{**}	0.004^{**}	121.46^{**}	$\mathbf{1.04^{**}}$
Storage time (c)	3	0.32^{**}	5.8^{**}	0.016^{**}	5.91^{**}	0.016^{**}	555.62^{**}	$\mathbf{0.11^{**}}$
a × b	6	0.008^{ns}	0.009^{ns}	0.002^{**}	0.22^{**}	0.008^{**}	9.22^{**}	$\mathbf{0.006^{**}}$
a × c	6	0.014^{**}	0.009^{ns}	0.002^{**}	0.062^{ns}	0.007^{**}	29.3^{**}	$\mathbf{0.002^{ns}}$
b × c	9	0.007^{ns}	0.54^{**}	0.001^{ns}	0.13^{**}	0.001^{ns}	4.98^{*}	$\mathbf{0.013^{**}}$
a × b × c	18	0.009^{*}	0.017^{ns}	0^{ns}	0.055^{*}	0.001^{ns}	3.17^{ns}	$\mathbf{0.002^{ns}}$
Error	95	0.004	0.024	0.001	0.030	0.001	2.5	**0.002**
CV%	–	0.62	0.22	0.025	0.038	0.018	0.086	**0.0006**

^{ns}, * and **: not significant, significantly at the 5 and 1 % of probability level, respectively

نتایج بررسی اثرات سه‌گانه زمان در گوار در اسانس آویشن نشان داد که با گذشت زمان انبارمانی، کاهش وزن افزایش یافته است (شکل ۱). کمترین کاهش وزن (۰/۰۰۱ درصد) در آریل‌های پوشش‌داده شده با ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن در روز هفتم انبارمانی حاصل شد. بیشترین افت وزن (۰/۳٦ درصد) در تیمار ترکیبی ۰/۵ درصد صمغ گوار و ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن در روز ۲۸ انبارمانی مشاهده شد (شکل ۱). در آخرین روز انبارمانی کمترین کاهش وزن (۰/۲۲ درصد) در آریل‌های تیمارشده با ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن + ۰/۲۵ درصد صمغ گوار به‌دست آمد (شکل ۱).

کاهش وزن که یک ویژگی طبیعی محصولات باغبانی در طول انبارمانی است، عمدتاً به‌دلیل از دست دادن آب ناشی از فرآیندهای تنفس و تعرق است [۳۰]. جلوگیری از کاهش وزن توسط پوشش‌های مبتنی بر پلی‌ساکارید احتمالاً می‌تواند با تشکیل پیوند بهتر با پیوند هیدروژنی بین گروه‌های هیدروکسیل پوشش‌های خوراکی و مواد آبدوست مانند فنل‌ها مرتبط باشد [۳۱]. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های دونگ

و وانگ (۲۰۱۸) نیز مطابقت داشت، آنها گزارش کردند که ادغام عصاره جینسینگ در پوشش‌های خوراکی صمغ گوار، کاهش وزن آلبالو شیرین را با کاهش سرعت تنفس و کاهش از دست دادن آب در طول دوره نگهداری در دمای محیط کاهش داد [۳۲]. همچنین مشخص شد که مطابق با یافته‌های این پژوهش، پوشش خوراکی نشاسته نخود و صمغ گوار غنی شده با اسید اولئیک و شلاک[6] به‌طور قابل‌توجهی از کاهش وزن پرتقال در طول نگهداری در دمای ۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد جلوگیری کرد [۳۳]. در پژوهشی مشخص شد که میوه‌های انبه پوشیده شده با صمغ گوار و ژل آلوئه‌ورا میزان کاهش وزن نسبت به شاهد کمتر بود که با نتایج این پژوهش مطابقت نشان داد [۳۴].

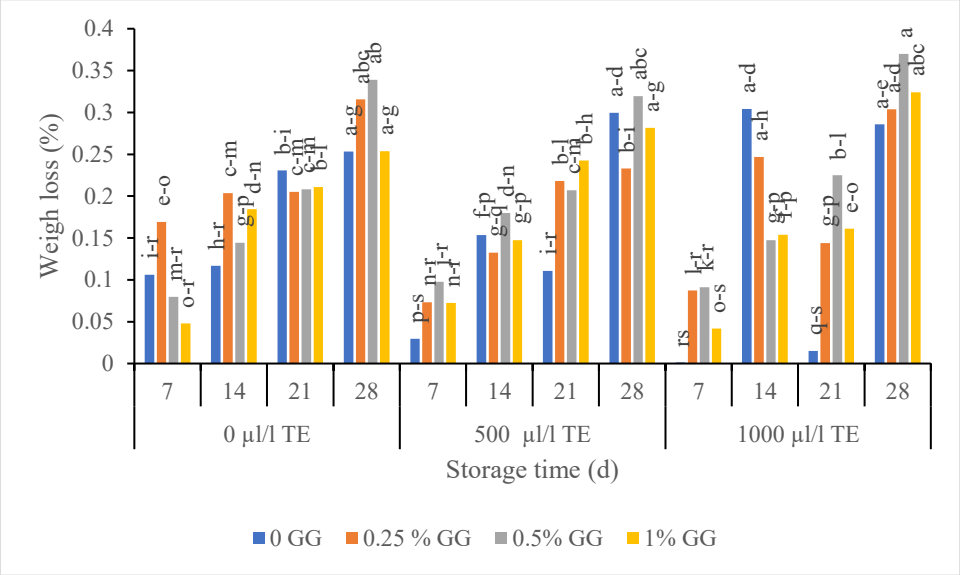

Fig 1 Triple effects of thymus essential oil, guar gum and storage time on weight loss of pomegranate arils cv. 'Zagh'

۳-۲- مواد جامد محلول کل (TSS)

نتایج نشان داد که اثر ساده زمان و صمغ گوار و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان مواد جامد محلول کل آریل‌ها معنی‌دار بود و سایر تیمارها اثر معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۱). با گذشت زمان انبارمانی، میزان مواد جامد محلول کل به‌طور معنی‌داری تا روز ۱۴ افزایش یافت اما در روز ۲۱ میزان TSS کاهش اندکی نشان داد و مجددا تا روز ۲۸ افزایش یافت (شکل ۲). بیشترین میزان TSS در تیمارهای ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد گوار در روز ۱۴ مشاهده شد. در پایان نگهداری آریل‌ها در انبار، TSS نمونه‌های تیمار شده با ۱ درصد صمغ گوار، ۷/۷۸ درصد بالاتر از شاهد بود (جدول ۲). مواد جامد محلول کل عامل مهمی در ارتباط با مقبولیت مصرف‌کننده از میوه‌ها هستند. افزایش تدریجی مواد جامد محلول کل در طول نگهداری میوه‌ها می‌تواند به‌دلیل هیدرولیز پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی یا افزایش غلظت قند باشد که ممکن است در اثر از دست دادن آب یا تبدیل نشاسته به قند در نتیجه افزایش سرعت تنفس میوه، ایجاد می‌شود [۳۵]. اعتقاد بر این است که پوشش‌های خوراکی با محدود کردن تبادل گاز، کاهش تنفس و اعمال فرآیندهای متابولیک در میوه‌های پوشش داده شده از تغییرات شدید در TSS میوه‌ها جلوگیری می‌کنند [۳۲]. نعیم و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که عصاره اتانولی و متانولی رازیانه در ترکیب با گوار و همچنین عصاره اتانولی دانه سیاهدانه در ترکیب با صمغ گوار باعث افزایش معنی‌دار TSS لیمو شد

6 -shellac

[۳۶]، در حالی‌که سایر پوشش‌ها تأثیر معنی‌داری بر آن نداشتند. همسو با نتایج این آزمایش، یوسف و سرواستاوا (۳۷) گزارش کردند که با گذشت زمان میزان TSS آریل‌های پوشش‌داده شده با صمغ بذر کتان افزایش یافت. آنها گزارش کردند که بر خلاف نمونه‌های تیمارشده، میزان TSS در نمونه‌های شاهد کاهش یافت. در پژوهش دیگری مشخص شد که میزان TSS در انارهای نگهداری شده تحت اتمسفر تغییر یافته، افزایش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت [۳۸].

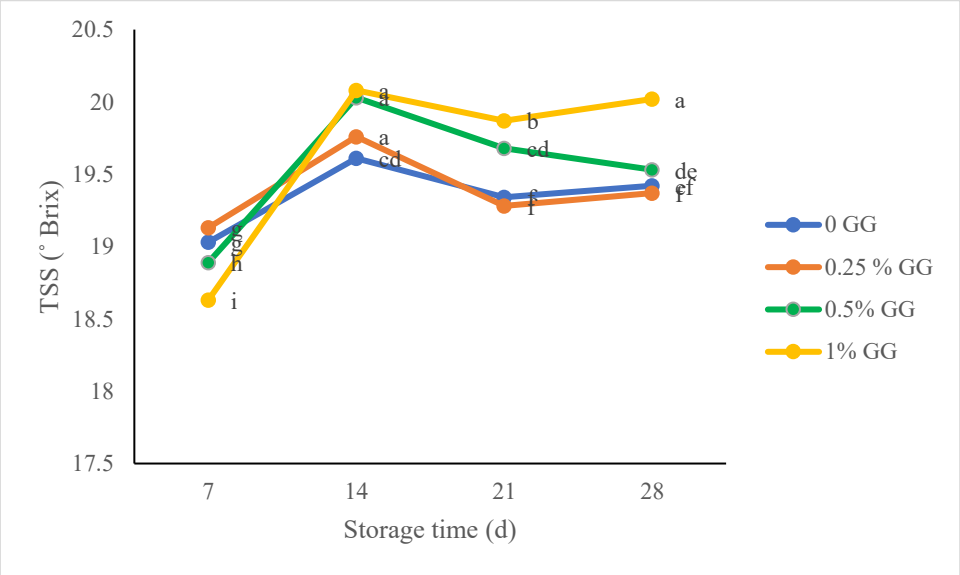

Fig 2 Interaction effects of guar gum and storage time on TSS of pomegranate arils cv. 'Zagh'

۳-۳- اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

نتایج جدول تجزیه واریانس (۱) نشان داد که اثر زمان، اسانس آویشن، صمغ گوار و اثرات متقابل گوار در آویشن و زمان در آویشن در سطح احتمال یک درصد بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون آریل‌ها معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که با گذشت زمان میزان TA در آریل‌های تیمارشده با اسانس آویشن کاهش یافته و این کاهش در تیمار ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس بیشتر از تیمار ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس و شاهد بود (شکل ۳A). بیشترین میزان TA (۱/۶۷ درصد) در آریل‌های بدون پوشش (شاهد) حاصل شد و کمترین مقدار آن (۱/۵۶ درصد) در تیمارهای ترکیبی ۰/۲۵ درصد صمغ گوار همراه با ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن به‌دست آمد (شکل ۳B). اسیدیته قابل تیتراسیون مستقیماً با غلظت اسیدهای آلی در میوه و در نتیجه با کیفیت میوه‌ها ارتباط دارد. اسیدهای آلی منبع انرژی میوه‌هایی هستند که در طول رسیدن میوه با افزایش متابولیسم در طی اکسیداسیون اسیدها در چرخه TCA مصرف می‌شوند [۳۹]. ارزش بیشتر TA در میوه‌های پوشش داده شده می‌تواند به‌دلیل نفوذپذیری کم اکسیژن و سرعت تنفس کم باشد، بنابراین از اکسیداسیون اسیدهای آلی جلوگیری می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده قبلاً روی انبه نشان داده است که صمغ گوار در ترکیب با اسانس‌ها از دست دادن اسیدیته را کاهش می‌دهد که با نتایج این پژوهش مطابقت نداشت [۳۶]. پوشش صمغ گوار با عصاره جینسنگ روی میوه گیلاس [۳۲]، به‌طور قابل توجهی از کاهش اسیدیته جلوگیری کرد در حالی‌که در این پژوهش ترکیب صمغ گوار و اسانس آویشن نسبت به شاهد منجر به کاهش TA شد. در پژوهش دیگری مشخص شد که آریل‌های پوشش داده شده با اسانس لیمو در انتهای دوره نگهداری اسیدیته پائین‌تری نسبت به شاهد داشتند که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت [۳۷]. بنابراین تأثیر پوشش بر کیفیت میوه‌ها به رقم، فرمول پوشش و شرایط نگه‌داری بستگی دارد.

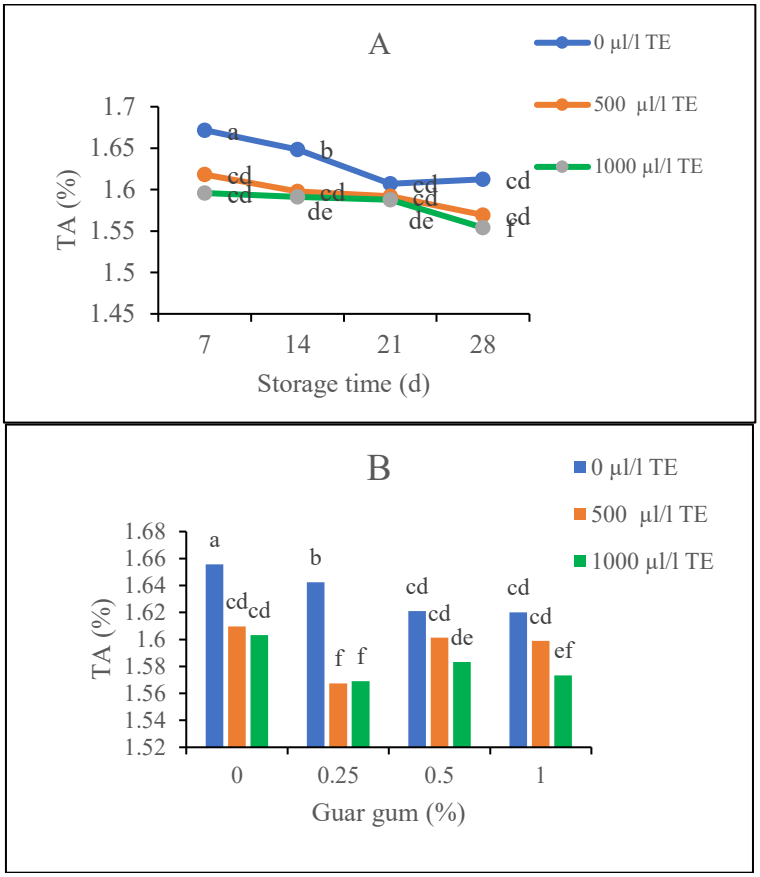

Fig 3 Interaction effects of A: thymus essential oil and storage time B: thymus essential oil and guar gum on TA of pomegranate arils cv. 'Zagh'

۳-٤- شاخص طعم (TSS/TA)

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۱) اثر زمان، آویشن، صمغ گوار، اثرات متقابل گوار در زمان و گوار در آویشن در سطح احتمال یک درصد و نیز اثرات سه‌گانه زمان در گوار در آویشن در سطح احتمال ۵٪ بر شاخص طعم آریل‌ها معنی‌دار بود. با افزایش غلظت اسانس و صمغ گوار شاخص طعم نیز بهبود یافت. نتایج بررسی اثرات سه‌گانه زمان در گوار در اسانس آویشن نشان داد که با گذشت زمان انبارمانی، شاخص طعم افزایش یافته است (جدول ۲). بیشترین شاخص طعم (۱۳/٦) در تیمار ترکیبی ۰/۲۵ درصد صمغ گوار همراه با ۵۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن در روز ۲۸ انبارمانی حاصل شد (جدول ۲). در انتهای دوره انبارداری شاخص طعم در همه تیمارها نسبت به شاهد بالاتر بود (جدول ۲).

نسبت TSS/TA که اغلب شاخص رسیدن (یا طعم) نامیده می‌شود، یک معیار مهم برای ارزیابی طعم آریل‌های انار است. نتایج نشان داد که با گذشت زمان انبارمانی، شاخص طعم افزایش یافته است که با نتایج مارتینز رومرو و همکاران (۲۰۱۳) روی آریل‌های انار مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که در آریل‌های تیمار شده با اسید به‌تنهایی و یا در ترکیب با ژل آلوئه‌ورا این شاخص به‌طور قابل توجهی کاهش یافت [٤٠]. جهانی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثرات متقابل نوع اسانس و غلظت آن روی انارهای تیمار شده با *Aspergillus niger* نشان دادند که بیشترین مقدار شاخص طعم در تیمار اسانس میخک (۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر) حاصل شده است [٤١].

Table 2 Triple effects of thymus essential oil, guar gum and storage time on TSS/TA of pomegranate arils cv. 'Zagh'

Treatments	**Time (day)**			
	7	14	21	**28**
Control	11.39 $^{t.v}$	11.80^{o-s}	11.93^{l-r}	**11.90** $^{k-r}$
0.25% GG	11.29 ^{uv}	11.94^{j-r}	11.86^{m-s}	**12.07** $^{j-r}$
0.5% GG	11.23 ^{v}	12.15^{h-m}	12.42^{d-h}	**12.21** $^{g-l}$
1% GG	11.31 ^{uv}	12.07^{i-o}	12.27^{e-k}	**12.57** $^{c-f}$
500 µl L^{-1} TEO	11.63 $^{r.t}$	12.26^{e-l}	12.16 $^{h-m}$	**12.14** $^{h-m}$
1000 µl L^{-1} TEO	11.72 $^{o.s}$	12.15^{h-m}	12.07 $^{i-r}$	**12.35** $^{d-j}$
500 µl. L^{-1} TEO × 0.25% GG	11.77 $^{o.s}$	12.25^{d-h}	12.60 $^{c-f}$	**13.20** ^{a}
500 µl. L^{-1} TEO × 0.5% GG	11.59 $^{s.u}$	12.28^{d-j}	12.25 $^{f-l}$	**12.56** $^{c-f}$
500 µl. L^{-1} TEO × 1% GG	11.58$^{s.u}$	12.47^{d-h}	12.29 $^{d-i}$	**12.56** $^{c-f}$
1000 µl. L^{-1} TEO × 0.25% GG	11.82$^{n.s}$	12.52^{c-g}	12.41 $^{d-h}$	**13.02** ^{ab}
1000 µl. L^{-1} TEO × 0.5% GG	11.72$^{q.s}$	12.44^{d-h}	12.35 $^{d-i}$	**12.85** ^{bc}
1000 µl. L^{-1} TEO × 1% GG	11.74$^{p.s}$	12.57^{c-f}	12.62 ^{cd}	**12.80** ^{bc}

Similar letters in each column don't have a significant difference statistically in P<0.05 level. GG: Guar gum; TEO: Thyme essential oil

pH – ۵-۳

نتایج جدول تجزیه واریانس (۱) نشان داد که اثر زمان، اسانس آویشن، صمغ گوار و اثرات متقابل گوار در آویشن و زمان در آویشن در سطح احتمال یک درصد بر میزان pH آریل‌ها معنی‌دار بود، و سایر اثرات متقابل و سه‌گانه بر محتوای pH آریل‌ها اثر معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۱). بررسی اثرات متقابل صمغ و اسانس نشان داد که کاربرد صمغ گوار نسبت به اسانس تاثیر بیشتری در افزایش pH داشته به‌طوری که بیشترین میزان آن در تیمار ۱٪ صمغ گوار مشاهده شد (شکل ٤A). با گذشت زمان میزان pH میوه‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد و این افزایش در شاهد بیشتر و در تیمار ۱۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر اسانس آویشن کمتر بود (شکل ٤B). تغییرات pH میوه‌ها در طول نگهداری به‌دلیل تغییر اسیدیته قابل تیتراسیون و تبدیل آنها به قند در طی فرآیندهای متابولیک است. تغییر pH می‌تواند به‌دلیل تأثیر پوشش‌ها بر شرایط بیوشیمیایی میوه باشد که ممکن است سرعت تنفس و فعالیت متابولیک را کاهش دهد. pH توت فرنگی در طول نگهداری در انبار در میوه‌های شاهد یا با پوشش آلوئه‌ورا افزایش یافت، اما در میوه‌های شاهد در مقایسه با نمونه‌های پوشش‌دهی شده بیشتر بود که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت نشان داد [٤٢].

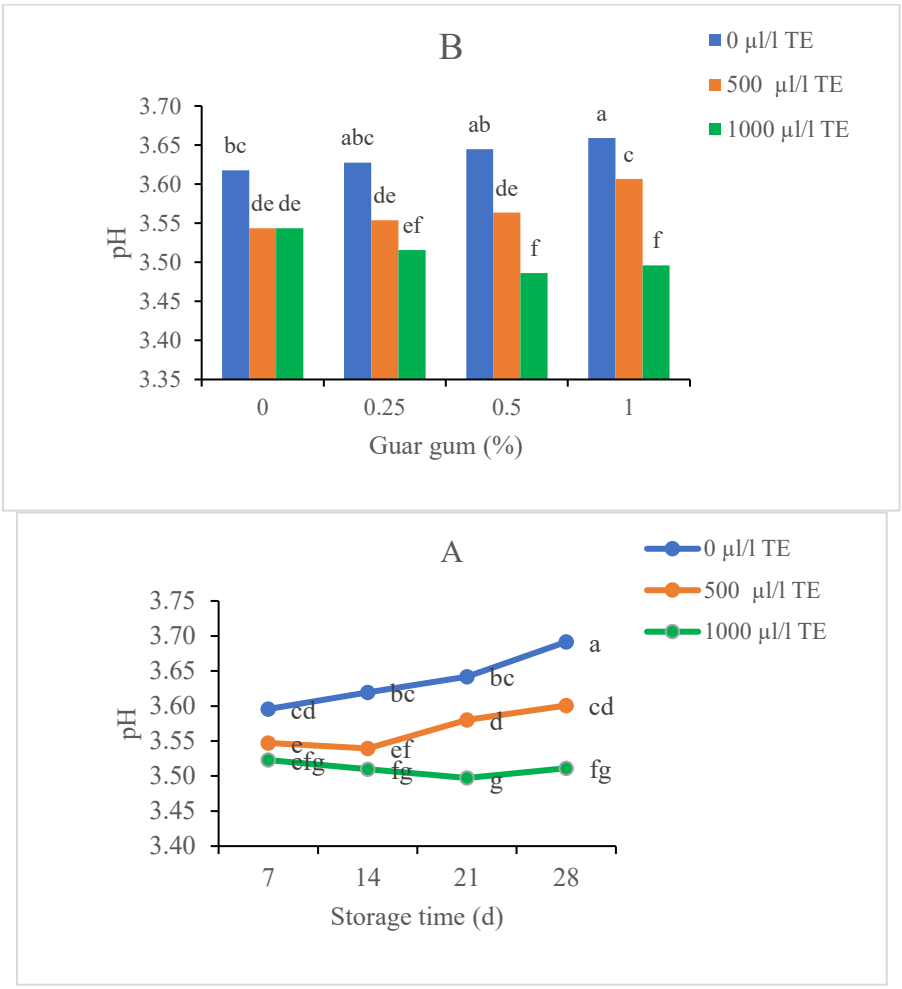

Fig 4 Interaction effects of A: thymus essential oil and storage time B: thymus essential oil and guar gum on pH of pomegranate arils cv. 'Zagh'

۳-۶- آنتوسیانین

نتایج جدول تجزیه واریانس (۱) نشان داد که اثر زمان، اسانس آویشن، صمغ گوار و اثرات متقابل گوار در آویشن و زمان در آویشن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل گوار در زمان در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان آنتوسیانین آریل‌ها معنی‌دار بود. اثرات سه‌گانه بر این شاخص معنی‌داری نبود.

با گذشت زمان محتوای آنتوسیانین به‌طور معنی‌داری در همه تیمارها کاهش یافت. بیشترین کاهش در نمونه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن مشاهده شد، به‌طوری‌که در همه زمان‌های نمونه‌برداری میزان آنتوسیانین در این تیمار کمتر از شاهد و ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس بود (شکل ۵A). با بررسی اثرات متقابل صمغ گوار و اسانس آویشن مشخص شد که بیشترین میزان آنتوسیانین در شاهد (۸۳/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین آن در آریل‌های پوشش‌داده شده با ۱ درصد صمغ گوار همراه با ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن (۶۷/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر) حاصل شده است که ۲۳/۶۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته بود (شکل ۵B). علت کاهش میزان آنتوسیانین در غلظت‌های بالای پوشش‌های خوراکی ممکن است به‌دلیل عدم تبادل کافی اکسیژن با محیط اطراف باشد که در نهایت منجر به کاهش تنفس و قهوه‌ای شدن آریل‌ها گردیده است. همین‌طور مشخص شد که غلظت اندک گوار (۰/۲۵ درصد) به تنهایی و در ترکیب با ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس توانسته در حفظ آنتوسانین میوه موثر باشد. در پژوهشی روغن زیره سیاه با غلظت ۸۰۰ میکرولیتر، محتوای آنتوسیانین را در گیلاس به‌طور قابل‌توجهی نسبت به سایر تیمارها حفظ کرد

[۴۳]. همچنین بیشترین و کمترین میزان آنتوسیانین به‌ترتیب در میوه‌های توت‌فرنگی تیمار شده با ۶۰۰ میکرولیتر بر لیتر روغن رازیانه و میوه‌های شاهد مشاهده شد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت نداشت [۴۴]. همچنین میزان آنتوسیانین میوه‌های تیمار شده هلو در بین اسانس‌ها و شاهد تفاوت معنی‌داری داشت که با یافته‌های این مطالعه در غلظت‌های بالای اسانس مطابقت نشان داد [۴۵]. جهانی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثرات متقابل نوع اسانس و غلظت آن روی انارهای تیمار شده با *Aspergillus niger* نشان دادند که بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار اسانس اکالیپتوس (۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر) حاصل شده است [۴۱].

در پژوهشی که در آن تأثیر ژل آلوئه‌ورا به‌عنوان پوشش خوراکی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی توت‌فرنگی تازه طی انبارداری بررسی شد [۴۶]، میزان آنتوسیانین در میوه‌های پوشش‌یافته، طی انبارداری کاهش یافت که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت نشان داد. در پژوهشی دیگر تأثیر پوشش نانومولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری و ویژگی‌های کیفی میوه‌ی توت‌فرنگی پس از برداشت بررسی شد [۴۷] که در این پژوهش غلظت آنتوسیانین در توت‌فرنگی پوشش داده با نانومولسیون کیتوزان تا روز دوازدهم روندی افزایشی نشان داد، اما پس از آن و تا پایان زمان نگهداری کاهش غلظت آنتوسیانین‌ها در نمونه تیمارشده ثبت شد [۴۷]. نتایج حاصل از این پژوهش روند کاهشی در میزان آنتوسیانین نمونه‌ها ملاحظه شد. هرچند تغییرات آنتوسیانین به رقم میوه مورد نظر و همچنین ترکیب شاخص مورد بررسی نیز بستگی دارد. در پژوهش این محققان بیان کردند که روند آهسته‌تر کاهش آنتوسیانین در نمونه‌های تیمار نسبت به نمونه‌ی شاهد می‌تواند به‌دلیل کمتر بودن فعالیت آنزیم پلی-فنل اکسیداز و حفظ اسیدآسکوربیک باشد. کاهش میزان آنتوسیانین به احتمال زیاد مربوط به تجزیه آنتوسیانین می-باشد که در طولانی‌مدت اتفاق می‌افتد.

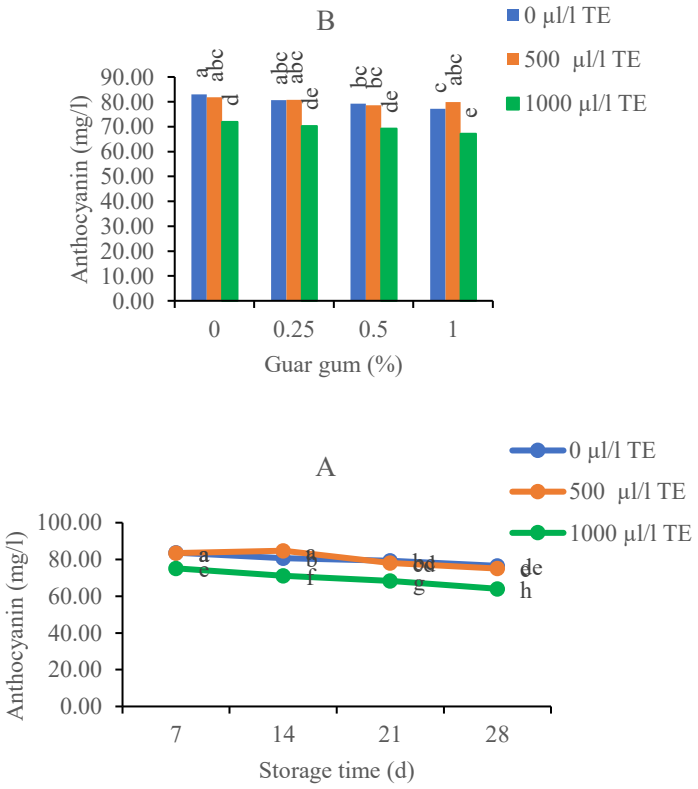

Fig 5 Interaction effects of A: thymus essential oil and storage time B: thymus essential oil and guar gum on anthocyanin content of pomegranate arils cv. 'Zagh'

۳-۷- فنل

بر اساس جدول تجزیه واریانس (۱) اثر زمان، اسانس آویشن، صمغ گوار و اثرات متقابل گوار در آویشن و زمان در گوار در سطح احتمال یک درصد بر محتوای فنل آریل‌ها معنی‌دار بود. سایر اثرات متقابل و سه‌گانه بر محتوای فنل آریل‌ها اثر معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل صمغ گوار و زمان نشان داد که با گذشت زمان میزان فنل افزایش یافته و این افزایش به‌طور معنی‌داری در آریل‌های تیمار شده با ۰/۵ و ۱٪ گوار در روز ۲۸ انبارمانی بالاتر بود (به‌ترتیب ۲۶۵/۳۶ و ۲۶۵/۴۱ میکروگرم اسید گالیک در وزن خشک) (شکل ۶A). با بررسی اثر متقابل اسانس آویشن و صمغ گوار مشخص شد که محتوای فنل با افزایش غلظت صمغ گوار و اسانس آویشن افزایش یافته است، به‌نحوی که بیشترین میزان فنل در آریل‌های پوشش‌دار شده با ۱٪ صمغ گوار (۲۶۵/۳۵ میکروگرم اسید گالیک در وزن خشک) و ترکیب ۱٪ صمغ گوار + ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن (۲۶۵/۳۷ میکروگرم اسید گالیک در وزن خشک) به‌دست آمد (شکل ۶B).

ترکیبات فنلی تقریباً در تمام قسمت‌های گیاه وجود دارد. ترکیبات فنلی یکی از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که پتانسیل آنتی‌اکسیدانی خوبی دارند. آنها می‌توانند گونه‌های فعال اکسیژن را جذب کرده و عملکرد آنزیم‌های خاص را تنظیم کنند [۴۸]. ترکیبات فنلی، به‌ویژه فلاونوئیدها، می‌توانند با فسفولیپیدهای غشایی از طریق پیوند هیدروژنی به انتهای قطبی فسفولیپیدها برهم‌کنش داشته باشند، در نتیجه آنها را در داخل و خارج غشا تجمع کرده و از دسترسی مولکول‌ها جلوگیری می‌کنند [۴۹]. ترکیبات فنلی به‌تدریج با رسیدن کاهش می‌یابند؛ بنابراین، حفظ این ترکیبات برای جلوگیری از افت کیفیت میوه در طول نگهداری مهم است. پوشش‌های طبیعی با ایجاد اتمسفر اصلاح‌شده در اطراف میوه و کاهش میزان تنفس و اکسیداسیون فنل‌ها با کاهش فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز، نقش کلیدی در متابولیسم ترکیبات فنلی ایفا می‌کنند [۵۰]. اخیراً مشاهده شده است که ترکیب پوشش ژل آلوئه‌ورا با عصاره گیاه *Fagonia cretica* تأثیر قابل‌توجهی بر حفظ فنل کل و فلاونوئید میوه ساپودیلا[۷] در طول نگهداری پس از برداشت دارد [۵۱]. به‌طور مشابه، پوشش آلژینات غنی‌شده با عصاره پوست انار تأثیر قابل‌توجهی بر حفظ محتوای فنلی گواوا در طی یک دوره انبارداری ۲۰ روزه داشت [۲]، که با نتایج این پژوهش مطابقت نشان داد.

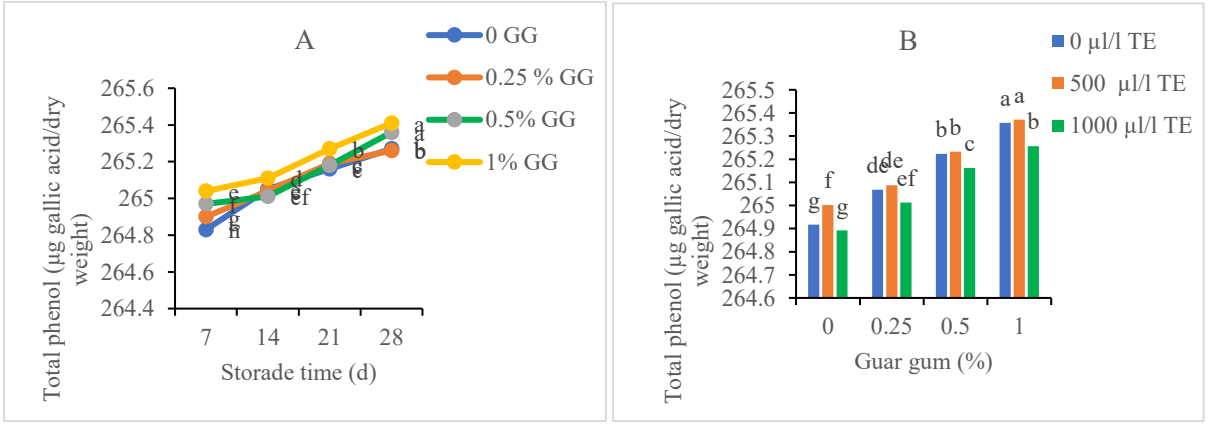

Fig 6 Interaction effects of A: guar gum and storage time B: thymus essential oil and guar gum on total phenol of pomegranate arils cv. 'Zagh'

7 -sapodilla

۳-۸- نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب اسانس‌های گیاهی با پوشش صمغ گوار می‌تواند کیفیت پس از برداشت آریل‌های انار را با به حداقل رساندن کاهش وزن و کند کردن تغییرات TSS این میوه بهبود بخشد. مواد جامد محلول بالاتر در میوه‌های پوشش‌داده شده با پوشش صمغ گوار مشاهده شد. افزودن ۵۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن شیرازی موجب بهبود ترکیبات فعال زیستی مانند فنل آریل انار در مقایسه با شاهد و ۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر اسانس شد. غلظت‌های بالای اسانس (۱۰۰۰ میکرولیتر در لیتر) در اکثر پارامترهای مورد بررسی تاثیر منفی بر کیفیت آریل‌های انار نشان دادند. همچنین در تیمارهای ترکیب با سطوح بالای اسانس و صمغ گوار نتایج مطلوبی حاصل نشد. باتوجه به اثرات مثبت اسانس آویشن شیرازی در ترکیب با صمغ گوار، 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 سبزیجات برای درک مکانیسم‌های احتمالی تأثیرات این ترکیبات مورد نیاز است.

٤-منابع

[1] Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., and Mohamed, M. T. M. 2020. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology*, 96: 253– 267.https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.024

[2] Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukula-Koch, W., and Kumar, M. 2020. Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables:
A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164: 304–320. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.083

[3] O'Grady, L., Sigge, G., Caleb, O. J., and Opara, U. L. 2014. Effects of storage temperature and duration on chemical properties, proximate composition and selected bioactive components of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *LWT-Food Science and Technology*, *57*(2): 508-515. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.030.

[4] Faria, A., and Calhau, C. 2011. The bioactivity of pomegranate: impact on health and disease. *Critical reviews in food science and nutrition*, *51*(7): 626-634. https://doi.org/10.1080/10408391003748100.

[5] El-Nemr, S. E., Ismail, I. A., and Ragab, M. 1990. Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. *Food/Nahrung*, *34*(7): 601-606. https://doi.org/10.1002/food.19900340706.

[6] López-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A., and Artés, F. 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C.*Postharvest Biology and Technology*, *37*(2): 174-185.
https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.04.003.

[7] Rodov, V., Schmilovitch, Z., Ronen, B., Hoffman, A., Egozi, H., Porat, R., Goldman, G., Horev, B., Weiss, B., Vinokur, Y., Shomer, I., and Holland, D. 2005. April. Mechanically separated pomegranate arils: a new lightly processed fresh product. 5th IFPA Poster Session at Fresh-Cut Expo, Phoenix, AZ.

[8] Fan, N., Wang, X., Sun, J., Lv, X., Gu, J., Zhao, C., and Wang, D. 2022. Effects of konjac glucomannan/pomegranate peel extract composite coating on the quality and nutritional properties of fresh-cut kiwifruit and green bell pepper. *Journal of Food Science and Technology, 59*(1): 228–238. https://doi.org/10.1007/s13197-021- 05006-7

[9] Moradinezhad, F., and Dorostkar, M. 2021. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality attributes and sensory evaluation of fresh jujube fruit. *International Journal of Fruit Science, 21*(1): 82–94. https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1858470

[10] Dar, A. H., Bashir, O., Khan, S., Wahid, A., and Makroo, H. A. 2020. Fresh-cut products: Processing operations and equipments. In *Fresh-Cut Fruits and Vegetables* (pp. 77–97). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00004-5.

[11] Moradinezhad, F., Naeimi, A., and Farhangfar, H. 2018. Influence of edible coatings on postharvest quality of fresh Chinese jujube fruits during refrigerated storage. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1(1): 1-14. 10.22077/JHPR.2018.1119.1002.

[12] Tiwari, V. K., Verma, V. C., Khushboo, A., Kumar, K., Tsewang, T., Verma, A., and Acharya, S. 2022. Edible coating for postharvest management of fruits and vegetables. *The Pharma Innovation Journal, 11*(3): 970–978.

[13] Jawad, A. H., Islam, M. A., and Hameed, B. 2017. Cross-linked chitosan thin film coated onto glass plate as an effective adsorbent for adsorption of reactive orange 16. *International Journal of Biological Macromolecules*, 95: 743–749. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.087
[14] Li, A., Lin, R., Lin, C., He, B., Zheng, T., Lu, L., and Cao, Y. 2016. An environment-friendly and multi-functional absorbent from chitosan for organic pollutants and heavy metal ion. *Carbohydrate Polymers*, 148: 272–280. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.070
[15] Hosseini, B., Saedisomeolia, A., Wood, L. G., Yaseri, M., and Tavasoli, S. 2016. Effects of pomegranate extract supplementation on inflammation in overweight and obese individuals: A randomized controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Clinical Practice, 22*, 44–50. https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2015.12.003
[16] Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Sant'Ana, A. S., Domínguez, R., Rodríguez-Lázaro, D., and Lorenzo, J. M. 2021. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 337: 108966.
[17] Moreira, S. P., Carvalho, W. M., Alexandrino, A. C., Paula, H. C. B., Rodrigues, M. C. P., Figueiredo, R. W., Maia, G. A., Figueiredo, E. M. A. T., and Brasil, I. M. 2014. Freshness retention of minimally processed melon using different packages and multilayered edible coating containing microencapsulated essential oil, *International Journal of Food Science. and Technology*, 1-9.
[18] Guerreiro, A. C., Gagoa, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., and Antunes, M. D. C. 2015. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biology and Technology,* 100: 226–233.
[19] Firdous, N., Moradinezhad, F., Farooq, F., and Dorostkar, M. 2022. Advances in formulation, functionality, and application of edible coatings on fresh produce and fresh-cut products: a review. *Food Chemistry*, 135186.
[20] Peter, K. V., and Babu, K. N. 2012. Introduction to herbs and spices: medicinal uses and sustainable production. In K.V. Peter (Ed.), Handbook of herbs and spices, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 1-16
[21] Hyldgaard, M., Mygind, T., and Meyer, R.L. 2012. Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components, *Frontiers in Microbiology*, 3: 1-24.
[22] Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., and Cabras, P. 2006. Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. Ssp. Stoechas essential oils from stem/leaves and flowers. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54 (12): 4364–4370. https://doi.org/10.1021/jf0603329.
[23] Masotti, V., Juteau, F., Bessiere, J.M., and Viano, J. 2003. Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities. *Journal of Agriculture and Food Chemistry,* 51 (24): 7115–7121. https://doi.org/10.1021/jf034621y.
[24] Lopez-Rubia, V., Conesa, A., Allende, A., and Artes, F. 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. *Postharvest Biology and Technology*, 37: 174–185
[25] Saei-Dehkordi, S. S., Tajik, H., Moradi, M., & Khalighi-Sigaroodi, F. 2010. Chemical composition of essential oils in *Zataria multiflora* Boiss. from different parts of Iran and their radical scavenging and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, *48*(6): 1562-1567.
[26] Rojas-Argudo, C., Del Río, M., and Pérez-Gago, M. 2009. Development and optimization of locust bean gum (LBG)-based edible coatings for postharvest storage of 'Fortune'mandarins. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 227–234.
[27] Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Shiri, M. A., and Javdani, Z. 2015. The arils characterization of five different pomegranate (*Punica granatum*) genotypes stored after minimal processing technology. *Journal of food Science and Technology*, *52*(4), 2023-2032.
[28] Singleton, V. L., and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, *16*(3): 144-158.
[29] Popovic, M.B., Stajner, D., Slavko, K., and Sandra, B. 2012. Antioxidant capacity of cornelian cherry comparison between permanganate reducing antioxidant capacity and other antioxidant methods. *Food Chemistry,* 134: 734-741
[30] Amarante, C., and Banks, N.H. 2000. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. *Horticultural Review*, 26: 161–238.
[31] Díaz-Mula, H.M., Serrano, M., and Valero, D. 2012. Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. *Food Bioprocess Technology*, 5: 2990–2997. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0599-2.
[32] Dong, F., and Wang, X. 2018. Guar gum and ginseng extract coatings maintain the quality of sweet cherry. Lwt - *Food Science and Technology*, 89: 117–122. https://doi.org/10.1016/j.lwt. 2017.10.035.
[33] Saberi, B., Golding, J.B., Marques, J.R., Pristijono, P., Chockchaisawasdee, S., Scarlett, C.J., and Stathopoulos, C.E. 2018. Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of

‘Valencia’oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 137: 9–20.
[34] Ebrahimi, F., and Rastegar, S. 2020. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with Spirulina platensis and Aloe vera extract during storage at ambient temperature. *Scientia Horticulturae*, *265:* 109258.
[35] Burdon, J., Pidakala, P., Martin, P., Billing, D., and Boldingh, H. 2016. Fruit maturation and the soluble solids harvest index for ‘Hayward’kiwifruit. *Scientia Horticulturae,* 213: 193–198.
[36] Naeem, A., Abbas, T., Ali, T.M., and Hasnain, A. 2018. Effect of guar gum coatings containing essential oils on shelf life and nutritional quality of green-unripe mangoes during low temperature storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113: 403–410.
[37] Yousuf, B., Srivastava, A. K., 2017. Flaxseed gum in combination with lemongrass essential oil as an effective edible coating for ready-to-eat pomegranate arils. *International journal of biological macromolecules*, *104*: 1030-1038.
[38] Selcuk, N., Erkan, M., 2014. Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicrannar under modified atmosphere packaging, *Postharvest Biology and Technology*,92: 29-36.
[39] Batista-Silva, W., Nascimento, V. L., Medeiros, D. B., Nunes-Nesi, A., Ribeiro, D. M., Zsögön, A., Araújo, W. L. 2018. Modifications in Organic Acid Profiles during Fruit Development and Ripening: Correlation or Causation Frontiers In Plant Science. pp. 9.

[40] Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., and Serrano, M. 2013. Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. *Postharvest Biology and Technology*, *86*: 107-112.
[41] Jahani, M., Pira, M., and 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.
[42] Sogvar, O.B., Saba, M.K., 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.
[43] Aminifard, M., and Mohammadi, S. 2013. Efficacy of plant essential oils to control postharvest decay of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88: 79–84. https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512939.
[44] Mohammadi, S., Aroiee, H., Aminifard, M. H., and Jahanbakhsh, V. 2012. *In vitro* and *in vivo* antifungal activates of the essential oils of various plants against strawberry grey mold disease agent *Botrytis cinerea*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45 (20): 2474–2484. https://doi.org/10.1080/03235408.2012.729422.
[45] Mohammadi, S., and Aminifard, M. H. 2012. Effect of essential oils on postharvest decay and some quality factors of peach (*Prunus persica* var. Redhaven). Journal of Biological & Environmental Science, 6 (17): 147–153.
[46] Emamifar, A. 2004. Evaluation of the effect of aloe vera gel as an oral coating on microbial, physicochemical and sensory properties of fresh strawberries during storage. *Journal of Innovative Food Technologies*, 6: 29-15.
[47] Eshghi, S., and Hashemi, M. 2013. The effect of nanoemulsion coating containing chitosan on increasing the shelf life and quality characteristics of strawberry fruit after harvest. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry,* 2: 9-19.
[48] Rice-Evans, C., Miller, N., and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Science, 2: 152–159.
[49] Sakihama, Y., Cohen, M.F., Grace, S.C., and Yamasaki, H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology*, 177: 67–80. https://doi.org/10.1016/S0300-483X(02)00196-8.
[50] Hassan, B., Chatha, S.A.S., Hussain, A.I., Zia, K.M., and Akhtar, N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. *International Journal of Biological*
Macromolecules, 109: 1095–1107.
[51] Khaliq, G., Tengku, M., Mohamed, M., Mohd, H., Ding, P., and Ali, A. 2016. Influence of gum arabic coating enriched with calcium chloride on physiological, biochemical and quality responses of mango (*Mangifera indica* L.) fruit stored under low temperature stress. *Postharvest Biology and Technology,* 111: 362–369. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.029.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Application of edible coatings based on guar gum and essential oil of Shirazi thyme for improving quality of pomegranate arils cv. 'Zagh' during storage life

Ali Izadi[1], Maryam Dehestani-Ardakani[2, 3*], Heidar Meftahizadeh[2, 3], Jalal Gholamnezhad[2, 3]

1. M. Sc. student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran
2. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran
3. Medicinal and Industrial Plant Research Institute, Ardakan, I. R. Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2023/3/18

Accepted:2023/8/22

Keywords:

Taste index,

Weight loss,

Quality,

Storage life,

Phenol content

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.1.

*Corresponding Author E-

mdehestani@ardakan.ac.ir

ABSTRACT

Pomegranate arils have a short shelf-life due to their high sensitivity to fungal agents. The use of chemical antifungal compounds to increase the postharvest life of fruit has raised many concerns. For this reason, it is necessary to use safe methods to control spoilage and maintain the quality of minimally processed pomegranate cv. Zagh arils during storage. The edible coating made from biodegradable ingredients has been considered as a technology to extend the shelf life of coated products by modifying their internal atmosphere. The aim of this study was to assess the influence of guar gum edible coatings enriched with Shirazi thymus (*Zataria multiflora)* essential oils on extending cold storage life and maintaining fruit quality of minimally processed pomegranate arils during storage at 4 ± 2 °C. This study was conducted in a completely randomized design (CRD) in a factorial experiment using guar gum in four concentrations (0, 0.25, 0.5 and 1%), essential oils of thyme at three levels (0, 500 and 1000 µl/L) in four periods of times (7, 14, 21 and 28 days) with three repetitions. The results showed that by the time, the weight of arils, titratable acidity and anthocyanin significantly decreased; while the amount of soluble solids content, taste index, pH and phenol content increased. On the last day of storage, arils coated with 0.25% guar gum and 500 µl/L of thyme essential oil showed lower weight loss and higher taste index compared to other treatments. The application of guar gum in all three concentrations significantly decreased titratable acidity and anthocyanin content and increased total soluble solids and phenol content of arils. Titratable acidity and pH decreased significantly by increasing the concentration of thyme essential oil. In general, low concentrations of guar gum (0.25 and 0.5%) and 500 µl/L of thyme essential oil can be introduced to improve the quality and increase the cold storage life of 'Zagh' pomegranate arils.