Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 48, No 2, Summer 2017 (251-263)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.135238.863

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶ (ص ۲۶۳-۲۵۱)

تأثیر دو روش پوشاندن با کاغذ مومی در مهار آسیب‌های ناشی از سرمازدگی میوهٔ انار 'ملس ساوه' در سردخانه

مصباح بابالار[1*]، عزیزه مسیب‌زاده[2]، ذبیح‌اله زمانی[1]، امیر موسوی[3] و محمدرضا فتاحی‌مقدم[4]
۱، ۲ و ٤. استاد، دانشجوی دکتری و دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. دانشیار، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، پژوهشگاه ملی مهندسی‌ژنتیک و زیست‌فناوری
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۸/۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۲۸)

چکیده

یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودکنندهٔ انبارداری میوهٔ انار تنش سرمازدگی است. از نشانه‌های قابل‌مشاهده می‌توان به قهوه‌ای شدن پوست و رنگ‌پریدگی نارمیانبر (آریل)ها اشاره کرد. در طول سال‌های گذشته تحقیقات پرشماری به‌منظور بررسی و مهار این پدیده صورت گرفته است. در این پژوهش تأثیر دو روش پوشاندن میوه با کاغذ مومی در مهار آسیب‌های ناشی از تنش سرمازدگی نسبت به شاهد مقایسه و ارزیابی شده است. روش کار به این صورت بود که شماری از میوه‌ها درون پوشالی از کاغذ مومی قرار گرفته و شمار دیگری از میوه‌ها درون صفحه‌های کاغذ مومی پیچیده شدند. میوه‌های شاهد هیچ پوششی دریافت نکردند. میوه‌ها به انباری با دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵درصد منتقل شدند. نمونه‌برداری به مدت ۱۲ هفته و هر سه هفته یک‌بار انجام شد. ارزیابی‌های ظاهری نشان داد، پوشاندن میوه‌ها باعث کاهش معنی‌دار قهوه‌ای شدن پوست و حفظ درخشندگی نارمیانبرها می‌شود. همچنین مشخص شد که میوه‌های پوشانده‌شده نشت یونی و پراکسیدهیدروژن کمتری نسبت به میوه‌های شاهد داشته‌اند. تحلیل نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد، هر دو روش پوشاندن قابلیت مهار آسیب‌های ناشی از تنش سرمازدگی در بافت‌های مختلف میوهٔ انار را داشته‌اند. بنابراین هر دو روش پوشاندن قابلیت تجاری‌سازی را دارند، با این حال پیچیدن میوه‌ها درون صفحه‌های کاغذی به دلیل کارایی بهتر و نیاز به میزان کمتر کاغذ در اولویت قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: انبارداری، تنش، قهوه‌ای شدن، نارمیانبر، نشت یونی.

The effect of two covering methods with waxed paper to inhibit chilling injury in Pomegranate 'Malas-e-Saveh' fruit during cold storage

Mesbah Babalar[1*], Azizeh Mosayyebzadeh[2], Zabihollah Zamani[1], Amir Mousavi[3] and Mohammad Reza Fattahi Moghadam[4]
1, 2, 4. Professor, Ph. D. Student and Associate Professor, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Iran
(Received: Oct. 31, 2015 - Accepted: Apr. 16, 2016)

ABSTRACT

One of the most important limiting factors for Pomegranate fruit storing is chilling stress. Visible symptoms include fruit husk browning and arils paleness. During the recent years some researches have been done to study and inhibit the phenomenon. In this research the efficacy of two fruit covering methods with waxed paper to inhibit chilling injury were compared with controls. Some of the fruits embedded in the paper strips and some others wrapped in the paper sheets. Uncovered fruits were as controls. Fruits were transferred to a cold storage with 5°C and 85% RH. Samplings were carried out in three weeks intervals for 12 weeks. Visual evaluations showed that fruits covering reduced husk browning significantly and maintained arils color brilliance. It was also found that covered fruits had much less ion leakage and hydrogen peroxide. Total analysis of the results showed that both covering methods had potential to control chilling damages in fruits different tissues. Therefore, both covering methods which are environmentally friendly are suitable for commercialization; however, wrapping the fruits in the paper sheets is placed in priority because of the better performance and lesser paper consumption.

Keywords: Arils, browning, ion leakage, storability, stress.

* Corresponding author E-mail: mbabalar@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

انار به‌عنوان یک میوهٔ نیمه‌گرمسیری به دماهای نگهداری در دورهٔ پس از برداشت حساس است؛ و درصورتی‌که برای مدت‌زمان خاصی در معرض دماهای سرد بالاتر از نقطهٔ یخ‌زدگی‌اش قرار بگیرد دچار تنش سرمازدگی می‌شود (Elyatem & Kader, 1984). از نشانه‌های قابل‌مشاهدهٔ سرمازدگی میوهٔ انار می‌توان به قهوه‌ای شدن پوست، فرورفتگی‌های سطحی، رنگ‌پریدگی نارمیانبر (آریل)ها و قهوه‌ای شدن پرده‌های غشایی جداکنندهٔ نارمیانبرها اشاره کرد (Elyatem & Kader, 1984). کمترین دمای مناسب برای نگهداری میوهٔ انار ۵ درجهٔ سلسیوس به مدت دو ماه توصیه شده است (Kader *et al*., 1984). ولی این دما به ژنوتیپ و شرایط محیطی محل پرورش نیز بستگی دارد. تحقیقات چندی از راه اعمال تیمارهای تکمیلی به‌منظور القای مقاومت به سرمازدگی و امکان نگهداری میوهٔ انار در دماهای پایین‌تر و مدت‌زمان بیشتر انجام شده است که می‌توان به کاربرد بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته (Artes *et al*., 2000; Laribi *et al*., 2012)، تیمارهای دمایی شامل تیمارگرمایی (Mirdehghan & Rahemi, 2005) و عادت‌دهی دمایی (Rahemi & Mirdehghan, 2004) و تیمارهای شیمیایی شامل کلرید کلسیم (Ramezanian *et al*., 2010; Sayyari *et al*., 2010a)، اسید اگزالیک (Sayyari *et al*., 2010b) و ترکیب‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان) مانند پلی‌آمین‌ها (Ramezanian *et al*., 2010; Barman *et al*., 2011) و اسیدسالیسیلیک (Sayyari *et al*., 2009 & 2011) اشاره کرد. در کنار همهٔ تحقیقات انجام‌شده و در حال انجام، روش‌های بومی و محلی نگهداری میوه‌ها نیز ارزش بررسی‌های علمی را دارد.

Ubani *et al*. (2011) بیان کردند، پیچیدن میوه‌ها درون صفحه‌های کاغذی به دلیل کاهش آسیب‌های مکانیکی، جلوگیری از انتشار آلودگی و حفظ کیفیت میوه‌ها تأثیر شایان‌توجهی در افزایش عمر قفسه‌ای میوه‌های بومی نیجریه داشته است. کارایی انواع مختلفی از کاغذها در حفظ کیفیت میوه‌هایی مانند خرمالو (Khan *et al*., 2007)، پرتقال (Rab *et al*., 2010)، گوجه‌فرنگی (Shahnawaz *et al*., 2012) و پاپایا (Azene *et al*., 2014) با پوشش‌های پلی‌اتیلنی مقایسه شده است. به نظر می‌رسد هدف اصلی این نوع تحقیقات یافتن کاغذی است که بتواند آب از دست‌دهی را مهار کرده و تأثیر منفی ورود ترکیب‌های پلی‌اتیلنی به محیط‌زیست را کاهش دهد. آغشته کردن کاغذ به ترکیب‌هایی مانند واکس‌ها و روغن‌ها باعث کاهش نفوذپذیری به آب می‌شود (Marsh & Bugusu, 2007). Huelin & Coggiola (1968) بیان کردند که پیچیدن میوه در کاغذهایی حاوی روغن‌های کانی باعث جذب آلفا-فارنسین و کاهش لکهٔ سوخته (Scald) سطحی در سیب 'گرانی اسمیت' می‌شود. Wills *et al*. (1975) رابطهٔ معنی‌داری بین میزان آلفا-فارنسین موجود در یک بافت و حساسیت آن به سرمازدگی یافتند. Whitaker (2013) با اشاره به اینکه لکهٔ سوختهٔ سطحی در سیب و گلابی نوعی پاسخ به سرمازدگی است موضوع کاهش تولید آلفا-فارنسین از راه خاموش‌سازی ژن *AFS1* را مطرح کرده است. به‌احتمال‌زیاد پوشاندن میوه‌ها با کاغذهای جاذب آلفا-فارنسین قابلیت کاهش آسیب‌های ناشی از سرمازدگی را نیز در میوه‌ها خواهد داشت. بنابراین در این پژوهش تأثیر دو روش پوشاندن با کاغذ مومی در رابطه با ظهور نشانه‌های تنش سرمازدگی میوهٔ انار نسبت به شاهد مقایسه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و چگونگی اجرای آزمایش

میوه‌های انار 'ملس ساوه' از یک باغ تجاری واقع در حومهٔ شهر ساوه برداشت شده و بی‌درنگ به گروه علوم باغبانی واقع در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شدند. میوه‌ها به مدت یک شب در محلی خنک نگهداری شده و صبح روز بعد به آزمایشگاه منتقل شدند. در آغاز میوه‌های سالم که از نظر ظاهری بدون هر نوع ترک‌خوردگی یا آفتاب‌سوختگی بودند از دیگر میوه‌ها جداشده و با استفاده از یک دستمال پنبه‌ای لطیف پاک شدند. آنگاه عملیات بسته‌بندی به‌طور کامل تصادفی روی

Archive of SID

www.SID.ir

تک‌تک میوه‌ها و پس از ثبت وزن اولیهٔ آن‌ها انجام شد. روش کار به این صورت بود که شماری از میوه‌ها درون پوشالی از کاغذ (کاغذ مومی استفاده‌شده در شیرینی‌پزی) درون یک ظرف ۱/۵ لیتری قرار گرفتند و شمار دیگری از میوه‌ها پس‌ازاینکه درون صفحه‌های کاغذی با ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر از همان جنس پیچیده شدند درون ظرف‌های یادشده قرار گرفتند. دیگر میوه‌ها بدون دریافت هیچ‌گونه پوششی درون ظرف‌های موردنظر قرار داده شدند (نمونه‌های شاهد). دهانهٔ ظرف‌ها با سلفون پوشانده شده و با استفاده از یک شابلون مقوایی و سرنگ، ۲۵ حفره به قطر ۱ میلی‌متر در سلفون ایجاد شد. ظرف‌های حاوی میوه به سردخانه گروه علوم باغبانی منتقل شده و در اتاقکی با دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵درصد انبار شدند. نمونه‌برداری به مدت ۱۲ هفته و هر سه هفته یک‌بار انجام شد. بی‌درنگ پس‌ازاینکه میوه‌ها از انبار خارج شدند ارزیابی‌های کیفی و کمی شدند. افزون بر این و به‌منظور فراهم‌سازی زمان لازم برای ظهور نشانه‌های قابل‌مشاهده، میوه‌ها پس از خروج از سردخانه به مدت یک هفته در دمای اتاق قرار داده شدند و آنگاه یک‌بار دیگر ارزیابی‌های کیفی صورت گرفت.

ارزیابی‌های انجام‌شده

ارزیابی‌های کیفی

شادابی پوست میوه‌ها و درخشندگی نارمیانبرها بر مبنای معیاری از یک تا پنج (پنج: عالی، چهار: خوب، سه: قابل‌قبول، دو: ضعیف و یک: غیرقابل‌قبول) نمره‌دهی شد (Caleb, 2013). برای ارزیابی میزان قهوه‌ای شدن سطح خارجی پوست میوه از روش نمره‌دهی با معیار صفر تا چهار (صفر: قهوه‌ای نشدن، یک: قهوه‌ای شدن در یک‌چهارم سطح، دو: قهوه‌ای شدن در نیمی از سطح، سه: قهوه‌ای شدن در سه‌چهارم سطح و چهار: قهوه‌ای شدن در همهٔ سطح) (Mirdehghan & Rahemi, 2002) استفاده شده و نتایج به‌دست‌آمده به‌صورت درصدی از ظرفیت قهوه‌ای شدن کامل سطح محاسبه شد. روش یادشده برای محاسبهٔ میزان قهوه‌ای شدن سطح درونی پوست هم استفاده شد. برای ارزیابی میزان قهوه‌ای شدن برجستگی (پلاسنتا)هایی که نارمیانبرها به آن‌ها متصل هستند، از یک روش نمره‌دهی ابداعی استفاده شد. روش کار به این‌گونه بود که در آغاز شمار پلاسنتای موجود در هر میوه شمرده و عرض هر پلاسنتا از محل اتصال آن به پوست تا محل اتصال به نارمیانبرها به چهار قسمت تقسیم شد. سپس میزان قهوه‌ای شدن برای هر پلاسنتا بر مبنای معیار صفر تا چهار (صفر: قهوه‌ای نشدن، یک: قهوه‌ای شدن در یک‌چهارم عرض پلاسنتا، دو: قهوه‌ای شدن در نیمی از عرض پلاسنتا، سه: قهوه‌ای شدن در سه‌چهارم عرض پلاسنتا و چهار: قهوه‌ای شدن در همهٔ عرض پلاسنتا) نمره‌دهی شد. نمرهٔ به‌دست‌آمده از تک‌تک پلاسنتاها با هم جمع و نتیجه به‌صورت درصدی از ظرفیت قهوه‌ای شدن کامل پلاسنتاهای موجود درون میوه محاسبه شد.

ارزیابی‌های کمی

درصد کاهش وزن میوه‌ها از روش توزین با یک ترازوی دیجیتال و رابطهٔ ۱۰۰ x [وزن اولیه/(وزن ثانویه-وزن اولیه)] (Mirdehghan & Rahemi, 2002; Fawole & Opara, 2013) محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان نشت یونی پوست میوه از روش McCollum & McDonald (1991) با تغییر در روش نمونه‌برداری استفاده شد. بدین ترتیب، به‌جای اینکه نمونه‌برداری تنها از منطقهٔ استوایی میوه انجام شود در جهت طولی و در سه وجه میوه با زاویهٔ ۱۲۰ درجه صورت گرفته و نه دیسک ۱۰ میلی‌متری از پوست هر میوه برداشته شد. روش یادشده برای پلاسنتاها و نارمیانبرها نیز استفاده شد. بدین ترتیب که با رعایت محدودهٔ تعریف‌شده، نه قطعه (با ابعادی در حدود ۵ میلی‌متر) از پلاسنتاها و نه نارمیانبر از هر میوه جدا شد. نمونه‌های جداشده به لوله‌هایی حاوی ۳۰ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۴ مولار منتقل شدند. لوله‌ها به مدت چهار ساعت و به‌صورت افقی روی دستگاه تکان‌دهنده قرار گرفتند و آنگاه هدایت الکتریکی اولیهٔ محلول موجود در لوله‌ها خوانده شد. سپس لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در فشار ۱ اتمسفر و دمای ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس

Archive of SID

www.SID.ir

اتوکلاو شده و به مدت یک شب در دمای اتاق خنک شدند. روز بعد هدایت الکتریکی ثانویهٔ محلول موجود در لوله‌ها خوانده شد. درصد نشت یونی با استفاده از رابطهٔ (۱) محاسبه شد.

$$\text{درصد نشت یونی} = \frac{\text{هدایت الکتریکی اولیه}}{\text{هدایت الکتریکی ثانویه}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

برای اندازه‌گیری پراکسیدهیدروژن از روش Mandal *et al.* (2013) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ۱ گرم بافت تازه با ۳ میلی‌لیتر اسید تری‌کلرواستیک ۱درصد همگن (هموژن) شده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس و ۱۰ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از روشناور به لوله‌ای که حاوی ۱/۵ میلی‌لیتر یدیدپتاسیم ۱ مولار و ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات ۱۰ میلی مولار (pH 7.0) بود اضافه شد و پس از اینکه لوله‌ها به مدت یک ساعت در تاریکی و دمای اتاق باقی ماندند میزان جذب محتویات درون لوله‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) در طول‌موج ۳۹۰ نانومتر خوانده شد. میزان پراکسیدهیدروژن موجود در بافت‌ها بر پایهٔ نمودار استاندارد تهیه‌شده با غلظت‌های مختلف پراکسیدهیدروژن محاسبه و نتایج به‌صورت میکرومول در گرم بافت تازه گزارش شد. برای اندازه‌گیری میزان لیپیدها از روش Bligh & Dyer (1959) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ۱ گرم بافت تازه با ۳ میلی‌لیتر محلول استخراج حاوی کلروفرم و متانول (با نسبت یک به دو) همگن شده و آنگاه ۱ میلی‌لیتر کلروفرم دیگر به آن اضافه شد. مخلوط به‌دست‌آمده از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به مخلوط اضافه و نمونه‌ها به حال خود رها شدند تا لایه (فاز)های آبی و آلی از هم جدا شوند. لایهٔ آبی با احتیاط از روی لایهٔ آلی برداشته شد. ۱ میلی‌لیتر از لایهٔ آلی به لولهٔ تمیزی که وزن آن ثبت شده بود انتقال یافت. لوله‌ها به مدت یک شب در زیر هود شیمیایی قرار گرفتند تا کلروفرم تبخیر شود. صبح فردا لوله‌های خالی با استفاده از ترازویی با دقت میکروگرم توزین شده و میزان لیپیدهای کل موجود در بافت‌ها بر پایهٔ اختلاف وزن محاسبه و نتایج بر پایهٔ میلی‌گرم در گرم بافت تازه گزارش شد. برای اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها از روش Giusti & Wrolstad (2001) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ نارمیانبرها به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. آنگاه ۰/۵ میلی‌لیتر از روشناور به‌طور جداگانه به دو لوله که یکی حاوی ۲/۵ میلی‌لیتر بافر کلریدپتاسیم ۰/۰۲۵ مولار (pH 1.0) و دیگری حاوی ۲/۵ میلی‌لیتر بافر استات‌سدیم ۰/۴ مولار (pH 4.5) بود اضافه شد. میزان جذب برای هر دو لوله در دو طول‌موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. آغاز میزان جذب نهایی با استفاده از رابطهٔ (۲) به دست آمد:

$$(A_{520pH1}-A_{700pH1})-(A_{520pH4.5}-A_{700pH4.5}) \qquad (۲)$$

پس از آن میزان آنتوسیانین‌های موجود در نارمیانبرها با استفاده از رابطهٔ (۳) محاسبه شد؛

$$(A \times MW \times DF \times 1000)/(\varepsilon \times 1) \qquad (۳)$$

که در آن:

A جذب نهایی، MW و ε به ترتیب وزن مولکولی و میزان جذب مولی رنگیزهٔ سیانیدین-۳-گلوکوزید و DF عامل رقیق‌سازی عصاره بود.

برای اندازه‌گیری قندهای محلول از روش Hansen & Moller (1975) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که ۱ گرم از بافت تازه با ۳ میلی‌لیتر متانول همگن شده و در دمای ۹۰ درجهٔ سلسیوس گرما دید تا متانول آن تبخیر شود؛ آنگاه ۳ میلی‌لیتر آب مقطر به لوله اضافه شد. لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره به لوله‌هایی حاوی ۲/۹ میلی‌لیتر محلول آنترون ۰/۲درصد اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (۹۰ درجهٔ سلسیوس) گرما دیده و سپس به روی یخ منتقل شد. عدد جذب با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری در طول‌موج ۶۳۰ نانومتر خوانده شد. میزان قندهای محلول موجود در بافت‌ها بر پایهٔ نمودار استاندارد تهیه‌شده با غلظت‌های مختلف گلوکز محاسبه و نتایج به‌صورت میلی‌گرم در گرم بافت تازه گزارش شد.

Archive of SID

www.SID.ir

طرح آزمایشی

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار و سه میوه در هر تکرار طراحی شد. داده‌های به‌دست‌آمده از سه عامل شیوهٔ پوشاندن میوه، زمان نمونه‌برداری و زمان ارزیابی برای صفات کیفی و دو عامل شیوهٔ پوشاندن میوه و زمان نمونه‌برداری برای صفات کمی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه‌وتحلیل شدند. برای مقایسهٔ میانگین‌ها نیز از نرم‌افزار MSTATC و روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح P≤۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات کیفی

همهٔ میوه‌ها تا هفتهٔ نهم شادابی پوست خود را همانند روز برداشت حفظ کردند، ولی پس از آن نشانه‌های افت در این شاخص ظاهر شد (جدول ۱، ستون سوم) به‌گونه‌ای که میوه‌های پیچیده‌شده درون صفحه‌های کاغذی شرایط بهتری نسبت به دو گروه دیگر داشتند (شکل ۱). این نتیجه با نتایج Roy *et al.* (2011) در انبه همخوان بوده ولی مغایر نتایج Rab *et al.* (2010) در مرکبات است. سطح خارجی پوست در هیچ‌یک از میوه‌ها تا هفتهٔ دوازدهم قهوه‌ای نشد ولی پس از اینکه میوه‌ها به مدت یک هفته در دمای اتاق قرار گرفتند نشانه‌هایی ظاهر شد به‌گونه‌ای که میزان آن برای میوه‌های شاهد بیشتر بود (داده‌ها نشان داده نشده است). سطح خارجی پوست میوه‌های پیچیده شده درون صفحه‌های کاغذی تا پایان ارزیابی‌ها قهوه‌ای نشد. میوه‌های شاهد و میوه‌های قرار گرفته درون پوشال از هفتهٔ نهم به بعد قهوه‌ای شدن در سطح درونی پوست را نشان دادند به‌گونه‌ای که میزان آن برای میوه‌های شاهد بیشتر بود (جدول ۲، ستون سوم). سطح درونی پوست میوه‌های پیچیده شده درون صفحه‌های کاغذی تا پایان هفتهٔ نهم قهوه‌ای نشد ولی نخستین نشانه‌های در هفتهٔ دوازدهم مشاهده شد. قرار گرفتن میوه‌ها در دمای اتاق باعث شد که قهوه‌ای شدن به پلاسنتاها نیز سرایت کرده و تشدید شود (جدول ۱، ستون چهارم) به‌گونه‌ای که میزان آن برای میوه‌های شاهد بیشتر بود (شکل ۲). نارمیانبرهای همهٔ میوه‌ها از هفتهٔ نهم به بعد با کاهش در درخشندگی روبه‌رو شدند (جدول ۲، ستون چهارم) به‌گونه‌ای که قرار گرفتن میوه‌ها در دمای اتاق باعث تشدید آن شد (داده‌ها نشان داده نشده است). در پایان هفتهٔ دوازدهم نارمیانبرهای میوه‌های پوشانده شده درخشندگی بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند (شکل۳). بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی‌های کیفی به نظر می‌رسد که آسیب سرمازدگی برای میوه‌های شاهد پیش از هفتهٔ نهم ایجاد شده باشد چراکه نخستین نشانه‌های قهوه‌ای شدن از هفتهٔ نهم به بعد ظاهر شد. همچنین به نظر می‌رسد که شدت آسیب‌های واردشده به میوه‌های پوشانده شده کمتر از نمونه‌های شاهد باشد به‌گونه‌ای که نمونه‌های پیچیده شده درون صفحه‌های کاغذی شرایط به‌مراتب بهتری داشته‌اند.

جدول ۱. اثر متقابل زمان نمونه‌برداری × زمان ارزیابی بر صفات کیفی میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Table 1. Effect of sampling time × evaluation time on qualitative parameters of Pomegranate (*Punica granatum* L., cv. Malas-e-Saveh) fruits

Sampling time (Weeks in Storage)	Evaluation time (Days on Shelf)	Freshness of the fruit Husk (5-1)	Browning of the fruit Placenta (%)
0	0	a 5	d 0
0	7	a 5	d 0
3	0	a 5	d 0
3	7	a 5	d 0
6	0	a 5	d 0
6	7	a 5	d 0
9	0	a 5	d 0
9	7	b 4.70	c 1.15
12	0	b 4.59	b 2.46
12	7	c 4.19	a 6.40

میانگین‌هایی که در هر ستون با حرف‌های یکسان نشانه‌گذاری شده‌اند تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).

The means with the same letters in each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.

Archive of SID

www.SID.ir

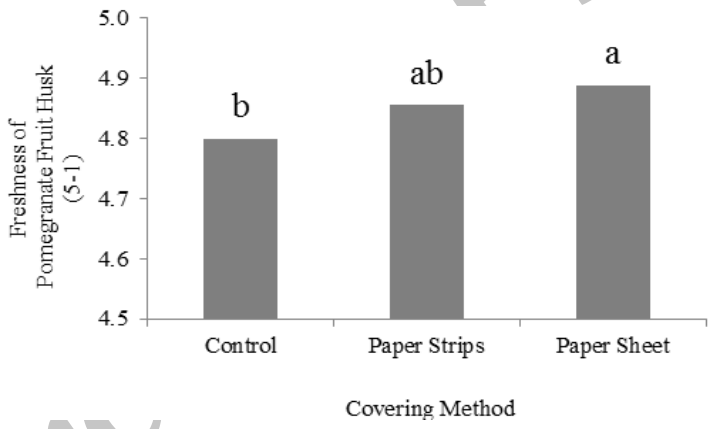
جدول ۲. اثر متقابل شیوهٔ پوشاندن × زمان نمونه‌برداری بر صفات کیفی میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Table 2. Effect of covering method × sampling time on qualitative parameters of Pomegranate (*Punica granatum* L., cv. Malas-e-Saveh) fruits

Covering method	Sampling time (Weeks in Storage)	Browning at the internal surface of the fruit Husk (%)	Transparency of the fruit Arils (5-1)
Control	0	d 0	a 5
Control	3	d 0	a 5
Control	6	d 0	a 5
Control	9	b 23.61	b 4.67
Control	12	a 45.87	e 3.44
Paper Strips	0	d 0	a 5
Paper Strips	3	d 0	a 5
Paper Strips	6	d 0	a 5
Paper Strips	9	c 11.11	ab 4.72
Paper Strips	12	b 22.22	cd 4.28
Paper Sheet	0	d 0	a 5
Paper Sheet	3	d 0	a 5
Paper Sheet	6	d 0	a 5
Paper Sheet	9	d 0	bc 4.44
Paper Sheet	12	b 19.44	d 4.11

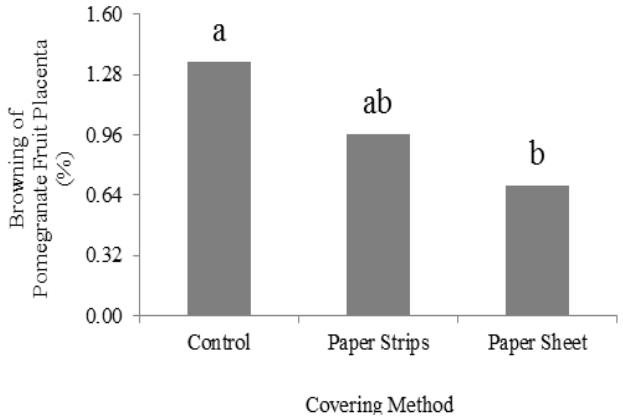
میانگین‌هایی که در هر ستون با حرف‌های یکسان نشانه‌گذاری شده‌اند تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).

The means with the same letters in each column are not significantly different at $p \leq 0.05$.



شکل ۱. تأثیر شیوهٔ پوشاندن بر شاخص شادابی پوست میوهٔ انار 'ملس ساوه'

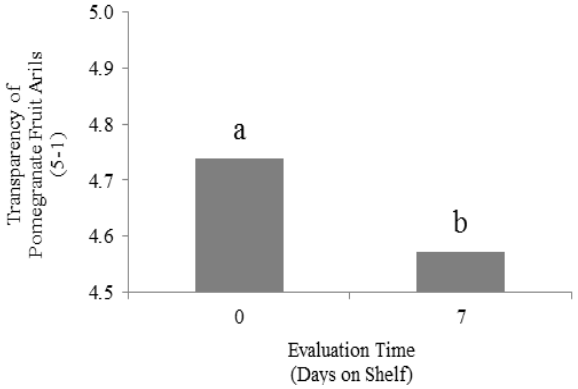
Figure 1. Effect of covering method on freshness of Pomegranate (cv. Malas-e-Saveh) fruit husk



شکل ۲. تأثیر شیوهٔ پوشاندن بر قهوه‌ای شدن پلاسنتاهای میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Figure 2. Effect of covering method on browning of Pomegranate (cv. Malas-e-Saveh) fruit placenta

www.SID.ir



شکل ۳. تأثیر زمان ارزیابی بر درخشندگی نارمیانبرهای میوۀ انار 'ملس ساوه'

Figure 3. Effect of evaluation time on transparency of Pomegranate (cv. Malas-e-Saveh) fruit arils

صفات کمی

در طول دورۀ انبارداری همۀ میوه‌ها با کاهش وزن روبه‌رو شدند (شکل ۴). کاهش وزن محصولات برداشت‌شدۀ باغی به آب از دست‌دهی و تنفس یاخته‌ای مربوط است (Sudheer & Indira, 2007). مشخص شد که هر دو روش پوشاندن، کاهش وزن میوه‌ها را تشدید کرده است که در نگاه اول می‌تواند به حضور یک عامل جذب رطوبت (یعنی کاغذ) (Khwaldia *et al*., 2010) در اطراف میوه‌ها مربوط باشد. این ویژگی که در نتیجۀ حضور گروه‌های هیدروکسیل آزاد در زنجیره‌های سلولزی تشکیل‌دهندۀ ساختار کاغذ به‌وجود می‌آید (Khwaldia *et al*., 2010)، یک حفاظ ضعیف از کاغذ در برابر رطوبت می‌سازد (Marsh & Bugusu, 2007). Rashidi *et al*. (2014) گزارش کردند که آلوهای پوشانده‌شده با کاغذ روزنامه محتوای رطوبتی پایینی داشتند. آغشته کردن کاغذ به ترکیب‌هایی مانند واکس‌ها و روغن‌ها باعث کاهش نفوذپذیری به آب خواهد شد (Marsh & Bugusu, 2007). Khan *et al*. (2007) نشان دادند که خرمالوهای پوشانده‌شده با کاغذ مومی محتوای رطوبتی کمتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند؛ هرچند این تفاوت معنی‌دار نبوده است. گفته می‌شود که محتوای رطوبتی یک میوه تأثیر مستقیمی بر آماس (تورژسانس) و کیفیت ظاهری آن دارد (Nunes & Emond, 2007) بنابراین چون میوه‌های پوشانده‌شده شادابی پوست خود را بهتر از میوه‌های شاهد حفظ کردند (شکل ۱) به نظر نمی‌رسد که تشدید کاهش وزن در این میوه‌ها تنها به آب از دست‌دهی مربوط بوده باشد.

میزان نشت یونی پوست و پلاسنتاهای میوه‌ها (جدول ۳، ستون‌های سوم و چهارم) در طول دورۀ انبارداری با یک روند متغیر از افزایش‌ها و کاهش‌های پی‌درپی روبه‌رو شد ولی مقادیر ثبت‌شده برای میوه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های قرار گرفته درون پوشال کاغذی و آن‌هم بیشتر از میوه‌های پیچیده‌شده درون صفحه‌های کاغذی بود. این ترتیب قرارگیری می‌تواند تکمیل‌کنندۀ داده‌های کیفی و تأییدکنندۀ شدت آسیب واردشدۀ ناشی از سرما به پوست و پلاسنتاهای میوه‌ها بوده باشد. افزایش در میزان نشت یونی که در نتیجۀ تخریب غشای یاخته‌ای رخ می‌دهد (Demidchik *et al*., 2014) یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های داده‌شده به تنش سرمازدگی است و در فلاودوی گریپ‌فروت (McCollum & McDonald, 1991)، فرابر (پریکارپ) گوجه‌فرنگی (Bergevin *et al*., 1993)، پوست میوۀ انبه (Gnzalez-Aguilar *et al*., 2000) و پوست میوۀ انار (Mirdehghan & Rahemi, 2010) گزارش شده است. میزان نشت یونی در نارمیانبرها تا هفتۀ سوم ثابت بود؛ در هفتۀ ششم کاهش و پس از آن افزایش یافت به‌گونه‌ای که میزان عددی ثبت‌شده برای میوه‌های پیچیده‌شده درون صفحه‌های کاغذی (به‌رغم نداشتن تفاوت معنی‌دار) کمتر از دو گروه دیگر بود (جدول ۳، ستون پنجم).

Archive of SID

www.SID.ir

شاید بتوان گفت کاهش میزان نشت یونی در نارمیانبرها که در هفتهٔ ششم و به دنبال دریافت احتمالی تنش سرما در هفته‌های پیش در پوست ظاهر شده است به پاسخ‌های دفاعی مربوط باشد. به عبارت ساده احتمال دارد پیام تنش سرمای دریافت‌شده در محل پوست میوه از راه پلاسنتاها به نارمیانبرها منتقل شده و مقاوم‌سازی یاخته‌ها آغاز شده باشد. Le Gall *et al.* (2015) اعلام کرده‌اند که در اثر تنش‌های غیرزیستی مانند تنش سرما دیواره‌های یاخته‌ای از راه نفوذ ترکیب‌های کربوهیدراتی مانند لیگنین تقویت می‌شوند. در هر حال این موضوع نیازمند تحقیقات عمیق‌تر در ساختار و ترکیب‌های غشا و دیواره‌های یاخته‌ای است.

پراکسیدهیدروژن به‌عنوان عاملی توانمند در واردکردن آسیب به غشاهای یاخته‌ای (Thomson, 1928; Sharma *et al.*, 2012) در هفتهٔ سوم برای پوست میوه‌ها افزایش و پس از آن کاهش یافت به‌گونه‌ای که میزان آن برای نمونه‌های شاهد بیشتر از دو گروه دیگر بود (جدول ۳، ستون ششم). افزایش تولید پراکسیدهیدروژن در بافت‌های تحت تنش سرمازدگی توسط Lee *et al.* (2004) در ریشه‌های خیار، Khorshidi & Abavisani (2013) در برگ‌های بادرشبو و Mohammadrezakhani & Pakkish (2015) در حبه‌های انگور گزارش شده است. میزان تولید پراکسیدهیدروژن برای پلاسنتاهای نمونه‌های شاهد نیز بالاتر از دو گروه دیگر بود با این تفاوت که افزایش میزان آن با یک هفته تأخیر و در هفتهٔ ششم ظاهر شد (جدول ۳، ستون هفتم). بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده، میزان تولید پراکسیدهیدروژن در پوست و پلاسنتاها با میزان نشت یونی و قهوه‌ای شدن این بافت‌ها؛ و تأخیر یک هفته‌ای در افزایش تولید پراکسیدهیدروژن در پلاسنتاها نسبت به پوست، با تأخیر قهوه‌ای شدن پلاسنتاها نسبت به پوست همخوانی دارد. میزان پراکسیدهیدروژن نارمیانبرها در هفتهٔ سوم افزایش و پس از آن کاهش یافت به‌گونه‌ای که میزان عددی ثبت‌شده برای نمونه‌های شاهد بالاتر بود (جدول ۳، ستون هشتم). شاید این افزایش اولیه در نتیجهٔ انتقال پراکسیدهیدروژن از پلاسنتاها به نارمیانبرها روی‌داده باشد چراکه میزان پراکسیدهیدروژن در هفتهٔ سوم برای پلاسنتاها کاهش‌یافته بود. با توجه به اینکه جابه‌جایی پراکسیدهیدروژن ظرفیت انتقال پیام تنش را داشته (Dimitrov Petrov & Breusegem, 2012) و حرکت رو به درون آن در یاخته‌های ریشه‌های سرمازدهٔ خیار تأیید شده است (Lee *et al.*, 2004) در صورت درستی فرض بالا، این نقل‌وانتقال احتمالی می‌تواند عاملی در جهت انتقال پیام تنش از لایه‌های بالاتر تنش‌دیده (پوست و پلاسنتاها) به لایه‌های پایین‌تر (نارمیانبرها) به شمار آید که با نتایج به‌دست‌آمده از نشت یونی در نارمیانبرها همخوانی دارد.

لیپیدهای موجود در پوست (شکل ۵)، پلاسنتاها و نارمیانبرها (جدول ۳، ستون‌های نهم و دهم) در طول دورهٔ انبارداری برای همهٔ میوه‌ها کاهش یافتند. کاهش لیپیدها در فرآیند پیر شدن کلم بروکلی (Page *et al.*, 2001) و پرتقال و گوجه‌فرنگی (Idah *et al.*, 2010) گزارش شده است. این کاهش که به خاطر تخریب و پراکسیداسیون لیپیدهای موجود در غشاهای زیستی رخ می‌دهد باعث از بین رفتن ماهیت و کارکرد غشاها (Whitaker, 2012) و تشدید نشت یونی (Campos *et al.*, 2003) خواهد شد. تخریب لیپیدهای موجود در غشاهای زیستی که از راه فعالیت آنزیم‌های فسفولیپاز و لیپوکسی‌ژناز صورت می‌گیرد (Whitaker, 2012) در فرآیند پیر شدن میوهٔ طالبی (Whitaker, 2006)، زخمی شدن میوهٔ خیار (Zhao *et al.*, 2010)، لکه‌دار شدن سطح میوه‌های مرکبات (Alferez *et al.*, 2008) و سرمازدگی میوهٔ خیار (Mao *et al.*, 2007) در دورهٔ پس از برداشت تأیید شده است. بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که میزان کاهش لیپیدها در همهٔ بافت‌ها برای میوه‌های پوشانده شده بیشتر از میوه‌های شاهد بوده است. با توجه به اینکه سطح بیرونی پوست در همهٔ میوه‌ها با کوتیکول (که ماهیت لیپیدی دارد) پوشانده شده است (Lara *et al.*, 2014)، شاید بتوان کاهش بیشتر لیپیدهای پوست میوه‌های پوشانده شده را به لایهٔ کوتیکول مربوط دانست. کوتیکول از دو قسمت کوتین و واکس‌ها تشکیل شده است (Lara *et al.*, 2015). بنا به نظر Riederer & Schreiber (2001) با افزایش دمای محیط و به دلیل

Archive of SID

www.SID.ir

تغییر ماهیت فیزیکی و شیمیایی ترکیب‌های تشکیل‌دهندهٔ واکس‌ها نفوذپذیری کوتیکول به آب بیشتر شده و بنابراین حفاظت از یاخته‌ها کاهش پیدا خواهد کرد. بخش عمدهٔ واکس‌ها از ترکیب‌های آلکانی با شمار کربن بالا ساخته شده است (Lara *et al.*, 2015). اگرچه دماهای تبخیر ثبت‌شده برای آلکان‌هایی با شمار کربن بالا خیلی بیشتر از دمای محیط است (Roberts & Caserio, 1977) ولی شاید تأثیر افزایش دما بر کاهش تأثیر محافظتی کوتیکول به تبخیر و جدا شدن ترکیب‌های تشکیل‌دهندهٔ واکس‌ها از لایهٔ کوتیکول مربوط باشد. بنابراین احتمال دارد کاهش بیشتر میزان لیپیدهای موجود در پوست میوه برای میوه‌های پوشانده شده نسبت به میوه‌های شاهد به جذب ترکیب‌های فرار لیپیدی توسط کاغذ مومی موجود در اطراف میوه‌ها مربوط شود؛ همانند چیزی که در مورد جذب آلفا-فارنسین (Huelin & Coggiola, 1968) گفته شده است. در این صورت علت تشدید کاهش وزن و پایین بودن میزان قهوه‌ای شدن پوست در میوه‌های پوشانده شده به‌ویژه میوه‌هایی که درون صفحه‌های کاغذی پیچیده شده بودند نیز شایان توجیه است. به نظر می‌رسد پیچیدن میوه‌ها درون صفحه‌های کاغذی باعث افزایش سطح تماس میوه با کاغذ و بنابراین تأثیر بیشتر شده باشد. کاهش بیشتر لیپیدهای نارمیانبرها در نمونه‌های پوشانده شده سؤال‌برانگیز است چراکه نارمیانبرها در ارتباط مستقیم با کاغذ نبوده‌اند.

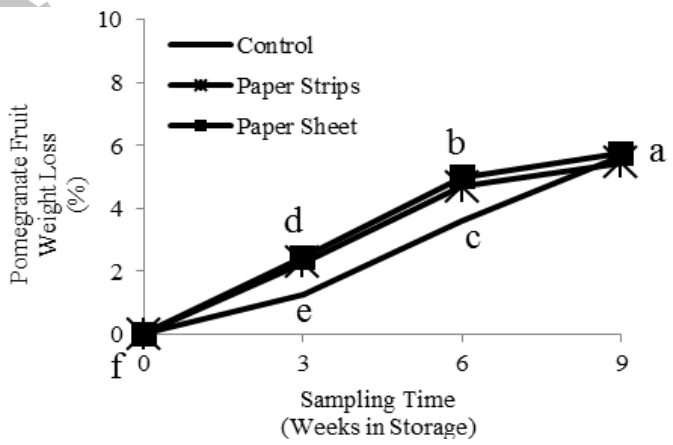
جدول ۳. تأثیر شیوهٔ پوشاندن و زمان نمونه‌برداری بر صفات کمی میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Table 3. Effect of covering method and sampling time on quantitative parameters of Pomegranate (*Punica granatum* L., cv. Malas-e-Saveh) fruit

Covering method	Sampling time (Weeks in Storage)	Electrolyte leakage in Husk (%)	Electrolyte leakage in Placenta (%)	Electrolyte leakage in Arils (%)	Hydrogen Peroxide content in Husk (µmol/g F.W.)	Hydrogen Peroxide content in Placenta (µmol/g F.W.)	Hydrogen Peroxide content in Arils (µmol/g F.W.)	Lipid content in Placenta (mg/g F.W.)	Lipid content in Arils (mg/g F.W.)	Anthocyanin content in Arils (mg/L)
Control		a 33.96	a 32.36	a 41.56	a 19.02	a 15.35	a 13.07	a 110.48	a 90.20	b 36.16
Paper Strips		ab 32.79	ab 31.12	a 41.77	b 17.34	b 14.19	b 12.51	b 107.90	b 86.49	a 37.09
Paper Sheet		b 32.27	b 30.05	a 40.29	b 16.59	b 14.03	a 12.83	b 106.84	c 83.43	a 37.50
	0	c 29.57	d 27.19	a 43.70	b 17.98	a 15.89	d 11.15	a 166.11	a 101.47	c 33.77
	3	a 38.63	a 35.73	a 43.92	a 21.19	b 13.47	a 14.90	b 110.83	b 96.16	b 35.86
	6	c 29.55	c 28.97	b 35.10	d 14.48	a 15.61	b 13.65	c 92.83	c 86.91	a 42.03
	9	b 34.28	b 32.81	a 42.11	c 16.94	b 13.13	c 11.51	d 63.86	d 62.29	b 36.01

میانگین‌هایی که در هر ستون (شیوهٔ پوشاندن و زمان نمونه‌برداری به‌طور جداگانه) با حرف‌های یکسان نشانه‌گذاری شده‌اند تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).

The means with the same letters in each column (covering method and sampling time separately) are not significantly different at $p \leq 0.05$.

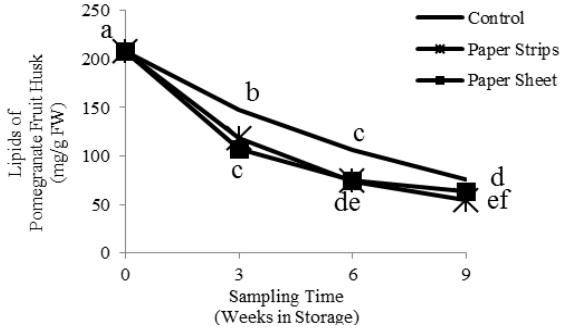


شکل ۴. تأثیر زمان نمونه‌برداری بر کاهش وزن میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Figure 4. Effect of covering method × sampling time on Pomegranate (cv. Malas-e-Saveh) fruit weight loss

Archive of SID

www.SID.ir

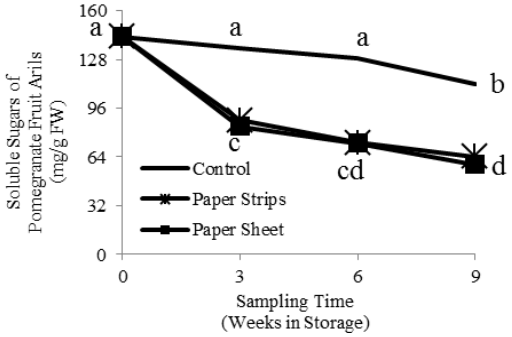


شکل ۵. تأثیر زمان نمونه‌برداری بر لیپیدهای پوست میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Figure 5. Effect of covering method × sampling time on lipids of Pomegranate (cv. Malas-e-Saveh) fruit husk

مشخص شد که میزان آنتوسیانین‌های نارمیانبرها (جدول ۳، ستون یازدهم) برای همهٔ میوه‌ها تا هفتهٔ ششم افزایش و پس از آن کاهش یافت به‌گونه‌ای که میزان آن برای میوه‌های پوشانده‌شده بیشتر بود. اگرچه این افزایش می‌تواند به دلیل آب از دست‌دهی و افزایش غلظت آنتوسیانین‌های موجود در عصارهٔ نارمیانبرها روی‌داده باشد که تا حدودی با داده‌های به‌دست‌آمده از میزان کاهش وزن (شکل ۴) نیز همخوانی دارد؛ ولی این احتمال هم وجود دارد که این افزایش در نتیجهٔ ساخت (سنتز) آنتوسیانین‌های جدید رخ‌داده باشد (Lo Piero *et al.*, 2005) که پیشتر نیز در انار گزارش شده است (Miguel *et al.*, 2004). ساخت آنتوسیانین‌ها از مسیر فنیل پروپانوئید صورت می‌گیرد که در مراحل اولیهٔ خود نیازمند ترکیب‌های حد واسط تنفسی است (Fraser & Chapple, 2011).

میزان قندهای محلول موجود در نارمیانبرها به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب‌های تنفسی (Tcherkez *et al.*, 2003) در میوه‌های شاهد به‌آرامی کاهش یافت ولی این کاهش در میوه‌های پوشانده‌شده شدت بیشتری داشت (شکل۶). Das *et al.* (2012) بیان کرده‌اند که قندهای محلول قادر به تنظیم فرایند بیان ژن‌های دخیل در ساخت آنتوسیانین‌ها هستند ولی با توجه به دخالت آنزیم گلوکوزیل ترانسفراز و حضور گلوکز در ساختار شیمیایی آنتوسیانین‌ها (Fraser & Chapple, 2011) می‌توان گفت که قندها به‌طور مستقیم نیز در ساخت آنتوسیانین‌ها دخالت دارند. بنابراین ممکن است کاهش شدید لیپیدها و قندهای محلول در نارمیانبرهای میوه‌های پوشانده شده با افزایش شدید آنتوسیانین‌های آن ارتباطی داشته باشد. با توجه به اینکه میوه‌های شاهد و میوه‌های پوشانده‌شده در یک شرایط دمایی قرار داشته‌اند و اینکه به‌احتمال خیلی زیاد هر دو نوع روش پوشاندن قادر به تعدیل اتمسفر درون میوه‌ها هستند (Kader, 1989) به نظر نمی‌رسد همهٔ این کاهش در نتیجهٔ فرایندهای مرتبط با تنفس هوازی ایجاد شده باشد چراکه در شرایط اتمسفر تعدیل‌یافتهٔ تنفس هوازی با سرعت کمتری انجام خواهد شد (Kader, 1989). این موضوع فرایندهای موازی منتسب به تنفس یاخته‌ای در این میوه‌ها را پررنگ می‌کند.



شکل ۶. تأثیر زمان نمونه‌برداری بر قندهای محلول نارمیانبرهای میوهٔ انار 'ملس ساوه'

Figure 6. Effect of covering method x sampling time on soluble sugars of Pomegranate (cv. Malas-e-Saveh) fruit arils

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

تحلیل نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که هر دو روش پوشاندن قابلیت مهار آسیب‌های ناشی از تنش سرمازدگی در میوهٔ انار را داشته‌اند. پوشاندن میوه‌ها نشانه‌های ظاهری سرمازدگی و نشت یونی در بافت‌های مختلف میوه را نسبت به شاهد کاهش داد. همچنین نارمیانبرهای میوه‌های پوشانده‌شده کیفیت بهتری نسبت به میوه‌های شاهد داشتند. بنابراین هر دو روش پوشاندن قابلیت بررسی‌های بیشتر و درنهایت تجاری‌سازی را دارند، با این حال پیچیدن میوه‌ها درون صفحه‌های کاغذی به دلیل کارایی بهتر و نیاز به میزان کمتر کاغذ در اولویت قرار می‌گیرد.

REFERENCES

1. Alferez, F., Lluch, Y. & Burns, J. K. (2008). Phospholipase A_2 and postharvest peel pitting in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 69-76.
2. Arbona, V., Manzi, M., Ollas, C. D. & Gomez-Cadenas, A. (2013). Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants. *International journal of molecular sciences*, 14(3), 4885-4911.
3. Artes, F., Villaescusa, R. & Tudela, J. A. (2000). Modified atmosphere packaging of pomegranate. *Journal of Food Science*, 65(7), 1112-1116.
4. Azene, M., Workneh, T. S. & Woldetsadik, K. (2014). Effect of packaging materials and storage environment on postharvest quality of papaya fruit. *Journal of food science and technology*, 51(6), 1041-1055.
5. Barman, K., Asrey, R., Pal, R. K., Kaur, C. & Jha, S. K. (2014). Influence of putrescine and carnauba wax on functional and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 111-117.
6. Bergevin, M., Lheureux, G. P., Thompson, J. E. & Willemot, C. (1993). Effect of chilling and subsequent storage at 20°C on electrolyte leakage and phospholipid fatty acid composition of tomato pericarp. *Physiologia Plantarum*, 87(4), 522-527.
7. Bligh, E. G. & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917.
8. Caleb, O. J. (2013). *Modified Atmosphere Packaging of Pomegranate Arils.* Ph.D. Thesis. Department of Food Science, Faculty of Agricultural Sciences, Stellenbosch University, South Africa.
9. Campos, P. S., nia Quartin, V., chicho Ramalho, J. & Nunes, M. A. (2003). Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. plants. *Journal of plant physiology*, 160(3), 283-292.
10. Das, P. K., Shin, D. H., Choi, S. B. & Park, Y. I. (2012). Sugar-hormone cross-talk in anthocyanin biosynthesis. *Molecules and Cells*, 34(6), 501-507.
11. Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S. S., Pozhvanov, G. A., Sokolik, A. & Yurin, V. (2014). Stress-induced electrolyte leakage: The role of K^+-permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. *Journal of Experimental Botany*, 65(5), 1259-1270.
12. Elyatem, S. M. & Kader, A. A. (1984). Post-harvest physiology and storage behaviour of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 24(3), 287-298.
13. Fawole, O. A. & Opara, U. L. (2013). Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit. *Industrial Crops and Products*, 47, 300-309.
14. Fraser, C. M. & Chapple, C. (2011). The phenylpropanoid pathway in *Arabidopsis*. *The Arabidopsis Book*, 2011(9), doi:10.1199/tab.0152.
15. Giusti, M. M. & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 2001, doi:10.1002/0471142913.faf0102s00.
16. Gonzalez-Aguilar, G. A., Fortiz, J., Cruz, R., Baez, R. & Wang, C. Y. (2000). Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 515-519.
17. Hansen, J. & Moller, I. B. (1975). Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. *Analytical Biochemistry*, 68(1), 87-94.
18. Huelin, F. E. & Coggiola, I. M. (1968). Superficial scald, a functional disorder of stored apples. IV: Effect of variety, maturity, oiled wraps and diphenylamine on the concentration of a-farnesene in the fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19(6), 297-301.
19. Idah, P. A., Musa, J. J. & Abdullahi, M. (2010). Effects of storage period on some nutritional properties of orange and tomato. *AU J.T.*, 13(3), 181-185.

Archive of SID

www.SID.ir

20. Kader, A. A., Chordas, A. & Elyatem, S. (1984). Responses of pomegranates to ethylene treatment and storage temperature. *California Agriculture*, 38(7), 14-15.
21. Kader, A. A., Zagory, D., Kerbel, E. L. & Wang, C. Y. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28(1), 1-30.
22. Khan, D., Khan, R. A., Bibi, S., Ali, S. & Khalil, A. I. (2007). Storage stability of persimmon fruits (*Diospuros kaki*) stored in different packaging materials. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2(2), 20-23.
23. Khorshidi, M. & Abavisani, A. (2013). Effect of putrescine on dragonhead under low temperature. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(20), 2454-2458.
24. Khwaldia, K., Arab-Tehrany, E. & Desobry, S. (2010). Biopolymer coatings on paper packaging materials. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 82-91.
25. Lara, I., Belge, B. & Goulao, L. F. (2014). The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 103-112.
26. Lara, I., Belge, B. & Goulao, L. F. (2015). A focus on the biosynthesis and composition of cuticle in fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(16), 4005-4019.
27. Laribi, A. I., Palou, L., Taberner, V. & Perez-Gago, M. B. (2012). Modified atmosphere packaging to extend cold storage of pomegranate cv. Mollar de Elche. http://www.academia.edu/2500799.
28. Lee, S. H., Singh, A. P. & Chung, G. C. (2004). Rapid accumulation of hydrogen peroxide in cucumber roots due to exposure to low temperature appears to mediate decreases in water transport. *Journal of Experimental Botany*, 55(403), 1733-1741.
29. Le Gall, H., Philippe, F., Domon, J. M., Gillet, F., Pelloux, J. & Rayon, C. (2015). Cell wall metabolism in response to abiotic stress. *Plants*, 4(1), 112-166.
30. Lo Piero, A. R., Puglisi, I., Rapisarda, P. & Petrone, G. (2005). Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9083-9088.
31. Mao, L., Pang, H., Wang, G. & Zhu, C. (2007). Phospholipase D and lipoxygenase activity of cucumber fruit in response to chilling stress. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 42-47.
32. Mandal, C., Ghosh, N., Adak, M. K. & Dey, N. (2013). Interaction of polyamine on oxidative stress induced by exogenously applied hydrogen peroxide in *Salvinia natans* Linn. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25(3), 223-230.
33. Marsh, K. & Bugusu, B. (2007). Food packaging: roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3), 39-55.
34. McCollum, T. G. & McDonald, R. E. (1991). Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *HortScience*, 26(9), 1191-1192.
35. 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*, 2004(5), 338-342.
36. Mirdehghan, S. H. & Rahemi, M. (2002). Reduction of chilling injury in the pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits by intermittent warming. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 33(1), 75-80. (in Farsi)
37. Mirdehghan, S. H. & Rahemi, M. (2005). Effect of hot water treatment on reducing chilling injury of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during storage. *Acta Horticulturae*, 682, 887-892.
38. Mirdehghan, S. H. & Rahemi, M. (2010). Determination of time of chilling injury occurrence in pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) during cold storage. *Iranian Journal of Horticultural science*, 41(1), 11-18. (in Farsi)
39. Mohammadrezakhani, S. & Pakkish, Z. (2015). Reduction of chilling injury and peroxide hydrogen accumulation in Thompson grape (*Vitis vinifera* L.) fruit by proline and ascorbic acid during storage. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 5(1), 1-12.
40. Nunes, M. C. N. & Emond, J. P. (2007). Relationship between weight loss and visual quality of fruits and vegetables. In: Proceedings of *the Florida State Horticultural Society*, 120, 235-245.
41. Page, T., Griffiths, G. & Buchanan-Wollaston, V. (2001). Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. *Plant Physiology*, 125(2), 718-727.
42. Petrov, V. D. & Van Breusegem, F. (2012). Hydrogen peroxide: A central hub for information flow in plant cells. *AoB Plants*, 2012: 1-13.
43. Rab, A., Haq, S., Khalil, S. A. & Ali, S. G. (2010). Fruit quality and senescence related changes in sweet orange cultivar Blood red unipacked in different packing materials. *Sarhad Journal of Agriculture*, 26, 221-227.
44. Rahemi, M. & Mirdehghan, S. H. (2004). Effects of temperature conditioning on reducing chilling injury in pomegranate fruits during storage. *Indian Journal of Horticulture*, 61(4), 345-347.

Archive of SID

www.SID.ir

45. 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(3), 169-178.
46. Rashidi, M., Bahri, M. H., Naserzaeim, F., Abdi, J. & Ahmadbeyki, A. (2014). Wrapping materials and cold storage durations effect on water content of plum. *Agricultural Engineering Research Journal*, 4(3), 65-68.
47. Riederer, M. & Schreiber, L. (2001). Protecting against water loss: Analysis of the barrier properties of plant cuticles. *Journal of Experimental Botany*, 52(363), 2023-2032.
48. Roberts, J. D. & Caserio, M. C. (1977). *Basic Principles of Organic Chemistry* (2th Ed.). WA Benjamin, Inc.
49. Roy, R., Rahim, M. A. & Alam, M. S. (2012). Effect of wrapping papers on physiological changes and shelf-life of mango cv. Langra. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 4(2), 99-103.
50. Sayyari, M., Babalar, M. & S. Kalantari, (2010a). The effect of pre-storage application of calcium chloride on chilling resistance and calcium concentration of pomegranate fruits. *Acta Horticulturae*, 868, 367-372.
51. Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M. & Valero, D. (2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3), 152-154.
52. Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D., Diaz-Mula, H. M. & Serrano, M. (2011). Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 60(2), 136-142.
53. Sayyari, M., Valero, D., Babalar, M., Kalantari, S., Zapata, P. J. & Serrano, M. (2010b). Pre-storage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2^{o}C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11), 6804-6808.
54. Shahnawaz, M., Sheikh, S. A., Soomro, A. H., Panhwar, A. A. & Khaskheli, S. G. (2012). Quality characteristics of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) stored in various wrapping materials. *African Journal of Food Science and Technology*, 3(5), 123-128.
55. Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 2012, doi:10.1155/2012/217037.
56. Sudheer, K. P. & Indira, V. (2007). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. New India Publishing.
57. Tcherkez, G., Nogues, S., Bleton, J., Cornic, G., Badeck, F. & Ghashghaie, J. (2003). Metabolic origin of carbon isotope composition of leaf dark-respired CO_2 in French bean. *Plant Physiology*, 131(1), 237-244.
58. Thomson, D. L. (1928). The effect of hydrogen peroxide on the permeability of the cell. *The Journal of Experimental Biology*, 5(3), 252-257.
59. Ubani, O. N. & Okonkwo, E. U. (2011). A review of shelf-life extension studies of Nigerian indigenous fresh fruits and vegetables in the Nigerian Stored Products Research Institute. *African Journal of Plant Science*, 5(10), 537-546.
60. Whitaker, B. D. (2012). Membrane lipid metabolism and oxidative stress involved in postharvest ripening, senescence, and storage disorders of fruits. *Acta Horticulturae*, 945, 269-282.
61. Whitaker, B. D. (2013). Genetic and biochemical bases of superficial scald storage disorder in apple and pear fruits. *Acta Horticulturae*, 989, 47-60.
62. Whitaker, B. D. & Lester, G. E. (2006). Cloning of phospholipase Dα and lipoxygenase genes CmPLDa1 and CmLOX1 and their expression in fruit, floral, and vegetative tissues of Honey Brew hybrid Honeydew melon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131(4), 544-550.
63. Wills, R. B., Bailey, W. M. & Scott, K. J. (1975). Possible Involvement of α-Farnesene in the Development of Chilling Injury in Bananas. *Plant Physiology*, 56(4), 550-551.
64. Zhao, Y. Y., Qian, C. L., Chen, J. C., Peng, Y. & Mao, L. C. (2010). Responses of phospholipase D and lipoxygenase to mechanical wounding in postharvest cucumber fruits. *Journal of Zhejiang University Science B*, 11(6), 443-450.

Archive of SID

www.SID.ir