(مقاله پژوهشی)

تأثیر شرایط نگهداری بر پدیده قهوه‌ای (کشمشی) شدن میوه انار

بهجت تاج‌الدین[۱*]، هما بهمدی[۱]، صدیقه پردیس‌کیان[۲]

۱-عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲-کارشناسی ارشد شیمی تجزیه، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۴

چکیده

میوه انار با نام علمی *L.Punica granatum*، به‌دلیل خواص سلامتی‌بخش و دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال نظیر آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران، بازرگانان و صاحبان صنایع است. صادرات انار و فرآورده‌های آن از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در صادرات غیرنفتی کشور داشته است. بروز یا گسترش برخی از ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی باعث افت کیفیت شده و خسارات جبران‌ناپذیری به فعالان زنجیره تولید و عرضه انار وارد می‌کند. پدیده قهوه‌ای شدن که در عرف به کشمشی شدن انار موسوم است، عارضه‌ای فیزیولوژیک است که در آن، از بین رفتن قسمت خوراکی میوه، باعث نرم شدن، تغییر رنگ، بدشکلی و تغییر طعم و عطر دانه‌ها شده و دیگر میوه برای مصرف مناسب نیست؛ در حالی که علائم ظاهری از وقوع ناهنجاری در پوست و شکل میوه مشاهده نمی‌شود. از این رو، ارزیابی خصوصیات ظاهری میوه و دانه انار، خواص فیزیکوشیمیایی دانه انار و آزمون فیزیولوژیکی تنفس روی میوه انارمنطقه نی‌ریز فارس طی مدت ۵۵ روز نگهداری در سردخانه صورت گرفت. نتایج نشان داد مقدار pH، مواد جامد محلول، اسیدیته و آنتوسیانین انار در دامنه مورد نظر استاندارد و تحقیقات پیشین قرار داشت. نگهداری باعث افزایش معنی‌دار مقدار مواد جامد محلول، میزان تنفس و کاهش معنی‌دار مقدار رطوبت وآنتوسیانین‌ها شد. در پایان مدت نگهداری، میوه‌های انار بزرگ و متوسط سفتی بافت خود را حفظ کرده بودند اما میوه‌های انار با اندازه کوچک نرمتر از دو اندازه متوسط و بزرگ بودند. قهوه‌ای شدن دانه انار در درصد قابل توجهی از انارهای با ظاهر بسیار بازارپسند، مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، انار، سردخانه، قهوه‌ای شدن دانه انار.

* مسئول مکاتبات: behjat.tajeddin@yahoo.com

۱- مقدمه

انار از خانواده *Punicaceae*، جنس Punica و گونه Granatum بوده و یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های خوراکی شناخته شده و ارزشمند با خواص دارویی، در بسیاری از کشورها است. انار، درخت یا درختچه‌ای پر شاخ و برگ با شاخه‌های نامنظم کم و بیش خاردار و نیمه برگ‌ریز و پاجوش‌هایی است که در مناطق سردسیر و نیمه‌گرمسیری و مدیترانه‌ای به‌صورت خزان‌کننده و در نواحی گرم و مرطوب (گرمسیری) و زمستان‌های معتدل به‌صورت همیشه سبز است. این درخت برای به‌ثمر رساندن میوه‌های‌خود، نیازمند تابستان‌گرم و پائیز طولانی و خشک است. گرمای زیاد موجب سوختگی و سرمای زیاد باعث ترکیدگی آن می‌شود و از لطافت پوست و مرغوبیت میوه می‌کاهد. موطن‌اصلی‌انار، ایران است، ولی امروزه به‌عنوان یک محصول تجاری، به‌طور وسیعی در بخش‌هایی از آسیا، آفریقای شمالی، کشورهای حاشیه دریای مدیترانه و ایالت کالیفرنیا در آمریکا کشت می‌گردد. میوه انار بیشتر به‌صورت تازه‌خوری مصرف می‌شود، اما امکان استفاده از تمام قسمت‌های آن از جمله پوست، دانه[1] و هسته یا بذر[2] وجود دارد. صرف‌نظر از خواص دارویی و ارزش غذایی که از گذشته‌های دور شناخته شده است، یادآور می‌شود قسمت خوراکی میوه حاوی مقادیر قابل توجهی از ویتامین C، ترکیبات فنلی، عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و رنگدانه‌های مختلف به‌ویژه آنتوسیانین‌ها است که مصرف آن سبب جلوگیری از ابتلا به بسیاری از بیماری‌ها می‌شود (۱۹). هم‌چنین، وجود ویتامین C، آنتوسیانین‌ها و به ویژه ترکیبات فنلی باعث ایجاد خصوصیت ضداکسایشی شده و در از بین بردن رادیکال‌های ایجاد شده بسیار مفید و ارزشمند است (۲۸). این ترکیبات ارزشمند، طی فصل رشد، دستخوش تغییرات زیادی می‌شوند (۳۲). مطابق عملیات خوب کشاورزی (GAP)[3] برای تولید انار با کیفیت، علاوه بر انتخاب رقم، شرایط آب و هوایی، نوع خاک با pH در محدوده ۸-۴، و هدایت الکتریکی (متوسط شوری عصاره اشباع خاک) برابر۲/۷؛ می‌بایست به زمان برداشت انار (زمانی که میزان اسیدیته آب انارکم‌تر از ۱/۸۵ درصد بر حسب اسید استیک است)، نگهداری و بسته‌بندی آن توجه کرد (۵). میوه انار با گذشت ۴/۵ الی ۶ ماه پس از زمان گلدهی به بلوغ می‌رسد که با شاخص‌هایی نظیر مقدار اسیدیته کل، مواد جامد محلول کل، و رنگ پوست و قسمت خوراکی مشخص شده و آماده برداشت است (۲۷). هر یک از محتویات میوه انار از دو قسمت دانه و بذر تشکیل شده است. دانه انار، بافتی نرم و لعابی دارد، اما بذر انار سفت و تقریباً خشک است (۱ و ۲۳). قربانی و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که رنگدانه آنتوسیانین، مسئول رنگ قرمز دانه‌های‌انار است. با افزایش زمان و دمای نگهداری، میزان افت وزن انار افزایش یافته و سایر ویژگی‌های کیفی مانند pH، سفتی بافت، محتوای آنتوسیانین کل کاهش می‌یابد (۱۰). به‌هر حال، شدت رنگ قسمت خوراکی، از ویژگی‌های مناسب میوه انار است که متأسفانه ظهور یک ناهنجاری فیزیولوژیکی به نام قهوه‌ای شدن دانه انار[4]، سبب کاهش کیفیت یا از بین رفتن قسمت خوراکی میوه انار شده است (۳۳) که از نظر باغداران، کارشناسان و پژوهشگران حائز اهمیّت است. این عارضه، در بین باغداران و در عرف فعالان زنجیره توزیع، به عنوان"کشمشی شدن" معروف است و باعث نرم شدن، تغییر رنگ، بدشکلی و تغییر طعم و عطر دانه‌ها شده و در نهایت، علیرغم این که چنین میوه‌هایی علائم ظاهری از خود نشان نمی‌دهند، میوه صدمه‌دیده برای مصرف مناسب نیست (۲۹ و ۳۰). هم‌چنین، میوه آسیب‌دیده به‌طور قابل توجهی آنتوسیانین و اسیدآسکوربیک کمتر و میزان تنفس، مالون دی-آلدئید، اسیدهای آمینه، اسید پیرویک و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز بیشتری در قسمت خوراکی دارد. این ناهنجاری در میوه‌های بزرگتر، میوه‌های با مواد جامد

1-Aril
2-Seed
3 -Good Agricultural Practice

4- Aril brownning

محلول بیشتر، میوه‌های دارای رنگ کم‌تر در قسمت خوراکی و آن‌هایی که در زمان مناسب برداشت نشده‌اند، بیشتر مشاهده می‌شود (۱۲).اگرچه دلیل ایجاد این ناهنجاری به‌طور دقیق مشخص نیست، شیواشانکارا و همکاران (۲۰۰۴) از بین رفتن غشاء پلاسمایی در اثر تنش اکسیداتیو[1] را به‌عنوان عامل ایجاد ناهنجاری معرفی کرده‌اند (۳۳) که با توجه به گزارش‌های مربوط به افزایش دما در دهه‌های گذشته، دور از انتظار نیست (۱۱).راهکارهای زیادی برای مقابله با ناهنجاری یا عارضه قهوه‌ای‌شدن دانه‌انار از جمله شناسایی و گزینش ارقام مقاوم، افزایش فعالیت (پتانسیل) ضداکسیداسیونی[2] میوه، بهبود تغذیه گیاه و افزایش ویژگی‌های انعکاسی نور میوه بیان شده است (۱۲). وجود مقدار مواد جامد محلول بیشتر و شدت رنگ کمتر در دانه‌های انار، سبب شدت بیشتری از ناهنجاری قهوه‌ای شدن دانه‌ها شده و ارقام با میزان رنگدانه بیشتر، شدت قهوه‌ای شدن کمتری دارند (۲۶). مقدار آنتوسیانین، ترکیبات فنلی و فعالیت ضداکسیداسیونی به مقدار قابل توجهی بین ارقام مختلف، متفاوت است. فائول[3] و همکاران (۲۰۱۲) نیز این تفاوت را با مقایسه سه رقم مختلف از انار نشان داده و بیان کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان آنتوسیانین و ترکیبات فنلی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد(۱۹). بنابراین، شناسایی ارقام با آنتوسیانین و مواد فنلی بیشتر و ارزیابی دیگر ویژگی‌های این ارقام و قابلیت استفاده از آن‌ها به عنوان ارقام تجاری یک راهکار مناسب برای اجتناب از ناهنجاری قهوه‌ای شدن قسمت خوراکی قلمداد می‌شود. با توجه به مطالب بالا، هدف از مطالعه حاضر، بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه و دانه انار طی دو ماه نگهداری درسردخانه به‌ویژه از نظر کشمشی شدن است.

1- Oxidative Stress
2-Reduction Potential
3-Fawole

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

میوه انار (منطقه نی‌ریز فارس)، از یکی از سردخانه‌های شهر کرج، نگهداری شده با میانگین دمای ۰/۲± ۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰ درصد طی ۵۵ روز انبارداری تهیه شد و ارزیابی‌های مختلف ظاهری، فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی روی میوه و دانه آن به شرح زیر صورت گرفت.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- میوه انار

۲-۲-۱-۱- اندازه و آسیب‌دیدگی ظاهری

قبل از هر آزمونی، ابتدا میوه‌های انار بر اساس قطر میوه انار، مطابق استاندارد شماره ۲۶۲ سازمان ملی استاندارد ایران (۸)، در پنج دسته خیلی بزرگ تا خیلی کوچک، درجه‌بندی شدند. هم‌چنین، بر اساس استاندارد شماره ۱۶۵۴۹ ایران (۷)، میوه انار بر پایه ویژگی‌هایی مانندرصد آفت‌زدگی، درصد آسیب‌دیدگی(مجموع نشانه‌های ناشی از آفتاب‌سوختگی، خراشیدگی پوست میوه، سفید شدن دانه‌های انار ارقام دانه قرمز، ترک‌خوردگی، سوراخ‌شدگی و لهیدگی در میوه انار)، درصد نارسی، درصد جرمی مواد خارجی، درصد غیریکنواختی، و درصد کپک‌زدگی، به سه درجه ممتاز، درجه یک، و درجه دو تقسیم شد.

۲-۲-۱-۲-مقدار تنفس

میزان تنفس نمونه‌های انار، با دستگاه میکرو ۵ (تستو، آلمان) مجهز به سنسور حساس به CO_2، اندازه‌گیری شد. میزان تنفس ($CO_2ml/kg.h$) با استفاده از شیب منحنیCO_2 تولید شده در برابر زمان محاسبه گردید.

۲-۲-۲- دانه انار

۲-۲-۲-۱-خصوصیات ظاهری

ابتدا نمونه‌های انار، به چهار قسمت تقسیم شدند (شکل ۱). دانه‌های یک قسمت از چهار قسمت هر میوه‌انار، داخل ظرف ریخته شد و از نظر رنگ، بافت، آلودگی احتمالی، عارضه قهوه‌ای شدن دانه انار، خشکی دانه، و نارس

دانه انار، بررسی و شمارش شدند. الگو و معیار کلی برای این کار، بر مبنای اطلاعات استاندارد شماره ۲۶۲ سازمان ملی استاندارد ایران (۸) صورت گرفت. انتخاب یک قسمت از چهار قسمت هر میوه انار نیز به‌دلیل صرفه‌جویی در زمان و کاهش حجم اندازه‌گیری‌ها و شمارش دانه‌ها بود.

شکل۱- نمونه‌های آماده برای بررسی خصوصیات ظاهری دانه انار

۲-۲-۲-۲-میزان رطوبت

با استفاده از توزین نمونه‌ها و تغییرات وزنی آن‌ها در دمای ۵± ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت، مطابق رابطه ۱، مقدار رطوبت محاسبه شد (۲).

(رابطه۱) $\text{درصد رطوبت} = (M_1-M_2)\times ۱۰۰/ M_0$

M_0= وزن نمونه مرطوب داخل پلیت

M_1= وزن پلیت و نمونه مرطوب

M_2= وزن پلیت و نمونه پس از گرمخانه‌گذاری در آون و تثبیت وزن

۲-۲-۲-۳-میزانpH

میزانpH، با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل Metrohm-691، ساخت سوئیس)در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد (۶). در این آزمون، ابتدا pH متر با محلول‌های بافر۴و۷ کالیبره گردید، سپس الکترود دستگاه درون آب انار قرار داده شد و پس از رسیدن به مقدار ثابت، pH نمایش داده شده روی نمایشگر دستگاه قرائت گردید.

۲-۲-۲-٤-مواد جامد محلول کل

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل انار، بعد از کالیبره کردن دستگاه رفراکتومتر دستی دیجیتالی (مدلAtago، ساخت ژاپن)، با آب مقطر در دمای ۲۵درجه سلسیوس صورت گرفت. بدین منظور، ابتدا آب انار با کاغذ صافی صاف شد. چند قطره از آب انارصاف‌شده روی دستگاه رفراکتومتر قرار گرفته و بر حسب درجه بریکس قرائت گردید.

۲-۲-۲-۵-اسیدیته قابل تیتر

اسیدیته قابل تیتر به غلظت کل پروتون‌های آزاد و اسیدهای غیرقابل‌تجزیه[1] در یک محلول مربوط است که با یک باز قوی واکنش داده و خنثی شود. بیشتر میوه‌ها و سبزی‌ها مقدار زیادی اسیدهای آلی دارند. در هرمیوه یک تا دو اسید غالب است که معمولاً یکی بیشترین نوع اسید را در میوه تشکیل می‌دهد. برای محاسبه اسیدیته قابل تیتر در هر محصولی، اکی والان گرم اسید غالب آن محصول در نظر گرفته می‌شود. متداول‌ترین روش برای تعیین

1-Undissociated Acids

اسیدیته در آب میوه‌ها، تیتراسیون اسید و باز در حضور معرف فنل فتالئین تا رسیدن به رنگ صورتی پایدار است. در خصوص میوه انار به‌دلیل طیف رنگی قرمز آب میوه و دشواری تعیین نقطه پایان واکنش در تیتراسیون، از روش پتانسیومتریاستفاده شد (۸). برای تعیین اسیدیته دانه انار، ۵ میلی‌لیتر از آب انار صاف‌شده در بالن ۵۰ میلی‌لیتری تا خط نشانه با آب مقطر تازه جوشیده و سرد رقیق شد. محتوی بالن در یک ارلن‌مایر ۱۰۰ میلی‌لیتری، روی هم‌زن مغناطیسی قرار گرفته و pH متر به آرامی داخل ارلن گذاشته شد. سپس، با محلول هیدروکسید سدیم (سود) ۰/۱نرمال تا رسیدن به pH برابر ۸/۱ تیتر شد. حجم سود مصرفی یادداشت گردید و با استفاده از رابطه۲، اسیدیته انار بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم اسید غالب (اسید سیتریک) محاسبه شد. یک میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال، معادل ۰/۰۰۶۴ گرم اسید سیتریک در نظر گرفته شد (۷ و ۸).

$$A = (100 \times 0/0064 \times V)/m \quad \text{(رابطه ۲)}$$

V= حجم سود مصرفی (برحسب میلی‌لیتر)

m = وزن نمونه برحسب گرم

A = اسیدیته کل بر حسب اسیدسیتریک، بر حسب گرم در صدگرم

۲-۲-۶-میزان آنتوسیانین کل

آنتوسیانین کل به روش اختلاف pH با استفاده از دو بافر پتاسیم‌کلرید (با مشخصات pH برابر یک و ۰/۰۲۵ مولار) و سدیم‌استات (با مشخصات pH برابر ۴/۵ و ۰/۴ مولار) تعیین شد. بدین‌منظور، ۰/۲ میلی‌لیتر از آب انار صاف شده با ۱۰ میلی‌لیتر از هر یک از دو بافر مخلوط، و سپس جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلNovaspec II، ساخت انگلیس) دارایUV با طول‌موج بین ۳۲۰ تا ۹۰۰نانومتر (nm)، در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت شد. آنتوسیانین کل برحسب میلی‌گرم بر لیتر، بر پایه سیانیدین-۳- گلوکوزید (آنتوسیانین غالب انار) از طریق رابطه ۳، محاسبه گردید (۱۴).

(رابطه ۳)

$$\text{آنتوسیانین کل (mg/L)} = (A \times M_W \times DF \times 1000)/\varepsilon$$

$$A = (A520 - A700\ (pH=1)) - (A520 - A700\ (pH=4.5))$$

Mw= وزن مولکولی آنتوسیانین غالب (سیانیدین-۳-گلوکوزید)، ۴۴۹/۲ g/mol

DF= فاکتور رقت

ε= ضریب جذب مولی سیانیدین-۳-گلوکوزید، ۲۶۹۰۰

۲-۲-۳- خصوصیات بافت میوه و دانه انار

سفتی[1] بافت میوه و دانه انار با دستگاه بافت‌سنج Hounsfield (مدل H5KS، ساخت انگلستان) با مشخصات مندرج در جدول ۱، به روش فشاری تک محوری[2] اندازه‌گیری شد.

1- Hardness
2- Uniaxial Compressive Test

جدول ۱- مشخصات آزمون برایاندازه‌گیری بافت میوه و دانه انار

شاخص	واحد	دانه انار	میوه انار
بار (Load)	نیوتن (N)	۵۰۰	۵۰۰
پروب (Probe)	سانتی‌متر (Cm)	۵	۵
سرعت (Speed)	میلی‌متر بر دقیقه (mm/min)	۱	۲۰۰
کشیدگی (Extension)	میلی‌متر (mm)	۴	۵۰
نقطه پایان (End point)	میلی‌متر (mm)	۳	۴۰

۲-۳- روش آماری

پژوهش در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی انجام شد. جامعه‌آماری مجموعه انارهای نگهداری‌شده دریکی ازسردخانه‌های شهر کرج در نیمه دوم سال ۱۳۹۷ بودند. نمونه‌برداری به‌صورت کاملاً تصادفی بوده و در هر بار نمونه‌برداری، بین ۴۱ تا ۱۰۶ عدد انار تهیه شد. تمامی آزمون‌ها در ۶ تکرار انجام شدند. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. مقایسه میانگین‌ها با آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد و به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت. برای رسم نمودار از نرم‌افزار اکسل[1] استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اندازه، رنگ و آسیب‌دیدگی ظاهری میوه انار

درجه‌بندی نمونه‌های میوه انار بر مبنای اندازه (از بزرگ تا کوچک) و وزن کل نمونه‌ها صورت گرفت. در بررسی نمونه‌های انار معلوم شد که تعداد زیادی از میوه‌ها، دچارآسیب‌دیدگی به‌ویژه در محل تاج بودند که ممکن است در مرحله برداشت یا جابجایی رخ داده باشد. محل آسیب‌دیدگی، امکان ورود انواع میکروارگانیسم‌ها به داخل انار را فراهم می‌کند و درنتیجه، محیط مرطوب سردخانه، فضای مناسبی برای رشد آن‌ها خواهد بود. قهوه‌ای شدن و ترک‌های ریز پوست انار نیز قابل توجه بود که از باغ به سردخانه منتقل شده و باعث خشکی دانه انار می‌شود.

۳-۲- مقدار تنفس میوه انار

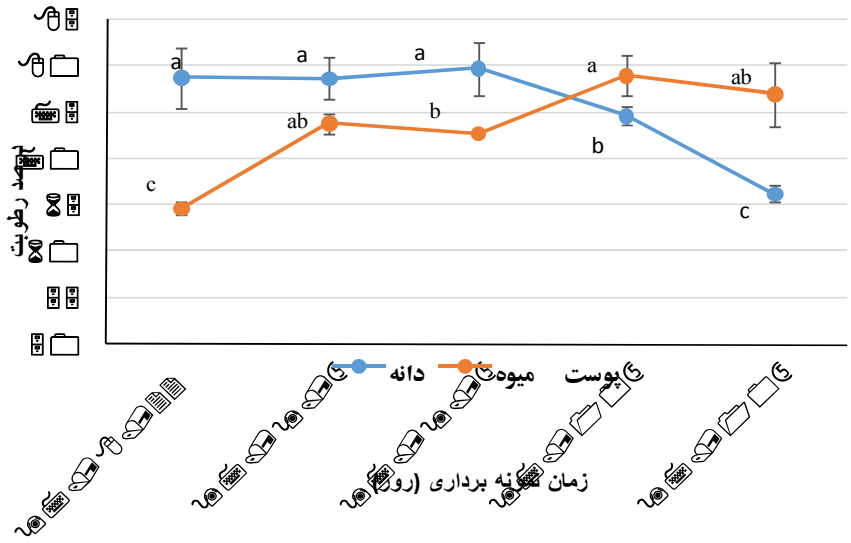
انار، میوه‌ای غیرفرازگرا[2] و با تنفس نسبتاً پایین است. بااندازه‌گیری تنفس انار، میزان تنفس به طور میانگین ۷/۹۹ CO_2ml/kg.h به دست آمد.در چهار زمان اول نمونه برداری، میزان تنفس تفاوت معنی‌داری نداشت اما در پایان دوره نگهداری در سردخانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و به ۱۳/۳۹ ±۰/۳۵ CO_2ml/kg.h رسید (شکل۲). کادرو همکاران (۲۰۰۲) تنفس انار را ۸ml/kg.h در انبار با دمای ۰ تا ۱۰°C و گروسو همکاران (۲۰۱۶) آن را ۶، ۱۲، و ۲۴ mg/kg.h به‌ترتیب در دماهای ۵، ۱۰، و ۲۰ درجه سلسیوس بیان کرده‌اند (۲۵ و ۲۷). کالب و همکاران (۲۰۱۲) میزان تنفس دو رقم انار را طی نگهداری بررسی و تفاوت را بین آن دو مشاهده کردند. طبق نظر آن‌ها، میزان تنفس انار از ۵/۶۷ تا ۱۸/۵۳ml/kg.h برای میوه کامل انار و ۲/۷۲ تا ۹/۰۱ ml/kg.h برای دانه انار، طی نگهداری افزایش یافت (۱۶). فائول و همکاران در سال ۲۰۲۰ در بررسی میزان تنفس انار واریته واندرفول[3] افزایش میزان تنفس را در سه ماه اول نگهداری انار در شرایط سردخانه با دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ درصد گزارش کرده‌اند (۲۰). میزان تنفس شاخص خوبی از فعالیت

1-Excel 2010

2-Non-climacteric

3-Pomegranate fruit (cv. Wonderful)

فیزیولوژیکی است و بر سایر شاخص‌های کیفی انار طی انبارداری اثرگذار است. افزایش مشاهده شده در میزان تنفس میوه حین انبارداری می‌تواند نشانگر افزایش تنش بر میوه مثل پیدایش ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی باشد (۲۱). کشمشی‌شدن (قهوه‌ای شدن) دانه‌های انار از جمله ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی است که احتمال بروز آن در نتیجه انبارداری بلند مدت در دمای ۵ درجه سلسیوس و پایین‌تر گزارش شده است (۲۰). افزایش تنفس نشانگر مصرف سوبستراهایی نظیر قندها و اسیدهای آلی ودر نتیجه تسریع همزمان روند پیری[1] میوه پس از برداشت است(۲۴). نتایج مطالعه حاضر از نظر روند افزایش تنفس میوه، با نتایج بارمن وهمکاران در سال ۲۰۱۱ مطابقت دارد. این محققان نیز افزایش میزان تنفس انار، واریته مریدولا[2] را طی ۶۰ روز نگهداری در سردخانه با دمای ۳ درجه سلسیوس گزارش کرده‌اند به طوری که میزان تنفس در پایان ۶۰ روز انبارداری از ۱۴/۸ به $CO_2ml/kg.h$ ۱۹/۰۵±۰/۴۰ رسید (۱۵) که در مقایسه با تحقیق حاضر تنفس به طور مشخصی بالاتر بوده است. همان‌طورکه در شکل ۲ و جدول ۳ مشاهده می‌شود، افزایش تنفس با نرم شدن بافت میوه انار همراه بوده است.



شکل ۲- میزان تنفس میوه انار طی مدت نگهداری در سردخانه
(دمای۳ درجه سلسیوس؛ رطوبت نسبی ۷۰ درصد)

1- Senescence Process

2-Mridula

۳-۳- قهوه‌ای (کشمشی) شدن دانه انار

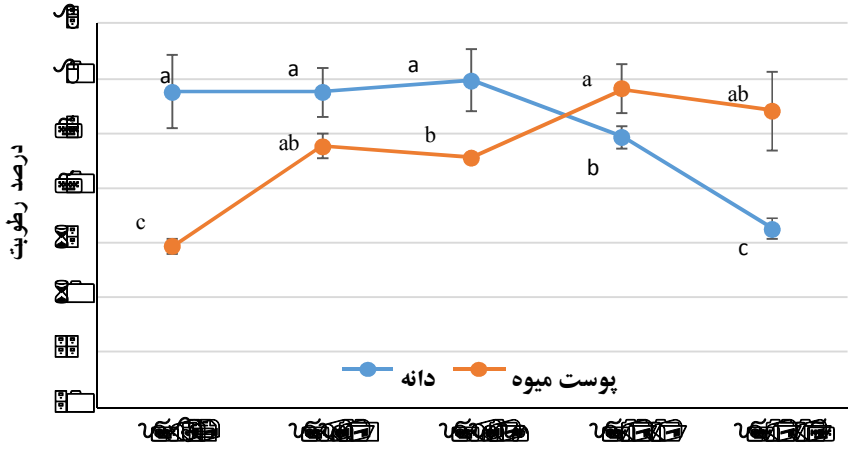
برای بررسی قهوه‌ای (کشمشی) شدن دانه‌انار، هنگام شمارش تعداد دانه‌های قهوه‌ای، مشخص شد که مقدار قابل توجهی از دانه‌های انار، رنگ‌پریده و خشک (کم‌آب) هستند. خشکی دانه انار و نارسی دانه انار، عمدتاً به شرایط کاشت و داشت میوه انار در باغ مربوط می‌شود. شکل۳، نمونه‌هایی از قهوه‌ای شدن دانه انار سردخانه را نشان‌می‌دهد. متأسفانه، این عارضه در تمام نمونه‌برداری‌ها، بین نمونه‌های انتقالی از سردخانه، به‌وفور مشاهده شد. این ناهنجاری در میوه‌های بزرگ‌تر، میوه‌های با مواد جامد محلول بیشتر، و میوه‌های دارای رنگ کمتر در قسمت خوراکی بیشتر مشاهده شد که با نظر میردهقان (۱۳۹۰) هم‌سو است (۱۲). فائول و همکاران (۲۰۲۰) نیز صرف‌نظر از تیمارهای به‌کار رفته در تحقیق، بروز قهوه‌ای شدن دانه را با افزایش مدت نگهداری در شرایط ۵ درجه سلسیوس مشاهده کرده‌اند. در تحقیق آن‌ها، از تیمار پوتریسین [1] بر سطح انار برای افزایش ماندگاری استفاده شده است. در ماه اول نگهداری (بلافاصله پس از برداشت) در سردخانه قهوه‌ای شدن رخ نداده یا ناچیز بوده است. در ماه دوم و بعد از آن قهوه‌ای شدن در تمامی نمونه‌ها مشاهده شده و در نمونه‌های تیمارشده با پوتریسین بیشتر از نمونه‌های کنترل بوده است. قهوه‌ای شدن در ماه‌های سوم و چهارم افزایش یافته و در طیف ارزیابی ۰ تا ۵ (۰= موجود نیست تا ۵= خیلی زیاد) به حد امتیاز ۱ و ۲ رسیده است (۲۰). پدیده کشمشی شدن علاوه بر تغییر رنگ دانه، باعث خشک شدن دانه می‌شود. بارمان و همکاران (۲۰۱۱)، کاهش قابلیت استخراج آب انار از دانه‌ها را با افزایش زمان نگهداری در سردخانه گزارش کرده‌اند. میزان کاهش پس از ۴۵ روز نگهداری به‌طور معنی‌داری بیشتر شده است و در پایان ۶۰ روز نگهداری به بیشترین مقدار خود رسیده است (۱۵).

شکل۳- دانه انارکشمشی شده با دو رنگ انار متفاوت از نمونه‌های سردخانه

[1] Putrescine

۳-٤- میزان رطوبت

درشکل۴، میزان رطوبت دانه‌های انار و پوست میوه طی مدت نگهداری در سردخانه نشان داده شده است.



شکل٤- میزان رطوبت دانه‌های انار و پوست میوه طی نگهداری در سردخانه
(دمای۳ درجه سلسیوس؛ رطوبت نسبی۷۰ درصد)

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، مقدار رطوبت دانه در سه زمان اول نمونه‌برداری تقریباً ثابت بود و تفاوت آماری معنی‌داری نداشت ($p<۰/۰۵$) اما با گذشت زمان، کاهش معنی‌داری در رطوبت دانه انار دیده شد و مقدار رطوبت دانه‌ها از ۷۸/۸۰±۰/۶۹ به ۶۶/۲۷±۳/۵۲ تقلیل پیدا کرد. روند تغییرات رطوبت در پوست انار تقریباً برعکس دانه انار بود و با گذشت زمان، میزان رطوبت پوست میوه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). میزان رطوبت پوست انار در خاتمه زمان نمونه‌برداری ۷۷/۰۲±۰/۹۴ بود. زارعی و عزیزی (۱۳۸۹)، میانگین بیشترین درصد رطوبت دانه انار و پوست انار را در میان شش رقم مورد مطالعه، به ترتیب۸۸/۹۵ و ۵۸/۰۱ درصدگزارش کردند (۴). آرندسه و همکاران (۲۰۱۴) میزان رطوبت دانه و پوست انار واریته واندرفول، نگهداری شده در دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی۹۲ درصد را به‌ترتیب ۸۱/۲۴±۰/۳۴ و ۷۸/۵۸±۰/۴۸ درصد تعیین کرده‌اند. در تحقیق این محققان، مقدار رطوبت دانه طی پنج ماه انبارداری تفاوت معنی‌داری نداشته است، اما رطوبت پوست انار پس از دو و پنج ماه انبارداری در سردخانه به‌ترتیب به ۷۳/۶۴±۰/۳۱ و ۶۵/۱۳±۰/۱۷ تقلیل یافته است (۱۳). نوع واریته انار، طول مدت نگهداری، دمای انبار، رطوبت نسبی انبار سردخانه و رطوبت اولیه دانه و پوسته از جمله عوامل اثرگذار بر تغییرات رطوبت دانه و پوسته طی انبارداری به شمار می‌روند.

PH-۵-۳

طبق استاندارد شماره ۲۶۲ سازمان ملی استاندارد ایران (۸)، pH انار درمحدوده ۴/۴۱-۲/۴ و میانگین ۳/۱۸ قرار دارد. بر اساس جدول ۲، میزانpH انارهای سردخانه در بازه زمانی نمونه‌برداری در دامنه مورد نظر استاندارد و منطبق با ویژگی‌های متداول انارهای ایران قرار دارد (۸) و با گذشت زمان تفاوت معنی‌داری در pH مشاهده نشد. احمدی و همکاران (۱۳۹۱) مقدار pH را در ۸ رقم انار ایران بین ۳/۱۷ تا ۴/۰۸ و به‌طور متوسط ۳/۱۷ اعلام کردند

(۱). در سیستم‌های غذایی با پیچیدگی کم‌تر نظیر انار، معمولاً تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتر، روند معکوسی دارند. در تحقیق حاضر، تغییرات هر دو شاخص pH و اسیدیته قابل تیتر طی مدت انبارداری معنی‌دار نبود. در تأیید این امر، خانیان و قنبریان (۱۳۹۵) نیز میزان pH انار رقم میخوش را پس از ۳۵، ۷۰ و ۱۰۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس بدون تغییر معنی‌دار اعلام کردند (۳). هم‌چنین، گیل و همکاران (۱۹۹۶) میزان pH و اسیدیته انار رقم مولار دلچه[1] را طی شش هفته نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت‌نسبی ۹۰-۹۵ درصد، ثابت دانستند (۲۲). در مقابل، فائول و همکاران (۲۰۲۰) به جز دو تیمار، افزایش pH و کاهش اسیدیته قابل تیتر را طی نگهداری در سردخانه مشاهده کرده و آن را به مصرف اسیدهای آلی قابل تیتر طی مدت نگهداری نسبت دادند (۲۰). بر خلاف فائول و همکاران (۲۰۲۰)، میردهقان و همکاران (۲۰۰۸)، کاهش pH (اسیدیته) را در نمونه‌های انار واریته مولار دلچه در نمونه‌های انار کنترل و تیمار شده با پوتریسین طی ۶۰ روز نگهداری در ۲ درجه سلسیوس گزارش کرده است (۳۱).

۳-۶- مواد جامد محلول کل

طبق استاندارد شماره ۲۶۲ سازمان ملی‌استاندارد ایران (۸)، مواد جامد محلول کل انار بین ۲۲-۱۲/۶ درصد و میانگین ۱۵/۸ درصد قرار دارد. جدول۲، نشان می‌دهد که میزان مواد جامد محلول انارهای سردخانه در بازه زمانی نمونه‌برداری در دامنه مورد نظر استاندارد قرار دارد. در چهار زمان اول نمونه‌برداری، مقدار مواد جامد تغییر معنی‌داری نداشت اما در پایان بازه نمونه‌برداری، مقدار آن به طور معنی‌داری افزایش یافت. این نتایج، با یافته‌های سایر محققان همخوانی دارد (۱۳، ۱۵ و ۲۲). بارمان و همکاران افزایش معنی‌دار مقدار مواد جامد محلول کل را از ۱۵/۲۰±۰/۲ درصد در ابتدای انبارداری به ۱۶/۵۵±۰/۱۵ درصد پس از دو ماه انبارداری گزارش کردند(۱۵).

۳-۷- اسیدیته قابل تیتر

طبق استاندارد شماره ۲۶۲ سازمان ملی استاندارد ایران (۸)، اسیدیته انار بین ۵۸/۴-۱/۹گرم در لیتر و میانگین ۱۰/۳۴ گرم در لیتر قرار دارد. جدول ۲، نشان می‌دهد که مقدار اسیدیته انارها در بازه زمانی نمونه‌برداری تقریباً ثابت و در دامنه مورد نظر استاندارد قرار دارد. به هر حال، طبق استاندارد شماره ۱۶۵۴۹، زمان برداشت میوه انار به رقم، رنگ پوست انار و میزان قند و اسیدیته موجود در آب میوه انار بستگی دارد (۵). خانیان و قنبریان (۱۳۹۵) افزایش معنی‌دار مقدار اسیدهای قابل تیتر را طی ۱۰۵ روز نگهداری انار رقم میخوش نشان دادند (۳). در مقابل، بارمان و همکاران (۲۰۱۱) کاهش معنی‌دار اسیدیته قابل تیتر انار را از ۰/۴۱±۰/۰۱ درصد در ابتدای انبارداری به ۰/۲۶±۰/۰۰۵ درصد پس از ۶۰ روز انبارداری در ۳ درجه سلسیوس گزارش کردند (۱۵). فائول و همکاران (۲۰۲۰) نیزکاهش معنی‌دار اسیدیته قابل تیتر را از ۱/۶۸±۰/۰۸ درصد در زمان برداشت به ۱/۴۳±۰/۱۴درصد پس از دو ماه و ۱/۲۶±۰/۰۴ پس از چهار ماه نگهداری در سردخانه با ۵ درجه سلسیوس ثبت کردند(۲۰). با توجه به پایین‌تر بودن نرخ تنفس انار مورد مطالعه در تحقیق حاضر در مقایسه با دو تحقیق اخیر، به نظر می‌رسد طی مدت نگهداری، مصرف اسیدهای آلی در حدی نبوده است که باعث ایجاد تغییر معنی‌دار درpH و اسیدیته قابل تیتر انار شود. لازم به ذکر است که اسیدیته قابل تیتر بر حسب درصد بیان می‌شود و با کاهش میزان رطوبت و در نتیجه وزن دانه طی نگهداری، غلظت اسیدهای آلی افزایش نشان می‌دهد و این افزایش غلظت در محاسبات ممکن است بتواند اثر کاهش واقعی میزان اسیدهای آلی در نتیجه مصرف طی تنفس را بپوشاند.

1-Pomegranate Fruit (cv Mollar de Elche)

جدول۲- میانگین (± انحراف معیار) خصوصیات دانه‌های انار (n=٦)

تاریخ نمونه برداری	pH	مواد جامد محلول کل (٪)	اسیدیته (٪)	آنتوسیانین کل (mg/l)
۹۷/۸/۲۲	۳/۶۳±۰/۰۱[a]	۱۶/۱۷±۰/۹۳[a]	۱/۳۰±۰/۳۸[a]	۸۸/۵۰±۰/۳۰[a]
۹۷/۹/۱۰	۳/۷۴±۰/۱۲[a]	۱۶/۳۳±۰/۵۲[a]	۱/۰۵±۰/۱۴[a]	۸۸/۵۰±۲/۲۱[a]
۹۷/۹/۱۹	۳/۵۳±۰/۲۰[a]	۱۶/۰۰±۰/۸۹[a]	۱/۲۷±۰/۱۲[a]	۹۷/۱۳±۶/۱۵[a]
۹۷/۱۰/۱	۳/۶۵±۰/۱۳[a]	۱۵/۷۷±۱/۰۴[a]	۱/۰۹±۰/۱۳[a]	۹۸/۸۰±۳/۸۶[a]
۹۷/۱۰/۱۷	۳/۷۱±۰/۲۰[a]	۱۷/۳۳±۰/۵۲[b]	۱/۱۰±۰/۳۳[a]	۷۱/۶۵±۲/۱۳[b]

*حروف مشابه در هر ستون، در آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

۳-۸- میزان آنتوسیانین کل

همان‌طورکه در جدول۲ مشاهده می‌شود میانگین آنتوسیانین کل دانه انار بین۷۱/۶۵±۲/۱۳ تا ۹۸/۸۰±۳/۸۶ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشت. تا چهار زمان اول نگهداری، مقدار آنتوسیانین تغییر معنی‌داری نداشت ولی با افزایش زمان، به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. میانگین میزان آنتوسیانین میوه انار تازه رقم بجستانی، ۱۵۸/۵ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است (۱۰). مقدار آنتوسیانین اندازه‌گیری شده در این مطالعه، کم‌تر از مقدار فوق است که صرف‌نظر از رقم، ممکن است به‌دلیل قهوه‌ای شدن برخی از دانه‌های انار مورد مطالعه باشد. این نتایج با یافته‌های صفی زاده در سال ۱۳۹۸ در خصوص میزان آنتوسیانین میوه انار (رقم ربابنی‌ریز) نگهداری شده به مدت ۴ ماه در دمای ۵ درجه سلسیوس مطابقت دارد (۹). این محقق ثابت ماندن یا افزایش آنتوسیانین‌ها در ماه‌های اول انبارداری در سردخانه را به ادامه فرآیند رسیدن و زیست ساخت مواد فنلی و آنتوسیانینی پس از برداشت مرتبط دانسته است که در دماهای سرد تحریک می‌شود. کاهش میزان آنتوسیانین در ماه‌های بعدی نگهداری به احتمال زیاد مربوط به تجزیه آنتوسیانین است که در نگهداری طولانی‌مدت سایر میوه‌ها نیز اتفاق می‌افتد (۹).

۳-۹- خصوصیات بافت

میزان سفتی بافت میوه و دانه انار طی مدت انبارداری در سردخانه در جدول۳، نشان داده شده است.

جدول۳- میانگین (± انحراف معیار) میزان سفتی (نیوتن) میوه و دانه نمونه‌های انار(n=٦)

تاریخ نمونه برداری	میوه			دانه		
	بزرگ	متوسط	کوچک	بزرگ	متوسط	کوچک
۹۷/۸/۲۲ (زمان اول)	۴۶۷/۵۰±۴۷/۹۴Aa	۴۷۱/۳۵±۳۶/۹Aa	۳۶۷/۶۵±۲۶/۸۶Aa	۷/۶۱±۲/۳۴Ab	۹/۸۲±۰/۷۷Aa	۹/۳۵±۲/۴۷Aa
۹۷/۹/۱۹ (زمان سوم)	۴۲۹/۲۰±۶۴/۴۹Aa	۴۱۸/۲۰±۹/۰Aa	۳۷۵/۴۰±۸۳/۱۵Aa	۲/۸۶±۰/۰۰Aa	۸/۶۱±۱/۴۲Ba	۱۱/۰۵±۰/۳۱Ba
۹۷/۱۰/۱۷ (زمان پنجم)	۵۰۱/۳۵±۰/۲۱Ba	۴۹۸/۷۵±۳/۰۴Ba	۴۲۸/۰۵±۱۳/۲۲Aa	۲۱/۶۸±۰/۶۸Ac	۲۲/۳۰±۰/۲۸Ab	۲۳/۱۷±۳/۱۵Ab

*در خصوص دانه و میوه، حروف بزرگ مشابه در هر سطر و حروف کوچک مشابه در هر ستون، در آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

همان‌طورکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در میوه‌های با هر سه اندازه بزرگ، متوسط و کوچک طی زمان نگهداری در سردخانه تغییرات سفتی دانه کاملاًمعنی‌دار (p< ۰/۰۱) و تغییرات سفتی میوه معنی‌دار (p> ۰/۰۵) نبود. در پایان انبارداری، سفتی بافت دانه به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از زمان‌های قبل بود. با توجه به استفاده از آزمون فشاری، علت این امر می‌تواند تحلیل بافت گوشتی اطراف هسته دانه‌انار (عمدتاً به‌دلیل از دست دادن رطوبت) و کاهش الاستیسیته بافت آبدار باشد که باعث می‌شود در هنگام فشردن با عمق نفوذ یکسان، نیروی بیشتری صرف فشردن هسته سفت دانه شود. در اولین زمان نمونه‌برداری، تفاوت معنی‌داری (p< ۰/۰۵) بین سفتی بافت دانه و میوه انارهای با اندازه‌های مختلف مشاهده نشد. در سومین زمان نمونه‌برداری، همچنان سفتی بافت میوه معنی‌دار نبود اما سفتی بافت دانه‌های میوه‌های بزرگتر، به‌طور معنی‌داری کمتر از سفتی بافت دانه‌های میوه‌های با اندازه متوسط و کوچک بود. در پایان مدت انبارداری، روند تغییرات سفتی میوه و دانه با گذشته تغییر کرده است. تفاوت سفتی بافت در دانه‌های انار معنی‌دار نبوده و سفتی بافت از میانگین ۱/۸۸±۸/۹۳ نیوتن در شروع انبارداری به میانگین ۱/۵۹± ۲۲/۳۹ نیوتن رسیده است. قربانی و همکاران (۱۳۹۶) نیز میانگین سفتی میوه انار را ۹/۳۷ نیوتن بیان کردند (۱۰) که با ویژگی‌های انار در پژوهش حاضر مطابقت دارد.در پایان مدت نگهداری، میوه‌های‌انار بزرگ و متوسط همچنان سفتی بافت خود را حفظ کرده بودند اما میوه‌های انار با اندازه کوچک به‌طور معنی‌داری نرمتر از دو اندازه متوسط و بزرگ بودند که احتمالاً بیانگر بروز فسادهای آنزیماتیک و فیزیکوشیمیایی در این میوه‌ها است که با نتایج شکل ۲ در خصوص افزایش میزان تنفس در این زمان مطابقت دارد. این نتایج، هم‌چنین با مشاهدات آرندسه و همکاران (۲۰۱۴) هم‌سو است. این محققان نیز کاهش معنی‌دار سفتی میوه انار را در آزمون فشاری طی ۵ ماه نگهداری در سردخانه با دمای ۵ درجه سلسیوس گزارش کردند (۱۳). اکرامی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) نیز کاهش سفتی انار رقم واندرفول را طی ۵ ماه نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس مشاهده کرده و آن را به کاهش انسجام دیواره‌های سلولی دانه‌های انار مرتبط دانستند (۱۷). کاهش سفتی بافت در میوه همچنین می‌تواند در اثر آسیب‌های سرمایی به وجود آید که در نهایت منجر به کاهش یکپارچگی دیواره سلولی در انار شده است (۱۸).

٤- نتیجه‌گیری

در بررسی نمونه‌های انار معلوم شد که تعداد زیادی از میوه‌ها، دچار آسیب‌دیدگی به‌ویژه در محل تاج بودند که ممکن است در مرحله برداشت یا جابجایی رخ داده باشد. قهوه‌ای شدن و ترک‌های ریز پوست انار نیز قابل توجه بود که از باغ به سردخانه منتقل شده و باعث خشکی دانه انار می‌شود. میزان تنفس در چهار زمان اول نمونه برداری، تفاوت معنی‌داری نداشت اما در پایان دوره نگهداری در سردخانه، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش تنفس با نرم شدن بافت میوه انار همراه بود. مقدار رطوبت دانه در سه زمان اول نمونه‌برداری، تقریباً ثابت بود و تفاوت آماری معنی‌داری نداشت اما با گذشت زمان کاهش معنی‌داری دررطوبت دانه انار دیده شد. روند تغییرات رطوبت در پوست انار تقریباً برعکس دانه انار بود و با گذشت زمان، میزان رطوبت پوست میوه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقدار pH، مواد جامد محلول کل، اسیدیته و آنتوسیانین انار در بازه زمانی نمونه‌برداری در دامنه مورد نظر استاندارد و تحقیقات پیشین قرار داشت و در یک و نیم ماه اول نگهداری تفاوت معنی‌داری در این شاخص‌ها مشاهده نشد. نگهداری به مدت ۵۵ روزباعث افزایش معنی‌دار مقدار مواد جامد محلول و کاهش معنی‌دار مقدار آنتوسیانین‌ها شد. در پایان مدت نگهداری، میوه‌های انار بزرگ و متوسط همچنان سفتی بافت خود را حفظ‌کرده بودند اما میوه‌های انار با اندازه کوچک به‌طور معنی‌داری نرمتر از دو اندازه متوسط و بزرگ بودند که با نتایج در خصوص افزایش میزان تنفس در این زمان مطابقت دارد. با وجود طبیعی بودن اغلب ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ظاهری میوه و دانه انار، عارضه قهوه‌ای (کشمشی) شدن دانه‌ها در تمام نمونه‌برداری‌ها، بین نمونه‌های انتقالی از

سردخانه، به‌وفور مشاهده شد. این ناهنجاری در میوه‌های بزرگتر، میوه‌های با مواد جامد محلول بیشتر، میوه‌های دارای رنگ کمتر در قسمت خوراکی، بیشتر مشاهده شد.

۵- منابع

۱. احمدی، ن.، نوربخش، ر.، فرجی، م. و فدوی، ق.۱۳۹۱. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هشت رقم عمده انار تولید شده در ایران. *مجله ی علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، سال هفتم، شماره ۵. ۸۲-۷۷.

۲. جعفری‌زاده، س. ۱۳۸۵. روش اندازه‌گیری رطوبت. اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا و دارو، شماره F1.5.

۳. خانیان، م. و قنبریان، د. ۱۳۹۵. بررسی اثر چهار نوع لایه پوششی بر خواص فیزیکی-شیمیایی میوه انار (رقم میخوش). *نشریه علوم باغبانی* (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۳۰، شماره ٤، ٦٧٠-٦٦١.

٤. زارعی محمدآباد، م. و عزیزی ارانی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شش رقم میوه انار ایران در مرحله رسیدن. *نشریه علوم باغبانی* (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ٢٤، شماره ۲، ۱۸۳- ۱۷۵.

۵. سازمان‌ملی استاندارد ایران. ۱۳۷٦. اندازه‌گیری pH در فرآورده‌های میوه و سبزی. استاندارد ملی ایران، شماره ٤٤٠٤.

٦. سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸٦. آب میوه‌ها- روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ۲٦۸۵، تجدیدنظراول.

۷. سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۹۲. عملیات خوب کشاورزی ایران (ایران گپ)- انار. استاندارد ملی ایران، شماره ١٦٥٤٩، چاپ اول.

۸. سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۹۳. میوه انار- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ۲٦۲، تجدید نظر ششم.

۹. صفی زاده، م. ر. ۱۳۹۸. اثر بسته بندی با اتمسفر تغییر داده شده فعال و غیر فعال بر کیفیت میوه‌های انار رقم رباب نی ریز در دوره انبار سرد. *مجله علوم و فنون باغبانی ایران*. جلد ۲۰، شماره ۱، ٦٤ - ۵۱.

۱۰. قربانی، م.، صداقت، ن.، میلانی، ا. و کوچکی، ا. ۱۳۹٦. ارزیابی ویژگی‌های رنگی و بافت‌سنجی دانه‌های انار آماده مصرف طی دوره نگهداری و بهینه‌یابی شرایط مختلف بسته‌بندی با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM). *مجله علوم و صنایع غذایی*، شماره ٦٦، دوره ١٤، ١٦-١.

۱۱. مسعودیان، ا. ۱۳۸۳. بررسی روند دمای ایران در نیمسده گذشته. *مجله جغرافیا و توسعه*. ۸۹-۱۰٦.

۱۲. میردهقان، س. ح. ۱۳۹۰. قهوه‌ای شدن دانه‌های انار و چشم‌انداز راه کارهای مناسب جهت جلوگیری و کاهش این ناهنجاری فیزیولوژیکی. *مجموعه مقالات همایش ملی انار*، ١٤-١٣ مهر۹۰، مرکز تحقیقات انار فردوس، مشهد مقدس.

13. Arendse, E., Fawole, O.A. and Opara, U.L. 2014. Influence of storage temperature and duration on postharvest physico-chemical and mechanical properties of pomegranate fruit and arils. *CyTA-Journalof Food*, 12(4):389-398.
14. Ayhan, Z. and O. Eştürk .2009. "Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged “ready-to-eat” pomegranate arils. *Journal of food science*, 74(5): C399-C405.
15. .Barman, K., Asrey, R. and Pal, R.K. 2011. Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and

Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 202(6):481-485.
24. Giménez, M.J., Valverde, J. M., Valero, D., Zapata, P.J., Castillo, S. and Serrano, M. 2016. Postharvest methyl salicylate treatments delay ripening and maintain quality attributes and antioxidant compounds of 'Early Lory'sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 117:102-109.
25. Gross, K.C., Wang, C.Y. and Saltveit, M. 2016. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
26. Jalikop,S.H., Venugopalan, R. and Kumar, R.. 2010. Association of fruit traits and aril browning in pomegranate (*Punica granatum* L.).*Euphytica*, 174(1): 137-141.
27. Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops, University of California Agriculture and Natural Resources.
28. Kader, A.A. 2006. 14 Postharvest Biology and Technology of Pomegranates. *Pomegranates*: 211.
29. Mahmoodi Tabar, S., Trhranifar, A., Davarynejad, G.H., Nemati, S.H. and Zabihi, H.R. 2009. Aril paleness. New physiological disorder in pomegranate fruit (*Punica granatum* L.): physical and chemical changes during exposure of fruit disorder. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 50(4):300-307.
30. Meighani, H., Ghasemnezhad, M. and Bakhshi, D. 2014. Evaluation of biochemical composition and enzyme activities in browned arils of pomegranate fruits. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1(1): 53-65.
31. Mirdehghan, S.H., Rahemi, M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Serrano, M. and Valero, D. 2007. Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf-life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest Biology and Technology,* 44(1): 26-33.

preserve pomegranate fruit quality during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 130(4):795-800.
16. Caleb, O.J., Mahajan, P.V.,Opara, U.L., Witthuhn, C.R. 2012.Modelling the respiration rates of pomegranate fruit and arils. *Postharvest Biology and Technology*, 64 (1):49-54.
17. Ekrami-Rad, N., Khazaei, J. and Khoshtaghaza, M.H. 2011. Selected mechanical properties of pomegranate peel and fruit. I*nternational Journal of Food Properties*, 14(3): 570-582.
18. Elyatem, S. M. and A. A. Kader 1984. Post-harvest physiology and storage behaviour of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 24(3-4): 287-298.
19. Fawole, O.A., Opara, U.L. and Theron, K.I. 2012. Chemical and phytochemical properties and antioxidant activities of three pomegranate cultivars grown in South Africa. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7): 2934-2940.
20. Fawole, O.A., Atukuri, J., Arendse, E. and Opara, U.O. 2020. Postharvest physiological responses of pomegranate fruit (cv. Wonderful) to exogenous putrescine treatment and effects on physico-chemical and phytochemical properties. *Food Science and Human Wellness*, 9(2):146-161
21. Fawole, O. A. and U. L. Opara. 2013. Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit. *Industrial crops and products*,47: 300-309.
22. Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M. and 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(2):368-374.
23. Gil, M. I., Sanchez, R., Marin J. G. and Artes, F. 1996. Quality changes in pomegranates during ripening and cold storage. *Zeitschrift für*

32. Opara, L.U., Al-Ani, M.R. and Al-Shuaibi, Y.S. 2009. Physico-chemical properties, vitamin C content, and antimicrobial properties of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 2(3): 315-321.
33. Shivashankara, K.S., Subhas Chander, M., Laxman, R.H., Vijayalaxmi, G.P. and Bujjibabu, C.S. 2004. Physiological and biochemical changes associated with aril browning of pomegranate (*Punica granatum cv. Ganesh*).*Plant Physiology and Biochemistry*, 31(2): 149-152.

(Original Research Paper)

The Effect of Cold Storage on the Aril Browninig Phenomenon of Pomegranate Fruit

Behjat Tajeddin[1*], Homa Behmadi[1], Seddigheh Pardis Kian[2]

1- Faculty Member of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, karaj, Iran.

2- M.Sc. Graduated of Analytical Chemistry, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, karaj, Iran.

Received: 10/02/2020 Accepted:14/08/2020

Abstract

The pomegranate fruit with scientific name Punica granatumL. has attracted the attention of many researchers, traders and industry owners due to its health-promoting and useful compounds such as anthocyanins and phenolic compounds.Export of pomegranate and its products have had a special place in the country's non-oil exports. The occurrence or extend of some physiological abnormalities causes a decrease in quality and causes irreparable damage to pomegranate production and supply chain activists. The phenomenon of browning, commonly known as pomegranate raisins, is a physiological complication in which the loss of the edible part of the fruit causes softening, discoloration, deformity and altering the taste and aroma of the seeds. The damaged fruit is not suitable for consumption; while there are no apparent signs of abnormality in their skin and shape.Hence,evaluation of the physical characteristics of pomegranate fruit and seeds, physicochemical properties of pomegranate seeds and physiological test of respiration on pomegranate fruit were performed on the samples of the Neiriz area(Fars provience) pomegranates during 55 days in cold storage.The results showed that pH, total soluble solids, acidity and pomegranate anthocyanin were in the range of standards and previous researches.Storage time significantly increased the amount of soluble solids, respiration rate, and significantly reduced the amount of moisture and anthocyanins.By the end of the storage period, large and medium-sized pomegranate fruits retained their hard texture, but small-sized pomegranate fruits were softer than both medium and large sizes.Arill browning of pomegranate was observed in a significant percentage of pomegranates with a very marketable appearance.

Key Words: Anthocyanin, Aril Browning, Cold Storage, Pomegranate.

*Corresponding author: behjat.tajeddin@yahoo.com