مقاله پژوهشی

مطالعه تأثیر تیمارهای اسپرمیدین و لامبدا کاراگینان بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و کیفیت پس از برداشت میوه گوجه‌فرنگی رقم تینا

نجمه زینلی‌پور*، بهاره نژاد شاهرخ‌آبادی و فاطمه عاقبتی

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۳/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۷/۱۹)

چکیده

گوجه‌فرنگی به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین محصولات غذایی در بین سبزی‌های رایج جهان شناخته شده است. از آن‌جایی که گوجه‌فرنگی قابلیت فسادپذیری بالایی دارد، مشکلات متعددی در حمل و نقل، انبار کردن و بازاریابی آن وجود دارد. این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهای کاراگینان و اسپرمیدین بر خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی محصول گوجه‌فرنگی رقم تینا انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در دو دمای انبار ۱۲ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد با سه تکرار انجام گردید. میوه‌های سبز رسیده با غلظت‌های صفر، ۲ و ۴ قسمت در هزار لامبدا کاراگینان و نیز صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین به‌صورت غوطه‌وری و به‌مدت ۱۰ دقیقه تیمار شدند. مدت زمان انبارمانی دو ماه در نظر گرفته شد. با اندازه‌گیری برخی صفات در طی انبارمانی مشخص شد که در مقایسه با شاهد بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۰/۴۱ درصد) در اثر تیمار میوه‌ها با کاراگینان ۱ قسمت در هزار در دمای ۱۲ درجه‌سانتی‌گراد انبار به‌دست آمد و بیشترین سفتی بافت میوه (۲۴ کیلوگرم در سانتی‌متر مربع)، آسکوربیک اسید (۲۰/۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)، محتوای لیکوپن (۴۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و کمترین میزان مواد جامد محلول کل (۵/۱ درجه بریکس)، درصد کاهش وزن میوه (۵/۳ درصد)، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز (۸/۷۵ میکرومول محصول در دقیقه در گرم وزن تر) و پکتین متیل استراز (۵/۱۴ میکرومول محصول در دقیقه در گرم وزن تر) در میوه‌های تیمارشده با لامبدا کاراگینان ۴ قسمت در هزار در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد انبار مشاهده گردید. نتایج این آزمایش حاکی از آن بود که می‌توان محلول کاراگینان ۴ قسمت در هزار در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد را به‌عنوان یک تیمار مفید جهت حفظ کیفیت میوه‌های انبار شده گوجه‌فرنگی رقم تینا معرفی نمود.

کلمات کلیدی: آسکوربیک اسید، اسیدهای قابل تیتراسیون، کاراگینان، لیکوپن

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) با تولید ۱۸۶ میلیون تن در سال یکی از محبوب‌ترین و پرمصرف‌ترین محصولات سبزی در جهان است. در حال حاضر تقاضای بازار برای میوه گوجه‌فرنگی با کیفیت بالا در حال افزایش است (De Oliveira Silva *et al.*, 2018). روند رو به افزایش مصرف گوجه‌فرنگی به دلیل آنتی‌اکسیدان‌های موجود در آن با ذخایر بالای ویتامین A، ویتامین C، ویتامین K و لیکوپن، به عنوان یک داروی طبیعی برای حفظ سلامت استخوان‌ها، کاهش خطر ابتلا به سرطان‌های مختلف، بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Nzeinali@uk.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

نوع دو و بیماری عصبی در نظر گرفته می‌شود (Pinela *et al*., 2016; Nakamura *et al*., 2017). با این حال گوجه‌فرنگی یک محصول نسبتاً فسادپذیر به شمار می‌آید و عواملی مانند دوره رسیدگی کوتاه، مقبولیت مصرف‌کننده و ارزش اقتصادی آن را کاهش می‌دهند. اغلب با چیدن گوجه‌فرنگی‌ها قبل از رسیدن، از این تلفات جلوگیری می‌شود، که با این‌حال منجر به کاهش طعم، رنگ و محتوای مواد مغذی می‌شود (Tsaniklidis *et al*., 2016).

امروزه کاربرد ترکیبات طبیعی و ارگانیک در بخش‌های مختلف تولید و کشاورزی رو به افزایش است. یکی از این ترکیبات ارگانیک که دوست‌دار محیط زیست نیز است، عصاره جلبک‌های دریایی بوده که دارای گونه‌های مختلف هستند و از جمله آن‌ها عصاره کاراگینان است. شایان ذکر است که کاربرد این عصاره گامی مؤثر در جهت تحقق کشاورزی ارگانیک، پایدار و سازگاری بیشتر با محیط زیست است (Kandasamy *et al*., 2012). کاراگینان‌ها، گالاکتان‌های سولفاته خطی و نیمه آب‌دوست هستند که توسط واحدهای متناوب D-گالاکتوز و ۳، ۶-آنهیدرو-گالاکتوز که توسط پیوند ۳، ۱-α و ۴، ۱-β-گلیکوزید به هم متصل شده‌اند، تشکیل شده‌اند (Prajapati *et al*., 2014). این پلی‌ساکاریدها به‌طور سنتی به شش نوع اصلی تقسیم می‌شوند: یوتا (ι)-، کاپا (κ)-، لامبدا (λ)-، mu (μ)-، nu (υ)-، و تتا (θ)-کاراگینان (Campo *et al*., 2009). λ-کاراگینان آب‌دوست‌تر از κ-کاراگینان است و از جلبک‌های قرمز از جنس Gigartina و Chondrus توسط خشک‌کن استوانه‌ای یا فرآیند بارش الکل به‌دست می‌آید (Prajapati *et al*., 2014).

کاراگینان به‌طور طبیعی از جلبک‌های دریایی قرمز به دست می‌آید و از زنجیره‌های بلند مستقیم d-galactopyranosyl تشکیل شده است. علاوه بر استفاده در پوشش‌های خوراکی، به‌عنوان لعاب‌دهنده در بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات نیز استفاده می‌شود (Sharma and Rao, 2015). بنابراین، کاربرد آن در محصولات غذایی می‌تواند اهداف افزایش ماندگاری و لعاب‌دهی را به‌طور همزمان انجام دهد (Damodaran *et al*., 2008). شرایط بهینه برای حفظ کیفیت موز پوشش کاراگینان ۱/۵ درصد و نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Dwivany *et al*., 2020).

پلی‌آمین‌ها از جمله اسپرمیدین، ترکیبات پلی‌کاتیونی با وزن مولکولی پایین هستند که در ساختار سلولی کلیه موجودات زنده حضور دارند. در میان سایر نقش‌های فیزیولوژیکی، پلی‌آمین‌ها در فرآیند رسیدن میوه نقش دارند. ضمن این که خواص ضدپیری از خود نشان می‌دهند و نقش محافظتی در برابر تنش‌های غیرزنده دارند (Mo *et al*., 2020; Paschalidis *et al*., 2019). علاوه بر این محتوای پلی‌آمین‌ها با صفات کیفی میوه و ماندگاری مرتبط است، که نقش این مولکول‌ها را در رشد اولیه و رسیدن میوه به خودی خود نشان می‌دهد (Fortes and Agudelo-Romero, 2018). داده‌های گزارش شده از چندین مطالعه نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها در انبوهی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشدی، حیاتی عمل می‌کنند. آن‌ها تعداد زیادی از مسیرهای متابولیک را عمدتا از طریق تنظیم رونویسی پس از رونویسی ژن‌های مختلف از جمله پروتئین کینازها تنظیم می‌کنند. هم‌چنین به ثبات و عملکرد پروتئین به ویژه در شرایط تنش کمک می‌کنند (Paschalidis *et al*., 2019; Moschou and Roubelakis-Angelakis, 2014; Serrano and Valero, 2018). علاوه بر این کاربرد برون‌زا با افزایش تحمل تنش غیرزیستی و بهبود کیفیت میوه و سبزیجات پس از برداشت مرتبط است (Gill and Tuteja, 2010; Sharma *et al*., 2017). بررسی‌ها نشان داده که استفاده بیرونی پلی‌آمین‌ها کیفیت میوه انار را از طریق بهبود رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش می‌دهند (Valero *et al*., 2002).

در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از صمغ‌ها به عنوان پوشش خوراکی جهت کاهش شدت تنفس و در نتیجه افزایش عمر انبارمانی محصولات باغی صورت گرفته است. پوشش‌های خوراکی به صورت لایه‌ای محافظ بر روی سطح میوه‌ها و سبزی‌ها قرار می‌گیرند و همانند بسته‌بندی‌های با اتمسفر اصلاح‌شده عمل می‌کنند (Flores *et al*., 2007; Franssen *et al*., 2004). پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

جمله بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر هستند که تمایل به استفاده از آن‌ها بـه دلیل دارا بودن مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی در صنعت، روز به روز در حال افزایش است. از آن جا که این فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، هم به عنوان یک نوع بسته‌بندی و هم جزئی از ترکیبات مواد غذایی محسوب می‌گردند، لازم است دارای ویژگی‌هایی باشند تا نیازهای خاصی را در بسته‌بندی مواد غذایی تأمین نمایند. این بسته‌بندی‌ها بایستی بدون طعم و عاری از هر گونه مواد سمی باشند و به عنوان سدی در برابر آب، گازها و مواد معطر عمل نموده و هم‌چنین دارای ویژگی‌های مکانیکی مناسبی برای حمل و نقل فرآورده‌های غذایی باشند (قنبرزاده و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین کاربرد کاراگینان نوع لامبدا در این مطالعه به عنوان یکی از این پوشش‌های زیستی با توجه به این که در آب سرد حلالیت خیلی خوبی دارد و نیز تشکیل ژل و لعاب می‌دهد، کاربرد راحت آن را در کنار تأثیر مثبت بر ویژگی‌های کیفی و ظاهری محصول ممکن می‌سازد.

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی امکان افزایش عمر انبارمانی گوجه‌فرنگی رقم تینا با کاربرد تیمارهای کاراگینان و اسپرمیدین تحت شرایط دمایی ۱۲ درجه سانتی‌گراد (به عنوان مطلوب‌ترین دمای انبارمانی این محصول) و ۲۷ درجه سانتی‌گراد (به عنوان دمایی شبیه به شرایط معمول انبارمانی و حمل و نقل) انبار و بررسی تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میوه‌های گوجه‌فرنگی در طی مدت انبارمانی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه و سردخانه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، در دو شرایط دمایی انبار ۱۲ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد و در دو گروه تیماری شامل کاربرد محلول‌های لامبدا کاراگینان و اسپرمیدین با سه تکرار و هر واحد آزمایش دارای ۳۶ عدد میوه گوجه‌فرنگی انجام شد. گوجه‌فرنگی مورد استفاده در این تحقیق، از گلخانه شخصی واقع در شهرستان ماهان از توابع شهر کرمان، در اوایل مهرماه ۱۳۹۸ و به صورت میوه سبز بالغ برداشت شد. میوه‌ها بلافاصله بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند، میوه‌های سالم، یکنواخت و عاری از هر نوع علائم بیماری به‌منظور اعمال تیمار انتخاب شدند. میوه‌ها را ابتدا با آب معمولی شستشو داده تا کلیه مواد زائدی که به سطح میوه‌ها چسبیده بودند از بین بروند و در نهایت به‌طور کامل خشک نموده و با مواد مورد نظر به صورت غوطه‌وری و به مدت ۱۰ دقیقه تیمار نمودیم. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل؛ آب‌مقطر (شاهد)، کاراگینان ۲ در هزار، کاراگینان ۴ در هزار، اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار و اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار بود. بعد از تیمار آن‌ها را درون سبدهایی قرار داده تا رطوبت اضافی سطح میوه‌ها حذف شده، و سپس به دو شرایط دمایی ۱۲ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد در انبار منتقل شدند. نمونه‌ها فاقد پوشش و بسته‌بندی بودند تا شبیه‌سازی به حالت طبیعی در قفسه‌های فروشگاه و انبار سرد باشد. شرایط دمایی نگهداری در این آزمایش شامل سردخانه با دمای ۱±۱۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد و محیط اتاق با دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد بود. مدت نگهداری میوه‌ها ۵۵ روز بود که نزدیک به اواخر انبارمانی در روز چهل و پنجم که میوه‌های همه تیمارها هنوز بازارپسند بودند فاکتورهایی همچون؛ درصد کاهش وزن، اسیدیته قابل تیتراسیون، میزان کل مواد جامد محلول، مقدار آسکوربیک اسید، سفتی بافت میوه، مقدار رنگیزه لیکوپن، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز در طی انبارمانی اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری طرح با استفاده از نرم‌افزار SAS Version 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

برای تعیین میزان کاهش وزن، ۳ عدد میوه از هر تکرار در شروع آزمایش و نیز در اواخر دوره انبارمانی انتخاب و توزین شدند و با توجه به وزن اولیه، درصد کاهش وزن از رابطه ۱ محاسبه گردید (زکائی خسروشاهی و اثنی‌عشری، ۱۳۸۷):

رابطه ۱:

وزن / وزن ثانویه میوه – وزن اولیه میوه) = درصد کاهش وزن ×۱۰۰ (اولیه میوه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

اندازه‌گیری سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج مدل (GY-3) با قطر پروب ۰/۴ سانتی‌متر اندازه‌گیری و برحسب واحد کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد. اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون میوه گوجه‌فرنگی به روش (Basiouny, 1996) انجام شد. در این تحقیق اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول توسط رفرکتومتر دستی مدل (MT-098P8A) صورت گرفت (زکائی خسروشاهی و اثنی‌عشری، ۱۳۸۷). اندازه‌گیری محتوای آسکوربیک اسید میوه به روش تیتراسیون (Basiouny, 1996) انجام شد. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز، ابتدا عصاره مورد نظر (Stevens *et al.*, 2004) از میوه‌ها استخراج و با استفاده از روش گراس (Gross, 1982) مورد سنجش قرار گرفت. بدین منظور ۱۰۰ میکرولیتر عصاره با ۳۰۰ میکرولیتر پلی‌گالاکترونیک اسید نیم درصد مخلوط شد و ۳۰ دقیقه در انکوباتور با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با ۲ میلی‌لیتر بافر اسید بوریک (pH=۹) ترکیب شد. میزان جذب این ترکیب در طول‌موج ۲۹۵ نانومتر، با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و میزان فعالیت آنزیم براساس منحنی استاندارد، بر حسب میکرومول اکی‌والان اسید گالاکترونیک بر گرم میوه بر دقیقه (µmolproduct/min/gfw) بیان گردید. میزان فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز به روش (Fachin *et al.*, 2002) ارزیابی و براساس رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲:

$$PME = \left(\Delta V * \frac{NaOH}{\Delta T}\right) + N + 1000 \,/\Delta T$$

مدت زمان تیمار (۱۵ ثانیه) ΔT، حجم سود مصرفی ΔV، نرمالیته سود مصرفی N، حجم نمونه (۱۵/۵ میلی‌لیتر) VS.

اندازه‌گیری لیکوپن با تهیه سوپرناتانت از عصاره سانتریفیوژشده (Fish *et al.*, 2002) با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل یونیکو UV2100 ساخت آمریکا انجام شد.

نتایج و بحث

اگر چه اطلاعات در مورد اثرات کاراگینان بر سیستم‌های گیاهی هنوز محدود است، در این پژوهش به بحث در مورد پیشرفت‌ها در این زمینه تحقیقاتی، که از طریق آن‌ها کاراگینان واکنش‌های دفاعی گیاه را القا می‌کند و در نتیجه بهره‌وری و حفاظت گیاه را افزایش می‌دهد، می‌پردازیم.

براساس نتایج تجزیه واریانس در جداول (۱ و ۳) مشخص گردید که تأثیر تیمارهای آزمایش بر اکثر صفات مورد مطالعه در سطح ۱ یا ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در ادامه هر صفت به تفکیک و به تفصیل آورده شده است.

کاهش وزن میوه: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای ترکیبات زیستی و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کاهش وزن میوه معنی‌دار شد (جدول ۱). بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مدت نگهداری میوه، به تدریج از وزن میوه در تمامی تیمارها کاسته شده است و بیشترین درصد کاهش وزن به میزان ۱۸/۳۵ درصد در تیمار دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد دیده شد. این در حالی است که کمترین درصد کاهش وزن بدون تفاوت معنی‌دار به میزان ۵/۳ و ۵/۹ درصد در تیمارهای توأم دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد با کاربرد کاراگینان ۴ در هزار و اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۲).

در طی دوره انبارمانی افت وزن در میوه‌ها افزایش یافت که این واکنش مورد انتظار بود. به نظر می‌رسد که با گذشت زمان، تعرق از سطح پوست میوه افزایش می‌یابد و این کاهش رطوبت، باعث کاهش وزن میوه گردیده است. از طرفی افزایش شدت تنفس در دمای بالا در انبار نسبت به دمای پایین، کاهش وزن بیشتری را سبب می‌شود (Javanmardi and Kubota, 2006). بیشتر میوه‌های فرازگرا طی دوره رسیدن و پیری، کاهش وزن نشان می‌دهند (Ullah and Jawandha, 2013). تیمار میوه‌ها با محلول کاراگینان ۴ در هزار موجب حفظ و برقراری معنی‌دار وزن میوه‌ها در مقایسه با سایر تیمارها در دمای انبارمانی ۲۷ درجه سانتی‌گراد شده است.

شایان ذکر است که کاربرد کاراگینان به عنوان یک پوشش خوراکی در نوع لامبدای کاراگینان روی سطح میوه‌های تیمار شده، پوشش بسیار نازکی ایجاد کرده که مانع تبخیر و تنفس سلولی به خصوص در مقابل دمای بالاتر انبار می‌گردد و ضمن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برای اثر ترکیبات زیستی و شرایط دمایی انبار بر خصوصیات مورد بررسی گوجه‌فرنگی رقم تینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کاهش وزن	سفتی بافت	اسیدیته قابل تیتراسیون	مواد جامد محلول کل
دما	۱	۲۰۴/۳۳**	۱۰۳/۲**	۱۰/۰۵**	۲۱۶۸۸/۰۸**
λ-کاراگینان	۲	۱۵/۱۶**	۲۱۴/۱۳*	۰/۱۸**	۲۷۹۸/۸۲**
اسپرمیدین	۲	۲/۱۶**	۷/۸۱*	۰/۰۶ns	۷۰۱/۸۸*
دما × λ-کاراگینان	۲	۳/۱۶**	۲۷/۹۵*	۰/۰۳**	۴۴۴/۵۳**
دما × اسپرمیدین	۲	۱/۱۶**	۱۱/۷۵*	۰/۰۲**	۹۹/۱۳**
λ-کاراگینان × اسپرمیدین	۴	۰/۴۱**	۶/۴۳*	۰/۰۴**	۸۱/۰۳**
دما× λ-کاراگینان × اسپرمیدین	۴	۱/۹۱**	۳/۹۱*	۰/۰۱**	۳۱۲/۴۱**
خطا	۳۶	۳/۱۹	۱/۴۰	۰/۵۶	۱۸۳/۷۹
ضریب تغییرات	-	۹/۶۸	۶/۱۶	۹/۰۳	۷/۳۵

ns، * و به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد**

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دمای انبار و ترکیبات زیستی لامبدا کاراگینان و اسپرمیدین بر برخی صفات فیزیولوژیک میوه گوجه‌فرنگی رقم تینا

تیمارها		کاهش وزن (٪)	سفتی بافت (کیلوگرم در سانتی‌متر مربع)	اسیدیته قابل تیتراسیون (٪)	مواد جامد محلول کل (درجه بریکس)
دما	ترکیبات زیستی				
۱۲ درجه سانتی‌گراد	شاهد	۱۲/۴۵d	۲۱/۱۵c	۰/۲۹e	۶/۲ab
	λ-کاراگینان ۱ در هزار	۶/۵g	۲۳/۵۰ab	۰/۴۱a	۵/۶bc
	λ-کاراگینان ۴ در هزار	۵/۳h	۲۴/۰۰a	۰/۳۹b	۵/۱c
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۸/۵f	۲۲/۵۰b	۰/۳۵c	۵/۹b
	اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار	۵/۹h	۲۳/۵۰ab	۰/۳۵c	۵/۱c
۲۷ درجه سانتی‌گراد	شاهد	۱۸/۳۵a	۱۸/۸۷ef	۰/۲۴f	۷/۴a
	λ-کاراگینان ۱ در هزار	۱۴/۲۳c	۱۹/۵۴e	۰/۳۱d	۶/۳ab
	λ-کاراگینان ۴ در هزار	۸/۶۷f	۲۰/۱۲d	۰/۳۶c	۵/۹b
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۱۶/۹۲b	۱۸/۷۴ef	۰/۳۶c	۶/۵ab
	اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار	۱۰/۲۳e	۱۹/۰۵e	۰/۳۲d	۵/۸b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

حفظ بهتر رطوبت محصول، وزن میوه‌ها را نیز بهتر حفظ می‌کند (Necas and Bartosikova, 2013). بر طبق مطالعات دیگر، انواع کاراگینان نیز مانند سایر ترکیبات جلبکی و فرآورده‌های مشتق شده از جلبک‌های دریایی به‌طور مؤثری از سبزیجات و میوه‌ها در برابر از دست‌دادن رطوبت، تورژسانس، اکسیداسیون ترکیبات ارزشمند و نیز وقوع فرآیندهای ناشی از پیری محافظت می‌کنند و به خصوص در بروز اثر هم نیروزاد (سینرژیستی) با ویتامین ث درونی محصول، اثرات پادمیکروبی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

خود را بهتر نشان می‌دهند (Anna Kocira *et al*., 2021). پوست مؤثر است به‌طوری‌که تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بیشترین تأثیر را نشان داد. مطابق نتایج پژوهش حاضر اثر کاربرد پلی‌آمین‌ها بر جلوگیری از کاهش وزن گوجه‌فرنگی قبلاً نیز گزارش شده است (Saftner and Baldi, 2007). کم شدن تنفس میوه با تیمار پلی‌آمین‌ها به علت تأثیر فراوان آن‌ها بر کاهش تنفس میوه می‌باشد. نتایج دیگر گزارش‌های پیشین نشان داده که تیمار میوه‌های انبه و انگور با پلی‌آمین‌ها نیز موجب تأخیر در کاهش وزن شده است که با نتایج این پژوهش هماهنگی دارد (Bussarin and Kanogwan, 2018; Anju *et al*., 2014; Shiri *et al*., 2012; Mirdehghan and Rahimi, 2016).

سفتی بافت میوه: نتایج بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای کاراگینان، اسپرمیدین و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۵ درصد بر سفتی بافت میوه معنی‌دار شد (جدول ۱). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ترکیبات زیستی و دمای انبار نشان داد که بیشترین سفتی بافت میوه (۲۴ و ۲۳/۵ کیلوگرم در سانتی‌متر مربع) تحت تأثیر تیمارهای توأم کاراگینان ۱ و ۴ در هزار و اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار در دمای انبار ۱۲ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. در صورتی که کمترین سفتی بافت میوه به میزان ۱۸/۷۴ و ۱۸/۸۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار توأم دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد و اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار و تیمار دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۲).

شواهد گویای آن است که در مجموع با افزایش دمای انبار سفتی بافت میوه با سرعت بیشتری کاهش یافت. حفظ سفتی بافت میوه در اثر استفاده از کاراگینان در این پژوهش در انطباق با نتایج دیگر محققان بود. در گزارشی که استفاده از پوشش خوراکی آلژینات را روی سفتی ورقه‌های گلابی در طول انبارمانی بررسی نمودند، اظهار گردید که این پوشش اثر سودمندی روی سفتی ورقه‌های گلابی داشت. در فرمولاسیون روغن آلژینات از روغن آفتابگردان استفاده شد که طبق نتایج به دست آمده روغن آفتابگردان باعث حفظ رطوبت و حفظ بافت در محصول شد (احمدزاده قویدل و همکاران، ۱۳۹۱).

کاربرد اسپرمیدین در کاهش از دست‌دهی آب میوه از طریق هم‌چنین در گزارشی استفاده از پوشش کاراگینان و کنستانتره پروتئین سویا بر روی سیب مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که پوشش‌های خوراکی با استفاده از کلسیم کلرید باعث استحکام بافت شده است (Lee *et al*., 2003). هم‌چنین در مطالعات آمده که عصاره جلبک دریایی تأثیر مستقیمی بر سفتی میوه در مرحله پس از برداشت دارد که در این مورد گزارش شده است توت‌فرنگی‌های تیمار شده با ۴/۵ لیتر در هکتار عصاره آسکوفیلوم نودوزوم، تا ۴۵ درصد سفت‌تر از میوه‌های تیمار نشده بودند (Silva *et al*., 2014).

در گزارش‌ها آمده که بعضی هورمون‌ها و ترکیبات آلی مانند پلی‌آمین‌ها می‌توانند پیری بافت و به دنبال آن از دست رفتن سفتی بافت میوه انار را کاهش دهند (Valero *et al*., 2002). تغییر در ساختار دیواره سلولی از جمله کاهش همی سلولز و گالاکتوز، حل شدن پکتین‌ها و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده سبب نرم شدن بافت میوه طی انبارمانی می‌شوند (Singh *et al*., 2012) احتمالاً پلی‌آمین‌ها با متصل شدن به گروه‌های پکتینی می‌توانند مانع از شکسته شدن آن‌ها شوند (Rathore *et al*., 2007). پلی‌آمین‌ها در فرم‌های آزاد به عنوان عوامل ضدپیری محسوب می‌شوند. کاربرد خارجی آن‌ها روی محصول موجب جلوگیری از تغییر رنگ، افزایش سفتی میوه، به تأخیر انداختن تولید اتیلن و تنفس محصول می‌شود (Kramer *et al*., 1991). کاربرد پلی‌آمین‌ها روی انار (Mirdehghan *et al*., 2007)، هلو (دستجردی و همکاران، ۱۳۹۲)، انگور (Jhalegar *et al*., 2012)، آلو جاوه‌ای (Archana *et al*., 2015) و لیمو لیسبون (Safizadeh, 2013) باعث نگهداری سفتی و کیفیت بافت میوه در طول انبارمانی گردید.

اسیدهای آلی قابل تیتراسیون: اسیدهای آلی قابل تیتراسیون تحت تأثیر تیمارهای کاراگینان، اسپرمیدین و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین اسیدهای قابل تیتراسیون به میزان ۰/۴۱

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

درصد در تیمار توأم دمای انبار ۱۲ درجه سانتی‌گراد و کاراگینان ۴ در هزار مشاهده شد. در صورتی‌که کمترین اسیدهای قابل تیتراسیون به میزان ۰/۲۴ درصد مربوط به تیمار دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۲).

در تحقیقی که میوه انبه با غلظت‌های مختلفی از عصاره جلبک دریایی تیمار شده بود، روند تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون بررسی شد و بیشترین میزان این پارامتر را در انبه‌های گروه شاهد به‌دست آمد. اگر چه کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و افزایش pH محصول طی زمان انبارمانی در تناسب با فرآیندهای رسیدن و پیری محصول بدیهی است، اما کاربرد کاراگینان در شرایط مطالعه حاضر به مشابه کاربرد عصاره جلبک در محصول انبه بوده که موجب حفظ بهتر اسیدیته میوه گردیده است (Souza *et al*., 2011).

به‌نظر می‌رسد افزایش اسیدهای آلی در تیمارهای اسپرمیدین به دلیل نقش فعال این مواد در مقابله با ناهنجاری‌های انبارمانی باشد. هم‌چنین با کم شدن تنفس بافت، مصرف اسیدهای آلی طی انبارمانی کاهش پیدا می‌کند (Leiting and Wicker, 1997). بررسی‌ها نشان داده که استفاده بیرونی پلی‌آمین‌ها کیفیت میوه انار را از طریق بهبود رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش می‌دهد (Valero *et al*., 2002). هم‌چنین افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در انگور (Champa Harindra *et al*., 2014) و کیوی (Jhalegar *et al*., 2012) با کاربرد بیرونی پلی‌آمین‌ها طی دوره انبارمانی گزارش شده که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

مواد جامد محلول کل: بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل ترکیبات زیستی و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان مواد جامد محلول کل معنی‌دار شد (جدول ۱). از نظر میزان مواد جامد محلول بالاترین مقدار مربوط به تیمارهای عدم کاربرد ترکیبات زیستی (شاهد) در هر دو دمای انبار، تیمارهای توأم دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد با کاربرد کاراگینان ۱ در هزار و اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار بود. این در حالی است که کمترین میزان مواد جامد محلول به میزان ۵/۱ درجه بریکس در تیمارهای توأم دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد و کاراگینان ۴ در هزار و دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد و اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۲).

در طی روند رشد و رسیدن میوه و با افزایش دوره انبارمانی به‌طور طبیعی از میزان تجمع ساکارز کاسته و به میزان قندهای احیایی مثل گلوکز و فروکتوز افزوده می‌شود که در واقع پیامد متابولیسم ساکارز به قندهای احیایی در طی واکنش‌های مرتبط با تنفس است. اما در شرایط این آزمایش کاربرد تیمارها و به خصوص کاراگینان باعث شده تا کمترین تبدیل ساکارز به قندهای احیا صورت گیرد. مشابه این نتایج در مطالعه‌ای روی دو رقم توت‌فرنگی نیز مشاهده شده بود (Mishra and Kara, 2014).

در مطالعه‌ای که روی میوه‌های دو رقم زردآلو ایرانی (لاسگردی و شاهرودی) تیمارشده با غلظت‌های مختلف پوترسین به مدت پنج دقیقه غوطه‌وری صورت گرفته بود، نتایج حاصل نشان داد که میوه‌های تیمارشده با پوترسین کمترین مواد جامد محلول کل، pH و شاخص بلوغ را داشتند، در حالی که سفتی میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، آسکوربیک اسید، فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا بود. به‌نظر می‌رسد که کیفیت میوه‌های زردآلو به‌دلیل استفاده از پوترسین و اثر آن در به تأخیر انداختن فرآیند رسیدن، بهبود یافته است (Davarynejad *et al*., 2013).

آسکوربیک اسید: مقدار آسکوربیک اسید تحت تأثیر تیمارهای کاراگینان، اسپرمیدین و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین میزان آسکوربیک اسید ۲۰/۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، به تیمار توأم دمای انبار ۱۲ درجه سانتی‌گراد و کاراگینان ۴ در هزار اختصاص داشت. کمترین میزان آسکوربیک اسید ۸/۶۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، در تیمار توأم دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد و اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۴).

آسکوربیک اسید از جمله ترکیبات ضداکسایشی است که از طریق واکنش با اکسیژن و تولید دهیدرو آسکوربیک اسید قادر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برای اثر ترکیبات زیستی و شرایط دمایی انبار بر خصوصیات مورد بررسی گوجه‌فرنگی رقم تینا

منابع تغییرات	درجه آزادی	آسکوربیک اسید	فعالیت پلی‌گالاکتروناز	فعالیت پکتین متیل استراز	لیکوپن
دما	۱	۱۴/۱۶**	۹۷/۱۲**	۸۰/۰۵**	۱۹/۶۸**
λ-کاراگینان	۲	۱۵/۱۶**	۱۰۶/۹۳*	۱۷/۱۸**	۲۹۷/۳۷**
اسپرمیدین	۲	۵/۷۶ns	۸/۸۱**	۲۱/۰۶**	۴۳/۱۱**
دما × λ-کاراگینان	۲	۳/۴۳**	۲۳/۹۵**	۱۰/۰۳**	۲۳۶/۹۷**
دما × اسپرمیدین	۲	۶/۱۷*	۱۳/۳۵**	۱۶/۰۲**	۲۵/۸۵*
λ-کاراگینان × اسپرمیدین	۴	۱/۴۱**	۳/۲۳*	۲۰/۰۴**	۱۲/۱۱*
دما× λ-کاراگینان × اسپرمیدین	۴	۳/۳۴**	۳/۷۹*	۱۵/۰۱**	۱۲/۷۸*
خطا	۳۶	۱/۰۰	۱/۴۰	۰/۴۱	۳/۹۸
ضریب تغییرات	-	۱۱/۱۵	۸/۲۶	۱۵/۶۰	۵/۳۴

ns، * و به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد**

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دمای انبار و ترکیبات زیستی لامبدا کاراگینان و اسپرمیدین بر برخی صفات فیزیولوژیک میوه گوجه‌فرنگی رقم تینا

تیمارها		آسکوربیک اسید (میلی‌گرم در ۱۰۰	فعالیت پلی‌گالاکتروناز	فعالیت پکتین متیل استراز	لیکوپن (میلی‌گرم در ۱۰۰
دما	ترکیبات زیستی	گرم وزن تر)	(میکرومول محصول در دقیقه در گرم وزن تر)		گرم ماده تر)
۱۲ درجه سانتی‌گراد	شاهد	۱۰/۳۴e	۱۶/۱۱bc	۷/۲۵c	۳۳c
	λ-کاراگینان ۱ در هزار	۱۷/۳۵bc	۱۳/۲۵e	۵/۷۶e	۳۸ab
	λ-کاراگینان ۴ در هزار	۲۰/۵۰a	۸/۷۵g	۵/۱۴e	۴۲a
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۱۲/۲۴f	۱۴/۶۳d	۷/۱۵c	۳۵c
	اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار	۱۶/۰۵c	۱۳/۶۵c	۶/۴۵d	۳۷b
۲۷ درجه سانتی‌گراد	شاهد	۷/۸۶f	۱۸/۰۵a	۱۰/۳۳a	۳۰d
	λ-کاراگینان ۱ در هزار	۱۴/۵۰d	۱۵/۱۲cd	۸/۸۶b	۴۱a
	λ-کاراگینان ۴ در هزار	۱۸/۷۰b	۱۱/۳۳f	۷/۱۲c	۴۳a
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۸/۶۳g	۱۶/۹۵b	۸/۹۶b	۳۵c
	اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار	۱۴/۸۰d	۱۵/۸۶c	۷/۱۴c	۳۹ab

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

به ایجاد سیستم اکسایش- کاهش جهت تخریب رادیکال‌های آزاد است. در هر دو دمای انبارمانی میوه‌های گوجه‌فرنگی تحت تیمار کاراگینان بیشترین میزان آسکوربیک اسید را دارا بودند. به‌طورکلی جلبک‌ها و از جمله کاراگینان حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مختلفی از قبیل لوتئین و زئاکسانتین، فلاونوئیدها (کاتکین)، اسیدهای فنولیک (تانن) و برخی از ویتامین‌ها و به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

ویژه ویتامین C و E هستند. بنابراین علاوه بر افزایش میزان آسکوربیک اسید تجمعی، به دلیل حضور این ویتامین در ساختار کاراگینان، تأثیر آنتی‌اکسیدانی آن را هم در حفاظت بهتر آسکوربیک اسید در مقابل واکنش‌های احتمالی تخریب‌پذیر و هم‌چنین دما باید در نظر داشت (Thambiraj *et al*., 2012).

در مطالعه‌ای دیگر اثر پوترسین بر کیفیت و عمر پس از برداشت موز قرمز در طی دوره نگهداری ارزیابی شد و میوه‌ها در محلول پوترسین در غلظت‌های مختلف غوطه‌ور شدند. نتایج بیانگر این بود که کاربرد پوترسین باعث حفظ سفتی، سطوح بالاتر TA، آسکوربیک اسید، تأخیر در کاهش وزن و تأخیر در بروز پوسیدگی نسبت به شاهد شدند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵). هم‌چنین کاربرد پوترسین به همراه موم کارناوبا ۱:۱۰ (موم کارناوبا: آب) در میوه انار سبب حفظ بهتر و بیشتر آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان، آسکوربیک اسید گردید (Barman *et al*., 2014). Hosseini و همکاران در سال (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد قبل از برداشت پوترسین باعث حفظ عمر پس از برداشت گلابی رقم اسپادونا به‌وسیله تأخیر در کاهش وزن، نرم شدن میوه، تغییر رنگ و هم‌چنین به تعویق انداختن سرعت تخریب TSS، TA، ویتامین C و آنتی‌اکسیدان کل میوه گلابی در طول انبارمانی شد.

فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز: بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل تیمارهای کاراگینان، اسپرمیدین و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۵ درصد بر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز ۱۸/۰۵ میکرومول اکی‌والان اسید گالاکترونیک بر گرم میوه بر دقیقه، مربوط به تیمار دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد و عدم کاربرد ترکیبات زیستی بود. کمترین فعالیت پلی‌گالاکتروناز ۸/۷۵ میکرومول اکی‌والان اسید گالاکترونیک بر گرم میوه بر دقیقه، به تیمار توأم دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد و کاراگینان ۴ در هزار اختصاص داشت (جدول ۴).

در گزارشی آمده است که غوطه‌وری کیوی در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین و غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین، در مقایسه با میزان تنفس کمتر، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و لیپواکسیژناز را کاهش داده است و محققان اظهار داشتند که غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمین و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین غلظت‌ها برای افزایش عمر مفید و ماندگاری میوه کیوی هستند (Jhalegar *et al*., 2012).

فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز: اثرات تیمارهای کاراگینان، اسپرمیدین و شرایط دمایی انبار بر فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). در پژوهش حاضر، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز در تیمار دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و عدم کاربرد ترکیبات زیستی (شاهد) حاصل شد. کمترین فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز در تیمارهای توأم دمای انبار ۱۲ درجه سانتی‌گراد و غلظت‌های ۱ و ۴ در هزار کاراگینان مشاهده شد (جدول ۴).

در پژوهشی که در خوشه انگور رقم شعله بی‌دانه تحت تیمار پوترسین و اسپرمیدین در غلظت‌های مختلف به صورت غوطه‌وری انجام شده بوده، محققان به این نتیجه رسیدند که پوترسین و اسپرمیدین در حفظ سفتی انگور و تثبیت آنتوسیانین‌ها و هم‌چنین سرکوب فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز و کاهش سرعت تنفس مؤثر بوده است (Champa Harindra *et al*., 2014). کاربرد برون‌زای پوترسین همراه با اسید سالیسیلیک سبب شد که افت وزن خوشه‌ای کاهش یافته، سفتی انگور حفظ شده، آنتوسیانین تثبیت شده و اسیدیته آب میوه کاهش یابد. نرم شدن و پوسیدگی انگورها در طول دوره نگهداری سایر تغییرات مربوط به رسیدن را به عنوان فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز سرکوب کرد. بنابراین از این تیمار می‌توان برای حفظ کیفیت در زمان نگهداری در سردخانه و افزایش ماندگاری انگور بدون دانه رقم شعله با کیفیت میوه قابل قبول استفاده کرد (Bassiony *et al*., 2018).

رنگیزه لیکوپن: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کاراگینان، اسپرمیدین و شرایط دمایی انبار در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان رنگیزه لیکوپن معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

رنگریزه لیکوپن در تیمارهای ۱ و ۴ در هزار کاراگینان در هر دو دمای ۱۲ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد و تیمار توأم دمای ۲۷ درجه‌سانتی‌گراد و اسپرمیدین ۲ میلی‌مولار و کمترین آن در دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد و عدم کاربرد ترکیبات زیستی (شاهد) مشاهده گردید (جدول ۴).

لیکوپن یک ترکیب کارتنوئیدی است که به میوه گوجه‌فرنگی رنگ قرمز می‌دهد (Nguyen and Schwartz, 1999). لیکوپن دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است (Di Mascio *et al*., 1989)، که نقش عمده‌ای در تعیین کیفیت میوه گوجه‌فرنگی ایفا می‌کند (Fogliano *et al*., 1999; Miller and Rice-Evans, 1997).

در مطالعه‌ای غلظت لیکوپن در میوه‌های گوجه‌فرنگی در گیاهان تیمارشده با غلظت‌های بالاتر عصاره جلبک دریایی افزایش یافت. این نتایج بیانگر آن است که عصاره جلبک دریایی ممکن است مسئول انتقال سایتوکینین از ریشه به میوه در حال رشد یا احتمالاً حتی برای افزایش سطح یا سنتز سایتوکینین‌ها در میوه باشد (Hahn *et al*., 1974). با وجود مواد شبه سایتوکینین در عصاره جلبک دریایی انتقال مواد مغذی به میوه ممکن است به بهبود غلظت لیکوپن کمک کند. از سوی دیگر، مقدار رنگیزه لیکوپن در تمام تیمارهای عصاره مشتق شده از جلبک دریایی افزایش یافته است (Walallawita *et al*., 2020).

مطابق با نتایج به دست آمده از پژوهش فعلی، در مطالعه‌ای بر روی گیاه رازیانه داده‌های حاصل نشان داد که کاربرد پوترسین اثرات قابل توجهی بر کارتنوئیدها دارد و بیشترین مقدار کارتنوئید در گیاهان تیمارشده با ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد (Parmoon *et al*., 2018). کارتنوئیدهای کل در انبه با تیمار پلی‌آمین‌ها در مقایسه با شاهد بهبود یافتند و بیشترین افزایش با کاربرد پوترسین و سپس اسپرمیدین مشاهده شد. علاوه بر این، تیمارهای پوترسین، اسپرمیدین یا اسپرمین بر درختان انبه با محلول‌پاشی در مرحله نهایی میوه‌گیری منجر به میوه‌هایی با بیشترین محتوای کارتنوئیدهای کل موجود در پالپ در زمان برداشت در مقایسه با میوه‌های درختان شاهد شد (Malik and Singh, 2006).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بررسی نتایج مشخص گردید که بیشترین میزان سفتی بافت میوه، آسکوربیک اسید، رنگیزه لیکوپن و کمترین میزان مواد جامد محلول کل، درصد افت وزن میوه، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز متعلق به میوه‌های تیمارشده با لامبدا کاراگینان ۴ قسمت در هزار در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد انبار بود. به‌طورکلی به نظر می‌رسد که تیمار میوه گوجه‌فرنگی رقم تینا با غلظت ۴ قسمت در هزار لامبدا کاراگینان و نگهداری در دمای انبار ۱۲ درجه سانتی‌گراد بیشترین نقش و اثرگذاری را در بهبود و حفظ شاخص‌های کیفی میوه داشته است.

منابع

احمدزاده قویدل، ر.، قیافه داوودی، م.، تنوری، ط. و شیخ‌الاسلامی، ز. (۱۳۹۱) بررسی اثر چهار پوشش خوراکی ایزوله پروتئین سویا، کنستانتره پروتئین آب پنیر، کاراگینان و آلژینات در افزایش ماندگاری ورقه‌های گلابی (*Pyrus communis*). مجله علوم و فناوری غذایی ۴: ۵۴-۴۷.

دستجردی، ع. م.، کلانتری، س.، بابالار، م. و زمانی، ذ. (۱۳۹۲) اثر تیمارهای پس از برداشت بر عمر قفسه‌ای و انباری میوه انبه برداشت شده در مراحل مختلف رسیدن. علوم باغبانی ایران ۴۴: ۵۹-۴۳.

زکائی خسروشاهی، م. و اثنی عشری، م. (۱۳۸۷) اثر کاربرد پوترسین بر عمر و فیزیولوژی پس از برداشت میوه‌های توت فرنگی، زردآلو، هلو و گیلاس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۵: ۲۲۸-۲۱۹.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

قنبرزاده، ب.، الماسی، ه. و زاهدی، ی. (۱۳۸۸) بیوپلیمرهای زیست تخریب‌پذیر و خوراکی در بسته‌بندی موادغذایی و دارویی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

Anju, B., Raj, K. K., Monica, R. and Neeraj, G. (2014) Effect of polyamines on shelf life and chilling injury of mango cv. Dashehari. The Bioscan 9: 1097-1100.

Anna Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E. and Horty´nska, P. (2021) Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality. A Review Agronomy 11: 813.

Archana, T. J., Suresha, G. J., Vandana, A. K. and Swamy, G. S. K. (2015) Effect of exogenous application of putrescine on storage behaviour of jamun (*Syzygium cumini* Skeels) fruits. III International Symposium on Underutilized Plant Species 1241: 577-582.

Barman, K., Asrey, R., Pal, R. K., Charanjit, K. and 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: 111-117.

Basiouny, F. M. (1996) Blueberry fruit quality and storability influenced by postharvest application of polyamines and heat treatments. Proccding Fland State Horticulturae Society 109: 269-272.

Bassiony, S. S., Maha, H., Abd, E. A. and Hayam, M. F. (2018) Effect of foliar application of putrescine and salicylic acid on yield, fruit quality and storability of "Flame Seedless" Grape (*Vitis vinifera* L.). Journal of Plant Production, Mansoura University 9: 1203-1214.

Bussarin, W. and Kanogwan, S. (2018) Effects of putrescine treatment on the quality attributes and antioxidant activities of „Nam Dok Mai No.4" mango fruit during storage. Scientia Horticulturae 233: 22-28.

Campo,V. L., Kawano, D. F., da Silva Jr, D. B. and Carvalho, I. (2009) Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structuralanalysis–areview. Carbohydrate Polymers 77: 167-180.

Champa Harindra, W. A., Gill, M. I. S., Mahajan, B. V. C. and Arora, N. K. (2014) Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. Postharvest Biology and Technology 91: 57-63.

Damodaran, S., Parkin, K. L. and Fennema, O. R. (2008) Fennema's Food Chemistry. 4nd Ed. CRC Press, Boca Raton.

Davarynejad, G., Zarei, M., Ardakani, E. and Nasrabadi, M. E. (2013) Influence of putrescine application on storability, postharvest quality and antioxidant activity of two Iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars. Notulae Scientia Biologicae 5: 212-219.

De Oliveira Silva, F. M., Lichtenstein, G., Alseekh, S., Rosado-Souza, L., Conte, M., Suguiyama, V. F., Lira, B. S., Fanourakis, D., Usadel, B., Bhering, L. L., DaMatta, F. M., Sulpice, R., Araujo, W. L., Rossi, M., De Setta, N., Fernie, A. R., Carrari, F. and Nunes-Nesi, A. (2018) The genetic architecture of photosynthesis and plant growth-related traits in tomato. Plant, Cell and Environment 41: 327-341.

Di Mascio, P., Kaiser, S. and Sies, H. (1989) Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. Archives Biochemistry and Biophysics 274: 532-538.

Dwivany, F. M., Aprilyandi, A. N., Suendo, V. and Sukriandi, N. (2020) Carrageenan edible coating application prolongs Cavendish banana shelf life. International Journal of Food Science.

Fachin, D., Van Loey, A. M., Nguyen, B. L., Verlent, I., Indrawati, I. and Hendrickx, M. E. (2002) Comparative study of the inactivation kinetics of pectinmethylesterase in tomato juice and purified form. Biotechnology Progress 18: 739-744.

Fish, W. W., Perkins-Veazie, P. and Collins, J. K. (2002) A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. Journal of Food Composition and Analysis 15: 309-317.

Flores, S., Haedo, S. and Campos, C. (2007) Antimicrobial performance of potassium sorbate supported in tapioca starch edible films. Food Reasearch Technology 225: 375-384.

Fogliano, V., Verde, V., Randazzo, G. and Ritieni, A. (1999) Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47: 1035-1040.

Fortes, A. M. and Agudelo-Romero, P. (2018) Polyamine metabolism in climacteric and non-climacteric fruit ripening. In: Polyamines (eds. Alc´azar, R. and Tiburcio, A. F.) Pp. 433-447. Methods in Molecular Biology.

Franssen, L., Rumsey, T. R. and Krochta, J. M. (2004) Whey protein film composition effects on potassium sorbate and natamycin diffusion. Journal of Food Science 69: 347-353.

Gill, S. S. and Tuteja, N. (2010) Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. Plant Signaling and Behavior 5: 26-33.

Gross, K. C. (1982) A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. HortScience 17: 933-934.

Hahn, H., de Zacks, R. and Kende, H. (1974) Cytokinins formation in pea seeds. Naturwissenschaften 61: 170-171.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

Hosseini, M. S., Fakhar, Z., Babalar, M. and Askari, M. A. (2017) Effect of pre-harvest putrescine treatment on quality and postharvest life of pear cv. Spadona. Advances in Horticultural Science 31: 11-17.

Javanmardi, J. and Kubota, C. (2006) Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology 41: 151-155.

Jhalegar, M. D. J., Sharma, R. R., Pal, R. K. and Rana, V. (2012) Effect of postharvest treatments with polyamines on physiological and biochemical attributes of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cv. Allison. Fruits 67: 13-22.

Kandasamy, S., Khan, W., Evans, F., Critchley, A. and Prithiviraj, B. (2012) Tasco®: A product of *Ascophyllum nodosum* enhances immune response of *Caenorhabditis elegans* against *Pseudomonas aeruginosa* infection. Marine Drugs 10: 84-105.

Kramer, G. F., Norman, H. A., Krizek, D. T. and Mirecki, R. M. (1991) Influence of UV-B radiation on polyamines, lipid peroxidation and membrane lipids in cucumber. Phytochemistry 30: 2101-2108.

Lee, K. Y., Shim, J. and Lee, H. G. (2003) Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. Carbohydrate Polymers 56: 251-254.

Leiting, V. A. and Wicker, L. (1997) Inorganic cations and polyamines moderate pectin esterase activity. Journal of Food Science 62: 253-255.

Malik, A. U. and Singh, Z. (2006) Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. Scientia Horticulturae 110: 167-174.

Miller, N. J. and Rice-Evans, C. A. (1997) Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS radical cation assay. Free Radical Research 26: 195-199.

Mirdehghan, S. H. and Rahimi, S. (2016) Preharvest application of polyamines enhances antioxidants and table grape (*Vitis vinifera* L.) quality during postharvest period. Food Chemistry 196: 1040-1047.

Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Castillo, S., Martinez-Romero, D., Serrano, M. and Valero, D. (2007) Prestorage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. Postharvst Biology and Technology 44: 26-33.

Mishra, R. and Kar, A. (2014) Effect of storage on the phytochemical and flavour attributes of two cultivars of strawberry cultivated in northern India. The Scientific World Journal, Cairo 1-7.

Mo, A., Xu, T., Bai, Q., Shen, Y., Gao, F. and Guo, J. (2020) FaPAO5 regulates Spm/Spd levels as a signaling during strawberry fruit ripening. Plant Direct 4: 1-14.

Moschou, P. N. and Roubelakis-Angelakis, K. A. (2014) Polyamines and programmed cell death. Journal of Experimental Botany 65: 1285-1296.

Nakamura, A., Itaki, C., Saito, A., Yonezawa, T., Aizawa, K., Hirai, A., Suganuma, H., Miura, T., Mariya, Y. and Haghdoost, S. (2017) Possible benefits of tomato juice consumption: A pilot study on irradiated human lymphocytes from healthy donors. Nutrition Journal 16: 27.

Necas, J. and Bartosikova, L. (2013) Carrageenan: A review. Veterinarni Medicina 58: 187-205.

Nguyen, M. L. and Schwartz, S. L. (1999) Lycopene: Chemical and biological properties. Food Technology 53: 38-45.

Parmoon, G., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Hashemi, M. and Moosavi, S. A. (2018) Effect of exogenous application of several plant growth regulators on photosynthetic pigments of Fennel plants. Notulae Scientia Biologicae 10: 508-515.

Paschalidis, K., Tsaniklidis, G., Wang, B. Q., Delis, C., Trantas, E., Loulakakis, K., Makky, M., Sarris, P. F., Ververidis, F. and Liu, J. H. (2019) The interplay among polyamines and nitrogen in plant stress responses. Plants 8.

Pinela, J., Oliveira, M. B. P. P. and Ferreira, I. C. F. R. (2016) Bioactive compounds of tomatoes as health promoters. In: Natural Bioactive Compounds From Fruits and Vegetables Part II (eds. da Silva, L. R. and Silva, B. M.) Pp. 48-91. Bentham Science Publishers.

Prajapati,V. D., Maheriya, P. M., Jani, G. K. and Solanki, H. K. (2014) Carrageenan: Anatural seaweed polysaccharide and its applications. Carbohydrate Polymers 105: 97-112.

Rathore, H. A., Masud, T., Sammi, S. and Soomro, A. H. (2007) Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of Mango Variety Dashehari. Pakistan Journal of Nutrition 6: 143-148.

Safizadeh, M. R. (2013) Vaccum infiltration of polyamines reduces chilling injury and firmness loss of lemon stored at chilling temperature. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 6: 445-451.

Saftner, R. A. and Baldi, B. G. (2007) Polyamine levels and tomato fruit development: Possible interaction with ethylene. Plant physiology 92: 547-550.

Serrano, M. and Valero, D. (2018) Application of polyamines to maintain functional properties stored fruits. In: Polyamines (eds. Alc´azar, R. and Tiburcio, A. F.) Pp. 449-458. Methods in Molecular Biology.

Sharma, S. and Rao, T. V. R. (2015) Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears. LWT-Food Science and Technology 62: 791-800.

Sharma, S., Pareek, S., Sagar, N. A., Valero, D. and Serrano, M. (2017) Modulatory effects of exogenously applied polyamines on postharvest physiology, antioxidant system and shelf life of fruits: A review. International Journal of Molecular Sciences 18.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

Shiri, M., Ghasemnezhad, A., Bakhshi Davood, M. and Sarikhani, H. (2012) Effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape cv. Shahroudi during long term storage. Journal of Food Processing and Preservation 37: 999-1007

Silva, J. F., Pinheiro, R. F., Amaro, A. L., Pereira, M. J., Ropiz, M., Aguiar, A., Pintado, M., Vasconcelos, M. W. and Carvalho, S. M. P. (2014) Otimizacao da aplicacao de um bio-estimulante para o aumento da produtividade e qualidade do morango. Actas Portuguesas de Horticultura, Lisboa 23: 380-388.

Singh, S. P., Singh, Z. and Swinny, E. E. (2012) Climacteric level during fruit ripening influences lipid peroxidation and enzymatic and non-enzymatic antioxidativesystems in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). Postharvest Biology and Technology 65: 22-32.

Souza, M. L., Morgado, C. M. A., Marques, K. M., Mattiuz, C. F. M. and Mattiuz, B. H. (2011) Pos-colheita de mangas 'Tommy Atkins' recobertas com quitosana. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal 337-343.

Stevens, C., Liu, J., Khan, V. A., Lu, J. Y., Kabwe, M. K., Wilson, C. L., Igwegbe, E. C. K., Chalutz, E. and Droby, S. (2004) The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. Crop Protection 23: 551-554.

Tsaniklidis, G., Kotsiras, A., Tsafouros, A., Roussos, P. A., Aivalakis, G., Katinakis, P. and Delis, C. (2016) Spatial and temporal distribution of genes involved in polyamine metabolism during tomato fruit development. Plant Physiology and Biochemistry 100: 27-36.

Ullah, S. and Jawandha, S. K. (2013) Effect of post-harvest treatments of polyamines on colour of stored peach fruits, Theasian Journal of Horticulture 8: 785-787.

Valero, D., Martinez-Romero, D. and Serrano, M. (2002) The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. Trends in Food Science and Technology 13: 228-234.

Walallawita, U. S., Wolber, F. M., Ziv-Gal, A., Kruger, M. C. and Heyes, J. A. (2020) Potential role of lycopene in the prevention of postmenopausal bone loss: Evidence from molecular to clinical studies. International Journal of Molecular Sciences 21: 7119.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]

Study the effect of spermidine and lambda carrageenan treatments on some physiological properties and postharvest quality of *Lycopersicon esculentum* cv. Teena

Najmeh Zeinali Pour*, Bahareh Nejhad Shahrokh Abadi, Fatemeh Aghebati

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(Received: 09/06/2022, Accepted: 11/10/2022)

Abstract

Tomatoes are known as one of the most consumed food crops among the common vegetables in the world. Since tomatoes are highly perishable, there are many problems in their transportation, storage and marketing. This research was conducted with the aim of investigating the effect of carrageenan and spermidine treatments on the physiological and biochemical properties of *Lycopersicon esculentum* cv. Teena. This factorial experiment was performed in a completely randomized design, at two storage temperatures 12 and 27 ºC, with three repetitions. Ripe green fruits were treated with concentrations of 0, 2 and 4 ppt λ-carrageenan and 0, 1 and 2 mM spermidine by immersion and for 10 minutes. The storage period was considered as two months. By measuring some characteristics during storage, it was found that the highest amount of titratable acidity was obtained by treating the fruits with 1 ppt carrageenan at a storage temperature of 12 ºC, and the highest firmness of the fruit tissue, ascorbic acid, lycopene and the lowest amount of total dissolved solids, percentage of fruit weight loss, polygalactronase and pectin methylesterase activity in fruits treated with λ-carrageenan 4 ppt at the temperature of 12 °C. The results of this experiment indicate that the carrageenan solution of 4 ppt and 12 °C can be introduced as a useful treatment to maintain the quality of the stored tomato fruits.

Keywords: Ascorbic acid, Carrageenan, Lycopene, Titratable acidity

Corresponding author, Email: Nzeinali@uk.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.3.3]