انجماد دانه‌های انار پوشش داده شده با کیتوزان و بررسی کیفیت آن در طی نگهداری به صورت انجماد

بابک محمودی[1]، اکبر جوکار[2*]، فرزین عبدالهی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد،گروه فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت محصولات باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان

2- استادیار، بخش فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

3- استادیار، گروه فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت محصولات باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان

(تاریخ دریافت: 98/07/06 تاریخ پذیرش: 98/09/16)

چکیده

حفظ کیفیت تغذیه‌ای و نگهداری دانه‌های انار بدلیل تنزل سریع بافت، رنگ و کیفیت کلی آن‌یک چالش عمده است که باید موردتوجه قرار گیرد. در این راستا بمنظور بررسی انجماد دانه‌های انار پوشش داده شده با کیتوزان و تعیین کیفیت آن طی انجماد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. عامل اول کیتوزان در سه سطح (0، 1 و 2 درصد)، عامل دوم دمای انجماد در دو سطح (14- و24°C-) و عامل سوم زمان نگهداری در حالت انجماد در 5 زمان مختلف نگهداری (۹۰،۶۰،۳۰،۱۴ و120 روز) بود. نتایج نشان داد بیشترین سفتی بافت میوه مربوط به 14 روز نگهداری تحت هردو غلظت کیتوزان بود. بیشترین تغییرات رنگ شاخص‌های روشنایی (L*)، قرمزی (a*) و زردی (b*)، مربوط به استفاده از پوشش کیتوزان 2 درصد، در زمان 60 روز نگهداری بود که به ترتیب افزایش 12/7، 64/3 و 88 درصدی داشت. بیشترین مواد جامد محلول (21/2 درصد) مربوط به تیمار دانه‌های انار پوشش داده‌شده توسط یک درصد کیتوزان تحت 4 ماه نگهداری در دمای انجماد°C 14- بود. بیشترین مقدار اسیدیته کل (1/36 میلی‌گرم بر لیتر) نیز اختصاص به دانه‌های انار با درصد پوشش کیتوزان طی 120 روز نگهداری تحت هر دو دمای انجماد 14- و°C 24- داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان پایداری فنل کل تحت دمای انجماد °C 14- بیشتر بود و بعد از 120 روز نگهداری مقدار فنول بیشتری دردانه‌ها نسبت به دمای 24- مشاهده شد. نتایج کلی بیانگر اثر مثبت کیتوزان بر حفظ کیفیت دانه‌های انار طی انجماد بود و دمای انجماد 24- با کاهش تغییرات رنگ طی نگهداری نقش مهمی در کاهش فعالیت‌های متابولیکی و کاهش آنتوسیانین داشته و در حفظ کیفیت دانه‌های انار مؤثر بود.

کلید واژگان: دانه‌های انار، پوشش‌دهی، انجماد، کیتوزان

*مسئول مکاتبات: akbarjokar@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

1- مقدمه

میوه انار به دلیل دارا بودن مواد مؤثر در سلامتی، محبوبیت زیادی پیدا کرده است. حذف پوست انار و ارائه دانه‌های آن با حداقل فرآوری (دانه‌های آماده مصرف) یک روش جدید ارائه انار در بازار است و همچنین امکان استفاده از انارهای نامرغوب برای تولید یک فرآورده جذاب را افزایش می‌دهد [1]. مصرف میوه انار به صورت تازه خوری به دلیل سخت بودن حذف پوست میوه و جدا کردن دانه‌های انار (آریل‌ها) برای مصرف کنندگان مشکل می‌باشد به همین دلیل استفاده از آریل‌های تازه انار به صورت آماده برای خوردن گزینه‌ای مناسب برای جلب توجه مصرف‌کنندگان میوه انار است [2]. امروزه دانه‌های انار آماده مصرف به علت سهولت مصرف، ارزش تغذیه‌ای بالا و خصوصیات حسی منحصر به فرد عامه پسند شده‌اند. با این وجود مدت زمان نگهداری دانه‌های انار آماده مصرف نسبت به میوه کامل انار کوتاه می‌باشد [3]، بنابراین حفظ کیفیت تغذیه‌ای و میکروبی دانه‌های انار یک چالش عمده است زیرا به راحتی بافت، رنگ و کیفیت کلی تنزل می‌یابد، همچنین ارائه دانه انار باحداقل فرآوری می‌تواندیک راه عالی برای به دست آوردن سود تجاری از انارهای ضایعاتی باشد [4].

در پژوهش‌های مختلف روش‌های متعددی جهت انبارمانی طولانی مدت انار بررسی شده است که از آن جمله می‌توان به استفاده از گرمادهی متناوب [5]، دمای پایین [6] اتمسفر کنترل شده [8] و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی [8] اشاره نمود. معمولاً نگهداری انار در دمای کمتر از^{o}C 5، تنها به مدت 2 ماه امکان پذیر است و پس از آن، به‌شدت علائم سرمازدگی به شکل لکه‌های سطحی، قهوه‌ای شدن پوست، بی‌رنگ شدن آریل‌ها و همچنین قهوه‌ای شدن پرده‌های غشایی جدا کننده آریل بروز می‌نماید [8].

مارتینز-رومرو و همکاران (2013)، اعلام کردند که پوشش‌دهی دانه‌های انار با ژل آلوورا منجر به کاهش قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌های مزوفیل هوازی شده و همچنین باعث حفظ سفتی و افزایش میزان آنتوسیانین و مواد فنلی کل شدند. ویژگی‌های حسی دانه‌های انار پوشش‌دهی‌شده با ژل آلوورا نسبت به نمونه کنترل بهتر بودند [9]. اوز و اولوکانلی (2012)، نشاسته را برای پوشش‌دهی دانه‌های انار در ترکیب با روغن سیاه‌دانه[1] به‌کار گرفتند و اعلام کردند که پوشش‌دهی نشاسته همراه با 300 mg/L و 600 روغن به میزان قابل توجهی موجب کاهش نرمی دانه‌های انار، کاهش وزن، قهوه‌ای‌شدن، کاهش ویتامین ث، از دست رفتن آنتوسیانین و فساد میکروبی شد [10].

کیتوزان یک ماده چندقندی است که از واحدهای گلوکز آمین و ان- استیل گلوکز آمین (با اتصالات بتا 1 و 4) تشکیل‌شده است. کیتوزان از استیل زدایی کیتین، یکی از فراوان‌ترین پلیمرهای طبیعی به دست می‌آید و در ساختار اسکلت خارجی سخت‌پوستان وجود دارد. هم‌چنین در بسیاری از حشرات و قارچ‌های خوراکی وجود دارد [11]. پوشش کیتوزان تولید آنزیم کیتیناز را به وسیله خود میوه تحریک می‌کند که یک فعالیت ضدقارچی طبیعی است [12]. امروزه از کیتوزان هم به‌عنوان یک افزودنی سالم و هم یک فیلم استفاده می‌شود. به‌علاوه ویژگی‌های منحصربه‌فرد کیتوزان و توانایی ضدمیکروبی و خواص فیلم‌سازی خوب آن در کنار قدرت الحاق به اسانس‌های گیاهی این پلیمر را از سایر پلیمرهای تجزیه‌پذیر جدا و به گزینه خوبی برای استفاده در بسته‌بندی فعال تبدیل کرده است [13]. کیتوزان و فیلم‌های چندلایه کیتوزان دارای عوامل ضد میکروبی، نوعی از بسته‌بندی فعال را فراهم می‌کنند که مواد محافظ آزادشده از فیلم روی سطح غذا رسوب‌کرده و از رشد میکروبی جلوگیری می‌کنند [14]. وارسته و همکاران (2012)، دانه‌های انار رباب نی‌ریز را با کیتوزان پوشش‌دهی کرده و اعلام کردند که آنتوسیانین کل و کرومای رنگ در کلیه تیمارها کاهش یافت اما این کاهش در تیمارهای حاوی کیتوزان به ویژه در دمای ^{o}C 2 نسبت به ^{o}C5 خیلی کمتر بود [15]. هن و همکاران (2004) توت‌فرنگی را با کیتوزان پوشش‌داده و سپس منجمد کردند. آنها اعلام کردند که پوشش‌دهی با کیتوزان موجب کاهش آب‌چک و حفظ کیفیت بافت توت‌فرنگی‌های منجمد پس از رفع انجماد گردید [16]. سورس و همکاران (2017) گزارش دادند که کیتوزان موجب کاهش باکتری‌های ماهی منجمد پوشش‌داده شده با کیتوزان گردید. پوشش‌دهی با کیتوزان موجب کاهش اکسیداسیون ماهی منجمد و افزایش کیفیت حسی آن گردید [2]. عبودی و همکاران (1393) تاثیر روش انجماد بر دانه‌های انار پوشش داده شده با کیتوزان را بررسی کرده و

1. Nigella sativa

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

اعلام کردند که بهترین روش انجماد غوطه‌وری در نیتروژن مایع است هر چند که ترک‌هایی در سطح دانه ایجاد می‌شود. آنها مدت زمان مناسب نگهداری دانه انار منجمد را حدود 2 ماه اعلام کردند و گزارش دادند که دانه‌های انار پوشش‌دار منجمد شده پس از رفع انجماد نسبت به شاهد کیفیت بهتری داشتند. پوشش کیتوزان موجب ممانعت از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها در سطح دانه‌ها گردید. میزان رطوبت دانه‌های انار با پوشش 0/5 و 1 درصد کیتوزان در طول 12 روز ثابت ماند. کیتوزان از افزایش مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتر انار جلوگیری کرد و همچنین از کاهش مواد فنل کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت ضد اکسایشی در طی انبار مانی جلوگیری کرد [17].

کاربرد تیمار مناسب پس از برداشت، در حفظ ارزش غذایی، مزه، بافت و کیفیت ظاهری محصول می‌تواند مؤثر باشد [18]. در این پژوهش ابتدا پوشش‌دهی دانه‌های انار با کیتوزان انجام و پس از آن دانه‌ها منجمد شده و کیفیت آنها در طول نگهداری به صورت منجمد و پس از آن بررسی گردید.

2- مواد و روش‌ها

انارها در آبان ماه 1396 از باغی واقع در بخش آباده طشک از توابع شهرستان نیریز برداشت شده و بلافاصله در سبدهای مخصوص و در دمای مناسب به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس ایستگاه تحقیقاتی زرقان منتقل شد و تا زمان آزمایش در دمای ^{o}C 5 نگهداری شدند. انارها شسته و خشک شده و دانه‌های انار به صورت دستی تحت شرایط کاملاً بهداشتی از پوسته جدا شده و برای اطمینان از یکنواختی نمونه‌ها، دانه‌ها با یکدیگر مخلوط شدند. دانه‌ها در محلول کیتوزان در غلظت‌های 0، 1 و 2 درصد (W/V) در دمای محیط به مدت 10 دقیقه غوطه‌ور و سپس در معرض هوا، آب سطحی آن‌ها حذف شد. دانه‌های انار پوشش‌دار در ظروف پلی‌پروپیلنی 100 گرمی بسته‌بندی و در دماهای 14- و ^{o}C 24- در فریزر آزمایش ساخت ایران مجهز به تنظیم دما منجمد شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها در روز اول قبل از انجماد، هفته اول پس از انجماد اندازه‌گیری شده و در فواصل زمانی یک‌ماهه تا چهار ماه نیز بررسی شد. صفات اندازه‌گیری شامل: رنگ، سفتی بافت، ویتامین ث، آنتوسیانین، فنول کل، آب چک، اسیدیته و مواد جامد محلول بود. قبل از انجام تیمارها مقادیر اولیه صفات مورد ارزیابی اندازه‌گیری شد.

2-1-صفات مورد بررسی

2-1-1-رنگ

رنگ دانه‌های انار قبل و در حین نگهداری با استفاده از دستگاه رنگ سنج لاوی باند، به صورت عددی L^*، a^* و b^* (به ترتیب از سیاهی به سفید، سبز به قرمز و آبی به زرد) تعیین و گزارش‌شد و تغییر رنگ کلی ($E\Delta$) نیز با استفاده از رابطه یک (هرناندز و همکاران، 2008) محاسبه شد.

رابطه (1)

$$E = [(L^*- L_0^*)^2 + (a^*- a_0^*)^2 + (b^*- b_0^*)^2]^{1/2}\Delta$$

L_0^* و a_0^*و b_0^*پارامترهای رنگ نمونه‌های انار تازه (بعد از برداشت) و L^*و a^*و b^*پارامترهای رنگ نمونه‌های انار پس از نگهداری بودند.

2-1-2- اسید قابل تیتراسیون (TA)

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی ابتدا 10 میلی‌لیتر از عصاره میوه را توسط پیپت داخل ظرف شیشه‌ای ریخته و به آن 20 تا 40 میلی‌لیترآب مقطر اضافه شد. داخل محلول فوق 2 تا 3 قطره معرف فنول فتالئینیک درصد اضافه و سپس عمل سنجش حجمی (تیتراسیون) توسط هیدروکسید سدیم 0/1 نرمال انجام شد. هنگامی که رنگ محلول حاوی عصاره میوه به قرمز روشن تبدیل شد، عمل تیتراسیون خاتمه می‌یابد. بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده در عمل تیتراسیون، مقدار اسید را در عصاره میوه به صورت درصد یا گرم در 100 میلی‌لیتر عصاره میوه محاسبه گردید. اسید قابل تیتراسیون با استفاده از معادله زیر محاسبه و ثبت گردید.

$$A=(S.N.E.F)/C\times100$$

N :نرمالیته NaOH

F : فاکتور NaOH

E : اکی والان سیتریک اسید

A: مقدار اسید در عصاره میوه (گرم در 100 میلی‌لیتر)

S : مقدار سود مصرف شده (میلی‌لیتر)

C : مقدار عصاره میوه (میلی‌لیتر)

2-1-3- مواد جامد محلول (TSS)

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر دستی (مدلMT-098P8A)، استفاده شد به این صورت که با استفاده از قطره چکان یک قطره از آب میوه تهیه شده روی دستگاه قرار داده و سپس عدد مورد نظر به عنوان

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

میزان مواد جامد محلول بر حسب بریکس یادداشت گردید. بریکس برابر با مواد جامد محلول در 100 گرم عصاره میوه می‌باشد.

2-1-4- محتوای فنل کل

بدین منظور ابتدا پنج میلی‌لیتر از نمونه مورد آزمایش، داخل یک ارلن 250 میلی‌لیتری ریخته شد و سپس 50 میلی‌لیتر از حلال ترکیبی متانول-استن-آب (با نسبت‌های مساوی) به آن اضافه شد. محلول به‌دست‌آمده 10 دقیقه در دمای ^{o}C 25 و سرعت g × 4000 سانتریفوژ و از مایع رویی برای آزمایش استفاده شد.

مواد فنلی کل با محلول فولین سیوکالتو و طبق روش Slinkard and Singleton(1977) اندازه‌گیری گردید. ابتدا 20 میکرو لیتر از عصاره استخراج‌شده به لوله‌آزمایش اضافه شد. سپس به ترتیب 1/16 میلی‌لیتر آب مقطر و 100 میکرو لیتر معرف فولین به آن اضافه و به‌خوبی مخلوط شد و قبل از 8 دقیقه، 300 میکرو لیتر سدیم کربنات 20 درصد را به آن افزوده و به‌خوبی مخلوط کرده و به مدت 30 دقیقه در بن ماری ^{o}C 40 قرار داده شد. نمونه‌ها به رنگ آبی درآمد و جذب آن‌ها در 760 نانومتر با طیف‌نورسنج خوانده شد. جذب نمونه‌ها با استاندارد گالیک اسید که مانند همین روش در غلظت‌های 0، 4، 8، 12، 16 و 20 میلی‌گرم در لیتر تهیه‌شده بود مقایسه و نتایج به‌صورت میلی‌گرم فنل در 100 میلی‌لیتر آب انار بر پایه گالیک اسید گزارش گردید.

2-1-5- آنتوسیانین

مقدار کل ترکیبات آنتوسیانینی نمونه‌ها طبق روش Lee و همکاران (2005)، با روش pH افتراقیو بادوبافرکلرید پتاسیم با pH=1و بافر استاتسدیم با pH= 4/5اندازه‌گیری شد [18]. یک میلی‌لیتر آب انار به 14 میلی‌لیتر اتانل 50 درصد اضافه و سانتریفوژ در 4000×g به مدت 15 دقیقه انجام شد. یک میلی‌لیتر از مایع رویی به 7 میلی‌لیتر از بافرهایی با pH برابر یک و 4/5 جداگانه اضافه شده و پس از 10 دقیقه، جذب هر دو در 510 و 700 نانومتر قرائت گردید و با استفاده از روابط 2 و 3، مقدار کل آنتوسیانین نمونه اندازه‌گیری شد.

$$A=(A_{510}-A_{700})pH_{1.0}-(A_{510}-A_{700})pH_{4.5}$$

A_{510} و A_{700} به ترتیب مقدار جذب در طول‌موج‌های 510 و 700 نانومتر می‌باشد. سپس مقدار کل آنتوسیانین هر نمونه با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$TA=\frac{(A\times MW\times DF\times 100)}{MA\times L}$$

MW وزن مولکولی پلارگونیدین 3 گلیکوزید (ملکول گرم 443)، DF فاکتور رقیق سازی، MA ضریب خاموشی مولی پلارگونیدین 3 گلیکوزید (15600) و L طول سل (1 cm) می‌باشد.

2-1-6- استحکام بافت

سفتی بافت دانه‌های انار از طریق آزمون نفوذ سنجی با دستگاه بافت سنج مدل TR Faccini ساخت شرکت Copernico-italy از کشور ایتالیا تعیین شد. برای این منظور، از پروب استوانه‌ای تخت به قطر 8 میلی‌متر با سرعت حرکت 2/5 میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد. حداکثر نیروی لازم (نیوتن) جهت تخریب بافت دانه انار اندازه‌گیری و ثبت گردید [17].

2-2- تجزیه‌و تحلیل آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. غلظت کیتوزان در 3 سطح (0، 1 و 2 درصد)، دمای انجماد در 2 سطح (14- و^{o}C24-) و زمان آزمایش در 5 سطح (دوهفته، یکماه، دو ماه، سه ماه، چهار ماه)مورد بررسی قرار گرفت؛ بنابراین 30 تیمار به دست می‌آید که 3 بار تکرار خواهد شد. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SASنسخه 9/2 تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال 5% انجام شد. رسم اشکال و برخی محاسبات با استفاده از نرم‌افزارExcel انجام گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1-تغییرات رنگ (L*, a*, b*, ΔE)

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، برهمکنش سطوح مختلف پوشش کیتوزان و زمان تأثیر افزایشی در تغییرات مؤلفه‌های رنگ داشت، به طوریکه بیشترین تغییرات رنگ شاخص‌های روشنایی (L*)، قرمزی (a*) و زردی (b*)، مربوط به استفاده از پوشش کیتوزان 2 درصد، در زمان 60 روز نگهداری بود که به ترتیب افزایش 12/7، 64/3 و 88 درصدی داشت. این روند تا زمان 60 روز ادامه داشته اما بعد از دو ماهتغییرات در شاخص‌های اشاره شده(L*, a*, b*)، کاهش نشان داد با این حال تغییرات سطوح مختلف کیتوزان و بدون پوشش کیتوزان تا 4 ماه نگهداری بیشتر از زمان دو هفته اول آزمایش بود (شکل 1). تغییرات رنگ کلی (ΔE) نشان دهنده تفاوت کلی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

پارامترهای رنگی اندازه‌گیری شده می‌باشد و می‌توان از آن به عنوان یک شاخص اصلی برای بررسی تغییرات رنگ بخصوص از لحاظ میزان تجزیه ترکیبات فنلی در طی فرآیند نگهداری استفاده نمود. برهمین اساس مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، سطوح مختلف پوشش کیتوزان طی زمان موجب کاهش تغییرات رنگ کل (ΔE)،در دانه انارشد به طوری که بیشترین میزان تغییرات در محدوده 14 تا 30 روز اول بوده و با افزایش زمان کمترین مؤلفه ΔEدر تیمار شاهد بدون اعمال پوشش سطوح کیتوزان بود (شکل 2).

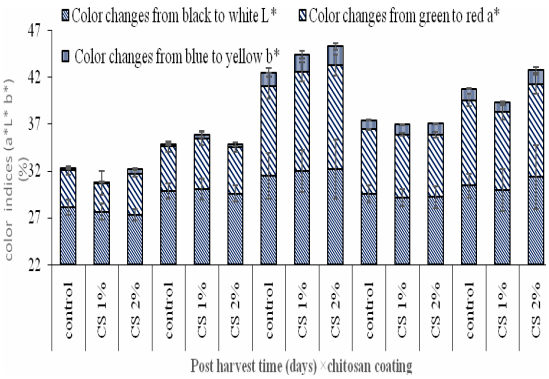

Fig 1 The interaction of different levels of chitosan and freezing time on color indices (a*L* b*) **(*P*<0.01)**

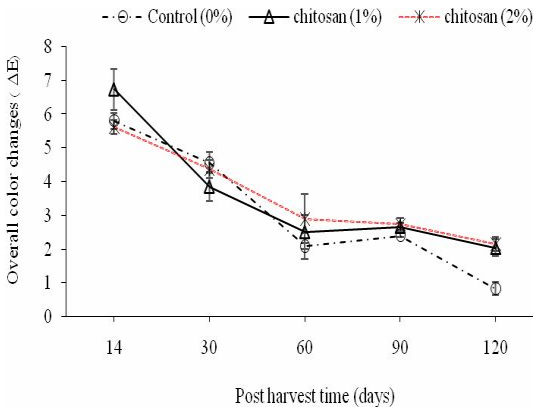

Fig 2 The interaction effect of different levels of chitosan coating and freezing time on changes total color(ΔE) (*P*<0.05)

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادکه برهمکنش دمای انجماد طی زمان نگهداری بر میزان مؤلفه‌های رنگ میوه انار تأثیرگذار بوده بطوریکه، بیشترین تغییرات رنگ شاخص‌های روشنایی (L*)، قرمزی (a*) وزردی (b*)، مربوط به دمای انجماد^{o}C 14- در 60 روز نگهداری بود که نشان‌دهنده تغییرات شدید متابولیکی و تأثیر تجزیه و سنتز متابولیت‌های ثانویه ازجمله آنتوسیانین‌ها بود. این نتایج نشان داد با سپری شدن بیشتر طول دوره نگهداری یعنی 90 و 120 روز میزان تغییرات رنگ کاهش نشان داد و تغییرات در دمای^{o}C 24- کاهش بیشتری داشت؛ اما نسبت به 14 روز اول تغییرات بیشتر بود (شکل 3).

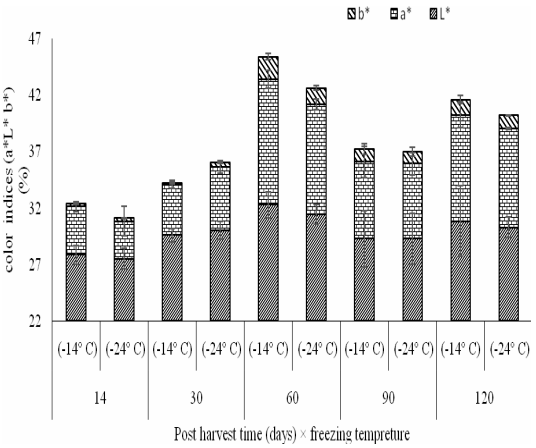

Fig 3 The interaction of freezing tempreture and post harvest time on color indices (a*L* b*) **(*P*<0.01)**

همچنین تغییرات رنگ کلی (ΔE) طی زمان در هر دو دمای انجماد^{o}C 14- و 24- کاهش شدیدی داشته که نشان می‌دهد در طی زمان موجب کاهش تغییرات و روند غیرفعال شدن آنزیم‌ها و پیری سلول‌های میوه می‌گردد (شکل 4).

رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ارزیابی عمر پس از برداشت و کیفیت میوه است. تحقیقات پیشین نشان داد که پوشش‌های مختلف در دوره انبارداری تغییر شاخص‌های رنگ میوه را به تأخیر می‌اندازد و باعث حفظ رنگ میوه در طول دوره نگهداری پس از برداشت می‌شود [15]. افزایش شاخص زاویهٔ هیو در انار رقم ملس ساوه تا چهل روز پس از انبارداری می‌تواند به‌واسطهٔ ادامهٔ ساخت آنتوسیانین در بذر پوشش‌داده شده‌ی انار باشد همچنین نتایج همسانی نیز در انار رقم ربابنی ریز تیمار شده با کیتوزان مشاهده شده است [15]، که در این پژوهش نیز سطوح کیتوزان و شاخص‌های رنگ نسبت به شاهد دوام بیشتری داشته (شکل 1 و 2) و دمای^{o}C 24- نیز تأثیر بهتری داشته است (شکل‌های 3 و 4). کاهش زاویهٔ هیو در پایان دوره انباری نتیجهٔ آسیب آنتوسیانین‌ها می‌باشد به نظر می‌رسد تیمارهای دارای پوشش با حفظ بیشتر آنتوسیانین‌های

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]
[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

موجود در دانه‌های پوشش داده‌شده تغییر شاخص‌های رنگ را در مقایسه با شاهد کندتر کرده است در آناناس نیز کاربرد واکس کارنابا سبب به تأخیر انداختن تغییر رنگ میوه‌ها در دوره انبارداری شده است [19].

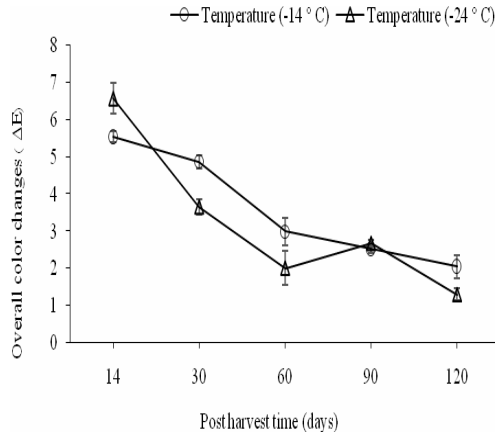

Fig 4 The interaction of freezing temperature and time on total color changes **(*P*<0.01)**

همچنین در توت فرنگی و تمشک جنگلی استفاده از پوشش کیتوزان باعث به تأخیر افتادن تغییر رنگ میوه اشد، در این میوه‌ها کیتوزان با کاهش از دست رفتن رطوبت، تغییر pH را به تأخیر انداخته و باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله آنزیم پلی فنل اکسیداز و حفظ رنگ قرمز آنتوسیانین شد [20]، بنابراین، به نظر می‌رسد که تفاوت تیمارهای پوششی در حفظ شاخص‌های رنگیزه پوشش داده شده می‌تواند به توانایی شان در به تأخیر انداختن پیری و کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده آنتوسیانین بر اساس فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی مربوط باشد. بطوریکه در این پژوهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی شامل آنتوسیانین کل و فنل کل در طول دوره انبارداری با سطوح کیتوزان و دمای انجماد 24- پایداری بیشتری داشتند.

3-2-سفتی بافت میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثرات دوگانه سطوح کیتوزان و زمان بر سفتی بافت میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین سفتی بافت میوه مربوط به دو هفته اول و دو سطح کیتوزان بود که تفاوت معنی‌داری با شاهد (بدون پوشش کیتوزان در 14 روز اول) داشت، با افزایش زمان نگهداری از استحکام بافت میوه به‌شدت کاسته شد و این کاهش بعد از 60 رو به 120 روز شدت بیشتری داشت، در پایان 120 روز نگهداری بیشترین میزان سفتی بافت میوه مربوط به سطح یک درصد کیتوزان بود که با سطح 2 درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 5).

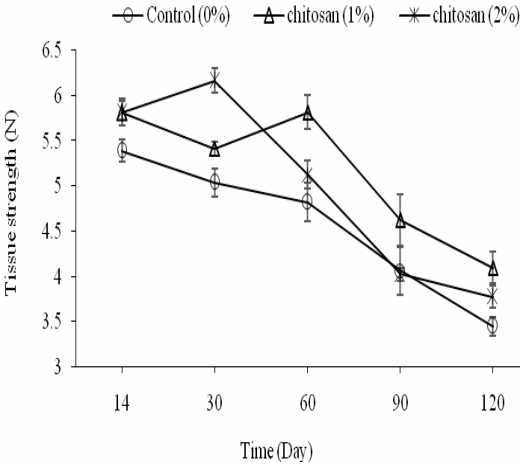

Fig 5 Interaction effect of different levels of chitosan coating and freezing time on fruit firmness **(*P*<0.01)**

حفظ ساختمان بافت دانه‌های انار پوشش داده‌شده با کیتوزان می‌تواند با حفظ رطوبت و شادابی ارتباط داشته باشد (شفیعی[2] و همکاران، 2010). در تحقیقی دلیل این امر را به تبادلات گازی بیشتر و سهل‌تر میوه‌های بدون پوشش با محیط و در نتیجه تعرق و تنفس و همچنین اتلاف آب بیشتر در آن‌ها نسبت داده‌اند [21]. در مقابل پوشش دهی ممکن است با محدود نمودن تبادل گازها از طریق پوست و افزایش دی‌اکسید کربن در اطراف میوه سبب کاهش شدت تنفس و از دست‌دهی رطوبت در نتیجه ایجاد میکرواتمسفر اشباع در اطراف محصول شود [22].

Liu و همکاران (2007)، گزارش نمودند که کیتوزان یک درصد اثر بیشتری نسبت به شاهد بر روی سفتی گوجه‌های تیمار شده نشان داد [23]. Duanو همکاران(2011)، نیز بیان کردند میوه‌های زغال اخته تیمار شده با پوشش خوراکی از جمله کیتوزان در مقایسه با میوه‌های فاقد فیلم خوراکی سفتی بافت بیشتری را نشان دادند [24]. با توجه به حفظ سفتی بافت دانه‌های دارای پوشش کیتوزان در پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کیتوزان، درکاهش رطوبت و از دست رفت آب، جلوگیری از فعالیت عوامل میکروبی، تنفس و

2. Shafiee

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

همچنین فعالیت آنزیم‌های بتاگالاکتوزیداز، پلی‌گالاکتوروناز و پکتین متیل استراز که مهم‌ترین آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی هستند و مسئول نرم کردن میوه هستند، نقش دارد [25].

3-3-مواد جامد محلول

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول 1)، بیشترین مواد جامد محلول در تیمار برهمکنش پوشش دانه‌های انار با یک درصد کیتوزان و دمای انجماد ^{o}C 14- در طی 4 ماه انبارداری بود و کمترین میزان مواد جامد محول در بدون پوشش کیتوزان و دمای ^{o}C 14- در 90 روز نگهداری مشاهده گردید. نتایج کلی بیانگر افزایش مواد جامد محلولدر طول دوره انبارمانی با توجه به پوشش مناسب از کیتوزان و برهمکنش آن با دمای انجماد بود به طوری که بیشترین مواد جامد محلول در تیمار برهمکنش پوشش دانه‌های انار با یک درصد کیتوزان و دمای انجماد^{o}C 14- در طی 4 ماه انبارداری به دست آمد (جدول 1).

افزایش در میزان مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری مرتبط با انتقال مواد پکتینی و هیدرولیز نشاسته همراه با از دست دادن آب میوه مطرح‌شده است [26].

Table 1 Comparison of the mean interactions of chitosan, storage temperature and storage time on physiological properties of packaged pomegranate arills.

Total Phenol (mg per 100 g fresh weight)	Titratable acidity (ml/l)	Total Dissolved Solids (%)	Chitosan coating surfaces (%)	Freezing temperatures	Time
225.31 ± 2.11 $^{f-g}$	1.12 ± 0.01^{fgh}	18.5 ± 0.05 ^{hi}	0	-14 ˚c	14 days
252.82 ± 2.11 $^{b-f}$	1.168 ± 0.01 ^{cf}	18.7 ± 0.05 ^{fi}	1		
229.44 ± 14.55 $^{d-g}$	1.15 ± 0.01 ^{dg}	18.2 ± 0.11^{i}	2		
293.15 ± 1.58 ^{b}	1.12 ± 0.01 ^{fgh}	18.5 ± 0.17 ^{hi}	0	- 24 ˚c	
231.73 ± 5.82 $^{d-g}$	1.216 ± 0.03 ^{bcd}	18.9 ± 0.05 ^{eh}	1		
244.11 ± 11.37 $^{c-g}$	1.104 ± 0.03 ^{fi}	18.8 ± 0.23 ^{eh}	2		
272.52 ± 18.78 ^{bcd}	0.85 ± 0.01 ^{op}	19.2 ± 0.11 ^{def}	0	-14 ˚c	30 days
201.48 ± 15.35 ^{ghi}	0.78 ± 0.02 ^{p}	19.5 ± 0.05 ^{cd}	1		
211.11 ± 18.25^{fgh}	0.96 ± 0.03 ^{lm}	18.9 ± 0.05 ^{eh}	2		
227.15 ± 17.46 ^{efg}	1.01 ± 0.01 ^{jkl}	18.7 ± 0.05 ^{fi}	0	- 24 ˚c	
163.9 ± 8.99 ^{ij}	0.96 ± 0.3 ^{lm}	18.5 ± 0.17 ^{hi}	1		
176.73 ± 1.05 ^{hij}	1.09 ± 0.02 ^{ghi}	18.6 ± 0.23 ^{ghi}	2		
119.9 ± 34.4 ^{k}	0.97 ± 0.01 ^{klm}	19.1 ± 0.05 ^{dg}	0	-14 ˚c	60 days
249.15 ± 18 $^{c-f}$	1.04 ± 0.06 ^{ijk}	19.1 ± 0.17 ^{dg}	1		
331.19 ± 31.48 ^{a}	1.01 ± 0.01 ^{jkl}	18.5 ± 0.05 ^{hi}	2		
272.98 ± 11.11 ^{bcd}	1 ± 0 ^{klm}	18.9 ± 0.05 ^{eh}	0	- 24 ˚c	
162.52 ± 16.67 ^{ig}	1.01 ± 0.01 ^{jkl}	19.1 ± 0.05 ^{dg}	1		
159.77 ± 20.37 ^{ijk}	0.928 ± 0.02 ^{mn}	18.9 ± 0.05 ^{eh}	2		
232.65 ± 13.76 ^{dg}	0.88 ± 0.01 ^{no}	18.2 ± 0.23 ^{i}	0	-14 ˚c	90 days
269.77 ± 1.85 ^{be}	1.088 ± 0.03 ^{jhi}	19 ± 0.11 ^{dh}	1		
264.27 ± 0.26 ^{be}	1.104 ± 0.01 ^{fi}	18.8 ± 0 ^{eh}	2		
243.19 ± 11.37 ^{cg}	1.07 ± 0.01 ^{hij}	19.2 ± 0.11 ^{def}	0	- 24 ˚c	
235.4 ± 1.58 ^{cg}	1.13 ± 0.01 ^{eh}	18.8 ± 0.11 ^{eh}	1		
277.56 ± 4.23 ^{bc}	1.13 ± 0.01 ^{eh}	18.9 ± 0.05 ^{eh}	2		
208.81 ± 1.58^{fgh}	1.21 ± 0.02 ^{bcd}	19.5 ± 0.05 ^{cd}	0	-14 ˚c	120 days
216.60 ± 0.80 ^{fgh}	1.36 ± 0.02 ^{a}	21.2 ± 0.57 ^{a}	1		
218.44 ± 0.81 ^{fgh}	1.23 ± 0.09 ^{bc}	20.2 ± 0.01 ^{b}	2		
155.19 ± 0.79^{jk}	1.2 ± 0.02 ^{be}	19.3 ± 0.05 ^{d}	0	- 24 ˚c	
152.44 ± 1.58 ^{jk}	1.36 ± 0.01 ^{a}	19.9 ± 0.14 ^{bc}	1		
181.31 ± 1.05 ^{hij}	1.26 ± 0.01 ^{b}	18.8 ± 0.11 ^{eh}	2		
(P<0.01)	(P<0.05)	(P<0.01)	Time× Freezing temperatures× Chitosan		

Averages in each column have no significant difference based on Duncan's test at 5% level.

در پژوهشی که توسط Gholammipour و همکاران (2010) روی فلفل انجام شد نتایج حاکی از اثر معنی‌دار کیتوزان روی حفظ محتوی کل مواد جامد محلول بود. به طوری که غلظت بالاتر کیتوزان (2%) اثرات مؤثرتری داشت که با تحقیق حاضر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

مطابقت و همخوانی دارد [27]. مواد جامد محلول در این آزمایش بااینکه معنی‌دار بود اما تغییرات بسیار جزئی بود. در پژوهشی Vargasو همکاران (2006) کیفیت توت فرنگی‌های کاماروس و نگهداری شده در انبار سرد تحت تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان اولئیک اسید را بررسی کردند [28]. در نهایت کمترین میزان مواد جامد در تیمارهای بدون پوشش کیتوزان مشاهده گردید (جدول 1). این امر به علت کاهش شدید تنفس در پی کاهش تعداد سلول‌های زنده در پوست میوه‌های شاهد می‌باشد که به علت از دست دادن بیش از حدآب رخ‌داده است [29].

3-4- اسیدیته قابل تیتراسیون

طبق نتایج این پژوهش، اسیدیته قابل تیتراسیون به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات متقابل دمای انجماد، سطوح مختلف پوشش کیتوزان و طول دوره انبارداری دانه‌های انار بسته‌بندی‌شده قرار گرفت، به‌طوریکه بیشترین اسید قابل تیتراسیون (1/36 میلی‌گرم بر لیتر) در تیمارهای یک درصد پوشش کیتوزان در دو دمای انجماد^{o}C 14- و 24- در 120 روز نگهداری مشاهده گردید (جدول 1).

برنامه‌های کاربردی پس از برداشت مانند پوشش‌دهی سبب کاهش میزان تنفس محصولات می‌گردد و درنتیجه اسیدهای آلی میوه‌ها و دانه‌های انار کمتر در واکنش‌های آنزیمی تنفس مصرف می‌گردد [30]. اسیدهای آلی سوبسترای اصلی تنفس بوده و با کاهش میزان تنفس اسیدهای آلی کمتر مصرف می‌شوند. تنفس پایین در اثر پوشش روی میوه می‌تواند تأخیر در کاربرد اسیدهای آلی در واکنش‌های آنزیمی تنفس را توضیح دهد [31]. Mahdavinia, & Ahmadi (2011)، نیز نشان دادند که کاهش در اسید کل میوه در میوه‌های پوشش‌دار به طور معنی‌داری کمتر از میوه‌های فاقد پوشش بوده که این مسئله ممکن است به علت میزان تنفس بالاتر در میوه‌های فاقد پوشش نسبت به میوه‌های پوشش‌دار باشد [32].

3-5-فنل کل

بر اساس نتایج تأثیر اثرات سه‌گانه دمای انجماد، سطوح مختلف کیتوزان و طول دوره نگهداری (Table 1)، بیشترین میزان فنل کل در تیمار 2 درصد کیتوزان و دمای^{o}C 14- در 2 ماه(331/2 میلی‌گرم بر 100 گرم وزن‌تر) مشاهده گردید، این در حالی است که کمترین میزان فنل کل (119/9 میلی‌گرم در 100 گرم وزن‌تر) نیز در همان دما و زمان در شاهد بدون استفاده از پوشش کیتوزان مشاهده شد (جدول 1)؛ که نشان می‌دهد بیشترین تأثیر مثبت را سطوح پوشش کیتوزانی بر فنل کل و دیگر صفات شاهد هستیم. کیتوزان علاوه بر خاصیت ضدقارچی، دارای پتانسیل القای دفاع آنزیمی و ترکیبات فنلی در گیاهان نیز می‌باشد [33]. بنهاموولیو گزارش کردند که درگوجه‌فرنگی‌ها و میوه‌های تیمارشده با کیتوزان تولید ترکیبات فنلی القاء شد [34]. Gholammipour و همکاران (2010) گزارش کرد فلفل‌های تیمار شده با غلظت دو درصد کیتوزان در مقایسه با شاهد و غلظت‌های 0/5 و یک درصد کیتوزان در پایان انبارداری از ترکیبات فنلی بیشتری برخوردار بودن. محققین گزارش کردند که زردآلوهای تیمار شده با کیتوزان در مقایسه با شاهد از ترکیبات فنلی بیشتری برخوردار بودند [27]. همچنین کاهش ترکیبات فنلی در پایان زمان انبارمانی ممکن است به دلیل شکستن ساختار سلولی در اثر پیری میوه‌ها باشد [35]. اکسید شدن مواد فنولی به‌وسیله آنزیم پلی‌فنول اکسیداز رخ می‌دهد. سوبستراهای طبیعی مواد فنولی از آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز جدا هستند و قهوه‌ای شدن در حالت طبیعی رخ نمی‌دهد [36]. پراکسیده شدن غشای پلاسمایی و از دست دادن آب منجر به از دست رفتن سریع تمامیت غشا شده و باعث نشت ترکیبات فنولی از واکوئل می‌گردد. درنتیجه آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز در تماس با سوبسترا قرارگرفته و واکنش اکسید شدن مواد فنولی تسریع شده و واکنش قهوه‌ای شدن در حضور اکسیژن آغاز می‌گردد [37]. در این پژوهش استفاده از پوشش کیتوزان بهترین تأثیر را در حفظ مواد فنولی کل در میوه انار بسته‌بندی شده داشت؛ که با نتایج حاصل از پژوهش‌های Benhamou(2006) روی گوجه‌فرنگی [34]، GholammipourFard و همکاران (2010) روی فلفل [11]، مطابقت و همخوانی دارد که اساساً پوشش کیتوزان مراحل پراکسیده شدن لیپیدهای غشا را کند می‌کند [18].

3-6-آنتوسیانین

محتوای آنتوسیانین کل طی دوره نگهداری روند کاهشی از خود نشان دادکه این کاهش تا 60 روز بسیار جزئی بوده و حتی در سطوح کیتوزان افزایش نیز داشت اما بعد از 60 روز روند کاهش محتوای آنتوسیانین شدت گرفت و کمترین میزان آنتوسیانین کل در 120 روز نگهداری در شاهد بدون استفاده از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

پوشش کیتوزان مشاهده شد (شکل 6). روند تغییرات در اثرات برهمکنش دمای انجماد و زمان انجماد نیز به همان شیوه بوده و با افزایش زمان از میزان محتوای آنتوسیانین کاسته شد و این تغییرات همانند سطوح کیتوزان و زمان نگهداری در 60 روزبه بعد شدت گرفت بهترین پایداری محتوای آنتوسیانین در 120 روز نگهداری در تیمار دمای^{o}C 14- مشاهده گردید که نسبت به دمای ^{o}C 24- در همان 4 ماه انبارداری 41 درصد محتوای آنتوسیانین بیشتری داشت (شکل 7).

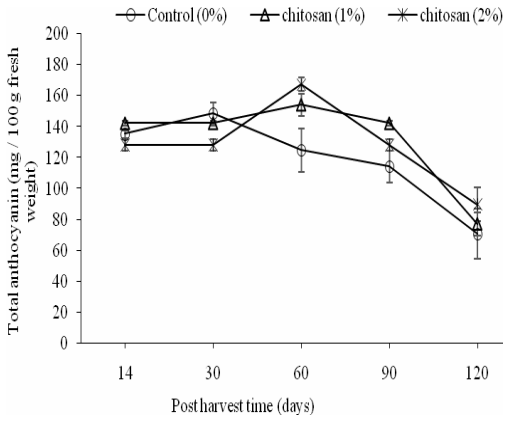

Fig 6 Interaction effects of different levels of chitosan coating and freezing time on anthocyanin in whole pomegranate fruit **(***P*<0.01**)**

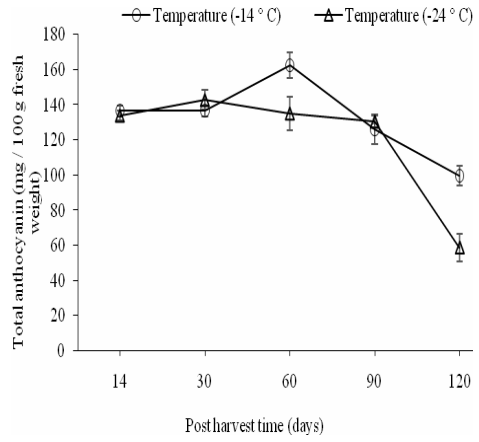

Fig 7 interaction freezing temperatures and the freezing of anthocyanin fruit **(***P*<0.01**)**

تنوع در میزان آنتوسیانین‌ها در انارها به اختلاف در رقم‌های مورد بررسی، شرایط محیطی، مرحلهٔ بلوغ میوه، عملیات باغی و شرایط پس از برداشت و انبارداری برمی‌گردد [38]. افزایش آنتوسیانین پس از برداشت در رقم‌های مختلف انار (وارسته و همکاران، 2012) نیز پیش‌تر گزارش شده است که این افزایش می‌تواند نتیجه زیست ساخت (بیوسنتز) ترکیب‌های فنلی و آنتوسیانین‌ها در شرایط پس از برداشت باشد [15]، و یا به دلیل از دست رفتن بیشتر آب از این میوه‌ها و افزایش غلظت آنتوسیانین بذر پوشینه باشد. در پایان دوره انبارداری میزان آنتوسیانین کل در مقایسه با زمان برداشت کاهش یافت که با نتایج گزارش شده در رقم‌های مختلف انار همخوانی دارد [39]. کاهش میزان آنتوسیانین کل انار در شرایط انباری می‌تواند نتیجهٔ تخریب آن‌ها در اثر افزایش فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیدازو پراکسیداز باشد. تیمارهای پوشش کیتوزان به طور معنی‌داری تخریب آنتوسیانی‌ها را به تأخیر می‌اندازد. تأثیر مثبت پوشش کیتوزان در حفظ آنتوسیانین انار دوره انبارداری پیش‌تر نیز گزارش شده است [15]. تأثیر مثبت پوشش کیتوزان در حفظ آنتوسیانین در بذر پوشینهٔ انار گزارش شده است [27]. در این پژوهش محتوای آنتوسیانین کل میوه‌های بسته‌بندی شده در طی دوره انبارداری کاهش چشمگیری یافت. نتایج مشابه در این مورد در طی نگهداری انار رقم 'Assaria' در طی نگهداری در دمای ^{o}C 5 گزارش شده است [8]. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کیتوزان 1 و 2 درصد در طول 2 ماه نگهداری تنها باعث نگهداری بلکه افزایش جزئی محتوای آنتوسیانین کل نیز شدند (شکل 6)بر همین اساس سنتز آنتوسیانین‌ها پس از برداشت در توت‌فرنگی [40]، انار [5] گزارش شده است. کیتوزان به‌طور معنی‌داری تخریب ترکیبات آنتوسیانین‌ها را به تأخیر انداخت و با افزایش غلظت، تأثیر مثبت آن در 120 روز نگهداری افزایش نشان داد. پوشش‌کیتوزان با کاهش از دست‌دهی آب، کاهش اکسیژن در دسترس برای فعالیت آنزیم‌ها و ایجاد اتمسفر تغییر یافته تخریب آنتوسیانین‌ها را کند کرد. همچنین دمای مناسب (دمای^{o}C 14-) با کاهش از دست‌دهی آب و کند کردن سوخت و ساز سلولی و فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده آنتوسیانین‌ها، باعث حفظ آنتوسیانین‌ها در طی دوره نگهداری می‌شود.

4- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد از بین صفات بررسی‌شده فقط شاخص‌های رنگ (L, a, b)، مواد جامد محلول کل، فنل کل و اسیدیته کل‌واکنش معنی‌داری نسبت به اثر متقابل کیتوزان در دما در

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

زمان نشان دادند. بر اساس نتایج کلی میوه‌های تیمار شده توسط هردو غلظت یک و دو درصد کیتوزان طی 14 روز نگهداری بیشترین استحکام را داشتند. همچنین برهمکنش سطوح مختلف پوشش کیتوزان و زمان تأثیر افزایشی در تغییرات مؤلفه‌های رنگ داشت، به‌طوری‌که بیشترین تغییرات رنگ شاخص‌های روشنایی (L*)، قرمزی (a*)و زردی (b*)، مربوط به استفاده از پوشش کیتوزان 2 درصد، در زمان 60 روز نگهداری بود که به ترتیب افزایش 12/7، 64/3 و 88 درصدی داشت. نتایج کلی نشان داد میزان پایداری فنل کل تحت دمای انجماد ^{o}C 14- بیشتر بود و بعد از 120 روز نگهداری مقدار فنل بیشتری در دانه‌ها نسبت به دمای 24- مشاهده شد، بنابراین کیتوزان اثر مثبت بر حفظ کیفیت دانه‌های انار طی انجماد داشت و دمای انجماد 24- با کاهش تغییرات رنگ طی نگهداری نقش مهمی در کاهش فعالیت‌های متابولیکی و کاهش آنتوسیانین داشته و در حفظ کیفیت میوه مؤثر بوده است.

5- منابع

[1] Ghorbani, M., Sedaghat, N., Milanab, A., Kochi, A., 2014. Selection of packing conditions, quality and shelf life of ancient cv pomegranate seeds. M.Sc., Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. 10-11.

[2] Soares, N., Silva, P., Barbosa, C., Pinheiro, R., & Vicente, A. A. (2017).Comparing the effects of glazing and chitosan-based coating applied on frozen salmon on its organoleptic and physicochemical characteristics over six-months storage. *Journal of Food Engineering, 194*, 79-86.

[3] Ranjbar, M., Karamian, R., Tolui, Z. and Amirabadizadeh, H., 2007, January. Onobrychisassadii (Fabaceae), a new species from Iran. In AnnalesBotaniciFennici (pp. 481-484). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

[4] Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., & Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (Salmo salar). *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 14*, 92-98.

[5] Palou, L., Crisosto, C.H., Garner, D., 2007. Combination of postharvest antifungal chemical treatments and controlled atmosphere storage to control gray mold and improve storability of "Wonderful" pomegranates. J. Postharvest Biol. Technol. 43, 133–142.

[6] Mirdehghan S.H., Rahemi M., Serrano M., Guillén F., Martínez-Romero D., and Valero D. 2007. The application ofpolyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils. of.Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55:755–760.

[7] Hess-Pierce, B., Kader, A.A., 2003. Responses of 'Wonderful' pomegranates to controlled atmospheres. ActaHorticulturae. 600, 751-757.

[8] Miguel, G., Fontes, C., Antunes, D., Neves, A., Martins, D., 2004. Anthocyanin concentration of 'Assaria' pomegranate fruits during different cold storage conditions. J. Biomed. Biotech. 5, 338-342.

[9] Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., & Serrano, M. (2013). Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. [Article]. *Postharvest Biology and Technology, 86*, 107-112.

[10] Oz, A. T., &Ulukanli, Z. (2012). Application of edible starch-based coating including glycerol plus oleum Nigella on arils from long-stored whole pomegranate fruits. [Article]. *Journal of Food Processing and Preservation, 36*(1), 81-95.

[11] GholammipourFard, K., S. Kamari, M. Ghasemnezhad and R. F. Ghazvini. 2010. Effect of Chitosan Coating on Weight Loss and postharvest Quality of Green Pepper. ActaHorticulturae 877: 521-826

[12] Allende, A., Jacxsens, L., Devlieghere, F., Debevere, J., Artes, F., 2002. Effect of super atmospheric oxygen packaging on sensorial quality spoilag and Listeria monocytogenes and Aeromonascaviae growth in fresh Processed mixed salads. J. Food Prot. 65, 1565–1573.

[13] Aquilar, M.B., Gomez, A.L. & Iniesta, F.M., "Antimicrobial active packaging for meat products", Food Innovation International Conference, Spain: 138-151, 2010

[14] Chen, M., Yeh, G.H. and Chiang, B. 1996. Antimicrobial and physicochemical properties of methylcellulose and chitosan films containing a preservative. J. Food Proc. Preserv. 20, 379-390.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

2002. Effects of storage temperature and wax coating on ethylene production, respiration and shelf-life in cherimoya fruit. J. Japanese Soc. Hort. Sci., 71: 643-650.

[26] Liu, Jia, Shiping Tian, XianghongMeng, and Yong Xu. 2007. "Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit." Postharvest Biology and Technology 44, no. 3 : 300-306.

[27] GholammipourFard, K., S. Kamari, M. Ghasemnezhad and R. F. Ghazvini. 2010. Effect of Chitosan Coating on Weight Loss and postharvest Quality of Green Pepper. ActaHorticulturae 877: 521-826

[28] Vargas, m., Albors, A., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C., 2006. Quality of cold-stor straw berries as affected by chitosan-oliec acid edible coatings. J. Food Sci. 58 (6), 1361-1364.

[29] D'Aquino, S., Palma, A., Schirra, M., Continella, A., Tribulato, E., and La Malfa, S. 2010.Infuence of film wrapping and fludioxonil application on quality of pomegranate fruit. J. Postharvest Biol. Technol. 55, 121-128.

[30] Bico, S.L.S., Raposo, M.F.J., Morais, R.M.S.C., Morais, A.M.M.B., 2009. Combned effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh cut banana. Food Cont. 20, 508–514.

[31] Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Ocio, M.J. and Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips andchitosan coatings on postharvest life of strawberries (Fragaria x ananassa). J. Postharvest Biol. Technol. 39, 247-253

[32] Mahdavinia, M., & Ahmadi, L. N. 2011. Portfolio Assessment: A tool for self-directed learning at post-secondary level. Edited by David Gardner.

[33] Bautista-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A. N., Velazquez-Del Valle, M. G., Hernández-López, M., Barka, E. A., Bosquez-Molina, E., & Wilson, C. L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop protection, 25(2), 108-118.

[34] Benhamou, N. 1996. Elicitor-induced plant defence pathways. Trends in Plant Science, 1, 233–240

[35] Macheix, J.J., Fleuriet, A., Billot, J. 1990. Phenolic compounds in fruit processing. In Fruit Phenolics, CRC Press, Boca Raton,

[15] Varasteh, F., Arzani, K., Barzegar. M., Zamani. Z., 2012. Changes in anthocyanin in arils of chitosan-coated pomegranate (Punicagranatum L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold storage. J. Food Chem. 130, 267–272.

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

[17] Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., & Chi, Y. (2009). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, *115*(1), 66-70.

[18] Li, H., Yu, T. 2001. Effect of chitosan coating on incidence or brown rot, quality and physiological attributes for postharvest peach fruit. J. Sci. Food Agr. 81, 269–274.

[19] Hu, H., Li, X., Dong, C., & Chen, W. 2011. Effects of wax treatment on quality and postharvest physiology of pineapple fruit in cold storage. African journal of Biotechnology, 10(39), 7592-7603.

[20] Han, S. J., Ryu, S. N., & Kang, S. S. 2004. A new 2-arylbenzofuran with antioxidant activity from the black colored rice (Oryza sativa L.) bran. Chemical Pharmaceutical Bulletin, 52, 1365–1366

[21] Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. R. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85, 185-195.

[22] Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., &Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. Postharvest Biology and Technology, 87, 21-26.

[23] Liu, Jia, Shiping Tian, XianghongMeng, and Yong Xu. 2007. "Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit." Postharvest Biology and Technology 44, no. 3 : 300-306.

[24] Duan, J., Wu, R., Strik, B. C., & Zhao, Y. 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. Postharvest Biology and Technology, 59(1), 71-79.

[25] Yonemoto, Y., H. Higuchi and Y. Kitano.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

FL., p. 295-357.
[36] Roshanzamir, N., Mir Dehghan, H. 2011, Preservation and post-harvest of chitosan treatment on microbial activity and post-harvest quality of pomegranate aryls, National Pomegranate Congress.
[37] Fisk, C. L., Silver, A. M., Strik, B. C., & Zhao, Y. 2008. Postharvest quality of hardy kiwifruit (Actinidiaarguta ‘Ananasnaya’) associated with packaging and storage conditions. Postharvest Biology and Technology, 47(3), 338-345.
[38] Seif, N., Aboutalebi, A., Zakerin, A. 2008, The effect of polyamine and benzyl adenine treatments on preservation of nutritional properties of pomegranate (Punicagranatum L. cv. Rabbab) during storage, Food Science and Technology, 1.
[39] Shafiee, M., Taghavi, T. S., &Babalar, M. 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. Scientia Horticulture, 124, 40e45.
[40] Han, S. J., Ryu, S. N., & Kang, S. S. 2004. A new 2-arylbenzofuran with antioxidant activity from the black colored rice (Oryza sativa L.) bran. Chemical Pharmaceutical Bulletin, 52, 1365–1366

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]

Freezing of pomegranate seeds coated with chitosan and evaluating its quality during freezing storage

Mahmoodi, B. [1], Jokar, A. [2*], Abdolahi, F. [3]

1. M.sc. student, Physiology and Postharvest Technology Department, Agriculture College, Hormozgan University
2. Assistant professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
3. Assistant professor, Physiology and Postharvest Technology Department, Agriculture College, Hormozgan University.

(Received: 2019/09/28 Accepted: 2019/12/07)

Maintaining the nutritional quality and preserving pomegranate seeds is a major challenge due to the fast degradation of the texture, color and overall quality of pomegranate seeds. In order to investigate the freezing of coated pomegranate seeds with chitosan and determine its quality during freezing storage, an experiment was conducted, in a factorial arrangement in a completely randomized design with three replications. Factors were: chitosan at three levels (0, 1 and 2%), freezing temperature at two levels (-14 ° -24 ° C) and time at 5 different storage times (14 days, 30 days, 60 days, 90 days, and 120 days). The highest tissue firmness was observed for 14 days of storage under both chitosan concentrations. Interaction of different levels of chitosan coating and time had an increasing effect on the color component changes, so that the most color changes in the brightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) was related to the use of chitosan coating 2%, were maintained at 60 days. The highest total soluble solids were related to 1% chitosan under 4 months of storage at -14°C. Maximum total acidity (1.36 mg / L) was also attributed to coated pomegranate seeds during 120 days of storage under both freezing temperatures of -14°C and -24°C. The results of mean compares showed that the total phenol stability under freezing temperature was higher at -14°C and after 120 days of storage, more phenol content was observed in the seeds in -24° C. The overall results indicated a positive effect of chitosan on maintaining the quality of pomegranate seeds during freezing, and the freezing temperature of -24° C with decreasing color changes during storage, played an important role in reducing metabolic activity and reducing anthocyanin degradation and was effective in maintaining fruit quality.

Keywords: Pomegranate, Freezing Temperature, Freezing Time, Chitosan

* Corresponding Author E-Mail Address: akbarjokar@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-19]

[DOI: 10.52547/fsct.17.104.163]