اثرات ترکیبی بسته‌بندی با پوشش‌های پلیمری متفاوت و سینامالدئید بر خصوصیات کیفی و ماندگاری اناردانه رقم رباب نی‌ریز

اعظم رنجبر*[۱]، اصغر رمضانیان[۲]

[۱]دانشجوی دکتری فیزیولوژی پس از برداشت، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

[۲]استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: azam_ranjbar91@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش اثر ترکیبی بسته‌بندی با دو نوع پوشش پلیمری و غلظت‌های مختلف سینامالدئید در مدت انبارمانی بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری اناردانه رقم رباب نی‌ریز ارزیابی شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی درسه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل پوشش‌های پلیمری مختلف (پلی‌اتیلن + پلی‌استر و بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن)، غلظت‌های مختلف سینامالدئید در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر) و زمان نمونه‌برداری در شش سطح (روز صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵) بود. نتایج نشان داد پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی سینامالدئید شاخص کروما را در سطح بالاتری نسبت به شاهد و تیمار بسته‌بندی با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی سینامالدئید حفظ کرد. پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی سینامالدئید در مدت انبارمانی باعث حفظ زاویه فام شد. در تمام تیمارها مقدار مواد جامد قابل حل در مدت انبارمانی افزایش و اسیدیته قابل تیتراسیون کاهش یافت. تیمار پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید باعث افزایش ماندگاری اناردانه تا ۲۵ روز نسبت به ۱۰ و ۱۵ روز به‌ترتیب در تیمار پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن بدون سینامالدئید و تیمار پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر بدون سینامالدئید شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، رنگ سنجی، کروما، مواد جامد قابل حل

مقدمه

انار با نام علمی*Punica granatum* متعلق به تیره Lythraceae از مهمترین میوه‌های نیمه‌گرمسیری بومی ایران می‌باشد (Meighani *et al*., 2015). عرضه انار با کمترین فرآوری می‌تواند یک روش مهم برای افزایش مصرف این میوه با توجه به خواص درمانی آن باشد (Palma *et al*., 2015). بسته‌بندی با پوشش‌های پلیمری باعث حفاظت فیزیکی، جلوگیری از فساد میکروبی، بهبود خصوصیات حسی فرآورده و جذب مشتری خواهد شد (Robertson, 2016). اما افزایش رطوبت درون بسته ممکن است باعث تراکم رطوبت سطح پوشش پلیمری شود و بر خاصیت نفوذپذیری اثر معکوس گذاشته و منجر به تولید اتمسفر نامطلوب و فساد میکروبی شود. به‌منظورکنترل فساد میکروبی، مواد ضد میکروبی فرار و غیرفرار داخل پلیمرهای بسته‌بندی بکارگرفته می‌شوند (Seydim and Sarkis, 2006). سینامالدئید ترکیب معطر آلدئیدی است که اثرات ضد میکروبی در برابر میکروارگانیسم‌ها نشان می‌دهد (Sanla- Ead, 2012). بررسی تأثیر پوشش بسته‌بندی روی خصوصیات کیفی اناردانه میردولا نشان داد که پوشش پلیمر پلی‌پروپیلن باعث کاهش میزان تنفس، رنگ و قند کل نسبت به پلی‌اتیلن با دانسیته کم شد (Bhatia *et al*., 2015). رنگ، اسیدیته قابل تیتراسیون و مقدار مواد جامد قابل حل پرتقال تحت تأثیر بخار روغن آویشن قرار نگرفتند (Pinto *et al*., 2021) که قبلا برای توت فرنگی نیز گزارش شده بود (Sangsuwan *et al*., 2016). به‌نظر می‌رسد تلفیق عوامل ضد میکروبی با بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته درون پوشش پلیمری محیطی را ایجاد می‌کند که از رشد میکروارگانیسم‌ها روی سطح فرآورده جلوگیری‌کرده یا آن را به تأخیر می‌اندازد و منجر به افزایش عمر انباری محصول می‌گردد. هدف از این مطالعه بررسی اثرات اتمسفر تغییر یافته حاصل از پوشش‌های پلیمری در ترکیب با سینامالدئید بر خصوصیات کیفی و ماندگاری اناردانه رقم رباب نی‌ریز بود.

مواد و روش‌ها

میوه‌های انار رقم رباب نی‌ریز در زمان بلوغ تجاری (نسبت قند به اسید ۱۶) برداشت و بعد از انتقال به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت، میوه‌های تازه، سالم و یکنواخت به‌منظور انجام تیمار انتخاب شدند. میوه‌ها با هیپوکلریت یک درصد به‌مدت پنج دقیقه گندزدایی و سپس با آب مقطر شسته شدند. جدا کردن اناردانه ازپوسته به‌صورت دستی انجام شد و سپس به‌طور یکنواخت باهم مخلوط شدند.

درهر مشاهده (نمونه آزمایشی) ۵۰ گرم اناردانه قرار داده شد. تیمار اناردانه با غلظت‌های مختلف سینامالدئید خالص (۹۹٪) خریداری شده ازشرکت سیگما (CAS number 104-55-2) انجام شد. سطوح صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید با سمپلر روی گاز سترون اضافه شد. بسته‌بندی اناردانه‌ها با دو نوع پوشش پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر با ابعاد ۲۵۰×۱۵۰ میلی‌متر، ضخامت۹۰ میکرون و پوشش پلیمر بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن با ابعاد ۲۵۰×۱۵۰ میلی‌متر، ضخامت ۴۰ میکرون انجام گرفت (جدول-۱). سپس نمونه‌ها در دمای ۱±۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی۳±۹۲ درصد قرار گرفتند. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر هر ۵ روز یکبار صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات نفوذپذیری پلیمرها

پلیمر	نفوذپذیری به اکسیژن (گرم بر متر مربع در ۲۴ ساعت در فشار اتمسفر)	نفوذپذیری به دی‌اکسیدکربن (گرم بر متر مربع در ۲۴ ساعت در فشار اتمسفر)	نفوذپذیری به بخار آب (گرم بر متر مربع در ۲۴ ساعت در فشار اتمسفر)
بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن	۵۰۰	۳۵۰	۹۰۰
پلی‌اتیلن + پلی‌استر	۶۰-۷۰	۴۵-۵۰	۴۵

میزان کل مواد جامد قابل حل: موادجامدقابل حل به‌وسیله رفرکتومتر دیجیتالی (MA871, Hungary)که با آب مقطر کالیبره شده بود در دمای۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری و بر حسب درصد بیان شد.

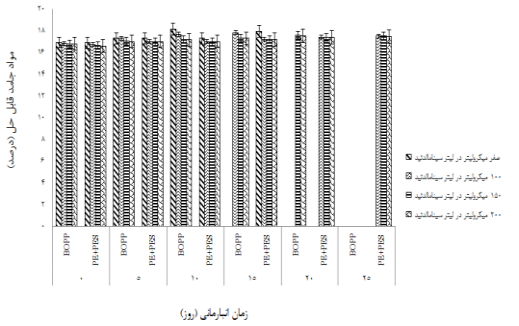
اسیدیته قابل تیتراسیون: میزان pH توسط دستگاه pH متر (3510, England) تعیین شد. با استفاده از ۳ میلی‌لیتر عصاره اناردانه و اضافه کردن سود ۰/۱ نرمال به آن تا رسیدن به pH ۸/۲ اسیدیته قابل تیتراسیون اندازه‌گیری شد (AOAC, 1984).

رنگ سنجی: شاخص‌های رنگی با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CR-400, Japan) بررسی شد. شاخص کروما و زاویه فام که به‌ترتیب نشان‌دهنده شدت رنگ یا درجه اشباع آن و قهوه‌ای‌شدن آنزیمی هستند با توجه به مقدار فاکتورهای a* و b* محاسبه شد (Pathare *et al.*, 2013).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال یک درصد انجام گردید. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

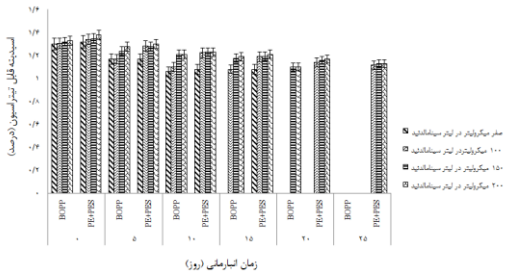
نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر اصلی، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر میزان مواد جامد قابل حل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه‌میانگین نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد قابل‌حل (۱۸/۱۵) در پوشش پلیمر بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت صفر میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با سایر تیمارها در روز دهم انبارمانی داشت و کمترین میزان مواد جامد قابل حل (۱۶/۵۸) در پوشش پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با سایر تیمارها در همان روز داشت، شکل۱.



شکل ۱- اثرات متقابل سه‌گانه پوشش پلیمری(بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن + پلی‌استر) × غلظت سینامالدئید × زمان انبارمانی بر میزان مواد جامد قابل حل اناردانه، شاخص عمودی بالای ستون‌ها نشاندهنده خطای استاندارد است.

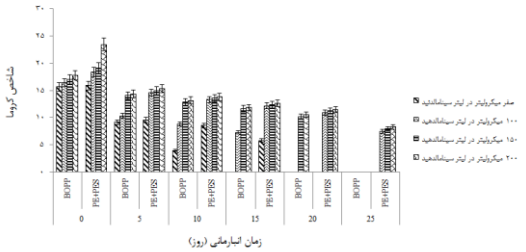
انارمیوه‌ای نافرازگرا است، بنابراین تعرق و از دست دادن رطوبت در طول زمان وغلیظتر شدن آبمیوه دلیلی بر افزایش میزان مواد جامد قابل حل است (Shahbaz *et al*., 2014). پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر از طریق حفظ دی‌اکسیدکربن و رطوبت سبب کاهش تنفس، تعرق و حفظ فعالیت متابولیکی اناردانه‌ها شد و در نتیجه درصد افزایش مواد جامد قابل حل نسبت به بسته‌بندی با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن کمتر بود. اسیدیته قابل تیتراسیون مرتبط با غلظت اسیدهای آلی غالب میوه است.. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر اصلی، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۳۸ درصد) در بسته‌بندی با پوشش پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq0.01$) با سایر تیمارها در روز صفر انبارمانی داشت و کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۰۶ درصد) در بسته‌بندی با پوشش پلیمر بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن بدون سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با سایر تیمارها در روز دهم انبارمانی داشت، شکل ۲.



شکل ۲- اثرات متقابل سه‌گانه پوشش پلیمری(بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن + پلی‌استر)× غلظت سینامالدئید× زمان انبارمانی بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون اناردانه، شاخص عمودی بالای ستون‌ها نشاندهنده خطای استاندارد است.

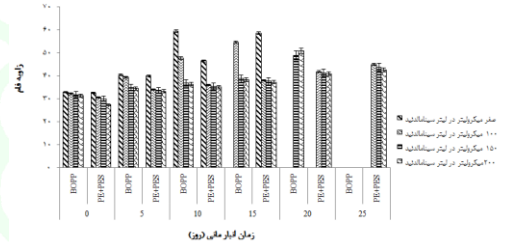
به‌نظر می‌رسد در بسته‌های حاوی دی‌اکسیدکربن بالا، تخریب اسیدهای آلی و تنفس کاهش یافته و در اثرحل‌شدن دی‌اکسیدکربن، اسید کربونیک (H_2CO_3) تولید می‌شود که کاهش pH را به‌دنبال خواهد داشت (Kader and Ben-Yehshua, 2000). اسانس‌ها از طریق کاهش فرآیندهای اکسیداسیونی نظیر تنفس، رسیدگی و پیری مصرف اسیدهای آلی در محصولات را کاهش می‌دهند (Martinez-Romero *et al*., 2007). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر اصلی، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر شاخص کروما و زاویه فام (به جز اثر متقابل پوشش پلیمر و زمان انبارمانی بر شاخص کروما) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین شاخص کروما (۲۳/۴۰) در پوشش پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با سایر تیمارها در روز صفر داشت و کمترین شاخص کروما (۳/۹۳) در پوشش پلیمر بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن بدون ماده مؤثره سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با بسته‌بندی

پوشش پلیمر بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید و بسته‌بندی پوشش پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر بدون سینامالدئید در همان روز نداشت، شکل ۳.



شکل ۳- اثرات متقابل سه‌گانه پوشش پلیمری(بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن + پلی‌استر) × غلظت سینامالدئید × زمان انبارمانی بر شاخص کروما
اناردانه، شاخص عمودی بالای ستون‌ها نشاندهنده خطای استاندارد است.

مطابق با نتایج این آزمایش شاخص کروما طی انبارمانی کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت که این کاهش به پیری میوه طی انبارمانی نسبت داده می‌شود (Atress *et al*., 2010). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین زاویه فام (۵۹/۴۱) در بسته‌بندی پوشش پلیمر بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن بدون سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با سایر تیمارها در روز دهم داشت و کمترین زاویه فام (۲۷/۱۰) در بسته‌بندی پوشش پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری ($P\leq 0.01$) با سایر تیمارها در روز صفر انبارمانی نداشت، شکل۴.



شکل۴- اثرات متقابل سه‌گانه پوشش پلیمری (بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن + پلی‌استر) × غلظت سینامالدئید × زمان انبارمانی بر زاویه فام اناردانه، شاخص عمودی بالای ستون‌ها نشاندهنده خطای استاندارد است.

حفظ زاویه فام با گذشت زمان انبارمانی گزارش شده است (Palma *et al*., 2015) که نشان‌دهنده تخریب آنتوسیانین در مدت انبارمانی است (Han *et al*., 2004). به‌نظر می‌رسد فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس‌های گیاهی، تجزیه رنگیزه‌ها و قهوه‌ای شدن میوه را کاهش دهد (Serrano *et al*., 2008).

نتیجه‌گیری: بسته‌بندی اناردانه در پلیمر پلی‌اتیلن + پلی‌استر به‌طور قابل توجهی باعث جلوگیری از تغییرات رنگ، اسیدهای آلی و تعدیل محتوای قندها شد. به‌نظرمی‌رسدکه بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته با پلیمر دارای نفوذپذیری کمتر به اکسیژن و دی‌اکسیدکربن به‌دلیل وجود اکسیژن کمتر، باعث ایجاد اتمسفرمطلوب و حفظ خصوصیات کیفی اناردانه شده است. مواد مؤثره گیاهی به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی قوی از تغییر رنگ و طعم اناردانه جلوگیری می‌کنند و خواص کیفی مطلوب را حفظ می‌نمایند.

منابع

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, U.S.A.

Artes, F., Allende, A. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. In Emerging technologies for food processing, 677-716 Academic Press.

Bhatia, K., Asrey, R., Varghese, E. 2015. Correct packaging retained phytochemical, antioxidant properties and increases shelf life of minimally processed pomegranate (*Punicagranatum* L.) arils Cv. Mridula.Journal of Scientific and Industrial Research, 74(3): 141-144.

Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., Traber, M. G. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (Fragaria× ananassa) and raspberries (Rubus ideaus). Postharvest Biology and Technology, 33(1):67-78.

Kader, A. A., Ben-Yehoshua, S. 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology, 20(1): 1-13.

Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Bailén, G., Zapata, P., Serrano, M., Castillo., Valero, D. 2007. Influence of carvacrol on survival of Botrytis cinerea inoculated in table grapes. International Journal of Food Microbiology, 115(2):144-148.

Meighani, H., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D. 2015. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punicagranatum* L.) fruits. Journal of Food Science and Technology, 52(7):4507-4514.

Palma, A., Continella, A., La Malfa, S., Gentile, A., D'Aquino, S. 2015. Overall quality of ready-to-eat pomegranate arils processed from cold stored fruit. Postharvest Biology and Technology, 109:1-9.

Pathare, P. B., Opara, U. L., Al-Said, F. A. J. 2013. Color measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. Food and Bioprocess Technology, 6(1):36-60.

Pinto, L., Cefola, M., Bonifacio, M. A., Cometa, S., Bocchino, C., Pace, B., De Giglio, E., Palumbo, M., Sada, A., Logrieco., Baruzzi, F. 2021. Effect of red thyme oil (*Thymusvulgaris* L.) vapours on fungal decay, quality parameters and shelf-life of oranges during cold storage. Food Chemistry, 336:127590.

Robertson, G. 2016. Food packaging: principles and practices. 2nd ed. Boca Raton. Fla.: Taylor and Francis. 545.

Sangsuwan, J., Pongsapakworawat, T., Bangmo, P., Sutthasupa, S. 2016. Effect of chitosan beads incorporated with lavender or red thyme essential oils in inhibiting Botrytis cinerea and their application in strawberry packaging system. LWT - Food Science and Technology, 74:14-20.

Sanla-Ead, N., Jangchud, A., Chonhenchob, V., Suppakul, P. 2012. Antimicrobial activity of cinnamaldehyde and eugenol and their activity after incorporation into cellulose-based packaging films. Packaging Technology and Science, 25(1): 7-17.

Serrano, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P. J., Castillo, S., Valero, D. 2008. The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality of fruits. Trends in Food Science andTechnology, 19(9): 464-471.

Seydim AC Sarkis G. 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible filmsincorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. Food Research International, 39(5):639 – 44.

Shahbaz, H. M., Ahn, J. J., Akram, K., Kim, H. Y., Park, E. J., Kwon, J. H. 2014. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. Food Chemistry, 145: 312-318.

Combined effects of polymer films and cinnamaldehyde on qualitative characteristics and shelf life of pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz arils

Azam Ranjbar[1*], Asghar Ramezanian[2]
[1]Ph. D. Student, Department of Horticulture, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
[2]Professor, Department of Horticulture, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
**Corresponding author: azam_ranjbar91@yahoo.com*

Abstract
In this research, combined effects of packaging with two types of polymer films, and different concentrations of cinnamaldehyde on qualitative characteristics and shelf life of pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz arils evaluated during storage. The experiment was performed as a factorial based on completely randomized design (CRD) with three replicates. Factors included different polymeric films (Biaxial oriented polypropylene (BOPP) and Polyethylene + Polyester (PE+PES)), different concentrations of cinnamaldehyde (0, 100, 150, and 200 µL L^{-1}) and storage time (0, 5, 10, 15, 20, and 25 day). Results showed that PE+PES film containing cinnamaldehyde, preserved chroma index (CH) as compared with control and BOPP film containing cinnamaldehyde. PE+PES film containing cinnamaldehyde maintained hue angle during storage. Soluble solids content (SSC) increased and titratable acidity decreased in all treated arils during storage. Changes were more slowly in arils packaged with PE+PS containing cinnamaldehyde. Packaging with PE+PES film containing 200 µL L^{-1} cinnamaldehyde extended the shelf life of pomegranate arils up to 25 days which was 10 and 15 days more than arils packaged with PE+PES without cinnamaldehyde and BOPP without cinnamaldehyde, respectively.

Keywords: Chroma, Colorimetry, Poly propylene, Polyethylene, Soluble solids content