Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 48, No 4, Winter 2018 (943-952)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.220093.1123

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص ۹۵۲-۹۴۳)

تأثیر پوشش‌های خوراکی بر حفظ ترکیب‌های زیست‌فعال و طولانی کردن دورهٔ نگهداری انارداننهٔ رقم رباب نی‌ریز

اصغر رمضانیان[1*]، پگاه احمدی[2] و فریبرز حبیبی[3]
۱، ۲ و ۳. دانشیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر پوشش‌های خوراکی کیتوزان، نانوکیتوزان، متیل‌سلولز و پکتین بر حفظ ترکیب‌های زیست فعال و افزایش ماندگاری انارداننهٔ رقم رباب نی‌ریز (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) بررسی شد. انارداننه‌ها با محلول کیتوزان ۱/۵ درصد، متیل‌سلولز ۳ درصد، پکتین ۳ درصد و نانوکیتوزان خالص (۱۰۰ درصد) پوشانده شدند و در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس به مدت ۱۶ روز نگهداری و با فاصلهٔ زمانی هر چهار روز یک‌بار ارزیابی شدند. در پایان ۱۶ روز نگهداری در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس در همهٔ نمونه‌ها به‌جز نمونه‌های تیمارشده با کیتوزان ۱/۵ درصد، آلودگی قارچی مشاهده شد. بیشترین و کمترین کاهش وزن انارداننه‌ها به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد به دست آمد. پوشش‌های خوراکی به‌ویژه کیتوزان به‌طور معنی‌داری از کاهش میزان آنتوسیانین کل و اسید آسکوربیک انارداننه‌ها جلوگیری کردند. فنول کل و فعالیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) آب‌میوه در مدت انبارداری کاهش یافت، هرچند پوشش کیتوزان به‌طور معنی‌داری باعث حفظ ترکیب‌های زیست فعال شد. پوشش‌های خوراکی به‌ویژه کیتوزان باعث حفظ مواد جامد محلول، اسیدیتهٔ کل و شاخص طعم آب‌میوه در مقایسه با شاهد شد. در کل، تیمار کیتوزان به‌طور مؤثری باعث کاهش از دست دادن آب، کاهش ضایعات انارداننه‌ها و حفظ ترکیب‌های زیست فعال در مدت انبارداری شد.

واژه‌های کلیدی: **اسید آسکوربیک، آنتوسیانین، شاخص طعم، فعالیت پاداکسندگی، فنول کل.**

Effect of edible coatings on maintenance of bioactive compounds and increasing the storability of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz

Asghar Ramezanian[1*], Pegah Ahmadi[2] and Fariborz Habibi[3]
1, 2, 3. Associate Professor, Former M.Sc. Student and Ph.D. Candidate, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
(Received: Nov. 13, 2016 - Accepted: Feb. 6, 2017)

ABSTRACT

In this research, the effect of chitosan, nano-chitosan, methylcellulose, and pectin on maintenance of bioactive compounds and storability of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz were studied during storage time. Arils were treated with 1.5% chitosan, 3% methylcellulose, 3% pectin and pure nano-chitosan (100%) solutions and then stored at 5 °C for 16 days and sampling of stored arils was done at 4 days intervals. After 16 days of storage at 5 °C, fungal contamination was observed in all samples except for those treated with 1.5% chitosan. The most and the least weight loss in arils obtained in the control and those treated with 1.5% chitosan, respectively. The edible coatings especially chitosan significantly prevented from degradation of anthocyanin and ascorbic acid. Total phenol and antioxidant activity of juice decreased during storage; however chitosan coating significantly led to maintain these bioactive compounds. Edible coating treatments and especially chitosan maintained the TSS, TA, flavor index in comparison with control. Overall, chitosan effectively reduced water loss, aril losses and maintained bioactive compounds during storage.

Keywords: Anthocyanin, antioxidant activity, ascorbic acid, flavor index, total phenol.

* Corresponding author E-mail: ramezanian@shirazu.ac.ir

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از تیره Punicaceae است که در مناطق گرمسیری تا نیمه گرمسیری رشد می‌کند (Ramezanian *et al*., 2009). انارداندها (قسمت خوراکی میوهٔ انار) حدود ۵۲ درصد وزن میوه را تشکیل می‌دهند که شامل ۷۸ درصد آب‌میوه و ۲۲ درصد بذر هستند. انارداندها منبع غنی از قندها، پکتین، اسید آسکوربیک، اسیدهای آمینه، املاح کانی، فیبرها، فیتواستروژن و فلاونوئیدها هستند (Ozgen *et al*., 2008). همهٔ فعالیت‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) انار به حضور ترکیب‌های فنولی پرشمار مانند ایزومرهای پونیکالاژین، مشتقات اسید الاژیک و آنتوسیانین‌های ۳-گلیکوزید و ۳ و ۵ دی‌گلیکوزید (دلفینیدین، سیانیدین و پلارگونیدین) و فلاونوییدها (کوئرسیتین و کامپفرول) مرتبط است، که این ترکیب‌ها در جذب رادیکال‌های آزاد نقش دارند و از اکسایش (اکسیداسیون) چربی (لیپید)ها جلوگیری می‌کنند (Al-Maiman & Ahmad, 2002). محتوای ترکیب‌های زیست فعال آب انار به ژنتیک، بلوغ میوه، شرایط محیطی، شرایط انبار و تیمارهای پس از برداشت بستگی دارد (Varasteh *et al*., 2012).

پوشش‌های خوراکی لایهٔ نازکی از مواد هستند که سدی در برابر انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد حل‌شده در غذا ایجاد می‌کنند و می‌توانند توسط مصرف‌کننده خورده شوند. به کار بردن پوشش‌های نیمه نفوذپذیر عمر نگهداری محصولات فاسدشدنی را افزایش می‌دهد. بسیاری از اعمال فیلم‌های خوراکی همانند فیلم‌های بسته‌بندی ساختی (سنتزی) هستند و انتقال رطوبت، اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نمک‌ها را محدود می‌کنند (Yaman & Bayoindirli, 2002).

کیتوزان یک کوپلیمر از گلوکز آمین و ان- استیل گلوکز آمین است که با ان-دی استیلاسیون[1] کیتین تولید شده است. منابع طبیعی این پلیمر، ساختار اسکلتی سخت‌پوستان، حشرات و دیوارهٔ یاخته‌ای بعضی از باکتری‌ها و قارچ‌ها است. این پلیمر به‌صورت صنعتی از دی استیله کردن ضایعات میگو و پوست خرچنگ تهیه می‌شود (Yen *et al*., 2009). متیل‌سلولز یک ترکیب شیمیایی است که به‌صورت طبیعی وجود ندارد و با متیله کردن حدود ۳۰ درصد گروه‌های هیدروکسیل در سلولز به دست می‌آید. این ترکیب در آب سرد حل می‌شود و محلولی شفاف تولید می‌کند، ولی در آب داغ نامحلول است و با افزایش دما به محلول اشباع متیل‌سلولز تبدیل شده و به‌صورت ته‌نشست از محلول خارج می‌شود. پکتین یکی از پرکاربردترین ترکیب‌ها در صنایع غذایی است. پکتین برای نخستین بار از سیب به دست آمد. محلول پکتین با متوکسیل پایین در سطح مادهٔ غذایی به‌کاربرده می‌شود. پوشش‌های ژل‌مانند پکتینات از کاهش آب در مادهٔ غذایی جلوگیری می‌کند (Dhall, 2013).

تأثیر پوشش کیتوزان بر ماندگاری انارداندانه و آلودگی میکروبی انار رقم طارم بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، پوشش کیتوزان از رشد باکتری و قارچ در سطح انارداندها جلوگیری کرد. میزان آب انارداندها پوشش داده‌شده با ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان در طول ۱۲ روز انبارمانی حفظ شد. کیتوزان بازدارندهٔ افزایش مواد جامد محلول (TSS) و اسیدیتهٔ قابل عیار (TA) انارداندها در طول انبارمانی شد. کمترین TSS و TA در انارداندهای پوشش داده‌شده با ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان اندازه‌گیری شد. همچنین، استفاده از کیتوزان از کاهش فنل کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت پاداکسندگی در طول انبارداری جلوگیری کرد (Ghasemnezhad *et al*., 2013).

در تحقیقی کیفیت فرآوری‌های حداقلی نژادگان (ژنوتیپ)های مختلف انار ایران در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس به مدت ۱۴ روز بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، در پایان زمان انبارمانی، تفاوت معنی‌داری بین نژادگان‌ها در میزان آلودگی میکروبی انارداندها، TSS، TA، آنتوسیانین کل، کاتچین و محتوای کورستین مشاهده شد. درحالی‌که هیچ تفاوت معنی‌داری بین نژادگان‌های مورد بررسی در فعالیت پاداکسندگی، فنول کل و میزان فلاونوئید مشاهده نشد (Ghasemnezhad *et al*., 2015).

تحقیق در مورد استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در سال‌های اخیر افزایش یافته و به‌عنوان

1. N-deacetylation

روشی جدید برای کاهش ضایعات، حفظ کیفیت و افزایش عمر انباری محصولات برش دادهشدهٔ تازه مطرح است. با توجه به موارد یادشده، هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر پوشش‌های خوراکی کیتوزان، نانوکیتوزان، متیل‌سلولز و پکتین بر ترکیب‌های زیست فعال و ماندگاری اناردانهٔ انار رباب نی‌ریز در دورهٔ انبارداری بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش، انار رقم رباب نی‌ریز در حدود اواسط آبان ماه سال ۱۳۹۱ در زمان رسیدن تجاری برداشت و میوه‌های سالم به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت بخش علوم باغبانی منتقل شد. با استفاده از یک چاقوی فولادی ضدزنگ، میوه‌ها به‌صورت عمودی برش داده شد و اناردانه‌ها گردآوری شد.

شمار چهارصد بستهٔ ۱۵۰ گرمی اناردانه استفاده شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (بدون هیچ‌گونه پوشش خوراکی)، پوشش اول (۳ درصد پکتین+۴۵درصد گلیسرول+۴۰ درصد روغن خوراکی)، پوشش دوم (۳درصد متیل سلولز+۴۵درصد گلیسرول+ ۴۰ درصد روغن خوراکی)، پوشش سوم (۱/۵ درصد کیتوزان در ۱ درصد اسید استیک ۱۰ نرمال) و پوشش چهارم (نانوکیتوزان خالص تهیه‌شده از شرکت نانو صنعت اصفهان) بود. اناردانه‌ها پس از غوطه‌وری به مدت ۵ دقیقه، در هوای معمولی خشک شد و سپس در سردخانه با دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد به مدت ۱۶ روز قرار داده شدند.

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل (پوشش‌های خوراکی و زمان نمونه‌برداری) در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. هر تکرار شامل چهار بستهٔ ۱۵۰ گرمی اناردانه بود. نمونه‌گیری از اناردانه‌ها به فاصلهٔ زمانی ۴ روز صورت گرفت.

پیش از قرار دادن نمونه‌ها در سردخانه و همچنین در زمان نمونه‌برداری، وزن میوه‌های هر تکرار توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت شد. میزان کاهش وزن به‌صورت درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه توسط رابطهٔ زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه قبل از انبار} - \text{وزن زمان نمونه‌برداری}}{\text{وزن اولیه قبل از انبار}} \times ۱۰۰$$

میزان مواد جامد محلول (TSS) آب انار با استفاده از دستگاه شکست‌سنج (رفراکتومتر) دیجیتال (ATC1E, ATAGO, Japan) اندازه‌گیری و بر اساس درصد (٪) گزارش شد. اسیدیتهٔ قابل عیار با روش عیارسنجی (TA) با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد (Sayyari *et al*., 2011). میزان آنتوسیانین کل به روش اختلاف جذب در pHهای مختلف اندازه‌گیری شد (Rapisarda *et al*., 2000).

میزان ویتامین ث به روش طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتری، SPECTRONIC, USA) اندازه‌گیری شد (Klein & Perry, 2006). برای این منظور ۱۰۰ میکرولیتر از آب‌میوه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۱ درصد مخلوط شد. ۱ میلی‌لیتر از محلول حاصل با ۹ میلی‌لیتر ۲ و ۶ دی‌کلروفنول ایندوفنول ۵۰ میکرومولار برای چند ثانیه با همزن انگشتی تکان داده شد و سپس میزان جذب در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری ثبت شد. برای تهیهٔ منحنی استاندارد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از استاندارد اسید آسکوربیک به روش بالا تهیه شد و میزان جذب در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد. بلنک آب مقطر بود. ضریب همبستگی شکل استاندارد R^2 =۰/۹۲۸۳ بود. اعداد به‌دست‌آمده برحسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شد. شاخص بلوغ یا طعم میوه (TSS/TA) با تقسیم میزان مواد جامد محلول بر میزان اسیدیتهٔ قابل عیار محاسبه شد. مواد فنولی کل با استفاده از روش فولین سیوکالتیو (Folin-Ciocalteau) اندازه‌گیری شد (Meyers *et al*., 2006).

میزان فعالیت پاداکسندگی عصارهٔ میوه‌ها به روش دی‌فنیل پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) اندازه‌گیری شد (Cam *et al*., 2009) و توسط رابطهٔ زیر محاسبه شد:

$$\%\text{DPPHsc} = \frac{\text{Acont} - \text{Asamp}}{\text{Acont}} \times 100$$

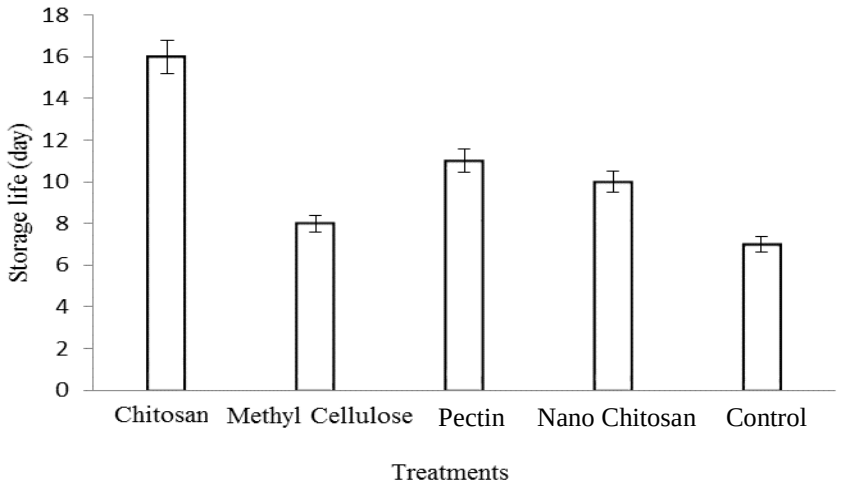
واکاوی داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخهٔ ۹/۱ انجام گرفت. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

در طول مدت انبارداری مشاهدهٔ نشانه‌های ظاهری رشد قارچ به‌عنوان ایجاد آلودگی در نظر گرفته شد. پس از گذشت ۱۶ روز در همهٔ نمونه‌ها به‌جز نمونه‌های تیمارشده با کیتوزان ۱/۵ درصد، آلودگی قارچی مشاهده شد. در نمونه‌های شاهد زودتر از دیگر نمونه‌ها و پس از ۷ روز آلودگی مشاهده شد. در اناردانه‌های تیمارشده با متیل‌سلولز، نانوکیتوزان و پکتین به ترتیب پس از ۸، ۱۰ و ۱۱ روز انبارداری آلودگی مشاهده شد (شکل ۱).

فعل و انفعال بین مولکول‌های کیتوزان دارای بار مثبت و غشاهای یاخته‌ای میکروبی دارای بار منفی منجر به نشت پروتئین‌ها و دیگر اجزای یاخته‌ای می‌شود. سازوکار دقیق فعالیت ضد میکروبی کیتین، کیتوزان و مشتقات آن‌ها هنوز نامشخص است، اما کیتوزان به‌عنوان یک عامل کلات‌کننده عمل می‌کند که به‌طور انتخابی با فلزها پیوند می‌دهد و به‌این‌ترتیب از تولید مواد سمی و رشد میکروبی جلوگیری می‌کند. کیتوزان در یاخته میزبان (عامل‌های قارچی) به‌عنوان یک عامل پیوندکنندهٔ آب عمل می‌کند و آنزیم‌های مختلف را از عمل باز می‌دارد. پیوند کیتوزان با DNA و بازداشتن ساخت mRNA از طریق نفوذ کیتوزان در هستهٔ ریزجانداران و تداخل با ساخت mRNA و پروتئین‌ها صورت می‌گیرد (Shahidi *et al*., 1999). وجود مواد محافظ در فیلم‌های کیتوزان، دافعهٔ الکترواستاتیکی بین‌مولکولی در مولکول‌های کیتوزان را کاهش می‌دهند و تشکیل پیوندهای هیدروژنی درون‌مولکولی را آسانگری می‌کنند (Dhall, 2013).

نتایج تغییرپذیری وزن اناردانه‌ها در دورهٔ انبارداری در همهٔ تیمارها روند کاهشی داشت (جدول ۱). هر چه زمان نگهداری افزایش یافت، درصد کاهش وزن نیز بیشتر شد. سرعت کاهش وزن در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های تیمارشده بود و پوشش دادن اناردانه‌ها با پوشش‌های خوراکی به‌طور قابل‌توجهی از کاهش وزن در دورهٔ انبارداری جلوگیری کرد. پس از هشت روز نگهداری اناردانه‌ها در سردخانه (در مرحلهٔ دوم اندازه‌گیری)، بیشترین کاهش وزن در نمونه‌های تیمار متیل‌سلولز (۲/۲۱ درصد) مشاهده شد. در مرحلهٔ سوم اندازه‌گیری، نمونه‌های پوشش داده‌شده با کیتوزان ۱/۵درصد کمترین کاهش وزن (۱/۸۵درصد) مشاهده شد (جدول۱). پوشش‌های خوراکی پکتین پس از کیتوزان بهترین تأثیر را روی کاهش وزن نمونه‌ها داشتند (جدول ۱).



شکل ۱. مقایسهٔ تأثیر پوشش‌های خوراکی مختلف بر ماندگاری اناردانه‌های رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °Cو رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد

Figure 1. Comparison of the effect of different edible coatings on storage life of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz at 5 °C and 90±5% RH

فرآوری‌های حداقلی پس از برداشت[1] مانند برش زدن، قطعه‌قطعه کردن و دانه کردن میوه‌ها سبب حذف لایهٔ اپیدرم طبیعی و افزایش سطح بافت‌هایی که در معرض هوای آزادند می‌شود. این امر سبب افزایش تعرق و در نتیجه کاهش وزن می‌شود (Tulinoz & Ulukanli, 2011). در نتیجه از دست دادن آب، کیفیت میوه به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد که نخستین نشانه‌های آشکار آن، پژمردگی و چروکیدگی است (Bico *et al*., 2009). محدودهٔ قابل‌پذیرش کاهش وزن انارداندها بین ۶-۴ درصد است (Bico *et al*., 2009). در این پژوهش اگرچه در پایان زمان انبارداری میزان کاهش وزن انارداندهای شاهد از این میزان تجاوز نکرد، اما میزان کاهش وزن انارداندها می‌تواند نشان‌دهندهٔ آغاز فساد باشد. در نتایج پژوهشی نشان داده شد، میوه‌های توت‌فرنگی و انگور فرنگی قرمز پوشش داده‌شده با کیتوزان، به‌طور معنی‌داری کاهش وزن کمتری در دورهٔ انبارداری در دمای ۲ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۸ درصد داشتند (Hana *et al*., 2004).

نتایج ارزیابی آنتوسیانین کل انارداندها در دورهٔ انبارداری در تیمارهای مختلف نشان داد، میزان آنتوسیانین تحت تأثیر تیمارهای به‌کاررفته و زمان انبارداری قرار گرفت و در طول دورهٔ انبارداری روند کاهشی داشت (جدول ۲). هرچند پس از ۴ روز انبارداری میزان آنتوسیانین انارداندها افزایش نشان داد و این افزایش در نمونه‌های پوشش داده‌شده با پکتین بیشتر از دیگر نمونه‌ها بود، اما پس از آن تا پایان دورهٔ انبارداری کاهش یافت. همهٔ پوشش‌های خوراکی به‌طور معنی‌داری باعث کند شدن سرعت کاهش آنتوسیانین کل شدند. در پایان دورهٔ انبارداری بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمارهای کیتوزان (۷۶۴/۴۶ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین میزان آنتوسیانین در نمونه‌های تیمار پکتین (۷۱۳/۵۳۶ میلی‌گرم در لیتر) در مرحلهٔ چهارم اندازه‌گیری (روز ۱۲ انبارداری) ثبت شد (جدول ۲).

پوشش‌های خوراکی با کاهش از دست‌دهی آب، کاهش اکسیژن در دسترس برای فعالیت آنزیم‌ها و ایجاد اتمسفر تغییریافته باعث کند شدن تخریب آنتوسیانین‌ها می‌شوند. همچنین دمای پایین باعث کاهش از دست‌دهی آب و کند کردن سوخت‌وساز یاخته‌ای و فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ آنتوسیانین‌ها در دورهٔ انبارداری می‌شود (Varasteh *et al*., 2012). کاهش آنتوسیانین انارداندها به میزان آب زدایی (دهیدراته شدن) آن‌ها در دورهٔ انبارداری بستگی دارد (Ramezanian *et al*., 2010). کیتوزان با حفظ تعادل اتمسفر و جلوگیری از فعالیت آنزیمی، از تشکیل آنتوسیانیدین بی‌رنگ جلوگیری کرده و دهیدراته شدن آنتوسیانین را کاهش می‌دهد و باعث کند شدن سرعت تخریب آنتوسیانین می‌شود (Varasteh *et al*., 2012).

نتایج همسان در این مورد در دورهٔ نگهداری انار رقم آساریا در فرایند مدت نگهداری در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس گزارش شده است. کیتوزان به‌طور معنی‌داری تخریب آنتوسیانین‌ها را به تأخیر انداخت و با افزایش غلظت، تأثیر مثبت آن افزایش یافت.

جدول ۱. اثر پوشش‌های خوراکی مختلف بر کاهش وزن (درصد) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد.

Table 1. Effect of different edible coatings on weight loss (%) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storage at 5 °C and 90±5% RH.

Treatment	Storage time (day)		
	4	8	12
Chitosan	1.24^{g*}	1.49^{f}	1.85^{c}
Methyl cellulose	2^{ab}	2.21^{a}	Decay
Pectin	1.54^{ef}	1.75^{d}	2.18^{a}
Nano chitosan	1.59^{e}	1.86^{c}	Decay
Control	1.87^{c}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

1. Postharvest minimally processing

جدول ۲. تأثیر پوشش‌های خوراکی مختلف بر میزان آنتوسیانین کل (میلی‌گرم در لیتر) اناردانهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد

Table 2. Effect of different edible coating treatments on total anthocyanin content (mg/L) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storage at 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	902[c*]	949.25[b]	814.28[d]	764.46[e]
Methyl cellulose	902[c]	892.8[c]	788.81[e]	Decay
Pectin	902[c]	983[a]	835.43[d]	713.36[f]
Nano chitosan	902[c]	920.25[c]	834[d]	Decay
Control	902[c]	837.75[d]	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

مواد فنولی کل آب‌میوه در همهٔ تیمارها در طول دورهٔ انبارداری روند کاهشی داشت (جدول ۳). هرچند مواد فنولی کل در طی ۴ روز اول در تیمارهای کیتوزان، نانوکیتوزان و پکتین افزایش اندکی نشان دادند، اما پس از آن تا پایان دورهٔ آزمایش کاهش یافتند. پوشش دادن اناردانه‌ها با پوشش‌های خوراکی به‌طور معنی‌داری سرعت تخریب مواد فنولی را کاهش داد. میانگین غلظت مواد فنولی کل در اناردانه‌ها پیش از آغاز دورهٔ انبارداری ۲۹۸۶/۵ میلی‌گرم معادل اسید گالیک در لیتر آب‌میوه بود. در مرحلهٔ چهارم اندازه‌گیری (روز دوازدهم) میزان مواد فنولی کل در آب اناردانه‌های تیمارشده با کیتوزان و پکتین به ترتیب ۲۸۹۶ و ۲۵۴۷/۳ میلی‌گرم در لیتر بود، درحالی‌که میزان مواد فنولی کل در آب‌میوهٔ تیمار شاهد در مرحلهٔ دوم (روز چهارم) ۱۸۳۷/۸ میلی‌گرم در لیتر بود. بیشترین میزان مواد فنولی کل در مرحلهٔ چهارم اندازه‌گیری در تیمار کیتوزان مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار پکتین نداشت (جدول ۳).

پراکسیده شدن غشای پلاسمایی و از دست دادن آب منجر به از دست رفتن سریع تمامیت غشا شده و باعث نشت ترکیب‌های فنولی از واکوئل می‌شود. در نتیجه آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در تماس با بستره (سوبسترا) قرار گرفته و واکنش اکسیدشدن مواد فنولی تسریع شده و واکنش قهوه‌ای شدن در حضور اکسیژن آغاز می‌شود (Aydin & Kadioglu, 2001). در این پژوهش تیمار کیتوزان بهترین تأثیر را در حفظ مواد فنولی کل در اناردانه‌ها داشت، گرچه تفاوت معنی‌داری با پوشش خوراکی پکتین نداشت. درواقع کیتوزان مراحل پراکسیده شدن چربی‌های غشا را کند کرد (Li & Yu, 2000).

ویتامین ث (اسید آسکوربیک) در طول دورهٔ انبارداری در همهٔ تیمارها کاهش یافت (جدول ۴). سرعت کاهش میزان ویتامین ث در مرحلهٔ سوم اندازه‌گیری نسبت به دیگر مراحل اندازه‌گیری بیشتر بود. پیش از آغاز دورهٔ انبارداری نمونه‌ها در سردخانه میزان ویتامین ث اناردانه‌ها ۱۹/۲۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بود. بیشترین میزان ویتامین ث در مرحلهٔ چهارم اندازه‌گیری از نمونه‌های پوشیده شده با کیتوزان ۶/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر ثبت شد. پس از کیتوزان، در مرحلهٔ سوم اندازه‌گیری پوشش خوراکی نانوکیتوزان (۶/۹۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) بهترین تأثیر را روی حفظ میزان ویتامین ث نمونه‌ها داشت. در این پژوهش اناردانه‌های تیمارشده با پکتین به‌سرعت ویتامین ث خود را از دست دادند. در مرحلهٔ چهارم اندازه‌گیری (روز دوازدهم) کمترین میزان ویتامین ث برای نمونه‌های پوشیده شده با پکتین به میزان ۱/۲۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر ثبت شد (جدول ۴).

حفظ ویتامین ث به‌عنوان یک ترکیب زیست فعال، با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با اکسایش آن صورت می‌گیرد (Pierce & Kader, 2003). افزون بر این، اکسایش اسید آسکوربیک به عامل‌های مختلفی مانند نور، گرما، مواد کانی، اکسیژن در دسترس و pH نیز بستگی دارد. در این پژوهش کاهش از دست‌دهی ویتامین ث احتمال دارد به علت غلظت پایین اکسیژن در نمونه‌های پوشیده‌شده با کیتوزان باشد. کاهش اکسیژن باعث کاهش سرعت اکسایش ویتامین ث می‌شود (Ayranci & Tune, 2004). میزان نفوذپذیری پوشش‌های مختلف به اکسیژن متفاوت است و تفاوت

در تجزیه و کاهش میزان ویتامین ث می‌تواند ناشی از این ویژگی باشد.

فعالیت پاداکسندگی کل آب انارداندها در طول دورهٔ انبارداری در همهٔ تیمارها روند کاهشی داشت (جدول ۵). در مرحلهٔ دوم اندازه‌گیری، میزان فعالیت پاداکسندگی کل تیمارهای کیتوزان و پکتین آب‌میوه افزایش ناچیزی نشان دادند، اما پس از آن تا پایان دورهٔ انبارداری از میزان فعالیت پاداکسندگی کل کاسته شد (جدول ۵).

بررسی الگوی تغییرپذیری فعالیت پاداکسندگی با افزایش دورهٔ انبارداری، نشان‌دهندهٔ آن است که فعالیت پاداکسندگی به میزان فنول و اسید آسکوربیک بستگی دارد (Ramezanian *et al*., 2010). مواد جامد محلول کل (TSS) انارداندها در دورهٔ انبارداری، روند افزایشی داشت (جدول ۶). پیش از آغاز دورهٔ انبارداری انارداندها، میزان TSS انارداندها ۱۵/۵ درصد بود و پس از ۴ روز در همهٔ تیمارها این میزان افزایش یافت. میزان TSS انارداندها با افزایش دورهٔ ماندگاری تغییرپذیری بیشتری نشان داد. هرچند کمترین میزان افزایش در تیمار متیل‌سلولز به میزان ۱۵/۸۷ درصد بود، اما میوه‌های این تیمار در مرحلهٔ چهارم اندازه گیری بازارپسندی خود را به دلیل آلودگی قارچی از دست دادند (جدول ۶).

جدول ۳. تأثیر تیمارهای پوشش خوراکی مختلف بر میزان مواد فنولی کل (mg GAE/L) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد

Table 3. Effect of different edible coating treatments on total phenol content (mg GAE/L) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storage at 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	2986.5^{ab*}	3132.9^{b}	2288.3^{d}	2896.3^{b}
Methyl cellulose	2986.5^{ab}	2840.1^{bc}	1927.9^{ef}	Decay
Pectin	2986.5^{ab}	3121.6^{a}	3001.6^{a}	2547.3^{bc}
Nano chitosan	2986.5^{ab}	3150.6^{a}	2951.6^{a}	Decay
Control	2986.5^{ab}	1837.8^{f}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۴. تأثیر تیمارهای پوشش خوراکی مختلف بر میزان ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد

Table 4. Effect of different edible coating treatments on vitamin C (mg/100 gr FW) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storage at 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	19.29^{a*}	17.65^{b}	8.56^{e}	6.77^{f}
Methyl cellulose	19.29^{a}	16.61^{c}	4.97^{g}	Decay
Pectin	19.29^{a}	6.68^{f}	3.65^{h}	1.22^{i}
Nano chitosan	19.29^{a}	18.95^{a}	6.92^{f}	Decay
Control	19.29^{a}	14.72^{d}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۵. تأثیر تیمارهای پوشش خوراکی مختلف بر فعالیت پاداکسندگی (٪) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد

Table 5. Effect of different edible coatings on antioxidant activity (%) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storage at 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	70.47^{b*}	71.17^{b}	61.79^{g}	58.64^{de}
Methyl cellulose	70.47^{b}	66.09^{c}	58.98^{de}	Decay
Pectin	70.47^{b}	75.62^{a}	65.42^{c}	56.65^{e}
Nano chitosan	70.47^{b}	59.94^{d}	53.16^{f}	Decay
Control	70.47^{b}	53.43^{f}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

میزان پایین TSS در تیمار شاهد احتمال دارد به دلیل افزایش تنفس در میوه‌های شاهد در مقایسه با تیمارهای پوشش خوراکی باشد (D'Aquino *et al*., 2010). کمترین میزان TSS در آخرین مرحلهٔ مربوط به تیمار کیتوزان (۱۷/۳۷درصد) است که تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های تیمار شده با پکتین نداشت. نتایج آزمایش‌ها نشان داده است، میزانی نوسان در میزان مواد جامد محلول و محتوای قند، به‌ویژه در دمای معمولی وجود دارد که تا حد زیادی به غلظت پوشش‌دهنده‌ها، دما و مدت انبارداری بستگی دارد (Yaman & Bayoindirli, 2002). افزایش میزان TSS به‌احتمال‌زیاد در نتیجهٔ تغلیظ آب‌میوه و ناشی از دست دادن رطوبت بوده است (Pierce & Kader, 2003). پوشش‌های خوراکی به‌واسطهٔ ایجاد یک بازدارنده در برابر عبور گازها باعث کاهش تنفس، تلفات آب‌میوه، تبادل‌های گازی و فعالیت‌های سوخت‌وسازی (متابولیکی) می‌شوند و تثبیت مواد جامد محلول را به همراه دارد (Ayranci & Tune, 2004).

Vargas *et al.* (2006) کیفیت توت‌فرنگی‌های کاماروزا نگهداری شده در انبار سرد تحت تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان- اسید اولئیک را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که TSS میوه‌ها تغییر معنی‌داری در دورهٔ انبارداری نداشت و نمونه‌ها تحت تأثیر پوشش‌ها قرار نگرفتند.

اسیدیتهٔ قابل عیار (TA) در انارداندها روند کاهشی در طول دورهٔ انبارداری داشت (جدول ۷). لازم به یادآوری است که پس از جداسازی انارداندها و پیش از آغاز دورهٔ انبارداری میزان TA ۱/۹۳ درصد بود و پس از ۴ روز انبارداری در مورد همهٔ تیمارها کاهش پیدا کرد. در پایان دورهٔ انبارداری کمترین میزان TA مربوط به نمونه‌های تیمارشده با پکتین (۱/۶۶ درصد) بود. در پایان مدت انبارداری بیشترین میزان TA در میوه‌های پوشش داده‌شده با کیتوزان (۱/۷۸ درصد) اندازه‌گیری شد (جدول ۷). برنامه‌های کاربردی پس از برداشت مانند پوشش‌دهی سبب کاهش میزان تنفس محصولات می‌شود و در نتیجه اسیدهای آلی انارداندها کمتر در واکنش‌های آنزیمی تنفس مصرف می‌شود (Bico *et al*., 2009).

جدول ۶. تأثیر تیمارهای پوشش خوراکی مختلف بر مواد جامد محلول (٪) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۹۰±۵ درصد

Table 6. Effect of different edible coating treatments on TSS (%) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storage at 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	15.5^{d*}	15.81^{cd}	16.81^{abc}	17.37^{a}
Methyl cellulose	15.5^{d}	16.06^{bcd}	15.87^{bcd}	Decay
Pectin	15.5^{d}	17.25^{a}	16.93^{abc}	17.37^{a}
Nano chitosan	15.5^{d}	17^{ab}	17.37^{a}	Decay
Control	15.5^{d}	15.25^{d}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

جدول ۷. تأثیر تیمارهای پوشش خوراکی مختلف بر میزان اسیدیتهٔ قابل عیار (٪) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۹۰±۵ درصد

Table 7. Effect of different edible coating treatments on titratable acidity (%) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storageat 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	1.93^{a*}	1.87^{ab}	1.81^{b}	1.78^{c}
Methyl cellulose	1.93^{a}	1.76^{cd}	1.7^{de}	Decay
Pectin	1.93^{a}	1.66^{ef}	1.61^{h}	1.66^{ef}
Nano chitosan	1.93^{a}	1.89^{ab}	1.83^{bc}	Decay
Control	1.93^{a}	1.57^{g}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

شاخص طعم (TSS/TA) انارداندها روند افزایشی در طول دورهٔ نگهداری در انبار داشت (جدول ۸). پس از جداسازی انارداندها و پیش از آغاز دورهٔ انبارداری، شاخص طعم ۸/۰۲ بود و در طی ۱۲ روز نگهداری در سردخانه در مورد همهٔ تیمارها افزایش نشان داد. تیمارهای کیتوزان (۹/۲۶) و نانوکیتوزان (۹/۴۵) و متیل‌سلولز (۹/۳) در مرحلهٔ سوم اندازه‌گیری (۸ روز از آغاز انبارداری) نسبت به تیمار پکتین (۱۰/۵۲) افزایش کمتری نشان دادند. به‌این‌ترتیب در پایان دورهٔ انبارداری بیشترین (۱۰/۴۴) و کمترین (۹/۷۱) میزان شاخص طعم میوه، به‌ترتیب در انارداندهای پوشیده‌شده با پکتین و کیتوزان در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس اندازه‌گیری شد (جدول ۸).

جدول ۸. تأثیر تیمارهای پوشش خوراکی مختلف بر شاخص بلوغ (TSS/TA) انارداندهٔ رقم رباب نی‌ریز در طول مدت انبارداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد

Table 8. Effect of different edible coating treatments on maturity index (TSS/TA) of pomegranate aril cv. Rabbab-e-Neyriz during storageat 5 °C and 90±5% RH

Treatment	Storage time (Day)			
	0	4	8	12
Chitosan	8.02^{f*}	8.41^{ef}	9.26^{d}	9.71^{b}
Methyl cellulose	8.02^{f}	9.12^{de}	9.3^{d}	Decay
Pectin	8.02^{f}	10.33^{a}	10.52^{a}	10.44^{a}
Nano chitosan	8.02^{f}	8.99^{e}	9.45^{cd}	Decay
Control	8.02^{f}	9.66^{b}	Decay	Decay

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش از میان پوشش‌های خوراکی به‌کار رفته، کیتوزان به‌طور مؤثری باعث کاهش از دست دادن آب، کاهش وزن انارداندها و آلودگی قارچی پس از برداشت شد. پوشش‌های خوراکی به‌طور معنی‌داری از کاهش میزان آنتوسیانین کل و اسید آسکوربیک انارداندها جلوگیری کرد. فنول کل و فعالیت پاداکسندگی آب‌میوه در دورهٔ انبارداری کاهش یافت و پوشش کیتوزان باعث حفظ این ترکیب‌ها شد. تیمار پوشش‌های خوراکی باعث حفظ مواد جامد محلول، اسیدهای آلی و شاخص طعم آب‌میوه شد. به‌طورکلی کیتوزان به‌عنوان یک فیلم نیمه نفوذپذیر می‌تواند با تغییر اتمسفر درونی محصول ضمن کاهش ضایعات ناشی از تعرق باعث حفظ کیفیت پس از برداشت میوه شود. در این پژوهش تیمار پوشش‌های خوراکی به‌ویژه کیتوزان به‌طور مؤثری باعث کاهش از دست دادن آب، کاهش ضایعات انارداندها و حفظ ترکیب‌های زیست فعال در طول مدت نگهداری پس از برداشت شدند.

REFERENCES

1. Al-Maiman, S. A. & Ahmad, D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. *Food Chemistry*, 76, 437-441.
2. Aydin, N. & Kadioglu, A. (2001). Changes in the chemical composition, polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of Medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27, 85-92.
3. Ayranci, E. & Tune, S. (2004). The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 87, 339-342.
4. Bico, S. L. S., Raposo, M. F. J., Morais, R. M. S. C. & Morais, A. M. M. B. (2009). Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh cut banana. *Food Control*, 20, 508-514.
5. Çam, M., Hışıl, Y. & Durmaz, G. (2009). Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food Chemistry*, 112, 721-726.
6. D'Aquino, S., Palma, A., Schirra, M., Continella, A., Tribulato, E. & La Malfa, S. (2010). Influence of film wrapping and fludioxonil application on quality of pomegranate fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 55, 121-128.
7. Dhall, R. K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 435-450.

8. 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, 368-374.
9. Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Shiri, M. A. & 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, 2023-2032.
10. Hana, A., Zhao, S., Leonard, W. & Traber, M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananasa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67-78.
11. Klein, B. & Perry, A. (2006). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *Journal of Food Science*, 47, 941-945.
12. Li, H. & Yu, T. (2000). Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 269-274.
13. Meyers, K. J., Watkins, C. B., Pritts, M. P. & Liu, R. H. (2003). Antioxidant and anti-proliferative activities of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6887-6892.
14. Miguel, G., Fontes, C., Antunes, D., Neves, A. & Martins, D. (2004). Anthocyanin concentration of 'Assaria' pomegranate fruits during different cold storage conditions. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 338-342.
15. Ozgen, M., Dugac, C., Serce, S. & Kaya, C. (2008). Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. *Food Chemistry*, 111, 703-706.
16. Pierce, B. & Kader, A. (2003). Responses of 'Wonderful' pomegranates to controlled atmospheres. *Acta Horticulturae*, 600, 751-757.
17. Ramezanian, A., Rahemi, M. & Vazifehshenas, M. R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121, 171-175.
18. Ramezanian, A., Rahemi, M., Maftoun, M., Bahman, K., Eshghi, S., Safizadeh, M. R. & Tavallali, V. (2010). The ameliorative effects of spermidine and calcium chloride on chilling injury in pomegranate fruits after long-term storage. *Fruits*, 65, 169-178.
19. Rapisarda, P., Fanella, F. & Maccarone, F. (2000). Reliability of analytical methods for determining anthocyanin in blood orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2249-2252.
20. Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Serrano, M. & Valero, D. (2011). Vapor treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry*, 124, 964-970.
21. Shahidi, F., Arachchi, J. K. V. & Jeon, Y. J. (1999). Food applications of chitin and chitosan. *Journal of Food Science and Technology*, 10, 37-51.
22. Tulinoz, A. & Ulukanli, Z. (2011). Application of edible starch-based coating including glycerol plus oleum nigella on arils from long-stored whole pomegranate fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 81-95.
23. Varasteh, F., Arzani, K., Barzegar, M. & Zamani, Z. (2012). Changes in anthocyanin in arils of chitosan-coated pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 130, 267-272.
24. Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. & González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 164-171.
25. Yaman, O. & Bayindirli, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 35, 146-150.
26. Yen, M. T., Yang, J. H. & Mau. J. L. (2009). Physicochemical characterization of chitin and chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymers*, 75, 15-21.