

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 اسیدپتته 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 تیمار شده 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

(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

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

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

شروط 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 عمدتاً 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

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 این حال 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 (t)، کاپا (k)، لامبدا (l)، میو (mu) μ ، نو (nu) ν و تتا (t) - کاراگینان (Campo *et al.*, 2009). 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.*, 2014).

جمله بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر هستند که تمایل به استفاده از آن‌ها به 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 1 ± 12 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 بازاری‌پسند 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 $\times 100$ (اولیه میوه

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

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 رفراکتومتر 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 پلی‌گالاکترونیك 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 طول موج ۲۹۵ نانومتر، با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و میزان فعالیت آنزیم براساس منحنی استاندارد، بر حسب میکرومول اکی‌والان اسید گالاکترونیك بر گرم میوه بر دقیقه ($\mu\text{molproduct}/\text{min}/\text{gfw}$) بیان گردید. میزان فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز به روش (Fachin *et al.*, 2002) ارزیابی و براساس رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲:

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

مدت زمان تیمار (۱۵ ثانیه) ΔT ، حجم سود مصرفی ΔV ،

نرمالیتة سود مصرفی N، حجم نمونه (۱۵/۵ میلی‌لیتر) VS.

اندازه‌گیری لیکوپن با تهیه سوپرناتانت از عصاره ساتریفیوژ شده (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

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

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

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

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

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

سبزیجات و میوه‌ها در برابر از دست دادن رطوبت، تورژسانس، اکسیداسیون ترکیبات ارزشمند و نیز وقوع فرآیندهای ناشی از پیری محافظت می‌کنند و به خصوص در بروز اثر هم‌نیروزاد (سینرژیستی) با ویتامین ث درونی محصول، اثرات پادمیکروبی

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

خود را بهتر نشان می‌دهند (Anna Kocira *et al.*, 2021). پوست مؤثر است به طوری که تیمار ۲ میلی مولار اسپرمیدین بیشترین تأثیر را نشان داد. مطابق نتایج پژوهش حاضر اثر کاربرد پلی آمین‌ها بر جلوگیری از کاهش وزن گوجه‌فرنگی قبلاً نیز گزارش شده است (Saftner and Baldi, 2007). کم شدن تنفس میوه با تیمار پلی آمین‌ها به علت تأثیر فراوان آن‌ها بر کاهش تنفس میوه می‌باشد. نتایج دیگر گزارش‌های پیشین نشان داده که تیمار میوه‌های انبه و انگور با پلی آمین‌ها 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 میلی مولار 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 میلی مولار 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 پلی آمین‌ها 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 پلی آمین‌ها با متصل شدن به گروه‌های پکتینی می‌توانند مانع از شکسته شدن آن‌ها شوند (Rathore *et al.*, 2007). پلی آمین‌ها 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 پلی آمین‌ها 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

سانتی گراد و کاراگینان ۴ در هزار و دمای ۱۲ درجه سانتی گراد و اسپرمیدین ۲ میلی مولار مشاهده گردید (جدول ۲). در طی روند رشد و رسیدن میوه و با افزایش دوره انبارمانی به طور طبیعی از میزان تجمع ساکارز کاسته و به میزان قندهای احیایی مثل گلوکز و فروکتوز افزوده می شود که در واقع پیامد متابولیسم ساکارز به قندهای احیایی در طی واکنش های 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 مطالعه ای روی دو رقم توت فرنگی نیز مشاهده شده بود (Mishra and Kara, 2014).

در مطالعه ای که روی میوه های دو رقم زردآلو ایرانی (لاسگردی و شاهرودی) تیمار شده با غلظت های مختلف پوترسین به مدت پنج دقیقه غوطه وری صورت گرفته بود، نتایج حاصل نشان داد که میوه های تیمار شده 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 آنتی اکسیدانی بالا بود. به نظر می رسد که کیفیت میوه های زردآلو به دلیل 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 معنی دار قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بالاترین میزان آسکوربیک اسید ۲۰/۵۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، به تیمار توأم دمای انبار ۱۲ درجه سانتی گراد و کاراگینان ۴ در هزار اختصاص داشت. کمترین میزان آسکوربیک اسید ۸/۶۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، در تیمار توأم دمای انبار ۲۷ درجه سانتی گراد و اسپرمیدین ۱ میلی مولار مشاهده گردید (جدول ۴).

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

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

در تحقیقی که میوه انبه با غلظت های مختلفی از عصاره جلبک دریایی تیمار شده بود، روند تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون بررسی شد و بیشترین میزان این پارامتر را در انبه های گروه شاهد به دست 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).

به نظر می رسد افزایش اسیدهای آلی در تیمارهای اسپرمیدین به دلیل نقش فعال این مواد در مقابله با ناهنجاری های انبارمانی باشد. هم چنین با کم شدن تنفس بافت، مصرف اسیدهای آلی طی انبارمانی کاهش پیدا می کند (Leiting and Wicker, 1997). بررسی ها نشان داده که استفاده بیرونی پلی آمین ها کیفیت میوه انار را از طریق بهبود رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش می دهد (Valero et al., 2002). هم چنین افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در انگور (Champa Harindra et al., 2014) و کیوی (Jhalegar et al., 2012) با کاربرد بیرونی پلی آمین ها 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 معنی دار 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 سانتی گراد با کاربرد کاراگینان ۱ در هزار و اسپرمیدین ۱ میلی مولار بود. این در حالی است که کمترین میزان مواد جامد محلول به میزان ۵/۱ درجه بریکس در تیمارهای توأم دمای ۱۲ درجه

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

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

بودند. به‌طورکلی جلبک‌ها و از جمله کاراگینان حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مختلفی از قبیل لوتئین و زناکسانتین، فلاونوئیدها (کاتکین)، اسیدهای فنولیک (تانن) و برخی از ویتامین‌ها و به

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

میلی مولار اسپرمیدین، در مقایسه با میزان تنفس کمتر، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و لیپواکسیژناز را کاهش داده است و محققان اظهار داشتند که غلظت ۱/۵ میلی مولار اسپرمین و ۲ میلی مولار 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 *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

ویژه ویتامین C و E هستند. بنابراین علاوه بر افزایش میزان آسکوربیک اسید جمعی، 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 گلایی رقم اسپادونا به وسیله تأخیر در کاهش وزن، نرم شدن میوه، تغییر رنگ و همچنین به تعویق انداختن سرعت تخریب TSS، TA، ویتامین C و آنتی‌اکسیدان کل میوه گلایی 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 میکرومول‌اکی‌والان اسید گالاکترونیك بر گرم میوه بر دقیقه، مربوط به تیمار دمای انبار ۲۷ درجه سانتی‌گراد و عدم کاربرد ترکیبات زیستی بود. کمترین فعالیت پلی‌گالاکتروناز ۸/۷۵ میکرومول‌اکی‌والان اسید گالاکترونیك 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 میلی مولار اسپرمین و غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲

پوترسین اثرات قابل توجهی بر کارتنوئیدها دارد و بیشترین مقدار کارتنوئید در گیاهان تیمارشده با ۰/۵ میلی مولار پوترسین مشاهده شد (Parmoon et al., 2018). کارتنوئیدهای کل در انبه با تیمار پلی آمین ها 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 محلول پاشی در مرحله نهایی میوه گیری منجر به میوه هایی با بیشترین محتوای کارتنوئیدهای کل موجود در پالپ در زمان برداشت در مقایسه با میوه های درختان شاهد شد (Malik and Singh, 2006).

نتیجه گیری

در این پژوهش با بررسی نتایج مشخص گردید که بیشترین میزان سفتی بافت میوه، آسکوربیک اسید، رنگیزه لیکوپین و کمترین میزان مواد جامد محلول کل، درصد افت وزن میوه، فعالیت آنزیم پلی گالاکتروناز و پکتین متیل استراز متعلق به میوه های تیمارشده با لامبدا کاراگینان ۴ قسمت در هزار در دمای ۱۲ درجه سانتی گراد انبار بود. به طور کلی به نظر می رسد که تیمار میوه گوجه فرنگی رقم تینا با غلظت ۴ قسمت در هزار لامبدا کاراگینان و نگهداری در دمای انبار ۱۲ درجه سانتی گراد بیشترین نقش و اثرگذاری را در بهبود و حفظ شاخص های کیفی میوه داشته است.

رنگریزه لیکوپین در تیمارهای ۱ و ۴ در هزار کاراگینان در هر دو دمای ۱۲ و ۲۷ درجه سانتی گراد و تیمار توأم دمای ۲۷ درجه سانتی گراد و اسپرمیدین ۲ میلی مولار و کمترین آن در دمای انبار ۲۷ درجه سانتی گراد و عدم کاربرد ترکیبات زیستی (شاهد) مشاهده گردید (جدول ۴).

لیکوپین یک ترکیب کارتنوئیدی است که به میوه گوجه فرنگی رنگ قرمز می دهد (Nguyen and Schwartz, 1999). لیکوپین دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی است (Di Mascio et al., 1989)، که نقش عمده ای در تعیین کیفیت میوه گوجه فرنگی ایفا می کند (Fogliano et al., 1999; Miller and Rice-Evans, 1997).

در مطالعه ای غلظت لیکوپین در میوه های گوجه فرنگی در گیاهان تیمارشده با غلظت های 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 سایتوکینین ها 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 لیکوپین کمک کند. از سوی دیگر، مقدار رنگیزه لیکوپین 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 مطالعه ای بر روی گیاه رازیانه داده های حاصل نشان داد که کاربرد

منابع

- احمدزاده قویدل، ر.، قیافه داوودی، م.، تنوری، ط. و شیخ الاسلامی، ز. (۱۳۹۱) بررسی اثر چهار پوشش خوراکی ایزوله پروتئین سویا، کنستانتیره پروتئین آب پنیر، کاراگینان و آلژینات در افزایش ماندگاری ورقه های گلابی (*Pyrus communis*). مجله علوم و فناوری غذایی ۴: ۴۷-۵۴.
- دستجردی، ع. م.، کلانتری، س.، بابالار، م. و زمانی، ذ. (۱۳۹۲) اثر تیمارهای پس از برداشت بر عمر قفسه ای و انباری میوه انبه برداشت شده در مراحل مختلف رسیدن. علوم باغبانی ایران ۴۴: ۴۳-۵۹.
- زکائی خسروشاهی، م. و اثنی عشری، م. (۱۳۸۷) اثر کاربرد پوترسین بر عمر و فیزیولوژی پس از برداشت میوه های توت فرنگی، زردآلو، هلو و گیللاس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۵: ۲۱۹-۲۲۸.

قنبرزاده، ب.، الماسی، ه. و زاهدی، ی. (۱۳۸۸) بیوپلیمرهای زیست تخریب‌پذیر و خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی 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 Hortyńska, 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. *Proceeding Fland State Horticulturæ 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 Horticulturæ* 233: 22-28.
- Campo, V. L., Kawano, D. F., da Silva Jr, D. B. and Carvalho, I. (2009) Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis—a review. *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*. 4th 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., Sugiyama, 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 Research 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. Alcázar, 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.

- 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. *Postharvest 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., Sukanuma, 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: A natural 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. Alcázar, 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.

- 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.

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 Nejhah 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 °C, 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 °C, and the highest firmness of the fruit tissue, ascorbic acid, lycopene and the lowest amount of total dissolved solids, percentage of fruit weight loss, polygalacturonase 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