تأثیر درون‌پوشانی اسانس مرزه بختیاری با کیتوزان بر ویژگی‌های کیفی دانه انار

عارفه مزروعی*[۱]، کرامت اله سعیدی [۲]، زهرا ایزدی[۳]، عبدالرحمان محمدخانی[٤]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

[۲] گروه علوم باغبانی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

[۳] گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

[۴] گروه علوم باغبانی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

*نویسنده مسئول:arefeh.maz@gmail.com

چکیده

کاربرد اسانس‌های گیاهی با توجه به نقش آنتی‌اکسیدانی آن‌ها، از قهوه‌ای‌شدن آنزیمی جلوگیری می‌کند. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از پلیمرهای طبیعی تهیه می‌شوند بدون اینکه از مواد شیمیایی استفاده شود و باعث ارتقاء کیفی و افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی می‌شوند. به منظور بررسی درون‌پاشی اسانس مرزه بختیاری با کیتوزان بر کیفیت دانه انار، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار (نسبت‌های کیتوزان و سطوح پاشش اسانس مرزه بختیاری) و در ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد، بیشترین میزان pH عصاره میوه در تیمار شاهد قبل از دوره نگهداری مشاهده شد. در تیمار شاهد بعد از دوره نگهداری بیشترین میزان TSS حاصل گردید. بیشترین میزان اسید آلی در عصاره انار در تیمارهای ۱-۰/۶ و شاهد قبل از دوره نگهداری مشاهده شد. در تیمار شاهد بعد از دوره نگهداری کمترین میزان اسید آلی حاصل شد. بیشترین کاهش وزن در تیمار ۰/۶-۳ کیتوزان به اسانس نشان داده شد. بنابراین با پوشش‌دهی دانه‌های انار توسط کیتوزان و انتخاب غلظت مناسب اسانس مرزه بختیاری (۱ -۰/۳و ۰/۳ -۲)، می‌توان زمان ماندگاری، بازارپسندی و کیفیت تغذیه‌ای دانه انار را به میزان مناسب و قابل توجهی حفظ کرد.

واژگان کلیدی: اسانس مرزه بختیاری، اسید آلی، مواد جامد محلول، نانوذرات

مقدمه

میوه‌ها به عنوان سیستم بیولوژیکی زنده، پس از برداشت از بین می‌روند. میزان زوال و پیری به میزان زیادی در میان محصولات متفاوت بوده و بستگی به شدت متابولیسم آن‌ها دارد. با توجه به سریع بودن شدت متابولیسم در اکثر میوه‌ها، زنجیره پیشرفته بازاررسانی که تقاضا را برای فرآورده افزایش می‌دهد، نیاز به فناوری‌های پس از برداشت را ایجاد کرده تا کیفیت فرآورده برای مدت طولانی حفظ شود (O'Grady *et al*., 2014). کاهش سطح اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن نقش مهمی در کنترل واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن آنزیمی، پوسیدگی میوه و سبزی‌ها و جلوگیری از گسترش فساد میکروارگانیسم‌های هوازی دارد (Sharma *et al*., 2018). انار با نام علمی .*Punica granatum* L و نام انگلیسی Pomegranate، از ردهٔ نهاندانگان و متعلق به کوچک‌ترین خانوادهٔ گیاهی دولپه‌ای یعنی خانوادهٔ انار یا پونیکاسه با ۱۸ یا ۱۶= ۲n کروموزوم می‌باشد. انار یکی از محصولات باغی پرارزش و صادراتی کشور محسوب می‌شود که به طور وسیع در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۶). استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصول، نه تنها سبب تولید محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و مضر می‌شود بلکه دارای ارزش دارویی و غذایی بالاتری نیز خواهد بود (Pareek *et al*., 2015). کاربرد اسانس‌های گیاهی با توجه به نقش آنتی‌اکسیدانی آن‌ها، از قهوه‌ای‌شدن آنزیمی جلوگیری می‌کند. علاوه بر این خواص ضد میکروبی برخی اسانس‌ها نیز به اثبات رسیده است. بنابراین استفاده از این مواد تأثیر زیادی در افزایش طول عمر نگهداری مواد غذایی دارد. اسانس مرزه به دلیل داشتن ترکیبات فنولی دارای ویژگی‌های ضد میکروبی و ضداکسایشی بالایی می‌باشد (Shojaee-Aliabadi *et al*., 2013). امروزه از پوشش-های خوراکی جهت جلوگیری از تغییرات نامطلوب کیفی محصولات مختلف استفاده می‌شود. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از پلیمرهای طبیعی تهیه می‌شوند و باعث ارتقاء کیفی و افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی می‌شوند و روش مناسب و نوآورانه‌ای از نظر اقتصادی و تغذیه‌ای می‌باشد. کیتوزان از مهم‌ترین این پوشش‌ها می‌باشد (Karimirad *et al*., 2019). به‌دلیل اینکه ایران با تولید این محصول،

مانند بیشتر میوه‌ها، جهت عرضه خارج از فصل در بازارهای داخلی و صادرات فعالیت می‌نماید در نتیجه نگهداری مناسب آن اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین بروز هر نوع مشکلی در کیفیت انار می‌تواند به کاهش میزان درآمد باغداران و صادرکنندگان انار منجر شود و بخش مهمی از صادرات این محصول از دست برود. برای کاهش ضایعات انار کاربرد موادی که بتواند به نگهداری و حفظ کیفیت آن کمک کند، حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر اسانس مرزه بختیاری کپسوله شده در پوشش پلی‌ساکاریدی کیتوزان بر روی خصوصیات کیفی و ماندگاری پس از برداشت انار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی درون‌پاشی اسانس مرزه بختیاری با کیتوزان بر ماندگاری و کیفیت دانه انار، آزمایشی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام شد. بدین منظور انار دانه سیاه نیریزی تهیه شد. میوه‌های سالم و بدون ترک‌خوردگی انار به آزمایشگاه جهت اعمال تیمارها انتقال داده شد. ابتدا میوه‌ها با آب مقطر شسته و سپس خشک شد. سپس به کمک چاقوی تیز از ناحیه مرکزی به دونیم بریده و دانه‌های انار به صورت دستی و در شرایط بهداشتی ایزوله، از پوست جدا شد. برای اطمینان از یکنواختی نمونه‌ها، دانه‌ها با یکدیگر مخلوط گردید. تیمارها به روش پاششی (سطوح پاشش ۰/۳ و ۰/۶) تهیه و در مقادیر ۵۰ گرمی در ظروفی از جنس پلی‌اتیلن در یخچال به مدت یک ماه نگهداری شد. ابتدا نانوامولسیون روغن در آب (O/W) تهیه شد. به این ترتیب که ابتدا محلول کیتوزان تهیه و با اضافه کردن توئین ۸۰ به کامپوزیت روغن فرار، فاز روغنی به دست آمد تا جایی که غلظت توئین به یک درصد رسید. محلول کیتوزان به آرامی و قطره قطره، به محلول که توسط همزن در حال همگن شدن است اضافه شد و پس از ایجاد یک مخلوط همگن، روغن فرار بر اساس یک نسبت (جرمی/جرمی) ۱:۱ و ۱:۲ و ۱:۳ اضافه شد و سپس در دستگاه سونیکت قرار داده شد و در نهایت خشک گردید. جهت تولید نانوکپسول، در ابتدا نانوامولسیون روغن فرار آماده شد، سپس نانوامولسیون تهیه شده با استفاده از خشک‌کن انجمادی به صورت پودر درآمد.

میزان pH میوه با استفاده از دستگاه pHمتر دیجیتال اندازه‌گیری شد. مقدار مواد جامد محلول توسط رفرکتومتر و بر حسب درصد برای هر تیمار محاسبه گردید. میزان اسیدیته به روش تیتراسیون و بر طبق رابطه ۱، $TA\ (\%)= V\ N\ Meqwt/\ y \times 100$ اندازه‌گیری شد. در این رابطه Meqwt (میلی اکی‌والان اسید غالب)، V (میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر)، N (نرمالیته سود مصرفی، ۰/۱ نرمال) و Y (میلی‌لیتر حجم عصاره نمونه) در نظر گرفته شد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۶). میزان کاهش وزن نمونه‌های هر تکرار با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش و پس از انتقال به آزمایشگاه در پایان مدت زمان نگهداری از طریق رابطه ۲، $(W_2\text{-}W_1)/\ W_1 \times 100$ =درصد کاهش وزن، محاسبه گردید. در این رابطه W_1 (وزن اندازه‌گیری شده قبل از نگهداری) و W_2 (وزن اندازه‌گیری شده بعد از مدت زمان نگهداری) در نظر گرفته شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار (نسبت‌های کیتوزان و سطوح پاشش اسانس مرزه بختیار) و ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌ها داخل یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه واریانس شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر عوامل آزمایشی، از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین تیمارها استفاده گردید.

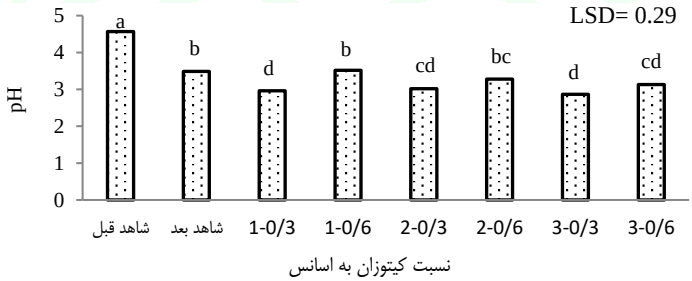
نتایج و بحث

pH: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تیمار بر میزان pH در سطح احتمال ۵ درصد در جدول ۱ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان pH عصاره میوه در تیمار شاهد قبل از دوره نگهداری با میزان ۴/۵۷ مشاهده شد، در نسبت‌های ۱-۰/۳ و ۳-۰/۳ کیتوزان به اسانس کمترین میزان pH به ترتیب با مقادیر ۲/۹۶ و ۲/۸۷ در شکل ۱ حاصل شد.

جدول ۱-نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی عصاره انار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		pH	TSS	اسید آلی
تیمار	۷	۰/۸۹*	۵/۲۸**	۰/۴۱**
خطا	۱۶	۰/۰۳	۰/۲۶	۰/۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۵/۰۷	۳/۱۶	۸/۷۴

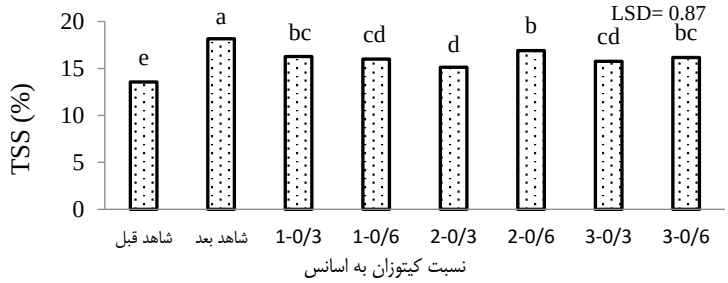
* و **، به ترتیب معنی‌دار شدن در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.



شکل۱- اثر نسبت‌های کیتوزان به اسانس بر میزان pH عصاره میوه انار. میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، تحت تیمارهای مورد بررسی در مقایسه با گروه شاهد، میزان pH کاهش معنی‌داری را نشان داد و با افزایش نسبت کیتوزان، کاهش بیشتری مشاهده گردید. کاهش در میزان اسیدیته میوه بیانگر رسیدن و زوال آن است. پوشش‌ها تغییرات pH را کند کرده و به طور مؤثری رسیدن و زوال آن‌ها را به تعویق می‌اندازند. پوشش نیمه نفوذپذیر کیتوزان اتمسفر درونی را متحول کرده و میزان دی‌اکسید کربن و اکسیژن اطراف میوه را تغییر می‌دهد، بنابراین رسیدن میوه را به تعویق می‌اندازد (Jiang *et al.*, 2012). pH معمولاً در طول دوره انبارمانی افزایش می‌یابد اما استفاده از کیتوزان در مقایسه با شاهد میزان pH را کاهش داد (Ghasemnezhad *et al.*, 2010).

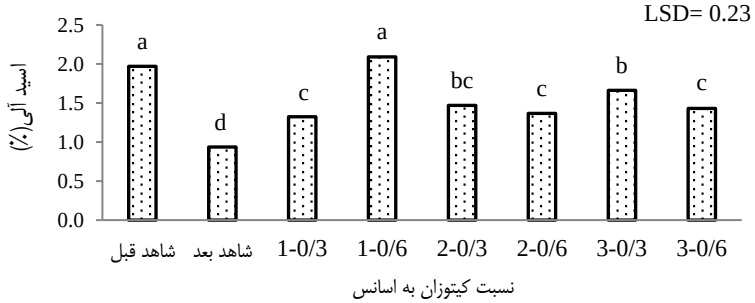
TSS: بر طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار بر میزان TSS در سطح احتمال ۱ درصد در جدول ۱معنی‌دار گردید. در تیمار شاهد بعد از دوره نگهداری بیشترین میزان TSS با ۱۸/۱۷ درصد مشاهده گردید. کمترین میزان نیز در تیمار شاهد قبل از دوره نگهداری با میزان ۱۳/۵۷ درصد نشان داده شد، شکل ۲.



شکل۲- اثر نسبت‌های کیتوزان به اسانس بر میزان TSS عصاره میوه انار. میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

تغییرات مواد جامد محلول به عوامل متعددی مانند میزان قند میوه، اسیدیته و پکتین‌های محلول در میوه بستگی دارد. مواد جامد محلول در این مطالعه در گروه شاهد بعد از اعمال تیمارها در مقایسه با گروه شاهد قبل از اعمال تیمارها روندی افزایشی داشت. در طول دوره نگهداری، کیتوزان به واسطه ایجاد یک مانع در مقابل عبور گازها باعث کاهش تنفس، تلفات آب میوه، تبادلات گازی و تولید اتیلن شده است و تثبیت و در برخی تیمارها کاهش مواد جامد محلول را در مقایسه با تیمار شاهد بعد از اعمال تیمارها به همراه دارد (Hasheminejad and Khodaiyan, 2020).

اسید آلی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار شدن اثر تیمار بر میزان اسید آلی میوه در سطح احتمال ۱ درصد بود، جدول ۱. بر طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان اسید آلی در عصاره انار در تیمارهای ۱-۰/۶ و شاهد قبل از دوره نگهداری به‌ترتیب با میزان ۲/۰۹ و ۱/۹۷ درصد حاصل شد. در تیمار شاهد بعد از دوره نگهداری کمترین میزان اسید آلی با ۰/۹۴ درصد حاصل شد. بین برخی از تیمارها نیز در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری در شکل ۳ مشاهده نگردید.



شکل ۳- اثر نسبت‌های کیتوزان به اسانس بر میزان اسید آلی عصاره میوه انار. میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

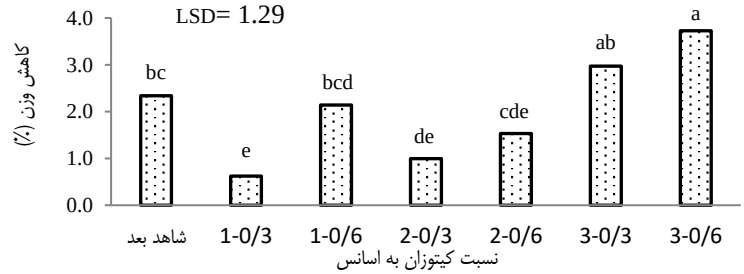
در هنگام رسیدن و افزایش فعالیت‌های سوخت‌وساز، اسیدهای آلی میوه کاهش پیدا می‌کنند. کاهش میزان اسیدیته در برخی از نسبت‌های تیمار شده در طول دوره نگهداری می‌تواند به دلیل اکسیدشدن اسید آلی در محیط باشد. ابتدا در اثر اکسیداسیون، اسید آلی به دهیدرو L-آسکوربیک اسید و در صورت ادامه‌ی واکنش به دی‌کتو L- گلوکونیک تبدیل می‌شود که این مسیر غیر قابل برگشت است و در نتیجه افت شدیدی در میزان این ترکیب در زمان نگهداری دانه‌های انار مشاهده می‌شود (Vargas *et al.*, 2006). در این پژوهش غلظت ۰/۶ اسانس به دلیل ایجاد لایه محافظ اطراف دانه‌ها و کاهش بیشتر میزان تنفس از کاهش اسیدیته جلوگیری کرد.

کاهش وزن: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار شدن اثر تیمار بر میزان کاهش وزن در سطح احتمال ۱ درصد بود، جدول ۲. بر طبق نتایج، بیشترین کاهش وزن در تیمار ۰/۶-۳ کیتوزان به اسانس با میزان ۳/۷۳ درصد و کمترین میزان در تیمارهای ۰/۳-۱ و ۰/۳-۲ کیتوزان به اسانس به ترتیب با میزان ۰/۶۲ و ۰/۹۹ درصد در شکل ۴ نشان داده شد.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار بر درصد کاهش وزن دانه‌های انار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات کاهش وزن
تیمار	۶	۳/۵۹**
خطا	۱۴	۰/۵۴
ضریب تغییرات (٪)		۳۶/۰۰

**: معنی‌دار شدن در سطح آماری ۱ درصد.



شکل ۴- اثر نسبت‌های کیتوزان به اسانس بر میزان کاهش وزن عصاره میوه انار. میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

پوشش کیتوزان یک لایه نیمه نفوذپذیر و صاف در سطح میوه تشکیل می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان یک سد حفاظتی برای کاهش میزان تنفس و تعرق از طریق سطوح میوه استفاده شود. غلظت زیاد کیتوزان باعث صدمه به بافت میوه شده و افزایش تنفس و اتلاف

آب میوه را ناشی می‌شود (قاسمی تولائی و همکاران، ۱۳۹۴). در پژوهشی دیگر، تأثیر کیتوزان ۱ درصد را مؤثرتر از کیتوزان ۲ درصد بر کاهش وزن میوه انبه گزارش کردند (Chien *et al*., 2007).

منابع

عزیزی، ف.، عرفانی مقدم، ج.، خادمی، ا. و نورالهی، خ. ۱۳۹۶. تأثیر اسید آسکوربیک و اسید اگزالیک بر ماندگاری آریل‌های انار. علوم و صنایع غذایی،۷۱: ۲۴-۱۵.

قاسمی تولائی، م.، رامین، ع.ا. و امینی، ف. ۱۳۹۴. تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان بر کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت خیار زمرد. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی،۱۵: ۱۹۷-۱۸۹.

Chien, P.J., Sheu, F., Yang F.H. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering, 78: 225–229.

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

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: 125520.

Jiang, T.J., Feng L.F., Li, J.R. 2012. Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan–glucose complex coating under cold storage. Food Chemistry, 131: 780- 786.

Karimirad, R., Behnamian, M., Dezhsetan, S. 2019. Application of chitosan nanoparticles containing *Cuminum cyminum* oil as a delivery system for shelf life extension of *Agaricus bisporus*, LWT - Food Science and Technology, doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.062.

O'Grady, L., Sigge, G., Caleb, O.J., Opara, U.L. 2014. Bioactive compounds and quality attributes of pomegranate arils (*Punica granatum* L.) processed after long-term storage. Food Packaging and Shelf Life, 2: 30-37.

Pareek, S., Valero, D., Serrano, M. 2015. Postharvest biology and technology of pomegranate. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95: 2360–2379.

Sharma, R.R., Dattab, S.C., Varghesec, E. 2018. Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of 'Kandhari' pomegranates. Crop Protection, 114:18–22.

Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mohammadifar, M.A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, S.M., Khaksar, R. 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial κ-carrageenan films containing Satureja hortensis essential oil. International Journal of Biological Macromolecules, 52: 116-124.

Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., Gonzalez- Martinez, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. Postharvest Biology and Technology, 41: 164-71.

Effect of encapsulation of *Satureja bachtiarica* essential oil with chitosan on qualitative traits of pomegranate seeds

Arefa Mazrouei[1*], Keramatollah Saeidi[2], Zahra Izadi[3], Abdolrahman Mohammadkhani[4]
[1*]M.Sc. Student, Department of Horticulture, Physiology and Plant Breeding, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[2]Department of Horticultural Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[3] Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[4] Department of Horticulture Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[*]*Corresponding Author*: *arefeh.maz@gmail.com*

Abstract
Plant essential oils inhibit enzymatic browning due to their antioxidant role. Edible films and coatings are produced from natural polymers with no chemical use and improve the quality and shelf-life of foodstuffs. The effects of the encapsulation of *Satureja bachtiarica* essential oil with chitosan on the shelf life and quality of pomegranate seeds were studied in an experiment based on a completely randomized design with eight treatments (different ratios of chitosan to *S. bachtiarica* essential oil) and three replications. The results showed that the highest fruit extract pH was observed in the control treatment before the storage period. The post-storage control treatment exhibited the highest total soluble solids (TSS). The highest organic acid was obtained from the extract treated with the chitosan: essential oil ratio of 0.6-1 and from the control plants before the storage period. The post-storage control treatment had the lowest organic acid content. The highest weight loss was observed in the treatment of chitosan: essential oil ratio of 3-0.6. Plant resources are interested more due to their fewer side effects and sometimes their better and faster effectiveness. In this regard, the use of local plant species of Iran, which have antimicrobial effects, and their encapsulation with chitosan nanoparticles is a modern method to treat fungi-related infections. Therefore, coating pomegranate seeds with chitosan and selecting a proper rate of *S. bachtiarica* essential oil can significantly contribute to preserving the shelf-life, marketability, and nutritional quality of pomegranate seeds.

Keywords: *Satureja bachtiarica* essential oil, Organic acid, Total soluble solids, Nanoparticles