Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 2, Summer 2021 (405-418)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.322813.1924

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰ (ص ۴۱۸-۴۰۵)

مقاله پژوهشی:

اثرات روکش لایه جمع‌شونده، پوشش واکس و روکش پوشال کاغذ بر ویژگی‌های کیفی انارهای (*Punica granatum* L.) رقم 'اشکفتو' و 'رباب' در طول انبارمانی سرد

محمدرضا صفی‌زاده*
استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱)

چکیده

این پژوهش برای ارزیابی اثرات شش تیمار پس از برداشت شامل ۱- روکش لایه جمع‌شونده، ۲- پوشش واکس، ۳- روکش پوشال کاغذ، ٤- پوشش واکس+ روکش لایه، ٥- پوشش واکس+ روکش پوشال کاغذ، ٦- بدون پوشش، بر ویژگی‌های کیفی فیزیکی-شیمیایی رقم‌های 'رباب' و 'اشکفتو' انار انجام شد. میوه‌های تیمار شده در دمای ۳/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۸۵ درصد برای مدت حداکثر ۱۲ هفته نگه‌داری شدند. میانگین کاهش وزن انارهای رقم 'اشکفتو' و 'رباب' در مقایسه با شاهد ۹/٦۱ درصد به‌ترتیب در میوه‌های روکش لایه جمع‌شونده ۱/۱۹ درصد، پوشش واکس+ روکش پوشال کاغذ ۱/۹٤ درصد، پوشش واکس ۳/٦۷ درصد و روکش پوشال کاغذ ٤/۲۷ درصد کمتر بود. راندمان کم کردن کاهش وزن پوشش واکس+ روکش لایه (۱/۰۱ درصد) برتر از روکش لایه به تنهایی (۱/۱۹ درصد) نبود. محتوای فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های رقم 'اشکفتو' در تیمارهای روکش لایه و همچنین پوشش واکس+ روکش لایه به‌طور معنی‌دار بیشتر از شاهد بود، اما در رقم 'رباب' فقط آنتوسیانین کل میوه این تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد. روکش لایه+ پوشش واکس نیز در کاهش نشت الکترولیت پوست میوه‌ها خیلی موثر بود و ممکن است مقاومت به دمای سرد را در انارها افزایش داده باشد. رقم 'اشکفتو' دارای بیشترین میزان محتوای فنلی کل، آنتوسیانین کل، اسید قابل تیتر، اتانول، مواد جامد محلول کلو فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود.

واژه‌های کلیدی: **آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدانت، بسته‌بندی، ترکیبات زیست‌فعال، ترکیبات فنلی، پس از برداشت.**

Effects of shrink film wrapping, wax coating and paper packaging on the quality attributes of pomegranates (*Punica granatum* L.) cvs. 'Eshkafto' and 'Rabbab' during cold storage

Mohammad Reza Safizadeh*
Assistant Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran
(Received: May 02, 2021- Accepted: Aug. 23, 2021)

ABSTRACT

This study investigated the effects of six postharvest treatments including: 1) wrapping with shrink film, 2) wax coating, 3) paper packing, 4) wax coating plus film-wrapping, 5) wax coating plus paper packing, 6) uncovered, on the physicochemical quality attributes of pomegranate, cvs. 'Eshkafto' and 'Rabbab'. Treated fruits stored at 3.5 °C and about 85 % relative humidity for up to 12 weeks. Mean weight loss of pomegranate cvs. 'Eshkafto' and 'Rabbab' was lower in film-wrapped (1.19%), wax coated plus paper packed (1.94%), wax coated (3.67%) and paper-packed fruits (4.27%) compared with uncovered fruits (9.61%), respectively. However, the efficiency of wax coating plus film-wrapping in reducing weight loss (1.01%) was not superior to film-wrapping alone (1.19%). Total phenolic content and antioxidant activity of film-wrapped and also wax coated plus film-wrapped fruits of cv. 'Eshkafto' significantly were higher than that, control fruit, but with cv. 'Rabbab' only total anthocyanin of these treatments were higher than control fruit. Film wrapping plus wax coating also was highly effective in reducing electrolyte leakage in the husk of fruits and might be enhanced low temperature tolerance in pomegranates. Cultivar 'Eshkafto' had the highest contents of total phenolic, total anthocyanin, total soluble solids, titratable acid, ethanol and antioxidant activity.

Keywords: Anthocyanin, antioxidant, bioactive compounds, phenolic compounds, packaging, postharvest.

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

مقدمه

ایران مهمترین کشور تولیدکننده انار محسوب می‌گردد و تقاضای جهانی برای میوه انار تازه به دلیل داشتن ترکیبات زیست‌فعال سلامت‌بخش رو به گسترش است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی انارهای موجود به مقدار زیاد مربوط به تانن‌های قابل هیدرولیز بویژه الاجیک اسید (Ellagic acid) و مشتقات آن و ایزومرهای پونیکا لاجین (Punica lagin) که بر گرفته از پوست هستند، می‌باشد. البته سایر انواع پلی‌فنل‌ها شامل اسید آسکوربیک چه به صورت ترکیب یا تنها نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند (Fadavi *et al.*, 2005). مطالعات بالینی نشان داده است که پلی‌فنل‌های ویژه در انار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دارند و با جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد اکسیژن از پیری و بیماری‌های سخت‌درمان مثل سرطان و گرفتگی عروق جلوگیری می‌کنند (Koyama *et al.*, 2010). میوه انار اگرچه سرعت تنفس پایین دارد اما به عنوان یک محصول فسادپذیر شناخته شده است، زیرا پوست میوه دارای منافذ بسیار ریز می‌باشد که اجازه حرکت بخار آب را می‌دهد و میوه را مستعد کاهش وزن می‌سازد (Fawole & Opara, 2013). افزون بر این انار بسیار حساس به دماهای سرد می‌باشد و نگه‌داری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد یا کمتر منجر به سرمازدگی آن می‌گردد (Elyatem & Kader, 1984). در مقابل، نگه‌داری آن در دماهای بالاتر باعث افزایش فعالیت فیزیولوژیکی و میکروبی و منجر به کاهش عمر نگهداری آن می‌گردد (Barman *et al.*, 2011). روش‌های پس از برداشت مختلف برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری میوه کامل و انار دانه (Aril) انجام شده است. کاربرد روکش با لایه‌های جمع‌شونده پلاستیکی (Shrink plastic films) مختلف از جمله روش‌های رایج می‌باشد. میوه‌های انار که با لایه جمع‌شونده پلاستیک پوشش داده شده بودند و در دمای ۸ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند کاهش وزن آن‌ها به مقدار قابل‌توجهی کم شد و در مقایسه با شاهد ۱۴ درصد به‌ترتیب به ۱/۵ و ۲/۳ درصد رسید (Nanda *et al.*, 2001). در همین رابطه میوه‌های انار رقم 'پریموزول' (Primosole) که با لایه پلاستیک روکش شده بودند کاهش وزن آن‌ها پس از ۶ هفته نگه‌داری در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با شاهد ۱۵/۱ درصد به ۰/۶ درصد رسید (D'Aquino *et al.*, 2010). پوشش پلاستیک افزون بر این باعث جلوگیری از علایم سوختگی پوست، حفظ سفتی میوه، کاهش پوسیدگی پنسیلیوم و کاهش اسیدیته (Nanda *et al.*, 2001) و همچنین مانع کاهش ویتامین ث میوه انار گردیده است (D'Aquino *et al.*, 2010).

پوشش‌های واکس بر روی میوه‌ها تا اندازه‌ای یک حفاظ در مقابل حرکت آب ایجاد می‌کنند در نتیجه کاهش آب را از سطح کم می‌کنند و همچنین یک اتمسفر تغییریافته در اطراف میوه بوجود می‌آورند که تنفس و پیری را آهسته می‌کنند (Mahajan *et al.*, 2014). کاربرد ترکیب واکس کارنابا با پوترسین بر روی میوه‌های انار باعث کم شدن کاهش وزن تا ۱۰ درصد در مقایسه با ۱۷ درصد در میوه‌های شاهد شده است، زیرا پلاک‌های واکس در مقابل انتشار بخار آب به عنوان یک محافظ عمل کرده‌اند. همچنین در این پژوهش، کاربرد واکس کارنابا همراه با پوترسین باعث کاهش تنفس و تولید مقدار اتیلن به دلیل کاهش تبادل گازی و کاهش اکسیژن قابل استفاده در مدت ۶۰ روز نگه‌داری در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد شده است (Barman *et al.*, 2011). پوشش‌های واکس در بسیاری از پژوهش‌ها باعث کم شدن کاهش وزن، سوختگی پوست، تنفس و افزایش عمر انباری و درصد آب‌میوه و همچنین حفظ نمره رنگ، مزه و بافت میوه انار شده‌اند (Pareek *al.*, 2015).

کاهش ترکیبات زیست‌فعال میوه انار به نوع مواد بسته‌بندی مورد استفاده بستگی دارد. میوه‌های انار رقم 'پریموزول' که با لایه پلی‌اتیلن با ضخامت ۴۰ میکرون بسته‌بندی شده بودند باعث کاهش ترکیبات فنلی از ۱۴/۹۲ درصد به ۹۳ /۱۳ درصد بعد از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد شد؛ اما تفاوت معنی‌داری در میزان زوال آنتوسیانین مشاهده نگردید (Palma *et al.*, 2009). انار دانه‌هایی که در کیسه‌های پلی‌اتیلنی در دمای ۵ و ۷ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴ ماه نگه‌داری شده بودند در مقایسه با بسته‌بندی تجاری و واکس‌زنی مقدار آنتوسیانین و ویتامین ث

آن‌ها به میزان بیشتری حفظ گردید (Ghafir *et al.*, 2010). روش‌های سنتی از قبیل نگه‌داری میوه‌ها در بین پوشال کاغذ نیز برای میوه انار انجام می‌شود. با وجود روش‌های مختلف که در دسترس هستند، تلفات پس از برداشت اغلب بیش از ۳۰ درصد در یک فصل برای یک رقم می‌باشد و همچنین کاهش ترکیبات زیست‌فعال هنوز روی می‌دهد (Mphahlelea *et al.*, 2014a). نتیجه تلفاتی که به ویژگی‌های غذایی و کیفی و همچنین اقتصادی میوه انار وارد می‌شود به شدت سودآوری و رشد صنعت این حرفه را کاهش می‌دهد. نیاز است پژوهش‌هایی بر روی روش‌های پس از برداشت و فناوری‌های ابتکاری برای نگه‌داری و یا افزایش ترکیبات غذایی و زیست‌فعال میوه انار انجام شود. انار رقم 'رباب' به عنوان یک رقم تجاری در استان فارس کشت می‌شود و یک رقم استاندارد برای صادرات می‌باشد. رقم 'اشکفتو' نیز رقمی در فارس است که دارای میوه‌هایی با اندازه بزرگ، مزه شیرین-ترش، پوست قرمز تیره، حاوی انار دانه‌هایی با رنگ قرمز بسیار تیره که کیفیت رنگ و مزه آن در آبان ماه به حداکثر می‌رسد و اخیراً مورد توجه قرار گرفته است.

با وجود بهبود و گسترش رقم‌هایی که کیفیت خوب دارند، اما اثر بسته‌بندی بر روی ترکیبات زیست‌فعال و غذایی فراموش شده است. افزون بر این واکنش و حساسیت به روش‌های بسته‌بندی در رقم‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد. نیاز است برای جلب رضایت مصرف‌کننده، میوه در شرایط عالی و ترجیحاً از کیفیت حسی و غذایی بالا برخوردار باشد. بنابراین هدف اصلی از این پژوهش مقایسه اثرات شش تیمار پس از برداشت میوه بر روی حفظ بعضی از شاخص‌های کیفیت و ترکیبات زیست‌فعال دو رقم معروف انار استان فارس به نام‌های 'رباب' و 'اشکفتو' در طی ۳ ماه نگه‌داری در دمای ۳/۵ درجه سانتی‌گراد بود. این روش‌ها قبل از این بر روی میوه انار باهم مقایسه نشده‌اند. شباهت و تفاوت اثرات این روش‌ها و افزون بر آن شاخص‌های کیفیت این دو رقم نیز در طول نگه‌داری با هم مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

میوه‌ها

میوه‌های انار رقم 'رباب' و 'اشکفتو' در مرحله رسیدگی تجاری از باغ‌های تجاری شهرستان داراب در محدوده ۵۴ تا ۵۵ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی، ۲۷ تا ۲۹درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۱۸۰ متر از سطح دریا در جنوب استان فارس با دست برداشت و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب انتقال یافتند. میوه‌هایی که از نظر رنگ، شکل و اندازه به تقریب مشابه بودند، انتخاب شدند و میوه‌هایی با آثار آسیب مکانیکی، آفتاب سوختگی، خشکیدگی و نشانه‌های بیماری و آفت حذف شدند.

روش اجرای تیمارها

از هرکدام از رقم‌ها تعداد ۳۰۰ عدد میوه به‌طور تصادفی به ۶ گروه تیماری ۵۰ عددی تقسیم شدند، به نحوی که هر گروه به صورت ۵ عددی در یک توری پلاستیکی قرار داده شدند. گروه ۱ بدون هیچ پوشش در نظر گرفته شدند. گروه ۲ با استفاده از امولسیون واکس تجاری ماندگاری (Citrashine, Decco, Italia) به نسبت ۱:۲ و به مدت ۱ دقیقه در محلول واکس غوطه‌ور شدند و سپس در هوای اتاق به مدت ۲ ساعت خشک شده و سپس در توری‌های پلاستیکی قرار گرفتند. گروه ۳ به صورت تکی در بین لایه پلاستیک جمع‌شونده (Grace Italiana, Cryovac Division, Milan) (جدول ۱) قرار گرفتند و با دستگاه دوخت حرارتی دوخته شدند و سپس به مدت یک دقیقه در تونل حرارتی (۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند تا پلاستیک جمع و به میوه بچسبد. گروه ۴ پس از این که در توری قرار گرفتند اطراف آن‌ها به‌طور کامل با پوشال کاغذ پوشانده شد. گروه ۵ و ۶ پس از این که با واکس پوشش داده شدند به صورت تکی در پلاستیک جمع‌شونده قرار گرفتند و یا توسط پوشال کاغذ پوشانده شدند و همانند سایر میوه‌ها بسته‌بندی شدند. بسته‌های میوه در انباری با دمای ۱±۳/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۸۰ درصد برای مدت حداکثر ۱۲ هفته نگه‌داری شدند نمونه‌های میوه پس

از ۶ و ۱۲ هفته از انبار خارج شده و پس از ۳ روز نگه‌داری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انکوباتور (Eyela, Japan) قرار گرفتند.

جدول ۱. ویژگی‌های لایه پلاستیک مورد استفاده

Table 1. Properties of the used plastic film

Property	Plastic film
	Cryovac MR
Thickness	15 µm
Water transmission rate	23 g / 24 h m^2 bar at 38°C and 100% Delta RH
O_2 permeance	9500 cm^3/24 h m^2 bar at 38°C and 100% Delta RH
CO_2 permeance	26500 cm^3/24 h m^2 bar at 38°C and 100% Delta RH

درصد کاهش وزن

مقدار درصد کاهش وزن میوه بر اساس وزن اولیه و وزن ثانویه پس از قرار گرفتن در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد بر اساس رابطه زیر تعیین گردید.

رابطه ۱) $\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن ثانویه}-\text{وزن اولیه}}{\text{وزن ثانویه}} \times ۱۰۰$

نشت الکترو لیت‌ها

مقدار درصد نشت الکترولیت‌ها به عنوان معیاری برای آسیب به غشاء متاثر از سرمازدگی و پیری بر اساس روش به کار رفته توسط Mirdehghan *et al.* (2007) انجام شد. شش دیسک ۱۰ میلی‌متری با پوست بر جدا شدند، وزن شده و در دو مرحله با آب دو بار تقطیر، شسته شدند و در یک ظرف شیشه‌ای حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار مانیتول غوطه‌ور گردیدند. هدایت الکتریکی اولیه پس از چهار ساعت که روی دستگاه شیکر قرار گرفتند، با دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (Model 780, Metrohm, Swiss) اندازه‌گیری گردید. سپس ظروف در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه اتوکلاو گردیدند. پس از سرد شدن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد هدایت الکتریکی کل خوانده شد. مقدار نشت الکترولیت به عنوان درصدی از کل تعیین گردید.

اتانول

انارداندهای میوه هر بسته توسط دست از پوست جدا شدند و آب میوه آن‌ها پس از استخراج صاف گردید. تخمین محتوای اتانول در ۳ میلی‌لیتر آب میوه توسط روش Sumbhate *et al.* (2010) انجام شد. سه میلی‌لیتر از آب‌میوه با ۱ میلی‌لیتر محلول سدیم‌دی‌کرومات ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و ۱ میلی‌لیتر از بافر استات با pH۳/۴ و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۱ نرمال در یک لوله فالکون مخلوط گردید و پس از ۱ دقیقه لرزش با لرزاننده (انگشتی) برای مدت ۲ ساعت در دمای آزمایشگاه باقی ماند تا رنگ سبز تشکیل گردد. میزان جذب محلول پس از سانتریفیوژ کردن (۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه) در طول موج ۵۷۸ نانومتر خوانده شد. یک نمونه شامل (۳ میلی‌لیتر آب مقطر، ۱ میلی‌لیتر سدیم‌دی‌کرومات، ۱ میلی‌لیتر بافر استات pH ۳/۴ و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۱ نرمال به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. این روش کار نیز برای شش محلول استاندارد اتانول ۹۹ درصد (۵-۳۰ میکرولیتر در میلی‌لیتر) به کار برده شد و نتایج نهایی به صورت میکرولیتر اتانول در هر میلی‌لیتر آب میوه بیان گردید.

فنول کل

فنول کل بر اساس روش Selcuk & Erkan (2014) انجام شد و نتیجه‌های نهایی به عنوان میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه گزارش شد.

آنتوسیانین کل

مقدار آنتوسیانین کل توسط روش اختلاف pH با دو سیستم بافری کلرید پتاسیم (pH 1, 0.025 M) و استات سدیم (pH 4.5, 0.4 M) انجام گرفت و آنتوسیانین کل به عنوان سیانید-۳ گلوکوزاید به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد (Pala & Toklucu, 2011).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی (Antioxidant activity) توسط رادیکال آزاد دی‌فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (2,2, -Diphenyl-1-pycril-hydrazil)

(DPPH) و با روش Kulkarni & Aradhaya (2005) تعیین شد.

اسیدیته قابل تیتر (Titratable acid) **(TA) و مواد جامد محلول کل** (Total Soluble Solid) **(TSS)**

پنج میلی‌لیتر از آب‌میوه توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال به pH ۸/۱ رسانده و سپس با pHمتر سنجیده شد و نتیجه‌ها به صورت گرم سیتریک اسید در هر ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد. مواد جامد محلول کل توسط قندسنج (ATAGO, PAL-22S, Japan) اندازه‌گیری و به صورت درصد گزارش شد.

واکاوی آماری

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورها شامل دو زمان نگه‌داری به‌صورت هفتگی، فاکتور دوم شامل شش سطح تیمار بسته‌بندی و فاکتور سوم شامل دو رقم که در پنج تکرار و در تکرار هر تیمار ۵ عدد میوه مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های جمع‌آوری شده پس از انجام آزمایش توسط توسط نرم‌افزار SAS (V9.1) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

کاهش وزن

کاهش وزن از جمله علت‌های کاهش کیفیت ظاهری میوه می‌باشد، از این رو برای بازاریابی یکی از معیارهای کیفیت محسوب می‌شود. در این پژوهش، کاهش وزن میوه‌های هر دو رقم انار به صورت افزایشی با پیشرفت زمان زیاد شد، اما روند کاهش وزن میوه همه تیمارها در ۶ هفته دوم نگه‌داری کمتر از ۶ هفته اول بود (شکل ۱ A, B). کمتر شدن سرعت کاهش وزن انار پس از ماه دوم در طول چهار ماه انبارمانی سرد نیز گزارش شده است (Rastegari *et al.*, 2014). این نتایج نشان می‌دهد در ابتدا کاهش آب از پوست به‌طور فزاینده به سوی محیط صورت می‌گیرد، اما پس از مدتی که پوست دچار کمبود آب می‌گردد آب گوشت (انارداده) جایگزین آن و روند کاهش آب (وزن) آهسته می‌گردد. میوه‌های بدون پوشش در طول مدت نگه‌داری (شکل A, B-۱) و همچنین پس از ۱۲ هفته (جدول ۲) دارای بیشترین مقدار کاهش وزن بودند و پوشش‌های مختلف به‌طور معنی‌دار کاهش وزن میوه‌ها را نسبت به میوه‌های بدون پوشش کم کردند. نتیجه بیانگر این است که نگه‌داری سنتی انار بدون هیچ پوششی در سردخانه روشی مطلوب برای نگه‌داری انار نیست. میوه‌های روکش شده با پلاستیک جمع‌شونده در رقم 'رباب' و 'اشکفتو' به ترتیب۱/۱۶ و ۱/۲۲ درصد کمترین مقدار کاهش وزن را نسبت به شاهد خود (۹/۸۸) و (۹/۳۴) داشتند. کم شدن کاهش وزن انارها در لایه جمع‌شونده پلاستیک مربوط به ویژگی کم گذرپذیری لایه پلاستیکی به حرکت بخار آب می‌باشد که باعث افزایش رطوبت نسبی و تراکم بخار آب در داخل بسته‌ها شده است. شبیه به این نتایج برای انارهای رقم 'گانش' (Ganesh) (Nanda *et al.*, 2010) و رقم 'پریموزول' (D'Aquino *et al.*, 2010) که در لایه‌های جمع‌شونده نهاده شده بودند نیز گزارش شده است. پوشش واکس باعث براق شدن میوه‌ها شد و نسبت به میوه‌های بدون پوشش و یا روکش پوشال کاغذ، کاهش وزن میوه را به‌طور موثر کم نمود، اما کاربرد واکس به تنهایی و یا کاربرد واکس+ پوشال و یا واکس+ روکش لایه پلاستیک، برتر از روکش لایه پلاستیک تنها نبودند. برتر بودن لایه پلاستیک برای کم کردن کاهش وزن در مقایسه با واکس‌ها در میوه گل ساعتی (Ferriera da Mota *et al.*, 2005) و همچنین در دو رقم سیب (Saftner, 1999) گزارش شده است. الگوی رفتاری کاهش آب از میوه‌های هر دو رقم یکسان و تفاوت آماری باهم نداشتند (جدول۲).

اسید قابل تیتر (TA)

میزان اسید قابل تیتر انارهای هر دو رقم پس از ۱۲ هفته نگه‌داری تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول۲). شبیه به همین نتایج Safizadeh (2019) گزارش کرد که بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته و هوای آزاد بر میزان اسید قابل تیتر انار رقم 'رباب'

نیریز اثر معنی‌داری نداشت. همچنین بیشتر آزمایش‌هایی که نگه‌داری انار در هوای آزاد را با اتمسفر تغییر یافته مقایسه نمودند موافق این نتایج می‌باشد زیرا تغییرات در اسید قابل تیتر و TSS انار در طول انبار سرد اساساً تحت تاثیر بسته‌بندی و ترکیب گاز قرار نمی‌گیرد (D'Aquino *et al.*, 2010). اسید قابل تیتر با پیشرفت زمان در همه تیمارهای هر دو رقم افزایش یافت (شکل ۱ C, D). افزایش اسید قابل تیتر در طول دوره نگه‌داری با نتایج سایر پژوهشگران که بر روی رقم‌های انار کار کرده‌اند و گزارش شده که اسید قابل تیتر در طول دوره انبار کاهش یافته است، هم‌خوانی ندارد. آن‌ها دلیل کاهش اسید قابل تیتر را مربوط به فعالیت متابولیکی انار و مصرف شدن اسید برای فرایند تنفس در طول دوره انبار ذکر کرده‌اند (Matityahu *et al.*, 2016; Selcuk & Erkan, 2015). البته سوختن کربوهیدرات‌ها در فرایند تنفس قبل از اسیدهای آلی انجام می‌گیرد و درک شیرینی با قاطعیت به ترشی ربط دارد (Magwaza & Opara, 2015). حدس زده می‌شود در این آزمایش افزایش کاهش وزن میوه با پیشرفت زمان منجر به غلیظ شدن آب میوه و افزایش اسید قابل تیتر شده است. افزایش اسید قابل تیتر میوه‌های انار در طول دوره انبار نیز گزارش شده است (Al-Mughrab *et al.*, 1995). مقدار اسید قابل تیتر میوه‌های رقم 'اشکفتو' به‌طور معنی‌دار بیشتر از رقم 'رباب' بود (جدول۲). این نتایج نشان می‌دهد که میزان و نوع ترکیبات شیمیایی انار دانه و از جمله اسیدهای آلی هر رقم صرف‌نظر از نوع پوشش، اختصاصی تغییر می‌کنند. Arabi *et al.* (2008) نیز نشان دادند که اسیدهای آلی هر رقم انار در طی نگه‌داری انبار سرد متفاوت بوده‌اند.

مواد جامد محلول کل (TSS)

میوه‌های شاهد در هر دو رقم دارای بیشترین مقدار مواد جامد کل بودند، اما تفاوت معنی‌داری بین میزان TSS تیمارهای پوششی مشاهده نگردید (جدول ۲). همچنین تغییرات میزان TSS میوه‌های هر دو رقم در زمان‌های مختلف نوسان داشت (شکل ۱-E, F). نتایج TSS انارها در سایر مطالعات نیز متفاوت می‌باشد. گزارش شده است که TSS انار در طول دوره نگه‌داری کاهش یافته است (Mphahlelea *et al.*, 2014b). Gil *et al.* (1995) تغییرات معنی‌داری در میزان TSS انار پیدا نکردند. افزایش TSS انار در طول دوره نگه‌داری در سایر مطالعات گزارش شده است (Al-Mughrab *et al.*, 1995). این نتایج متفاوت احتمالاً به دلیل گوناگونی در رقم‌ها و تیمارهای پس از برداشت می‌باشد. همچنین بیشتر آزمایش‌هایی که نگه‌داری انار را در هوای آزاد و محیط بسته‌بندی شده مقایسه نموده‌اند موافق نتایج ما می‌باشد. با این استدلال که تغییرات در TSS وTA انار در طول دوره انبار سرد تحت ترکیب گاز اتمسفر قرار نمی‌گیرد (D'Aquino *et al.*, 2010). افزایش میزان TSS در میوه‌های شاهد مربوط به فرایند سریع‌تر پیری و افزایش غلظت مواد جامد محلول بر گرفته از افزایش تبخیر و تعرق می‌باشد. در رقم 'اشکفتو' تیمارهایی که مؤثرتر کاهش آب را کم کردند نیز به‌طور معنی‌دار نسبت به شاهد TSS کمتری داشتند. مطالعات قبلی بر روی انار توسط Selcuk & Erkan (2015) نیز این نتایج را تأیید می‌کند. میزان TSS انارهای رقم 'اشکفتو' نیز به‌طور معنی‌دار بیشتر از رقم 'رباب' بود.

اتانول

میوه‌های پوشش داده شده با واکس در رقم 'رباب' و میوه‌های پوشش واکس+ لایه پلاستیک و پوشش واکس+ پوشال کاغذ در رقم 'اشکفتو' با تفاوت معنی‌داری نسبت به میوه‌های شاهد دارای بیشترین میزان اتانول بودند (جدول ۲). در این پژوهش نمره‌های تست پانل مزه و طعم تفاوت‌های معنی‌دار و هر نوع بدمزه‌گی و بدبویی را بین تیمارهای مختلف نشان ندادند (داده‌ها آورده نشدند)، اما باید توجه نمود که پوشش واکس و لایه پلاستیک ضمن این که براق نمودن تجارتی و کم‌گذرپذیری بخار آب را فراهم می‌نمایند نسبت به CO_2 و O_2 گذرپذیری بالایی داشته باشند (Saftner, 1999).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع پوشش و رقم بر تغییرات فیزیکی و شیمیایی انار.

Table 2. Mean comparison interaction effect of covering type and cultivar on the physical and chemical changes of pomegranate.

Treatments	Weight loss (%)		Titratable acid (%)		Ethanol content (μL ml^{-1})		Total soluble solid (%)	
	Rabbab	Eshkafto	Rabbab	Eshkafto	Rabbab	Eshkafto	Rabbab	Eshkafto
Uncovered	9.88^{a†}	9.34 ^{a}	1.074 ^{ab}	1.21^{a}	10.45^{b}	12.95^{b}	16.4 ^{a}	17.7 ^{a}
Wax coating	3.41^{c}	3.94 ^{b}	1.12 ^{a}	0.95^{b}	11.05^{a}	13.74 ^{ab}	14.7 ^{b}	17.0 ^{abc}
Wax coating + paper packing	1.95^{d}	1.93 ^{c}	0.85 ^{c}	1.23^{a}	10.68^{ab}	13.80^{a}	15.6^{ab}	16.20 ^{c}
wax coating + film wrapping	1.18^{e}	0.84 ^{d}	1.03 ^{ab}	1.10^{ab}	10.74^{ab}	13.95^{a}	16.1^{ab}	16.25 ^{c}
Paper packing	4.66 ^{b}	3.89 ^{b}	0.80 ^{c}	1.10 ^{ab}	10.50 ^{b}	13.38 ^{ab}	16.3^{ab}	17.25 ^{ab}
Film wrapping	1.16 ^{e}	1.22 ^{d}	1.00 ^{a}	1.04 ^{ab}	10.91^{ab}	13.68 ^{ab}	16.1^{ab}	16.5 ^{bc}
Total	3.71^{A††}	3.73 ^{A}	0.98 ^{B}	1.10 ^{A}	10.75^{B}	13.60 ^{A}	15.87^{B}	16.82^{A}

† در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه (a, b) می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

†† در هر ردیف میانگین هایی که دارای حروف مشابه بزرگ (A, B) می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

† In each column means followed by the same letters (a, b) are not significantly different according to LSD test at P = 0.05.

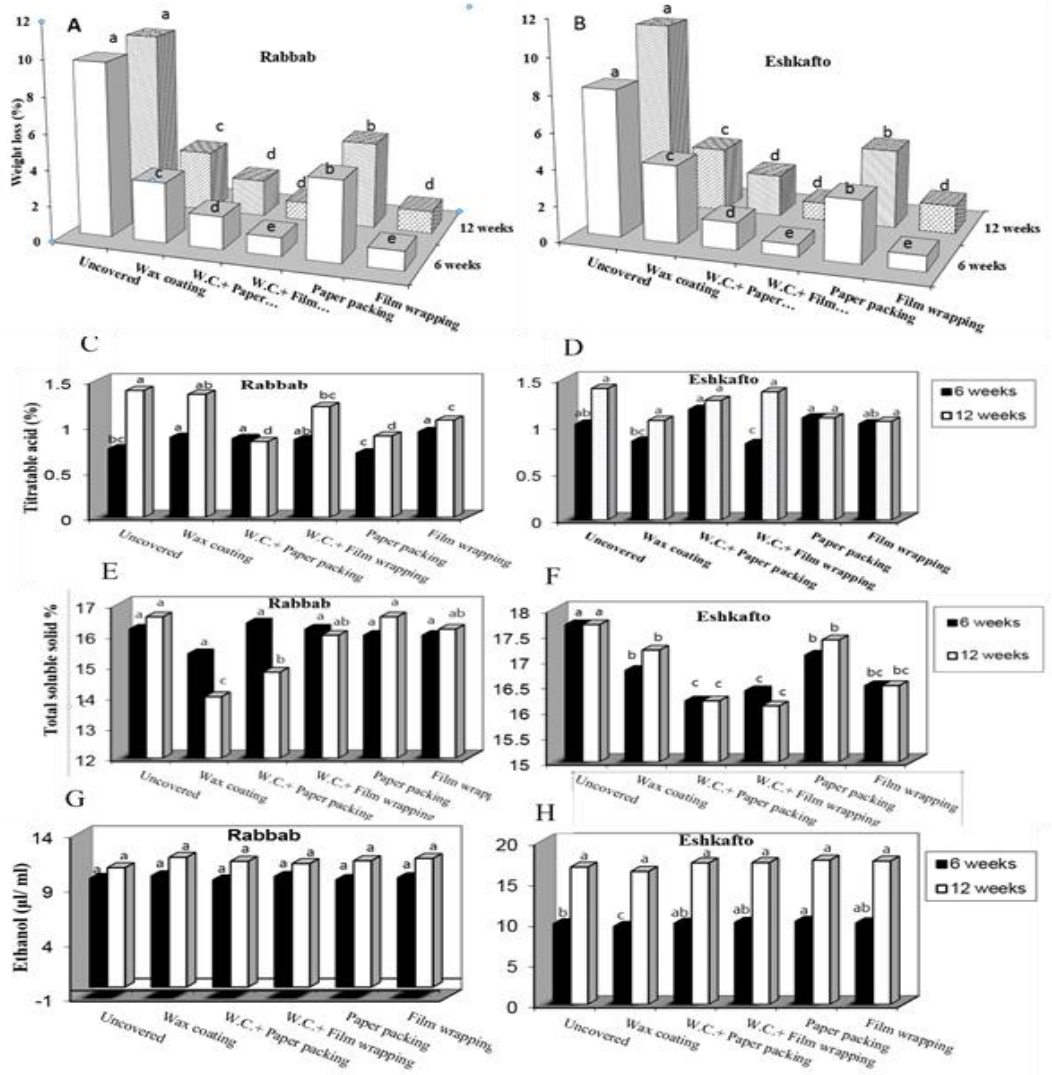
†† In each row means followed by the same capital letters (A, B) are not significantly different according to LSD test at P = 0.05.

میزان اتانول در میوه‌های تیمارشده هر دو رقم با پیشرفت زمان افزایش یافت، اما میزان افزایش اتانول در رقم 'اشکفتو' پس از ۱۲ هفته (نسبت به ۶ هفته اول) به مراتب بیشتر از رقم 'رباب' بود (شکل G, H-۱). به‌طورکلی صرف نظر از اثر تیمارها، میزان تجمع اتانول در میوه‌های رقم'اشکفتو' به‌طور معنی‌دار بیشتر از رقم'رباب' بود (جدول ۲). بزرگ‌ترین عیب پوشش‌های واکسی و روکش پلاستیکی برای میوه‌ها ایجاد شرایط بی‌هوازی است که غلظت‌های زیاد CO_2 و کاهش O_2 باعث ایجاد تنفس بی‌هوازی و تجمع اتانول، استات اتیل و بدمزه‌گی میوه می‌گردند (Hagenmaier & Shaw, 1992).

شرایط بی‌هوازی اغلب به‌طور طبیعی در طی فرایند رسیدن و شرایط نگه‌داری برای مثال با پوشش واکس، روکش لایه پلاستیک و یا شرایط اتمسفر تغییریافته اتفاق می‌افتد (Pesis, *et al.*, 2005). این آزمایش نشان می‌دهد در میوه‌های انار همانند میوه‌های نارنگی تغییرات مقادیر اتانول نیز به زمان و رقم بستگی دارد (Tietel *et al.*, 2010; Luengiwilia *et al.*, 2007). حدس زده می‌شود افزایش میزان اتانول در میوه‌های رقم 'اشکفتو' مربوط به کم گذرپذیری پوست به گازها می‌باشد که شرایط بی‌هوازی شدیدتر باعث افزایش مقدار اتانول بیشتر در میوه‌ها شده است.

نشت یونی

کمترین میزان نشت یون در هر دو رقم در میوه‌های واکس+ روکش لایه پلاستیک مشاهده گردید، درحالی‌که میوه‌های شاهد پس از ۱۲ هفته بیشترین میزان نشت یونی را داشتند (جدول۳). در رقم 'اشکفتو' نیز تیمارهای پوششی با تفاوت معنی‌دار میزان نشت یونی را نسبت به شاهد کاهش دادند، اما در رقم 'رباب' به جز تیمار واکس + روکش لایه پلاستیک، سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در میزان نشت یونی با شاهد نداشتند. نشت یونی یک معیار قابل اعتماد می‌باشد که به‌طور گسترده توسط پژوهشگران برای ردیابی پیوستگی غشاء مورد استفاده قرار می‌گیرد و افزایش نشت یونی به عنوان وقوع آسیب سرمازدگی در طی دوره انبار سرد است که بیانگر بهم‌خوردگی پیوستگی غشاء می‌باشد و مورد قبول همه قرار گرفته است (Aghdam & Bodbodak, 2013). تیمار واکس + روکش لایه پلاستیک و تا اندازه‌ای روش‌های دیگر پوششی باعث کاهش نشت یونی شدند. به عبارت دیگر شرایط اتمسفر تغییریافته به دلیل اثر واکس و لایه پلاستیک باعث پایداری غشاء و تعدیل سرمازدگی خفیف در میوه‌ها شده است. تعدیل سرمازدگی میوه انار توسط بسته‌بندی در اتمسفر تغییریافته، پوشش واکس تجارتی و یا واکس خوراکی نیز گزارش شده است (Pareek *et al.*, 2015). تغییرات میزان نشت یونی در ۶ هفته اول نسبت به ۶ هفته دوم نگه‌داری در رقم 'رباب' کم بود، اما در رقم 'اشکفتو' بسیار زیاد بود (شکل A, B-۲). افزون بر این میزان نشت یونی در انارهای رقم 'رباب' نسبت به رقم 'اشکفتو' با تفاوت معنی‌دار بیشتر بود (جدول ۳). این تفاوت‌ها بیانگر این است که میوه‌های انار رقم 'رباب' نسبت به رقم'اشکفتو' بیشتر به سرمازدگی حساس می‌باشند.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع پوشش و رقم بر کاهش وزن (A, B)، اسید قابل تیتر (C, D) مواد جامد محلول کل (E, F) و اتانول (G, H) انار.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of covering type and cultivar on weight loss (A, B), titratable acid (C, D) total soluble solid (E, F) and ethanol content (G, H) of pomegranate.

مطالعات اخیر نیز نشان داده است که رقم‌های مختلف انار از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی کل پوست بسته به شرایط محیطی و ژنتیکی بسیار متفاوت می‌باشند و میوه‌هایی که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا و محتوای فنلی کل و پونیکالین (Punicalin) بیشتری در پوست می‌باشند، نسبت به سایر رقم‌ها بهتر در مقابل پوسیدگی و کاهش وزن مقاومت می‌کنند و افزون بر آن مقاوم‌تر به سوختگی پوست می‌باشند (Amir *et al.*, 2019). حدس زده می‌شود مقاومت بیشتر رقم 'اشکفتو' نسبت به آسیب سرمازدگی مربوط به ترکیبات موجود در پوست این رقم می‌باشد.

محتوای فنلی کل

محتوای فنلی کل میوه انارهای شاهد و پوشش داده شده رقم 'رباب' تفاوت معنی‌دار نداشتند، اما در رقم 'اشکفتو' میوه تیمارهای واکس + پوشال، واکس+ لایه پلاستیک و لایه پلاستیک تنها با تفاوت معنی‌دار نسبت به میوه‌های شاهد محتوای فنلی کل آن‌ها حفظ گردید. کمترین میزان محتوای فنلی کل در میوه‌های شاهد مشاهده شد (جدول ۳). حفظ بیشتر محتوای فنلی کل در میوه‌های انار که با واکس کارنابا پوشش داده شده بودند (Meighani *et al.*, 2014) و یا در شرایط اتمسفر تغییر یافته ۱ درصد اکسیژن در

مقایسه با هوای آزاد قرار گرفته بودند، نیز گزارش شد (Safizadeh, 2019). به نظر می‌رسد شرایط اتمسفر تغییریافته در اثر کاربرد این تیمارها و شرایط کاهش اکسیژن باعث حفظ بیشتر محتوای فنلی کل رقم 'اشکفتو 'شده است. زیرا شرایط تنش‌زا مثل غلظت کم اکسیژن باعث افزایش مسیر فنیل پروپانوئید می‌گردد (O'Grady *et al.*, 2014) و همچنین در تحت شرایط اکسیژن کم، فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز که آنزیم‌های اصلی پلی‌فنل‌ها هستند کاهش می‌یابد (Pourcel *et al.*, 2007). در تائید این نتایج Belay *et al.* (2017) گزارش کردند که محتوای فنلی کل انارهای رقم 'واندرفول' (Wonderful) در بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته فعال که در معرض کم اکسیژن قرار گرفته بودند در مقایسه با غلظت زیاد اکسیژن، افزایش یافته است.

محتوای فنلی کل انار در تمامی تیمارها در هر دو رقم با افزایش زمان نگه‌داری در دمای سرد کاهش یافت (شکل ۲ C, D). کاهش مواد فنلی ممکن است به عنوان جزیی از روند پیری به علت زوال ساختار سلولی در طی مدت نگه‌داری و یا به علت اکسیداسیون مواد فنلی در اثر آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز باشد (Ghasemnezhad *et al.*, 2013). محتوای فنلی کل انارهای رقم 'اشکفتو' (۲۰۵/۹۷ میلی‌گرم در۱۰۰ میلی‌لیتر) در تیمار واکس+ لایه پلاستیک تقریباً ۹۵ درصد بیشتر از رقم 'رباب' (۹/۵۱ میلی‌گرم در۱۰۰ میلی‌لیتر) بود (جدول ۳). عدم اثر تیمارها بر میزان محتوای فنلی کل انارهای رقم 'رباب' را به میزان کم محتوای فنلی کل این رقم می‌توان نسبت داد، نه این که تیمارها مؤثر نبودند. مقدار محتوای فنلی کل رقم 'رباب' داراب نسبت به رقم رباب نیریز (۹۹ میلی‌گرم در۱۰۰ میلی‌لیتر) (Safizadeh, 2019) نیز بسیار کمتر است. افزون بر این محتوای فنلی کل رقم 'اشکفتو' در مقایسه با ۱۰ رقم انار کالیفرنیا (Chater *et al.*, 2018) که بین ۲۶/۹۷ تا ۳۹/۵ میلی‌گرم در۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شده نیز بیشتر می‌باشد. این نتایج از یک سو بر این نکته تاکید می‌کند که محل کاشت، سال برداشت و یا طول مدت نگه‌داری تاثیر تعیین‌کننده‌ای بر ترکیبات زیست‌فعال انار دارد (Al-Said *et al.*, 2009)، از سویی دیگر کمیت ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی آب میوه یک رقم برای صنعت فرآوری و مشتری‌ها بسیار اهمیت دارد. زیرا در تبلیغ‌های تجارتی برتری یک محصول را داشتن فعالیت آنتی‌اکسیدانی زیاد آن که مربوط به مواد فنلی است اعلام می‌نمایند. رقم 'اشکفتو' از این نظر برتر بود.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

میوه‌های بدون پوشش (شاهد) نسبت به میوه‌های پوشش داده شده در رقم 'اشکفتو' پس از ۱۲ هفته نگه‌داری در دمای ۳/۵ درجه سانتی‌گراد کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند، اما در رقم 'رباب' تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای پوشش داده شده و شاهد در فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده نگردید (جدول ۳). اثر دوگانه تیمارها بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های این دو رقم مربوط به تفاوت ترکیبات فنلی و آنتوسیانینی موجود در هر کدام از رقم ها می‌باشد. انارها اصولاً به دلیل داشتن مقادیر زیاد محتوای فنلی کل که شامل فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و سایر ترکیبات فنلی است، فعالیت آنتی‌اکسیدانی خوبی بروز می‌دهند (Kulkarni & Aradhaya, 2005). رقم 'اشکفتو' نسبت به رقم 'رباب' تقریباً ۹۵ درصد بیشتر محتوای فنلی کل داشت (جدول ۳). بر اساس گزارش Selcuk & Erkan (2015) یک رابطه مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی کل در میوه انار وجود دارد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد همراه با کاهش محتوای فنلی کل انارها با پیشرفت مدت زمان انبارمانی (شکل ۲-C, D)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی انارها در هر دو رقم کاهش یافت (شکل ۲-E, F). رقم 'اشکفتو' نیز که دارای محتوای فنلی کل بیشتر است فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در رقم 'اشکفتو' همراه شدن محتوای فنلی کل بیشتر با شرایط بهبود کاهش تعرق و حفظ

رطوبت و همچنین تغییر اتمسفر داخلی در میوه‌های پوشش داده شده شرایط مناسب برای حفظ بیشتر فعالیت آنتی‌اکسیدانی را فراهم نموده است. حفظ ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی انار توسط پوشش واکس و یا لایه پلاستیک به‌طور کامل توسط Mphahlelea *et al.* (2014a) نیز گزارش شده است.

آنتوسیانین

در انار و همچنین در بسیاری از میوه‌های حبه‌ای، محتوای فنلی کل با میزان آنتوسیانین کل همبسته است. آنتوسیانین یک رنگریزه پلی‌فنلی محلول در آب است و منبع اولیه رنگ‌های قرمز، بنفش و آبی بسیاری از میوه‌ها از جمله انار و پوست انار می‌باشد. آن‌ها همچنین دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (Fadavi *et al.*, 2005). پوشش واکس، لایه پلاستیک و واکس+ لایه پلاستیک به‌طور معنی‌داری میزان آنتوسیانین کل میوه‌ها را حفظ نمودند. همچنین در هر دو رقم میوه‌های پوشش داده شده با واکس + لایه پلاستیک پس از ۱۲ هفته نگه‌داری در دمای ۳/۵ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین میزان آنتوسیانین بودند (جدول ۳). نتایج این پژوهش در موافقت با یافته‌های Meighani *et al.* (2014) و نیز Barman *et al.* (2011) می‌باشد. مطالعات نشان داده است که میزان آنتوسیانین میوه انار بسته به شرایط انبار و تیمارهای پس از برداشت می‌تواند افزایش یا کاهش یابد (Fawole & Opara, 2013). بنابراین اثر تیمارهای مختلف می‌تواند مربوط به تغییرات اتمسفر داخلی میوه باشد. چنانچه اظهار شده است که پوشش لایه کیتوزان بر روی انار دانه باعث کاهش O_2 برای آنزیم‌های اکسیدکننده آنتوسیانین می‌گردند و غلظت زیادتر کیتوزان باعث کمتر شدن تجزیه آنتوسیانین گردیده است (Varasteh *et al.*, 2012; Meighani *et al.*, 2017). در هر دو رقم، با افزایش زمان نگه‌داری میزان آنتوسیانین کل انارها افزایش یافت (شکل ۲-G, H).

افزایش میزان آنتوسیانین با پیشرفت زمان نگه‌دار برای انار رقم 'روبی' (Ruby) که برای مدت ۱۲ هفته در دمای ۱۰ و ۷ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده بود نیز گزارش شده است (Fawole & Opara, 2014). Ghasemnezhad *et al.* (2013) نیز گزارش کردند انار دانه‌هایی که با ۱ درصد کیتوزان تیمار شده بودند پس از ۱۲ روز نگه‌داری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار آنتوسیانین (۷۱/۷۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) را داشتند. افزایش آنتوسیانین مربوط به آنزیم‌های مسیر بیوسنتز آنتوسیانین مثل فنیل‌آلانین آمونیا لیاز (Phenylalanine ammonia lyase) و یوردین دی‌فسفات گلوکز فلاونوئید-۳- او گلوکزیل ترانسفراز (UDP-glucose:flavonoid-3-O-glucosyltransferase) که در سرما فعالیت آن‌ها بیشتر است می‌باشد (Selcuk & Erkan, 2015).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع پوشش و رقم بر برخی صفات بیوشیمیایی انار.

Table 3. Mean comparison interaction effect of covering type and cultivar on the some biochemical traits of pomegranate.

Treatments	Antioxidant activity (%)		Total anthocyanin (mg100 ml^{-1})		Electrolyte leakage (%)		Total phenolic content (mg100 ml^{-1})	
	Rabbab	Eshkafto	Rabbab	Eshkafto	Rabbab	Eshkafto	Rabbab	Eshkafto
Uncovered	90.6 ^{a†}	93.1 ^{c}	16.59 ^{b}	23.90 ^{d}	63.21 ^{a}	60.27 ^{a}	9.68 ^{a}	176.34 ^{b}
Wax coating	89.5 ^{a}	94.9 ^{a}	18.56 ^{a}	25.37 ^{bdc}	58.51 ^{ab}	49.17 ^{b}	8.64 ^{a}	193.30 ^{ab}
Wax coating + paper packing	90.3 ^{a}	94.4 ^{ab}	14.57 ^{c}	27.83 ^{abc}	57.01 ^{ab}	47.88 ^{b}	9.24 ^{a}	203.81 ^{a}
wax coating + film wrapping	88.5 ^{a}	94.4 ^{ab}	14.39 ^{c}	29.53 ^{a}	56.16 ^{b}	44.22 ^{c}	9.51 ^{a}	205.97 ^{a}
Paper packing	89.6 ^{a}	95.1 ^{a}	14.20 ^{c}	25.11 ^{dc}	62.67 ^{a}	46.19 ^{b}	8.88 ^{a}	191.24 ^{ab}
Film wrapping	90.4 ^{a}	94.4 a^{b}	19.15 ^{a}	28.09 ^{ab}	59.22 ^{ab}	49.60 ^{b}	8.92 ^{a}	197.55 ^{a}
Total	89.8 ^{B††}	94.23 ^{A}	16.25 ^{b}	26.64 ^{A}	10.75 ^{B}	13.60 ^{A}	9.14 ^{B}	194.70 ^{A}

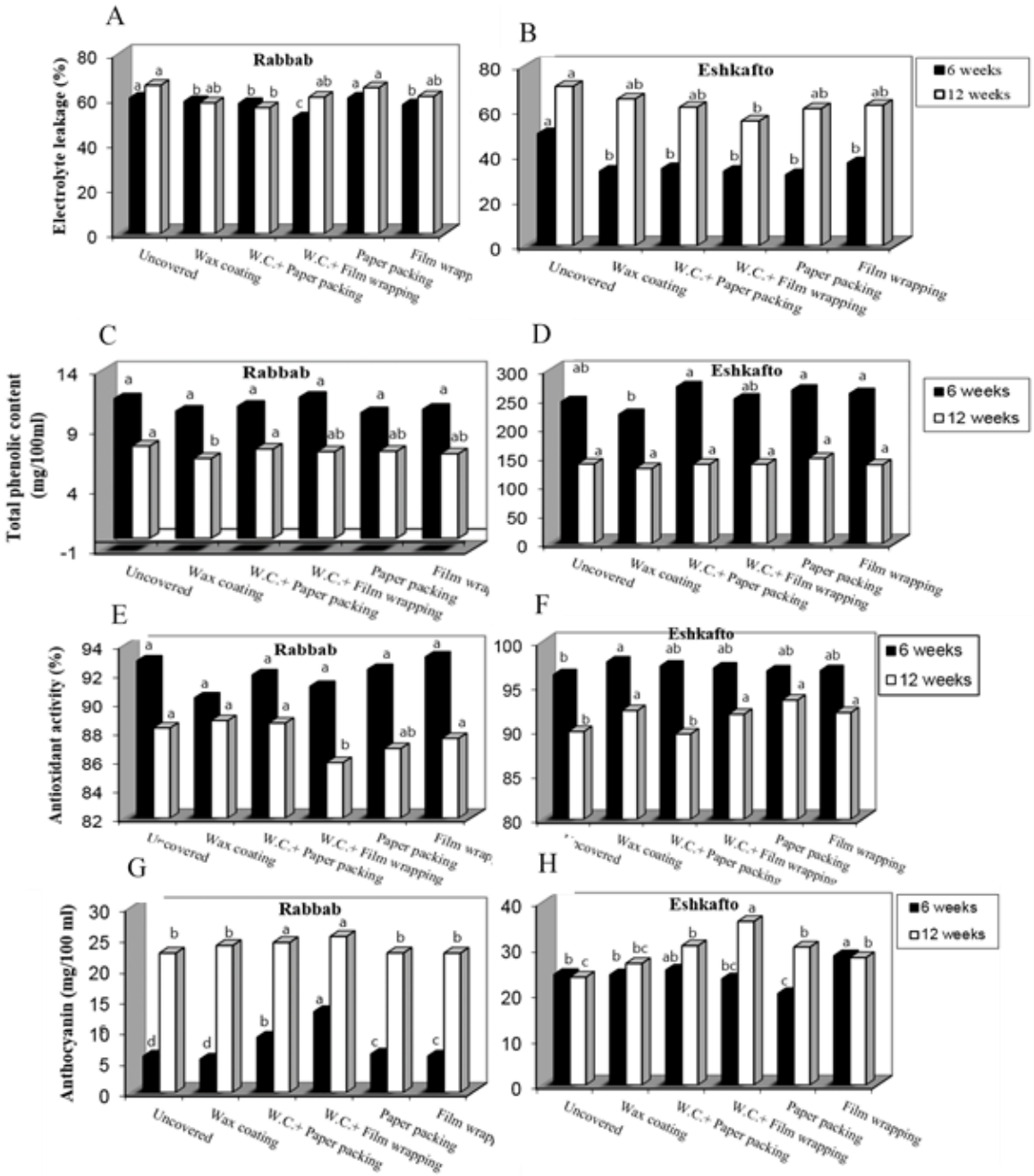
† در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه کوچک (a, b) می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

†† در هر ردیف میانگین هایی که دارای حروف مشابه بزرگ (A, B) می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

† In each column means followed by the same letters (a, b) are not significantly different according to LSD test at P= 0.05.

†† In each row means followed by the same capital letters (A, B) are not significantly different according to LSD test at P= 0.05.

الگوی تغییرات میزان آنتوسیانین در دو رقم بسیار متفاوت بود. میزان آنتوسیانین رقم 'رباب' پس از ۶ هفته کمتر از رقم 'اشکفتو' بود و پس از ۱۲ هفته به شدت افزایش یافت، اما در رقم 'اشکفتو' پس از ۱۲ هفته به مقدار کم افزایش یافت. به‌طور کلی میزان آنتوسیانین میوه‌های رقم 'اشکفتو' با تفاوت معنی‌دار بیشتر از رقم 'رباب' بود (شکل ۲ G, H). گوناگونی الگوی میزان آنتوسیانین در این دو رقم مربوط به تفاوت‌های ژنتیکی و شرایط اکولوژیکی رشد می‌باشد، زیرا دما، شدت نور و حالت بلوغ و یا ترکیبی از این عوامل همگی بر بیوسنتز آنتوسیانین تاثیر می‌گذارند (Feyzi *et al.*, 2018; Mphahlelea *et al.*, 2014b).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع پوشش و رقم بر نشت الکترولیت (A, B)، محتوای فنلی کل (C, D) فعالیت آنتی‌اکسیدانی (E, F) و آنتوسیانین (G, H) انار.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of covering type and cultivar on electrolyte leakage (A, B), total phenolic content (C, D) antioxidant activity (E, F) anthocyanin (G, H) of pomegranate.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی مقایسه چند تیمار پس از برداشت بر روی انارهای رقم 'اشکفتو' و 'رباب' فارس نشان داد روش روکش لایه پلاستیک جمع‌شونده به تنهایی نسبت به روش‌های دیگر مورد آزمون در کم کردن کاهش وزن میوه و حفظ ترکیبات زیست‌فعال شامل محتوای فنلی کل، آنتوسیانین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی این دو رقم انار اثر بیشتری داشته است. لایه پلاستیک جمع‌شونده نیز باعث کاهش بیشتر نشت یونی یا به عبارتی مقاومت بیشتر به سرمازدگی پوست هر دو رقم انار شد. ترکیبات زیست‌فعال و شیمیایی انارهای رقم 'اشکفتو' بیشتر از انارهای رقم 'رباب' بود.

REFERENCES

1. Al-Mughrabi, M.A., Bacha, M.A. & Abdelrahman, A.O. (1995). Effect of storage temperature and duration on fruit quality of three pomegranate cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science*, 7, 239-248.
2. Al-Said, F.A., Opara, L.U. & Al-Yahya, R.A. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering*, 90, 129-134.
3. Aghdam, M.S. & Bodbodak, S. (2013). Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. *Scientia Horticulturae*, 156, 73–85.
4. Amir. R., Borochov-Neori. H. Tian, L. & Holland, L. (2019). The biodiversity of different traits of pomegranate fruit peels from a broad collection of diverse cultivars. A review: *Scientia Horticulturae*, 246, 842-848.
5. Arabi, A., Barzegar, M., & Azizi, M.H. (2008). Effect of cultivar and cold storage of pomegranate juices on organic acid composition. *ASEAN Food Journal*, 15, 44-54.
6. Barman, k. Asrey, R. & Pal, R.K. (2011). Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 130, 795-800.
7. Belay, Z.A., Caleb, O.J. & Opara, U.L. (2017). Impact of low and super-atmospheric oxygen concentration on quality attributes, phytonutrient content and volatile compounds of minimally processed pomegranate arils (cv. Wonderful). *Postharvest Biology and Technology*, 124, 119-127.
8. Chater, J.M., Merhaut, D.J., Jia, Z., Mauk, P.A. & Preece, J.E. (2118). Fruit quality traits of ten California-grown pomegranate cultivars harvested over three months. *Scientia Horticulturae*, 237, 11-19.
9. D'Aquino, S., Palma, A., Shirra, M., Continella, A., Tirbulato, E. & La Malfa, S. (2010). Influence of film wrapping and fludoxionil application on quality of pomegranate fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 55, 121-128.
10. Elyatem, S.M. & Kader, A.A. (1984). Post-harvest physiology and behavior of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 24, 287-298.
11. Fadavi, A., Barzegar, M.M., Azizi, H. & Bayat, M. (2005). Physicochemical composition of ten pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Iran. *Food Science and Technology International*, 11, 113-119.
12. Fawole O.A. & Opara, L.U. (2014). Physicomechanical, phytochemical, volatile compounds and free radical scavenging properties of eight pomegranate cultivars and classification by principal component and cluster analyses. *British Food Journal*, 116,544-567.
13. Fawole, O.A. Opara, U.L. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. *Scientia Horticulturae*, 150, 37-46.
14. Feyzi, F., Seifi, E., Varasteh, F., Hemmatt, K. & Fereydoni, H. (2018). The study of climatic conditions effect on physicochemical properties of pomegranate fruits cultivars Malas-e-Saveh and Malas-e-Yousef-Khani. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48, 833-843. (In Farsi).
15. Ferriera da Mota, W., Chamhum Salomao, L.C., Cicon, P.R. & Finger, F.L. (2005). Waxes and plastic film relation to the shelf life of yellow passion fruit. *Scientia Agricola*, 60, 51- 57.
16. Ghafir, S.A.M., Ibrahim, I.Z. & Zaid, S.A. (2010). Response of local variety 'Shlefy' pomegranate fruits to packaging and cold storage. *Acta Horticulturae*, 877, 427-432.
17. Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M. & Sajadi, 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.
18. Gil, M. I., C. Garcia-Viguera, C., Aartés, F. & Tomás-Barberán, F.A. (1995). Changes in juice pomegranate pigmentation during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 77-81.

19. Hagenmaier, R.D. Shaw, P.E. (1992). Gas permeability of fruit wax coating. *Journal of American Society for Horticulture Science*, 117, 105-109.
20. Koyama, S., Cobb, L.J., Mehta, H.H., Seeram, N.P., Heber, D., Pantuck, A.J. & Cohen, P. (2010). Pomegranate extract induced a poptosis in human cancer cells by modulation of the IGF-IGFBP axis. *Growth Hormone & IGF Research*, 20, 55-62.
21. Kulkarni, A.P. & Aradhaya, S.M. (2005). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93, 319- 323.
22. Luengiwilia, K., Sukjamasia, K. & Kader, A.A. (2007). Responses of 'Clemenules Clementine' and 'W. Murcott' mandarins to low oxygen atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 48-54.
23. Magwaza, L.S. & Opara, U.L. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticulture products. A review. *Scientia Horticulturae*, 184, 179-192.
24. Mahajan, P.V., Caleb, O.J., Singh, Z., Watkins, C.B. & Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 372, 1471- 2962.
25. Matityahu, I., Marciano, P., Holland, D., Ben-Arie, R. & Amir, A. (2016). Differential effects of regular and controlled atmosphere storage on the quality of three cultivars of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 115, 132-141.
26. Meighani, H., Ghasemnezhad, M. & Bakhshi, D. (2014). Evaluation of biochemical composition and enzyme activities in browned arils of pomegranate fruits. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 1, 53-65.
27. Meighani, H., Ghasemnezhad, M. & Bakhshi, D. (2017). Effect of different postharvest coating on colour and anthocyanin content of pomegranate fruit cv. 'Malas-e-Saveh' during cold storage. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47, 833-843. (In Farsi).
28. Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Martiez-Romero, D. & Valero, D. (2007). Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 19-25.
29. Mphahlelea, R.R., Fawolea, O.A. & Opara, U.L. (2016). Influence of packaging system and long-term storage on physiological attributes, biochemical quality, volatile composition and antioxidant properties of pomegranate fruit. *Scientia Horticulturae*, 211,140-151.
30. Mphahlelea, R.R., Fawolea, O.A. Standerce, M.A. & Opara, U.L. (2014a). Preharvest and postharvest factors influencing bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.). A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 114-123.
31. Mphahlelea, R.R., Stander, M.A., Fawolea, O.A & Opara, U.L. (2014b). Effect of fruit maturity and growing location on the postharvest contents of flavonoids, phenolic acid, vitamin C and antioxidant activity of pomegranate juice (cv. Wonderful). *Scientia Horticulturae*, 179, 36-45.
32. Nanda, S., Sudhakar Rao, D.V. & Krishnamurthy, S. (2001). Effects of shrink film wrapping and storage temperature on the shelf life and quality of pomegranate fruits cv. Ganesh. *Postharvest Biology and Technology*, 22, 61-69.
33. 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 Package Shelf life*, 2, 30–37.
34. Pala, C.U. & Toklucu, A.K. (2011). Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6, 790-795.
35. Palma, A., Schirra, M., D'Aquino, S., La Malfa, S. & Continella, G. (2009). Chemical properties change in pomegranate seeds packaged in polypropylene trays. *Acta Horticulturae*, 818, 323-330.
36. Pareek, S., Valero, D. & Serrano, M. (2015). Postharvest biology and technology of pomegranate. A review: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 2360-2379.
37. Pesis, E., Aharoni, D., Aharon, Z., Ben-Arie, R., Aharoni, N. & Fuchs, Y. (2000). Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviate chilling injury symptoms in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 93-101.
38. Pourcel, L., Routaboul, J.M., Cheynier, V., Lepiniec, L. & Debeaujon, I. (2007). Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends in Plant Science*, 12, 29-36.
39. Rastegari, H., Tehranifar, A., Nemati, S.H. & Fazifehshenas, M.R. (2014). Effect of pre-harvest application of salicylic acid on postharvest characteristics of pomegranate fruit and storage in cold store. *Journal of Horticultural Science*, 28, 360-368. (In Farsi).
40. Safizadeh, M.R. (2019). Effect of active and passive modified atmosphere packaging on quality of pomegranate fruits cv. Rabbab Ney-Riz during cold storage. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 20, 51-64. (In Farsi).

41. Saftner, R.A. (1999). The potential of fruit coating and film treatments for improving the storage and shelf-life qualities of ‘Gala’ and ‘Golden delicious’ apples. *Journal of American Society for Horticulture Science*, 124, 682-689.
42. 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.
43. Selcuk, N. & Erkan, M. (2015). Changes in phenolic compounds and antioxidant activity of sour-sweet pomegranates cv. ‘Hicaznar’ during long- term storage under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 109: 30-39.
44. Sumbhate, S., Nayak, S., Goupale, D., Tiwari, A. & Gadon, R.S. (2012). Colorimetric method for the estimation of ethanol in alcoholic-drinks. *Journal of Analytical Techniques*, 1, 1-6.
45. Tietel, Z., Bar, E., Lewinshon, E., Feldmesser, E., Fallik, E. & Porat, R. (2010). Effects of wax coatings and postharvest storage on sensory quality and aroma volatile composition of ‘Mor’ mandarins. *Science of Food and Agriculture*, 90, 995-1007.
46. Valero, D. (2007). Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 19-25.
47. Varasteh, F., Arzani, K., Barzgar, M. & Zamani, Z. (2012). Changes in anthocyanins in arils of chitosan-coated pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 130, 267-272.