



کاهش اثرات تنش اکسیداتیو در پس از برداشت میوه فلفل دلمه با استفاده از پوشش خوراکی صمغ عربی

محمد رضا زارع بوانی^{۱*}، مصطفی رحمتی جندآباد^۲، حسین جوینده^۳

- ۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
- ۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
- ۳- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۷

کلمات کلیدی:

اسید آسکوربیک،

آنزیم های آنتی اکسیدانی،

ظرفیت آنتی اکسیدانی،

فلفل کل.

DOI: 10.22034/FSCT.20.145. 122

* مسئول مکاتبات:

mzarebavani@asnrukh.ac.ir

هدف اصلی این کار بررسی تأثیر صمغ عربی بر کاهش تنش اکسیداتیو در فلفل دلمه ای در طی انبارمانی بود. صمغ عربی در محلول های آبی ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد به عنوان یک پوشش خوراکی قبل از انبارداری روی فلفل های دلمه بالغ که در دمای ۸ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد به مدت ۲۸ روز نگهداری شدند، اعمال شد. میوه های که با ۱۲ درصد صمغ عربی پوشانده شده بود، کمترین میزان پوسیدگی، کاهش وزن، محتوای کاروتنوئید کل و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و همچنین بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، فنل کل، اسید آسکوربیک و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی (پروپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز) را در طول نگهداری در مقایسه با شاهد بدون پوشش و میوه تیمار شده با ۶ و ۹ درصد صمغ داشت اما با میوه های تیمار شده با ۱۵٪ صمغ عربی به جز در محتوای کاروتنوئید کل تفاوت آماری معنی داری نداشت. میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا ضرایب همبستگی مثبت و بالایی با پوسیدگی (**۰/۹۳) و کاهش وزن فیزیولوژیکی (**۰/۸۹) نشان داد اما با ظرفیت آنتی اکسیدانی (**۰/۹۳)، اسید آسکوربیک (**۰/۹۴)، فنل کل (**۰/۹۲)، فعالیت آنزیم های SOD (**۰/۹۶)، CAT (**۰/۸۷) و POD (**۰/۸۶) همبستگی منفی و بالایی داشت. نتایج نشان داد که استفاده از ۱۲ درصد صمغ عربی به عنوان پوشش خوراکی، می تواند تنش اکسیداتیو و پوسیدگی را به تأخیر انداخته و خصوصیات آنتی اکسیدانی میوه را تا ۲۸ روز در طول نگهداری در دمای ۸ درجه سلسیوس به صورت قابل قبولی حفظ کند.

۱- مقدمه

فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.) یکی از پرمصرف‌ترین سبزی‌ها از تیره سیب‌زمینی است که به علت مقادیر بالای اسید آسکوربیک و ویتامین‌هایی مانند A و E و طیف وسیعی از ویتامین B کمپلکس ارزش غذایی بسیار خوبی دارد [۱]. میوه فلفل دلمه‌ای ماندگاری کوتاهی دارد، و مستعد شلی، پژمردگی، چروکیدگی، بیماری‌های قارچی و پوسیدگی است که این مشکلات باعث کاهش استقبال مصرف‌کنندگان پس از برداشت می‌شود [۱ و ۲]. معمولاً میوه‌ها فلفل در دمای پایین (۷-۱۰ درجه سلسیوس) نگهداری می‌شوند تا کیفیت و ماندگاری آن‌ها برای مدت بیشتری حفظ شود اما این فن به‌اندازه کافی برای حفظ کیفیت میوه به‌تنهایی مؤثر نبوده است و خطر سرمازدگی نیز وجود دارد [۱ و ۳].

گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد عدم تعادل متابولیسم گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) به دلیل تولید بیش‌ازحد ROS در پس از برداشت محصولات باغبانی، منجر به آسیب جبران‌ناپذیری به غشاها و اندامک‌های سلولی شده و عمر نگهداری میوه و سبزی‌های تازه مانند پرتقال [۴ و ۵]، پوملو [۶]، توت‌فرنگی [۷]، زردآلو [۸]، گوجه‌فرنگی [۹] و کاهو [۱۰] را کاهش می‌دهد. میوه‌ها و سبزی‌های برداشت‌شده دارای یک سیستم حذف عملکردی ROS هستند که شامل آنزیم‌های مهارکننده ROS به‌عنوان مثال، سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POD)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) و آنتی‌اکسیدانی‌های غیر آنزیمی مانند اسید آسکوربیک، فنل‌ها، فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها هستند [۶ و ۱۱]. کارایی یک سیستم حذف ROS در سلول‌های گیاهی یک عامل مهم در تحمل تنش اکسیداتیو و افزایش عمر ماندگاری محصولات برداشت‌شده است. بنابراین، فعال‌سازی یک سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی

می‌تواند یک استراتژی امیدوارکننده برای تحریک مقاومت میوه‌ها و افزایش عمر نگهداری آن‌ها باشد [۱۲]. استفاده از پوشش‌های نیمه‌تراوا باعث بهبود عمر نگهداری میوه و سبزی‌ها می‌شود [۱۳]. پوشش‌های خوراکی می‌توانند کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها را با کاهش جذب اکسیژن و از دست دادن رطوبت و کند تر کردن تنفس بیشتر حفظ نمایند [۳ و ۱۴]. به‌عنوان مثال کیتوسان یک بایوپلیمر طبیعی است که به دلیل تشکیل فیلم خوراکی، خواص بیوشیمیایی، فعالیت ضد میکروبی و برانگیختن پاسخ‌های دفاعی در بافت‌های گیاهی، طیف وسیعی از کاربردها در میوه‌ها و سبزی‌ها را دارد [۱۴ و ۱۵]. گزارش‌شده است که پوشش کیتوسان کاهش وزن، سرعت تنفس، از دست دادن رنگ و عفونت قارچی را کاهش و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در فلفل دلمه‌ای افزایش داده است [۳ و ۱۵]. محققین گزارش کردند که پوشش‌های خوراکی بر پایه پلی‌ساکاریدها مانند کیتوسان و صمغ کتیرا این توانایی را دارد که سیستم آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشد و عمر پس از برداشت محصولات را افزایش دهد [۱۰ و ۱۴].

در همین حال، صمغ عربی که ترکیبی از پلی‌ساکاریدها، الیگوساکاریدهای آرابینوگالاکتان و گلیکوپروتئین‌ها [۱۶] است به‌عنوان یک پلی‌ساکارید طبیعی که از درخت افاقیا به دست می‌آید، به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی، نساجی و داروسازی استفاده می‌شود [۱]. در پژوهشی، پوشش صمغ عربی آسیب بافتی و پوسیدگی فلفل سبز را کاهش داد [۱۷] و در تحقیقی دیگر صمغ عربی در ترکیب با نانو ذرات نقره رشد میکروبی را مهار کرد و ماندگاری فلفل سبز را افزایش داد [۱۸]. بر اساس گزارش‌ها به نظر می‌رسد که استفاده پس از برداشت از پوشش‌های خوراکی مانند صمغ عربی در حفظ کیفیت میوه در انبار سرد مفید است. باین‌حال، نقش نسبی این پوشش خوراکی بر فعالیت و خواص

محلول‌های پوشش‌دهی به میزان ۱٪ اضافه شد. pH محلول‌ها با استفاده از هیدروکسید سدیم یک نرمال برابر ۵/۶ تنظیم شد. قبل از تیمار میوه‌های فلفل با هیپوکلریت سدیم (۰/۰۵ درصد) به مدت ۳ دقیقه شسته و در دمای محیط (25 ± 3 درجه سلسیوس) در هوا خشک شد. چهل میوه در هر غلظت محلول پوششی صمغ عربی (۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد) به مدت ۲-۳ دقیقه غوطه‌ور شدند و محلول پوششی به‌طور یکنواخت بر روی تمام سطح اعمال شد، درحالی‌که میوه شاهد در آب مقطر استریل غوطه‌ور شد [۱۹]. پس از خشک‌کردن در هوا، تمام گروه‌های پوشش داده‌شده و شاهد در جعبه‌های پلاستیکی (ابعاد کلی: ۴۸ سانتی‌متر × ۳۲ سانتی‌متر × ۲۵ سانتی‌متر)، قرار گرفتند و سپس در دمای 8 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵٪ در انبار سرد نگهداری شدند [۱]. داده‌ها قبل از تیمار (روز صفر) و در فواصل ۷ روزه به مدت ۲۸ روز ثبت شد.

۲-۳- شاخص‌ها و صفات مورد ارزیابی

۲-۳-۱- درصد کاهش وزن میوه

میوه‌های فلفل در ابتدا بلافاصله بعد از اعمال تیمار و قبل از ذخیره‌سازی در انبار سرد وزن شدند سپس در فواصل زمانی ۷ روز مجدداً با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردیدند. درصد کاهش وزن به‌صورت درصدی از وزن اولیه و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۱].

$$100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$$

۲-۳-۲- درصد پوسیدگی

درصد پوسیدگی میوه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش به‌عنوان تعداد میوه‌های پوسیده تقسیم بر تعداد اولیه همه میوه‌ها ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد [۸].

۲-۳-۳- اندازه‌گیری کاروتنوئید کل

محتوای کل کاروتنوئید بر اساس روش توصیف‌شده توسط بورگوس و همکاران (۲۰۰۹) تعیین شد. دو گرم از

آنتی‌اکسیدانی فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف اصلی مطالعه ما بررسی اثرات پوشش خوراکی صمغ عربی بر پیری اکسیداتیو فلفل دلمه در طی نگهداری و پس از برداشت بود. تغییرات در پراکسیداسیون لیپیدی، برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و متابولیت‌های غیر آنزیمی آنتی‌اکسیدانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. علاوه بر این، کاهش وزن فیزیولوژیکی و میزان پوسیدگی میوه‌ها با پوشش غلظت‌های مختلف صمغ عربی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد آزمایشی:

این پژوهش در آزمایشگاه و سردخانه گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، در بهار ۱۴۰۲ انجام شد. میوه‌های فلفل دلمه از گلخانه‌ای تجاری در شهر شوشتر ($32^{\circ}11'39''N$ $48^{\circ}14'37''E$) تهیه شد. میوه‌های فلفل دلمه بدون هیچ نشانه‌ای از آسیب فیزیکی و یا علائم بیماری و آفت‌زدگی برابر پسند عمومی به‌صورت دستی در زمان صبح ساعت ۷ تا ۹ برداشت شدند. میوه‌های برداشت‌شده بلافاصله در جعبه‌های پلی‌استایرن به آزمایشگاه منتقل شد. میوه‌ها ابتدا خنک و برای تمیز شدن قبل از تیمار ۲ بار با آب مقطر شستشو شدند و در دمای آزمایشگاه خشک و رطوبت آن‌ها گرفته شد.

۲-۲- آماده‌سازی محلول‌های صمغ عربی و انجام تیمار

پودر صمغ عربی (Sigma-Aldrich CAS: 9000-01-5) در غلظت‌های ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد وزنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل و با حرارت دادن در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه حل شد. پس از خنک شدن تا دمای ۲۰ درجه سلسیوس، گلیسرول به‌عنوان یک نرم‌کننده برای بهبود استحکام و انعطاف‌پذیری

۶-۳-۲- تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی کل

ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها به روش مهار رادیکال‌های آزاد محلول ۲ و ۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل^۲ (DPPH). ۵۰ میکرولیتر عصاره متانولی گوشت میوه با ۳ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH واکنش داده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در تاریکی نگهداری شد. میزان تغییر جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر در برابر متانول خالی بدون DPPH اندازه‌گیری شد. نتایج به صورت درصد کاهش با توجه به مقدار جذب محلول مرجع DPPH بیان شد [۸].

۷-۳-۲- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی

سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD) و کاتالاز (CAT)

نمونه‌های از گوشت میوه به وزن ۲ گرم به وسیله ۱۰ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات سدیم (۲۵ میلی مولار pH 7.8، حاوی ۰/۸ گرم در لیتر PVPP و ۱ میلی مولار EDTA) عصاره‌گیری شد [۳].

برای تعیین فعالیت آنزیم SOD، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی با ۲/۹ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم (۵۰ میلی مولار، pH 7.8، حاوی ۱۳ میلی مولار متیونین، ۷۵ میکرومولار نیترویل تترازولیوم، ۲ میکرومولار ریپوفلاوین، ۱۰ میکرومولار EDTA مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با شدت نور ۶۰ $\text{lmol/m}^2/\text{s}$ تیمار شد و سپس میزان جذب آن در طول موج ۵۶۰ نانومتر ثبت شد. در نهایت فعالیت SOD به صورت U/g FW گزارش شد [۳].

برای تعیین فعالیت CAT، ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی با ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم (۵۰ میلی مولار، pH 7.0 و ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۴۰ میکرومولار مخلوط شد. میزان فعالیت CAT در نهایت به صورت U/g FW گزارش گردید [۳].

بافت میوه تیمار شده و تیمار نشده با استون همگن شدند. استخراج تا زمانی که نمونه‌های باقیمانده بی‌رنگ شوند، تکرار شد. پترولیوم اتر به عصاره‌ها اضافه شد و سپس با آب شسته شدند تا استون باقیمانده خارج شود. هیدروکسی تولوئن بوتیل به عصاره اضافه شد تا از تخریب کاروتنوئیدها جلوگیری شود. صابون‌سازی با هیدروکسید پتاسیم متانولی (۱۰٪) با حجمی برابر با عصاره در تاریکی در دمای اتاق انجام شد. مقادیر جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و محتوای کاروتنوئید کل با استفاده از ضریب خاموشی مخلوط کاروتنوئیدها (۲۵۰۰) محاسبه شد [۲۰].

۴-۳-۲- اندازه‌گیری فنل کل

غلظت کل محتوای فنلی با استفاده از روش رنگ سنجی فولین-سیوکالتیو^۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میزان فنل کل و استاندارد فنل از روی میزان جذب نمونه در ۷۵۰ نانومتر بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت تازه بیان شد [۱۹].

۵-۳-۲- سنجش اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

ویتامین ث نمونه‌های میوه با استفاده از روش کلاین و پری (۱۹۸۲) با تغییرات جزئی اندازه‌گیری شد. پنج گرم از نمونه‌های لفل با ۵۰ میلی‌لیتر اسید متافسفیک (۱ درصد w/v) عصاره‌گیری شد. سپس عصاره حاصل به وسیله سانتریفیوژ یخچال دار در ۵۰۰۰ g به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و پس‌از آن، یک میلی‌لیتر از روشناور با میلی‌لیتر به ۹ میلی‌لیتر محلول دیکلروفنل ایندوفنل (DCIPP) (۰/۰۵ میلی مولا) مخلوط و بلافاصله جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. از اسید L-آسکوربیک برای تهیه استاندارد استفاده شد. میزان ویتامین ث بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه خواهد گردید [۲۱].

^۲ - 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl^۱ - Folin- Ciocalteu

انبارمانی برای تمامی صفات مورد مطالعه ($p \leq 0.01$) معنی‌دار شد.

۱-۳- درصد کاهش وزن میوه

کاهش وزن میوه‌های فلفل دلمه در حین انبارمانی به‌طور قابل‌توجهی در میوه‌های پوشش‌دار شده با صمغ عربی در مقایسه با گروه بدون پوشش کمتر بود. نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۱ نشان داد که میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱۲ و ۱۵٪ صمغ عربی کمترین کاهش وزن را در طی انبارمانی داشتند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد اما با تیمارهای ۹ و ۶٪ صمغ عربی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. میزان کاهش وزن در پایان انبارمانی در تیمار شاهد ۱۸/۹۲ درصد بود که نسبت به تیمار ۱۵ و ۱۲٪ پوشش صمغ عربی که به ترتیب کاهش وزنی برابر ۱۰/۵۲ و ۹/۹۳٪ داشتند تقریباً دو برابر بود. کاهش وزن یک عامل مهم است که ماندگاری پس از برداشت میوه در هنگام ذخیره‌سازی را تعیین می‌کند [۲۲]. درصد کاهش وزن در طول دوره نگهداری در تمامی تیمارها افزایشی یافت که می‌تواند به دلیل کاهش آب ناشی از فرآیندهای متابولیک فعال مانند تعرق و تنفس در میوه باشد [۲۳]. با این حال، میوه‌های با پوشش صمغ عربی وزن بیشتری را در طول دوره ذخیره‌سازی در مقایسه با میوه بدون پوشش حفظ کردند. کاهش وزن کمتر در میوه‌های روکش‌دار شده با صمغ عربی می‌تواند به دلیل انسداد روزنه‌ها و سلول‌های محافظ باشد که در نهایت فرآیندهای متابولیک فعال و تنفس را کند می‌کند. همچنین می‌تواند به دلیل اثر نیمه‌تراوا پوشش‌ها در طول از دست دادن رطوبت، تنفس و حرکت املاح در سراسر غشاء باشد [۱]. نتایج به‌دست‌آمده مطابق با گزارش‌های محققان دیگر در مورد فلفل سبز [۱ و ۱۸]، گوجه‌فرنگی [۹] و پونکان (نوعی از مرکبات) [۱۲] بود.

برای تعیین فعالیت POD، ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار، pH 6.4 حاوی ۸ میلی‌مولار گایاکول، مخلوط و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه انکوبه شد. پس از افزودن ۱ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۲۴ میلی‌مولار میزان افزایش جذب در طول موج ۴۶۰ نانومتر در فواصل ۳۰ ثانیه به مدت دو دقیقه اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت POD به صورت U/g FW گزارش شد [۳].

۸-۳-۲- محتوای مالون دی‌آلدئید

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا بر اساس میزان مالون دی‌آلدئید تولیدی تعیین و بیان شد [۳]. چهار گرم از نمونه‌هایی از بافت گوشتی میوه‌های فلفل با ۲۰ میلی‌لیتر اسید تری کلرواستیک (۱۰٪) عصاره‌گیری شد. یک میلی‌لیتر از عصاره با ۳ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید ۰/۵٪ مخلوط شد. در نهایت جذب نمونه‌ها در ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و از هم کم شد. میزان مالون دی‌آلدئید با استفاده از ضریب خاموشی $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ محاسبه و به صورت میکرومولار در گرم وزن تر گزارش شد.

۴-۲- پردازش اطلاعات

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS V:9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد و محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون با SPSS V:21 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش نشان داد که اثرات برهمکنش پوشش خوراکی صمغ عربی و زمان

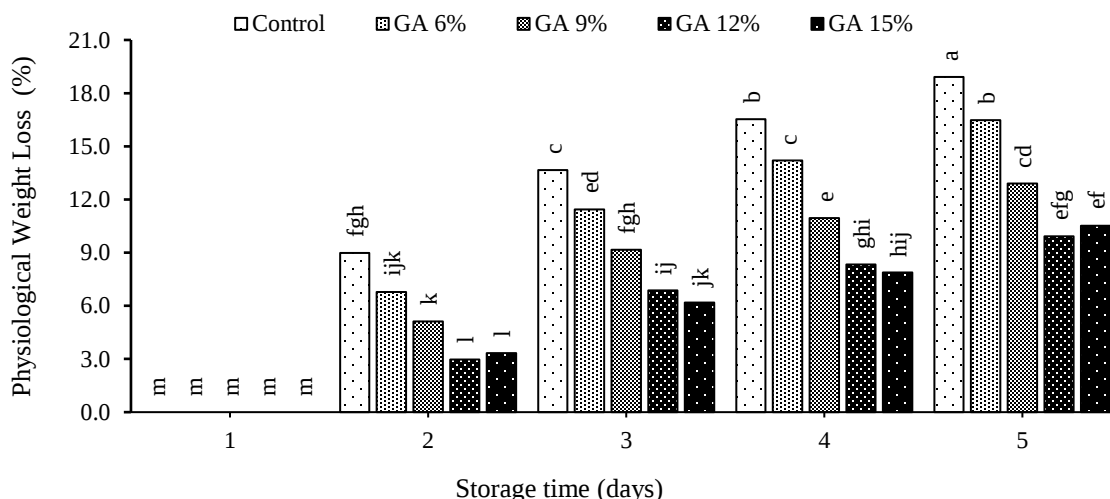


Figure 1- Effect of gum Arabic coating on the weight loss of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

بیماری‌ها را افزایش می‌دهد و بیماری‌ها را سرکوب می‌کند [۲۴ و ۲۵]. به دلیل تشکیل لایه‌ای مبتنی بر پوشش روی محصول پوشش داده‌شده، ارگاناسم‌های مرتبط با بیماری نمی‌توانند تکثیر شوند و به‌این‌ترتیب، محصولات پوشش داده‌شده پوسیدگی قابل‌توجهی کمتری نشان می‌دهند [۸]. نتایج تحقیق حاضر با نتایج گزارش‌شده توسط اولاه و همکاران (۲۰۱۷) که کاهش پوسیدگی در میوه فلفل سبز با روکش صمغ عربی را گزارش کرده بودند مطابقت دارد. همچنین تأثیر دیگر پوشش‌های خوراکی در کاهش پوسیدگی فلفل [۲۲] و گوجه‌فرنگی [۸] قبلاً گزارش‌شده است که مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر است.

۳-۲- درصد پوسیدگی

استفاده از پوشش صمغ عربی به‌طور قابل‌توجهی از پوسیدگی فلفل دلمه ذخیره‌شده جلوگیری کرد (شکل ۲). نتایج نشان داد که در پایان انبارمانی گروه پوشش صمغ عربی ۱۲٪ (با ۲۵/۰۰٪ میوه‌های پوسیده) دارای میوه‌های پوسیده و غیرقابل استفاده کمتری نسبت به گروه بدون پوشش (با ۵۸/۸۳٪ میوه پوسیده) و دیگر تیمارها بودند. اختلاف آماری معنی‌داری بین گروه با پوشش صمغ عربی ۱۲٪ با گروه تیمار شده با پوشش ۱۵٪ مشاهده نشد (شکل ۲). گزارش‌شده است که پوشش‌های مبتنی بر پلی‌ساکاریدها دارای خواص ضد میکروبی هستند. کاربرد پوشش‌های مبتنی بر پلی‌ساکاریدها، دفاع را در برابر ارگاناسم‌های

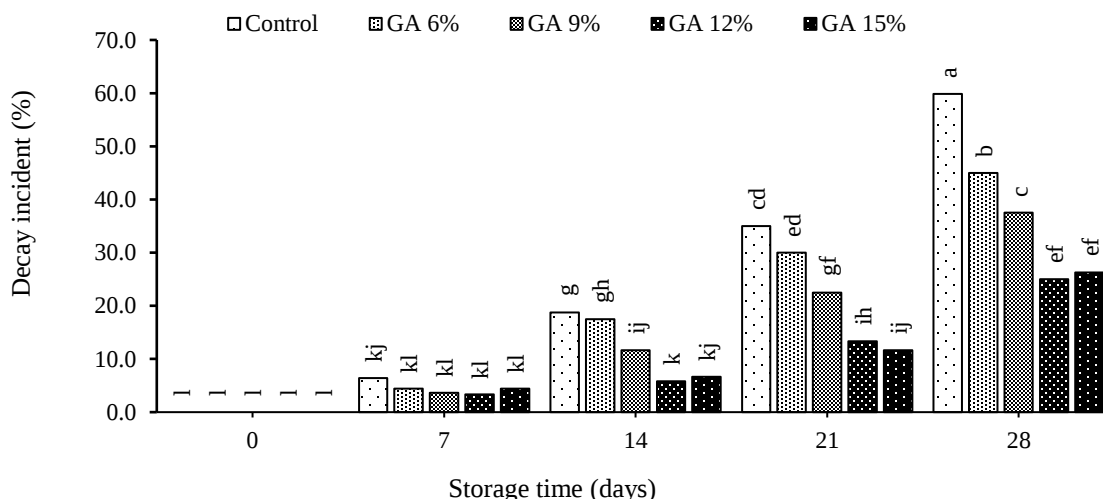


Figure 2- Effect of gum Arabic coating on the decay incident of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

کاروتنوئیدها به‌طور مستقیم با رسیدن میوه در ارتباط است [۱]. همچنین گزارش شده است که تشکیل رنگدانه‌ها به محدوده دما و سرعت تنفس در حین ذخیره‌سازی بستگی دارد [۲۶]. در یک مطالعه اخیر روی گوجه‌فرنگی با استفاده از صمغ عربی به‌عنوان یک پوشش خوراکی، تغییرات رنگ جزئی در میوه‌های پوشش داده‌شده با غلظت‌های بالای صمغ عربی حتی پس از ۲۰ روز نگهداری مشاهده شد که نشان می‌دهد در غلظت‌های بالاتر فرآیند رسیدن و پیری میوه‌ها کند شده است [۱۹]. نتایج تحقیق حاضر با نتایج گزارش شده در مورد تأثیر صمغ عربی بر رنگدانه‌های میوه گوجه‌فرنگی [۱۹] مطابقت دارد. همچنین اولاد و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که میوه‌های فلفل سبز پوشش‌دار شده با ۱۲٪ صمغ عربی در طی انبارمانی ثبات رنگ خود را بهتر حفظ کردند که از نظر حفظ رنگ با تحقیق حاضر مطابقت دارد.

۳-۳- کاروتنوئید کل

محتوای کاروتنوئید کل در تمامی تیمارها باگذشت زمان افزایش نشان داد (شکل ۳). میزان افزایش کاروتنوئیدها در تیمار شاهد بیشترین مقدار بود. در میوه‌های پوشش‌دار شده با صمغ عربی ۱۲٪ میزان افزایش در روز ۷ با روز شروع آزمایش اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳). در انتهای انبارمانی (روز ۲۸) میزان کاروتنوئید کل در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱۲٪ صمغ عربی نسبت به روز شروع آزمایش ۱۴۰/۶۹٪ افزایش داشت درحالی‌که در تیمار بدون پوشش میزان این افزایش ۲۱۶/۸۵٪ بود.

افزایش کاروتنوئیدها در گروه شاهد تیمار نشده و میوه‌های تیمار شده با غلظت پایین صمغ عربی ممکن است به دلیل رسیدن سریع‌تر میوه نسبت به میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های بالاتر صمغ عربی باشد. تولید محتوای

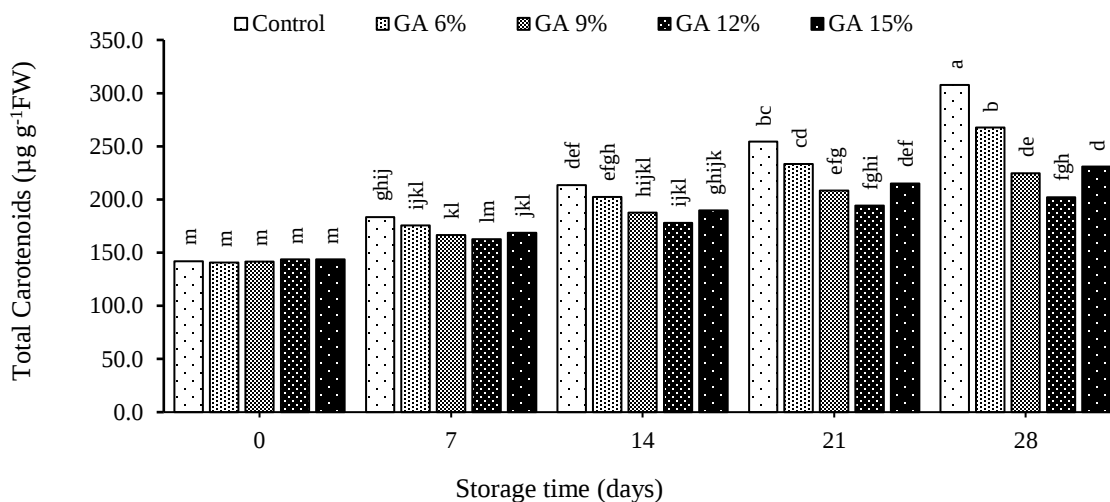


Figure 3- Effect of gum Arabic coating on the total carotenoids of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

اکسیداتیو هستند [۳۰]. به عبارتی پوشش صمغ عربی در غلظت‌های ۱۲ و ۱۵٪ توانسته است با کاهش تنش اکسیداتیو باعث حفظ بهتر ترکیبات فنلی گردد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های قبلی دیگر محققین در مورد اثرات غلظت مناسب صمغ عربی در حفظ ترکیبات فنلی در گوجه‌فرنگی [۹ و ۱۹] قابل مقایسه است.

۳-۴- محتوای فنل کل

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در تمامی تیمارها میزان فنل کل در هفته اول افزایش یافت اگرچه از نظر آماری معنی‌دار نبود و سپس تا پایان انبارمانی کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۴). میزان کاهش ترکیبات فنلی در تیمار بدون پوشش در پایان انبارمانی حدود ۴۳٪ بود درحالی‌که در میوه‌های دارای پوشش ۱۲ و ۱۵٪ صمغ عربی حدود ۲۴٪ کاهش داشت. همان‌طور که مشاهده شد میوه‌های پوشش‌دار شده با صمغ عربی کاهش کمتری در میزان فنل کل در طی انبارمانی نشان دادند. گزارش شده است که ترکیبات فنلی در طی مراحل رسیدن در فلفل افزایش می‌یابد [۱۵]. که احتمالاً دلیل افزایش فنل در ابتدای انبارمانی در تمامی تیمارها به همین علت است. کاهش ترکیبات فنلی در ادامه انبارمانی به علت تخریب ترکیبات فنلی در اثر تنفس است همچنین می‌تواند به دلیل پیری و تجزیه ساختار سلولی در هنگام انبارمانی باشد [۱۹]. بیشتر بودن ترکیبات فنلی در پوشش‌های صمغ عربی ممکن است به بیوستتزد مداوم [۲۸ و ۲۹] و کاهش اکسیداسیون نسبت داده شود زیرا فنل‌ها در طول ذخیره‌سازی مستعد کاهش

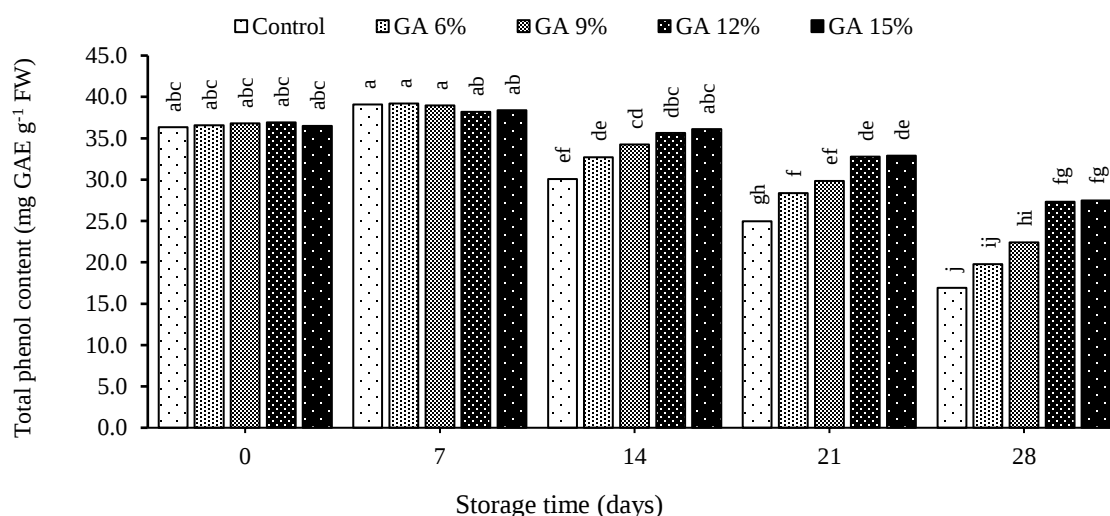


Figure 4- Effect of gum Arabic coating on the total phenol content of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

محلول در آب و قوی، برای جلوگیری یا کاهش آسیب ناشی از ROS در میوه‌ها عمل می‌کند. میوه‌ها منبع طبیعی اسید آسکوربیک هستند و در طول رسیدن از بین می‌روند [۳۱]. کاهش اسید آسکوربیک می‌تواند به افزایش تنفس و اکسیداسیون اسیدها به قندها نسبت داده شود [۱]. اسید آسکوربیک اصلی‌ترین ترکیب سم‌زدایی ROS است که رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسید را از بین می‌برد و همچنین پراکسید هیدروژن را از طریق واکنش آسکوروبات پراکسیداز به آب کاهش می‌دهد [۳۲]. در فرآیند سم‌زدایی ROS های مختلف، اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان نقش مهمی ایفا می‌کند و از این‌رو استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد. پوشش صمغ عربی ممکن است با کاهش تبادل اکسیژن و کند کردن تنفس اکسیداسیون اسیدها را کاهش دهد، بنابراین منجر به حفظ بهتر اسید آسکوربیک میوه‌ها در طی انبارمانی گردد. اسید آسکوربیک بالا در میوه تیمار شده می‌تواند با تقویت سیستم دفاعی و حفظ کیفیت میوه بدون بدتر شدن در شرایط

۳-۵- اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

نتایج نشان داد که اسید آسکوربیک با افزایش دوره انبارمانی از ۷ روز در تمامی تیمارها روند کاهشی داشت اما در میوه‌های پوشش‌دار با صمغ عربی این روند کند تر بود و افزایش غلظت پوشش صمغ این روند را بیشتر کند کرد به‌طوری‌که کمترین میزان کاهش اسید آسکوربیک در پایان انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱۲٪ صمغ عربی (۸۲/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر به میزان ۲۹٪ کاهش) ثبت شد که با تیمار ۱۵٪ صمغ عربی (۸۱/۷۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر به میزان ۲۹٪ کاهش) اختلاف معنی‌داری نداشت اما در تیمار شاهد (۳۲/۶۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) این کاهش به میزان حدود ۷۲٪ رسید (شکل ۵). در کل میوه‌های پوشش‌دار شده با صمغ عربی کاهش کمتری در میزان اسید آسکوربیک نشان دادند و تیمار ۱۲ یا ۱۵٪ صمغ عربی بیشترین میزان اسید آسکوربیک را در میوه‌ها حفظ کرد. اسید آسکوربیک، یک آنتی‌اکسیدان

قابل توجهی از بین رفتن محتوای اسید آسکوربیک در فلفل سبز را کاهش داده است.

استرس مرتبط باشد [۳۱]. نتایج ما همچنین مطابق با یافته‌های هدایتی و نیاکوسری [۱۸] و اولاه و همکاران [۱] است که گزارش دادند پوشش صمغ عربی به‌طور

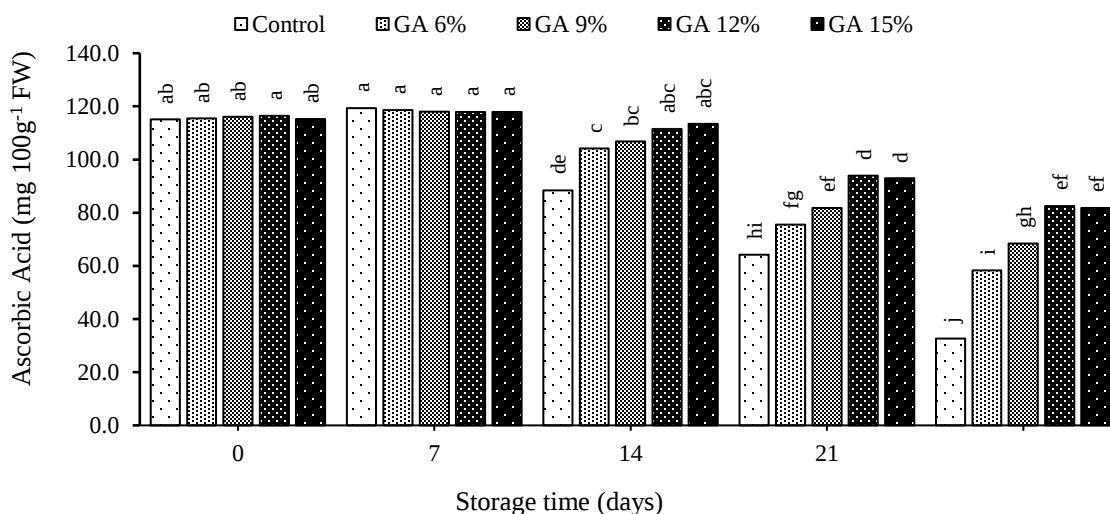


Figure 5- Effect of gum Arabic coating on the Ascorbic acid of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

۳-۶- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت مهارکننده DPPH در تمامی تیمارها از روز هفتم انبارمانی به بعد به‌طور قابل توجهی کاهش یافته و در پایان انبارمانی به کمترین سطح رسید (شکل ۶). با این وجود، کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با شاهد در میوه‌های فلفل پوشش داده شده با صمغ عربی کمتر بود. در پایان انبارمانی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های فلفل روکش شده با صمغ عربی ۱۲٪ در مقایسه با شاهد ۲/۱۸ برابر بیشتر بود (شکل ۶). ترکیبات مختلف غیر آنزیمی مانند اسید آسکوربیک و ترکیبات فنل به فعالیت کلی آنتی‌اکسیدانی کمک می‌کند [۱]. بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به‌وسیله پوشش صمغ عربی در فلفل سبز [۱] و گوجه‌فرنگی [۹ و ۱۹] گزارش شده است که با نتایج تحقیق ما مطابقت دارد.

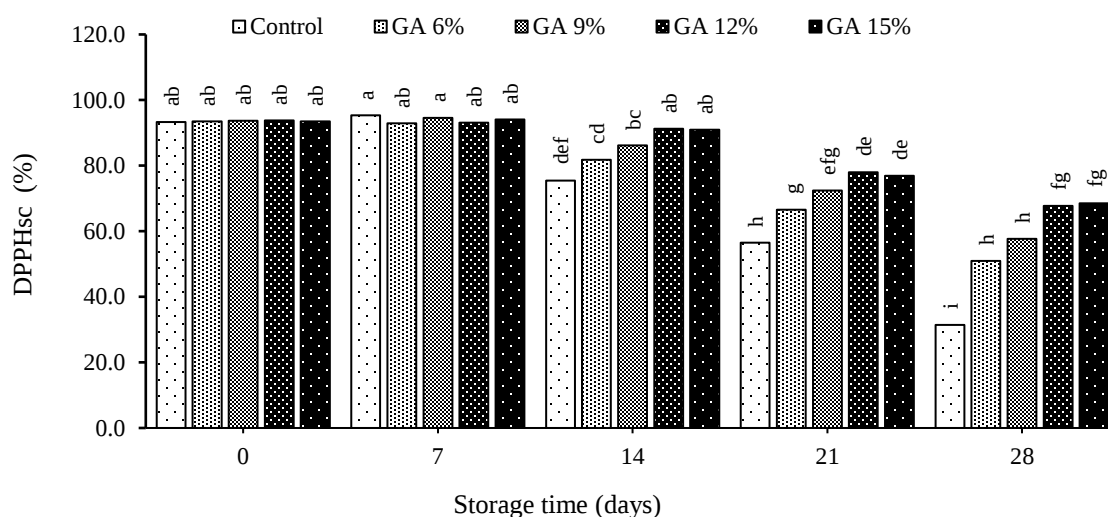


Figure 6- Effect of gum Arabic coating on the antioxidant capacity of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

داده‌شده با صمغ عربی به‌طور قابل‌توجهی فعالیت POD بالاتری را در مقایسه با شاهد در طول نگهداری داشتند. علاوه بر این، فعالیت POD با افزایش غلظت پوشش صمغ عربی افزایش نشان داد به‌طوری‌که بیشترین میزان فعالیت POD در طول انبارمانی در تیمار ۱۲٪ صمغ عربی مشاهده شد که با تیمار ۱۵٪ صمغ عربی اختلاف معنی‌داری نداشت. فعالیت‌های CAT در تمام تیمارها در طی انبارمانی به‌طور مداوم کاهش یافت. چهار گروه از فلفل‌های پوشش داده‌شده با صمغ عربی دارای فعالیت‌های CAT بالاتری نسبت به شاهد در طول انبارمانی بودند. به‌ویژه، فعالیت CAT در فلفل‌های پوشش داده‌شده با صمغ عربی ۱۲٪ بالاترین مقدار را نشان داد که با پوشش ۱۵٪ صمغ عربی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل c۷).

پیری با سیستم دفاعی، از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مانند POD، CAT، و SOD و آنتی‌اکسیدان‌ها مرتبط است [۳ و ۳۳]. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله SOD، CAT و POD در فلفل ممکن است توسط پوشش

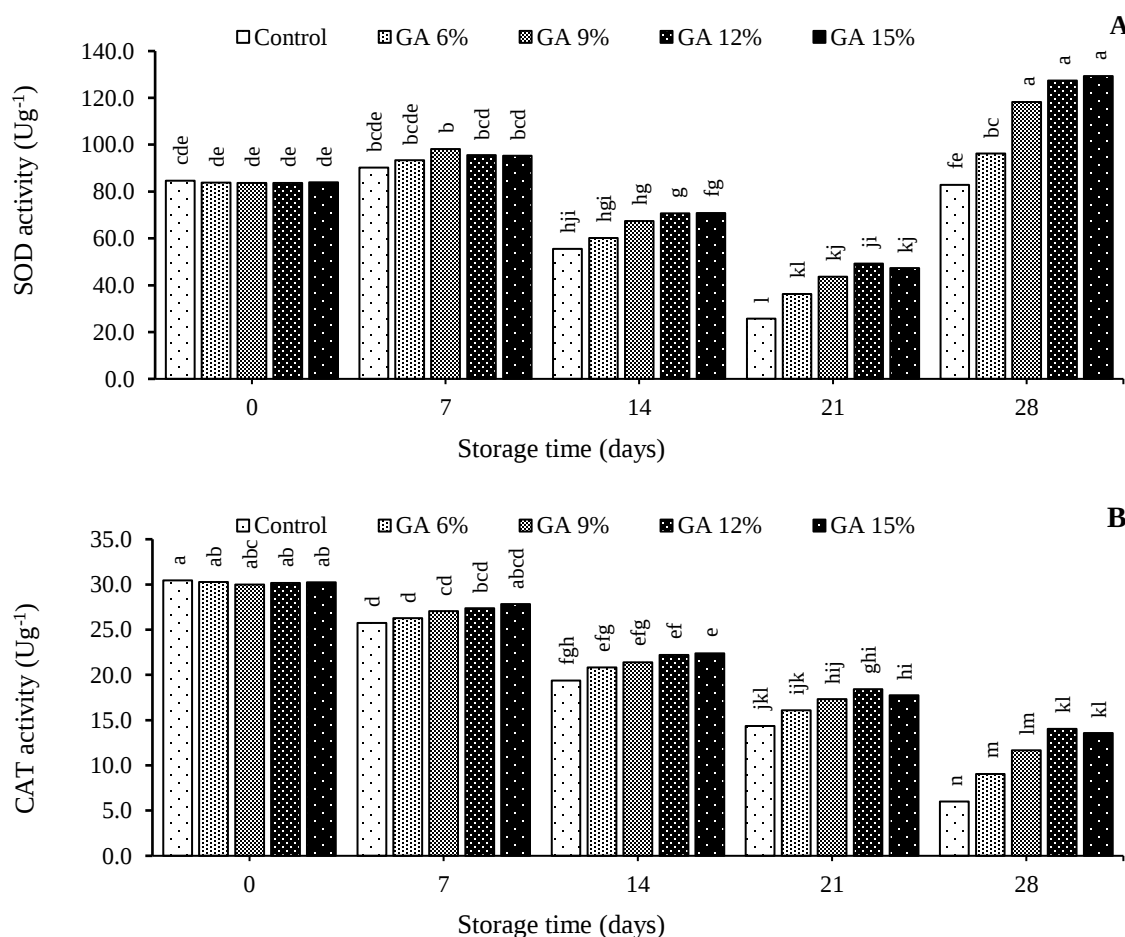
۳-۷- فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی SOD، POD و CAT

همان‌طور که در شکل a۷، مشاهده می‌شود فعالیت SOD به‌تدریج در ۷ روز اول افزایش یافت و پس‌از آن در روزهای ۱۴ و ۲۱ انبارمانی کاهش و سپس در پایان انبارمانی (روز ۲۸) مجدداً افزایش قابل‌ملاحظه‌ای یافت، درحالی‌که فعالیت SOD در میوه‌های پوشش شده با صمغ عربی در تمامی مراحل بیشتر از میوه‌های شاهد بدون پوشش بود و این اختلاف با افزایش غلظت پوشش و گذشت زمان بیشتر شد به‌تدریج در مقایسه با شاهد، فلفل‌های پوشش داده‌شده با صمغ عربی (۱۲ و ۱۵٪) بیشترین فعالیت SOD را در طول نگهداری نشان دادند (شکل a۷).

فعالیت POD به‌تدریج در طی انبارمانی در تمامی تیمارها تا روز ۲۱ انبارمانی کاهش و سپس تا روز ۲۸ انبارمانی افزایش یافت (شکل b۷). فلفل‌های پوشش

پوشش صمغ عربی می‌تواند با افزایش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با آنتی‌اکسیدان، تنش اکسیداتیو را در فلفل دلمه در طول انبارمانی کاهش دهد، که نشان می‌دهد صمغ عربی یک پوشش بهینه مبتنی بر پلی‌ساکارید در حفظ کیفیت فلفل دلمه است. نتایج این تحقیق مطابق با یافته‌های زینگ و همکاران (۲۰۱۱) است که مشاهده کردند پوشش خوراکی کیتوسان باعث القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها شد و ماندگاری میوه‌های فلفل دلمه را افزایش داد مطابقت دارد [۳].

صمغ عربی القا شود (شکل ۳). تخریب مؤثر ROS مستلزم عمل چندین آنزیم آنتی‌اکسیدانی است که هم‌زمان با آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی عمل می‌کنند. CAT، POD و SOD آنزیم‌های سم‌زدایی اکسی رادیکال مهم در بافت گیاهی هستند [۳۳]. در پاسخ به تنش، گیاهان معمولاً فعالیت این آنزیم‌ها را افزایش می‌دهند و کاهش پتانسیل آنزیمی ممکن است با کاهش ظرفیت جلوگیری از آسیب همراه باشد [۳]. نتایج ما نشان داد که فعالیت‌های بالاتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل SOD، CAT و POD در فلفل باید به حفظ بهتر میوه‌ها کمک کند. به‌طور خلاصه،



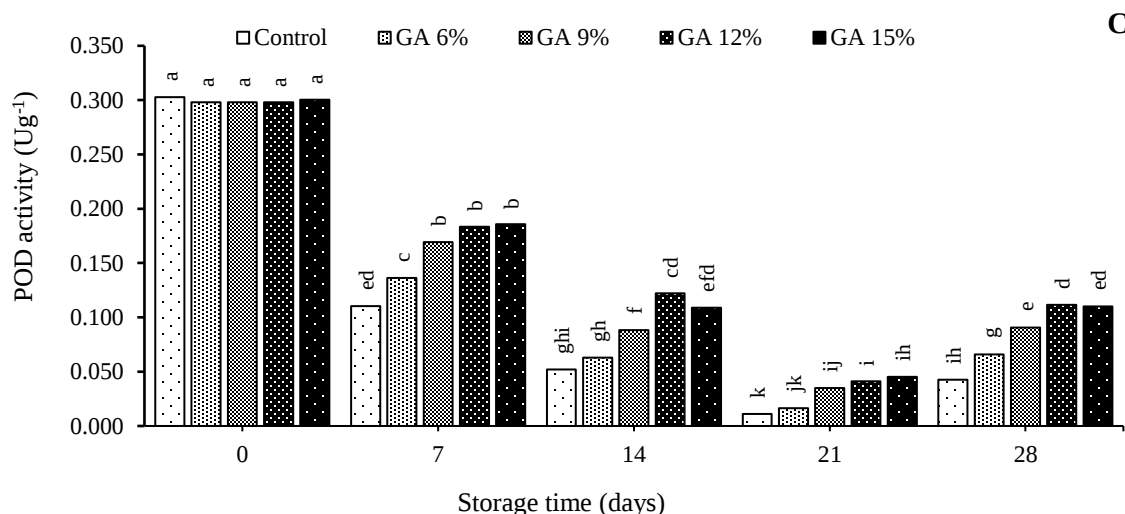


Figure 7- Effect of gum Arabic coating on the antioxidant enzymes activity of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$). Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

لیپیدی غشاء است و تجمع آن به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی سطح آسیب اکسیداتیو غشا بافت‌های گیاهی به کار برده می‌شود [۱۲]. MDA شاخص خوبی برای یکپارچگی ساختاری غشاء است و برای انعکاس زوال اکسیداتیو در طول تنش استفاده می‌شود [۳۱]. گزارش شده است که شرایط نگهداری، رسیدن و پیری محصول همگی می‌توانند در القای تنش اکسیداتیو در میوه نقش داشته باشند [۳۴]. یکی از دلایل اصلی آسیب غشا، تولید بیش از حد ROS در هنگام تنش است که مواد بسیار واکنش‌پذیر هستند و پراکسیداسیون لیپیدی را القا می‌کنند. پراکسیداسیون لیپیدی در نتیجه تولید ROS در نهایت بر ساختار و عملکرد غشا تأثیر منفی می‌گذارد [۳۲]. برای مبارزه با تنش اکسیداتیو و از بین بردن ROS، گیاهان دو مکانیسم دفاعی آنزیمی و غیر آنزیمی آنتی‌اکسیدانی ایجاد کرده‌اند و هنگامی که این سیستم دفاعی نتواند تولید بیش از حد ROS را از بین ببرد، آسیب اکسیداتیو رخ می‌دهد [۳۱]. گزارش شده

۳-۸- محتوای مالون دی آلدئید (MDA)

محتوای MDA در میوه فلفل دلمه‌ای تیمار شاهد و پوشش داده‌شده با صمغ عربی در طول دوره انبارمانی افزایش یافت (شکل ۸). با این حال، میوه‌های پوشش داده‌شده با صمغ عربی میزان MDA کمتری داشتند و تفاوت‌های قابل توجهی ($p > 0.05$) بین تیمارهای پوشش صمغ عربی ۱۲ و ۱۵٪ با تیمار شاهد با توجه به تجمع MDA مشاهده شد. در پایان انبارمانی، کمترین محتوای MDA (0.47) میکرو مول در گرم) در میوه با پوشش ۱۲٪ صمغ عربی، و پس از آن ۱۵٪ پوشش صمغ عربی (0.48) میکرو مول در گرم) ثبت شد که با هم اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. بالاترین محتوای MDA (0.9) میکرو مول در گرم) در میوه شاهد ثبت شد، که نشان می‌دهد تیمارهای پوشش صمغ عربی می‌توانند از آسیب اکسیداتیو توسط پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب غشاها در میوه فلفل جلوگیری کنند. مالون دی آلدئید یک نشانگر تنش و محصول نهایی پراکسیداسیون

افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه انبه شد [۳۱]. تأخیر برجسته در تجمع MDA توسط پوشش صمغ عربی که در این پژوهش مشاهده شد با نتایج گزارش شده در مورد میوه پونکان (نوعی از مرکبات) [۱۲] و انبه [۳۱] مطابقت دارد.

که پوشش های صمغ عربی به طور مؤثری محتوای آنتی اکسیدانی و فنلی کل را در میوه گوجه فرنگی [۱۹] و در پاپایا [۳۵] حفظ کردند. در گزارشی دیگر تیمار صمغ عربی باعث کاهش تولید سوپراکسید و پراکسید هیدروژن و

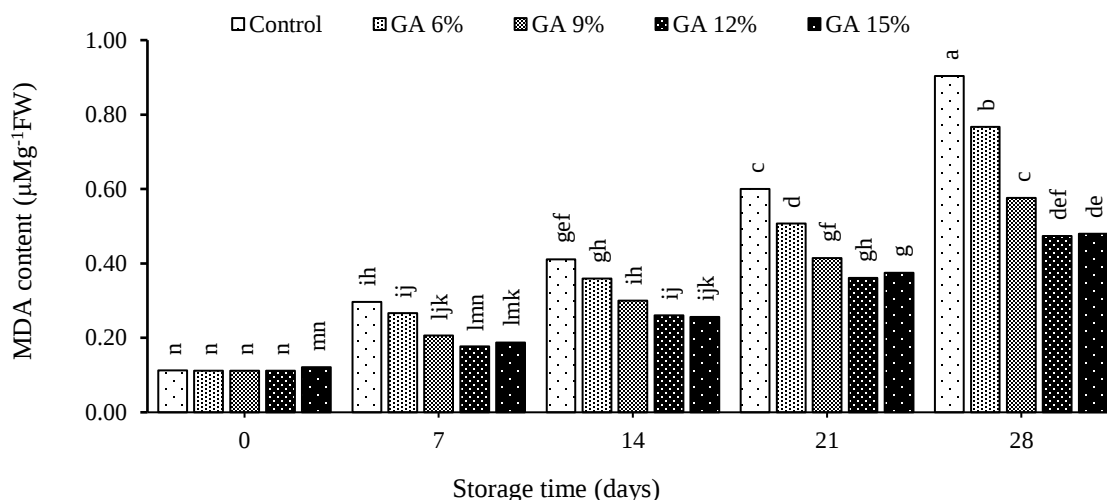


Figure 8- Effect of gum Arabic coating on the lipid peroxidation of pepper fruit during cold storage at $8 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days. Different letters indicate significant differences between the applied treatments ($p < 0.05$).

ضرب همبستگی

آنزیم های آنتی اکسیدانی همبستگی منفی معنی داری نشان داد. تجزیه و تحلیل همبستگی ما نشان داد که کاهش آسیب تنش اکسیداتیو و پوسیدگی در میوه های تیمار شده می تواند با کاهش تغییرات در خواص فیزیکی و شیمیایی مرتبط باشد و پوشش صمغ عربی نقش کلیدی در به حداقل رساندن درصد پوسیدگی و حفظ بهتر خصوصیات بیوشیمیایی اندازه گیری شده داشت. به طور مشابهی بهبود سیستم آنتی اکسیدانی میوه و کاهش تنش اکسیداتیو و پوسیدگی در پونکان [۱۲] گزارش شده است.

تجزیه و تحلیل همبستگی (جدول ۱) نشان دهنده همبستگی مثبت و معنادار پیرسون بین میزان پوسیدگی و کاهش وزن، محتوای MDA است. در حالی که بین میزان پوسیدگی و محتوای MDA با فنل کل، اسید آسکوربیک، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (DPPHsc%) و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی (SOD، CAT و POD) همبستگی منفی و معنی داری وجود داشت. بروز پوسیدگی با کاهش وزن، کاروتنوئید کل و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا (محتوای MDA) همبستگی مثبت و معنی داری داشت، اما با ظرفیت آنتی اکسیدانی، فنل کل، اسید آسکوربیک و فعالیت

Table1- Pearson correlation matrix for lipid peroxidation (MDA) and physiochemical properties (weight loss, total phenol, ascorbic acid, total Carotenoid content and DPPH sc (%), decay incidence, and antioxidant enzymes activity (CAT, POD, and SOD) in Sweet pepper fruit treated with gum Arabic coating after 28 d of storage period at $8 \pm 1^\circ\text{C}$.

Traits	MDA	Physiological Weight Loss	Total Phenol	Ascorbic Acid	DPPHsc	Total Carotenoid	SOD	CAT	POD
Physiological Weight Loss	0.89**								
Total Phenol	-0.92**	-0.81**							
Ascorbic Acid	-0.94**	-0.86**	0.88**						
DPPHsc	-0.93**	-0.84**	0.81**	0.96**					
Total Carotenoid	0.93**	0.90**	-0.84**	-0.88**	-0.89**				
SOD	-0.76**	-0.72**	0.73**	0.70**	0.79**	-0.59**			
CAT	-0.87**	-0.85**	0.83**	0.86**	0.80**	0.85**	0.78**		
POD	-0.86**	-0.84**	0.85**	0.87**	0.79**	0.73**	0.86**	0.89**	
Decay incident	0.93**	0.86**	-0.92**	-0.92**	-0.86**	-0.89**	-0.86**	-0.89**	-0.86**

** indicate significantly of correlation at the 1 %.

۴- نتیجه گیری کلی

به طور خلاصه، پوسیدگی پس از برداشت و کاهش کیفیت میوه فلفل دلمه تازه ارتباط نزدیکی با تنش اکسیداتیو و ظرفیت آنتی اکسیدانی داشت. کار ما اثر مثبت پوشش صمغ عربی را در کاهش تنش اکسیداتیو برای کاهش پوسیدگی پس از برداشت و حفظ کیفیت غذایی میوه فلفل دلمه برداشت شده در طول ذخیره سازی سرد نشان می دهد. به طور خاص، تیمار پیش از انبارمانی با پوشش صمغ عربی ۱۲٪ باعث تأخیر در تجمع MDA و ایجاد یک سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی شد، همان طور که توسط مقادیر بالاتر آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی مانند اسید آسکوربیک، فنل کل و فعالیت های بیشتر آنزیم های مهارکننده گونه های فعال اکسیژن، مانند SOD، CAT و POD نشان داده شده است. این نتایج نشان داد که پوشش ۱۲ درصد صمغ عربی به طور مؤثری از دست دادن پس از برداشت (پوسیدگی و کاهش وزن) را به تأخیر می اندازد زیرا پوشش صمغ عربی می تواند

Effects of salicylic acid on postharvest fruit quality of "Kinnow" mandarin under cold storage. *Scientia Horticulturae*, 259, 108843.

[6] Nie, Z., Huang, Q., Chen, C., Wan, C., & Chen, J. (2020). Chitosan coating alleviates postharvest juice sac granulation by mitigating ROS accumulation in harvested pummelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) during room temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 169, 111309.

[7] Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Jiyong, S., Mahunu, G. K., Zhai, X., & Mariod, A. A. (2018). Quality and postharvest-shelf life of cold-stored strawberry fruit as affected by gum arabic (*Acacia senegal*) edible coating. *Journal of Food Biochemistry*, 42(3), e12527.

[8] Ali, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Ejaz, S., Sardar, H., & Saddiq, B. (2020). Tragacanth gum coating modulates oxidative stress and maintains quality of harvested apricot fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 2439- 2447.

ظرفیت آنتی اکسیدانی را برای کاهش آسیب اکسیداتیو و مهار پراکسیداسیون لیپید غشایی در میوه فلفل دلمه حفظ کند. به طور کلی، این مطالعه پیشنهاد می کند که کاربرد پس از برداشت و پیش از انبارمانی میوه های فلفل با پوشش صمغ عربی می تواند به عنوان یک نگه دارنده آینده نگر برای کاهش پوسیدگی پس از برداشت و کاهش کیفیت تغذیه ای آن در طی نگهداری در دمای ۸ درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز استفاده شود.

۵- تقدیر و تشکر

بدین وسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که حمایت مالی و اجرایی این تحقیق را در طرح شماره ۲/۴۱۱/۲۷۵ به عهده داشته است سپاسگزاری می نمایند.

۶- منابع

- [1] Ullah, A., Abbasi, N. A., Shafique, M., & Qureshi, A. A. (2017). Influence of edible coatings on biochemical fruit quality and storage life of bell pepper cv. (Yolo Wonder). *Journal of Food Quality*, 2142409, 1- 11.
- [2] Sharma, K.D., Cardona, J.A., Sibomana, M.S., Herrera, N.G.S., Nampeera, E. & Fallik, E., (2018). Quality attributes of modified atmosphere packaged bell pepper (*Capsicum annum* L.) during storage. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, 1(2), 56- 62.
- [3] Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Food chemistry*, 124(4), 1443- 1450.
- [4] Khorram, F., Ramezani, A., & Hosseini, S. M. H. (2017). Shellac, gelatin and Persian gum as alternative coating for orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 225, 22- 28.
- [5] Haider, S. A., Ahmad, S., Khan, A. S., Anjum, M. A., Nasir, M., & Naz, S. (2020).

- [9] Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(1), 42- 47.
- [10] Li, L., Yi, P., Li, C., Xin, M., Sun, J., He, X., & Tang, Y. (2021). Influence of polysaccharide-based edible coatings on enzymatic browning and oxidative senescence of fresh-cut lettuce. *Food Science & Nutrition*, 9(2), 888- 899.
- [11] Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909- 930.
- [12] Huang, Q., Wan, C., Zhang, Y., Chen, C., & Chen, J. (2021). Gum arabic edible coating reduces postharvest decay and alleviates nutritional quality deterioration of ponkan fruit during cold storage. *Frontiers in Nutrition*, 8, 717596.
- [13] Andriani, V., & Handayani, N. A. (2023). Recent technology of edible coating production: A review. *Materials Today: Proceedings*. 87(2), 200- 206.
- [14] Adiletta, G., Di Matteo, M., & Petriccione, M. (2021). Multifunctional role of chitosan edible coatings on antioxidant systems in fruit crops: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(5), 2633.
- [15] Kumar, N., Ojha, A., Upadhyay, A., Singh, R., & Kumar, S. (2021). Effect of active chitosan-pullulan composite edible coating enrich with pomegranate peel extract on the storage quality of green bell pepper. *LWT*, 138, 110435.
- [16] Verbeken, D., Dierckx, S., & Dewettinck, K. (2003). Exudate gums: occurrence, production, and applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 63, 10- 21.
- [17] Ochoa-Reyes, E., Martínez-Vazquez, G., Saucedo-Pompa, S., Montañez, J., Rojas-Molina, R., de Leon-Zapata, M. A., & Aguilar, C. N. (2013). Improvement of shelf life quality of green bell peppers using edible coating formulations. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2(6), 2448- 2451.
- [18] Hedayati, S., & Niakousari, M. (2015). Effect of Coatings of silver nanoparticles and gum arabic on physicochemical and microbial properties of green bell pepper (*Capsicum annum*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2001- 2007.
- [19] Ali, A., Maqbool, M., Alderson, P. G., & Zahid, N. (2013). Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 119- 124.
- [20] Burgos, G., Salas, E., Amoros, W., Auqui, M., Munoa, L., Kimura, M., & Bonierbale, M. (2009). Total and individual carotenoid profiles in *Solanum phureja* of cultivated potatoes: I. Concentrations and relationships as determined by spectrophotometry and HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 503- 508.
- [21] Klein, B. P., & Perry, A. K. (1982). Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *Journal of Food Science*, 47(3), 941- 945.
- [22] Adetunji, C.O., Ojediran, J.O., Adetunji, J.B. & Owa, S.O. (2019). Influence of chitosan edible coating on postharvest qualities of *Capsicum annum* L. during storage in evaporative cooling system. *Croatian Journal of food Science and Technology*, 11(1), 59- 66.
- [23] Hajivand-Ghasemabadi, S., Zare Bavani, M., & Noshad, M. (2022). The influence of gelatin, aloe gel and chitosan coatings on physicochemical characteristics of fresh-cut persian shallot during storage. *Journal of food science and technology (Iran)*, 18(119), 169- 182.
- [24] Yao, X. C., Cao, Y., & Wu, S. J. (2013). Antioxidant activity and antibacterial activity of peach gum derived oligosaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 1- 3.

- [25] Yao, X. C., Chang, C. F., & Wu, S. J. (2015). Effect of peach gum polysaccharides on quality changes of white shrimp. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 1076- 1080.
- [26] Javanmardi, J., & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 151- 155.
- [27] Kumar, O. A., Appa, R. S., & Tata, S. S. (2010). Phenolic quantification in some genotypes of *Capsicum annuum* L. *Journal of Phytology*, 2(6), 87-90.
- [28] Nourozi, F., & Sayyari, M. (2020). Enrichment of Aloe vera gel with basil seed mucilage preserve bioactive compounds and postharvest quality of apricot fruits. *Scientia Horticulturae*, 262, 109041.
- [29] Ali, S., Khan, A. S., Nawaz, A., Anjum, M. A., Naz, S., Ejaz, S., & Hussain, S. (2019a). *Aloe vera* gel coating delays postharvest browning and maintains quality of harvested litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 157, 110960.
- [30] Ali, S., Khan, A. S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Ejaz, S., & Hussain, S. (2019b). *Aloe vera* gel coating delays post-cut surface browning and maintains quality of cold stored lotus (*Nelumbo nucifera Gaertn.*) root slices. *Scientia Horticulturae*, 256, 108612.
- [31] Khaliq, G., Mohamed, M. T. M., Ghazali, H. M., Ding, P., & Ali, A. (2016). Influence of gum arabic coating enriched with calcium chloride on physiological, biochemical and quality responses of mango (*Mangifera indica* L.) fruit stored under low temperature stress. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 362-369.
- [32] Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany*, 91(2), 179- 194.
- [33] Xu, W. T., Peng, X. L., Luo, Y. B., Wang, J. A., Guo, X., & Huang, K. L. (2009). Physiological and biochemical responses of grapefruit seed extract dip on 'Redglobe' grape. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 471- 476.
- [34] Hodges, D. M., Lester, G. E., Munro, K. D., & Toivonen, P. T. A. (2004). Oxidative stress: importance for postharvest quality. *HortScience*, 39(5), 924.
- [35] Addai, Z. R., Abdullah, A., Mutalib, S. A., & Musa, K. H. (2013). Effect of gum Arabic on quality and antioxidant properties of papaya fruit during cold storage. *International Journal of ChemTech Research*, 5(6), 2854-2862.



Scientific Research

Reducing the effects of oxidative stress in sweet pepper fruit during storage by using an edible coating of gum Arabic

Zare-Bavani, M.R.^{1*}, Rahmati-Joneidabad, M.², Jooyandeh, H.³

1- Assistant professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2- Assistant professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

3- Professor, Department of Food Science, Faculty of Animal and Food Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.

ABSTRACT

This work's main objective was to investigate the gum Arabic effect on reducing oxidative stress in bell peppers during ripening. Gum Arabic in 6, 9, 12, and 15% aqueous solutions was applied as an edible coating before storage on mature bell peppers stored at 8°C and 90-95% relative humidity for 28 days. The fruits that were coated with 12% gum Arabic had the lowest rate of decay, weight loss, total carotenoid content, and peroxidation of membrane lipids, as well as the highest total antioxidant capacity, total phenol, ascorbic acid, and antioxidant enzyme activity (superoxide dismutase, peroxidase, and catalase) during storage compared to the control without coating and the fruit treated with 6 and 9% gum. Still, there was no statistically significant difference with the fruit treated with 15% gum Arabic except for the total carotenoid content. The amount of peroxidation of membrane lipids showed positive and high correlation coefficients with decay (0.93**) and physiological weight loss (0.89**), but with antioxidant capacity (-0.93**), ascorbic acid (-0.94**), total phenol (-0.92**), activity of SOD (-0.96**), CAT (-0.87**) and POD (-0.86**) correlation. It was negative and high. The results showed that the use of 12% gum Arabic as an edible coating can delay oxidative stress and decay and maintain the antioxidant properties of the fruit for up to 28 days during storage at 8 degrees Celsius.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/8/31

Accepted: 2023/10/19

Keywords:

Antioxidant capacity,
Antioxidant enzymes,
Ascorbic acid,
Total phenol.

DOI: 10.22034/FSCT.20.145.122

*Corresponding Author E-Mail:
mzarebavani@asnrukh.ac.ir