مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال بیستم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات ۵۷-۴۵

ارزیابی تأثیر پوشش خوراکی صمغ دانه مریم گلی و زانتان بر کیفیت پس از برداشت لیموترش (*Citrus aurantifolia cv.* Mexican lime)

محبوبه محمدی[۱]، سمیه رستگار[۲]، عباس روحانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
پست الکترونیکی: rastegarhort@gmail.com,s.rastegar@hormozgan.ac.ir

۳- استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: لیمو ترش از مهم‌ترین گونه‌های مرکبات می‌باشد. تقاضای مصرف‌کننده برای محصولات سالم با کیفیت بالا و ماندگاری طولانی از دلایلی است که باعث افزایش علاقه به استفاده از پوشش‌های خوراکی زیست تخریب‌پذیر شده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تأثیر پوشش‌های صمغ دانه مریم گلی وحشی و زانتان به‌تنهایی و در ترکیب با یکدیگر بررسی گردید. میوه‌ها بعد از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۲±۲۴ درجه سانتی‌گراد از نظر خصوصیات مختلف فیزیکوشیمیایی مختلف مانند افت وزن، مواد جامد محلول، ترکیبات ضد اکسیدانی میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد.

یافته‌ها: پوشش‌های خوراکی به‌کار رفته به‌طور قابل توجهی نقش مؤثری در حفظ کیفیت میوه لیمو ترش داشتند. افت وزن میوه در میوه‌های تیمار شده به‌طور قابل توجهی در مقایسه با شاهد (۴/۸درصد) کاهش یافت. به‌طور ویژه، پوشش‌های ترکیبی صمغ دانه مریم گلی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد کمترین افت وزن (۲/۷ درصد) را نشان دادند. علاوه بر این میزان مواد جامد محلول در تیمار ترکیبی کمترین میزان (۴/۶ درصد) و در رابطه با میزان اسیدیته این تیمار بیشترین میزان (۶/۴۴ درصد) را طی انبارمانی نشان داد. محتوی فنل، فلاونوئید و ضداکسیدان در تمام تیمارها نسبت به شاهد در سطح بالاتری قرار داشتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در تیمار ترکیبی مشاهده شد. علاوه بر این صمغ دانه مریم گلی به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز را کنترل کردند. به‌طور کلی، پوشش‌ها ترکیبی بیشترین بازارپسندی را نشان دادند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، این مطالعه نشان می‌دهد که صمغ دانه مریم گلی و زانتان با تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، نقش مهمی در حفظ کیفیت میوه لیمو بعد از برداشت دارد.

واژگان کلیدی: لیموترش، صمغ دانه مریم گلی، صمغ زانتان، پوشش خوراکی، انبارمانی

پیام‌های اصلی

- ترکیب پوشش‌های صمغ دانه مریم گلی و صمغ زانتان با نسبت ۰/۲ درصد، بیشترین کیفیت و بازارپسندی را در میان تیمارها نشان داد.
- پوشش‌های خوراکی با جلوگیری از کاهش وزن میوه و مهار فعالیت آنزیم پلی فنل‌اکسیداز، نقش مؤثری در حفظ کیفیت لیموترش ایفا کردند.
- پوشش‌های خوراکی به طور مؤثری از فعالیت ضداکسیدانی، محتوای فنل و فلاونوئید میوه محافظت کردند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

• مقدمه

در سطح جهانی، میوه‌های مرکبات در مساحتی بیش از ۱۱/۴۲ میلیون هکتار کشت می‌شوند و تولید آن‌ها به ۱۷۹میلیون تن می‌رسد. لیمو ترش (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime) یکی از انواع مرکبات با اهمیت اقتصادی بالا است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان کشت می‌شود. (۱). ایران بعد از کشورهایی همچون هند، مکزیک، چین، ترکیه، برزیل، آرژانتین، اسپانیا، ایالات متحده و آفریقای جنوبی در جایگاه دهم تولید لیمو و لیمو ترش قرار دارد. در حالی که تولید جهانی لیمو ترش تقریباً ۲۱ میلیون تن در سال برآورد می‌شود (۲) ، ایران با تولید بیش از ۶۸۷ هزار تن یکی از تولید کنندگان لیمو در منطقه خاور میانه محسوب می‌شود. تولید لیمو ترش در ایران عمدتاً در استان‌های جنوبی (استان هرمزگان: شهرستان رودان و میناب، استان فارس: جهرم و داراب) کشور صورت می‌گیرد. استان هرمزگان با سطح زیر کشت بالغ بر ۱۲ هزار هکتار و تولید ۲۲۲ هزار تن یکی از استان‌های مهم تولید این محصول می‌باشد (۳).

لیموترش پس از برداشت، به‌دلیل عوامل مختلفی از جمله از دست دادن رطوبت، تغییرات متابولیکی، و شرایط نگهداری (رطوبت، دما، مدت زمان) دچار افت وزن قابل توجهی (بین ۱۸ تا ۲۵ درصد) می‌شود که در نهایت بر کیفیت و قابلیت فروش آن تأثیر می‌گذارد (۴). این آسیب پذیری ذاتی، ماندگاری لیمو را به‌تنها ۶ تا ۹ روز محدود می‌کند. علاوه بر این، تجزیه کلروفیل موجود در پوست باعث از بین رفتن رنگ سبز آن شده و کاهش ماندگاری میوه را تشدید می‌کند. برای مقابله با این افت کیفیت، شیوه‌های دقیق نگهداری پس از برداشت و مراقبت‌های ویژه ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین، توسعه‌ی روش‌هایی برای افزایش ماندگاری پس از برداشت و ذخیره‌سازی میوه، در عین حال حفظ کیفیت آن، برای تأمین مداوم لیموی تازه در طول سال برای بازارهای داخلی و صادراتی اهمیت ویژه‌ای دارد (۵). برای افزایش ماندگاری میوه‌ها، استفاده از پوشش‌های خوراکی روشی امیدوارکننده به‌نظر می‌رسد. این پوشش‌ها سازگار با محیط زیست، غیرسمی، به‌راحتی قابل دسترس، به‌صرفه، کاربردی و تجدیدپذیر هستند و آن‌ها را به‌گزینه‌ای قابل اعتماد و مطمئن برای مصرف‌کنندگان تبدیل می‌کند (۶). پوشش‌های خوراکی می‌توانند یک سد محافظ در برابر روغن‌ها، گازها، بخارها و مواد فعال مانند ضداکسیدان‌ها، ضد میکروب‌ها، رنگ‌ها و طعم‌ها ایجاد کنند. این اثر سدی باعث کاهش سرعت تنفس و کاهش وزن میوه‌ها پس از اعمال پوشش می‌شود (۷). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که استفاده از مواد پوشش‌دهنده تجدیدپذیر روی مرکبات تازه، یک روش مؤثر پس از برداشت است که کیفیت را بهبود و ماندگاری را افزایش می‌دهد. این امر با بهبود ظاهر میوه و کاهش ضایعات پس از برداشت حاصل می‌شود (۸). غوطه‌وری رایج‌ترین روش مورد استفاده است. غوطه‌ور شدن میوه‌ها در پوشش خوراکی باعث ایجاد لایه نازکی روی میوه می‌شود که با کاهش تعرق و تنفس، باعث بهبود کیفیت بافت، حفظ رنگ و ترکیبات طعم فرار و کاهش رشد میکروبی آنها می‌شوند (۹). برای تهیه پوشش خوراکی، صمغ‌های طبیعی می‌توانند جایگزین امیدوارکننده‌ای باشند، زیرا زیست سازگار، ارزان، غیرسمی و به‌راحتی در دسترس هستند، صمغ‌های طبیعی اخیراً به‌دلیل خواص چسبندگی غیرمعمول و تنوع ساختاری مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. هیدروکلوئیدهای صمغ که اغلب پلی‌ساکاریدهای صمغ نامیده می‌شوند، پلیمرهای رایج و سازگاری هستند که برای ترکیب مواد با خواص ساختاری و عملکردی متفاوت استفاده می‌شوند (۱۰).

صمغ دانه مریم گلی وحشی (*Salvia macrosiphon* Boiss) که در فارسی گاهی به آن «مریم گلی وحشی» یا «مروک» نیز گفته می‌شود، دارای لایه‌ای از موسیلاژ است که می‌توان از آن در پوشش‌های خوراکی برای میوه‌ها و سبزیجات، برای ایجاد یک سد نیمه‌تراوا در برابر دی‌اکسید کربن و اکسیژن و در نتیجه، کنترل سرعت تنفس میوه استفاده کرد (۱۱). صمغ زانتان یک اگزوپلی ساکارید که توسط باکتری (*Xanthomonas campestris*) تحت شرایط نامساعد سنتز می‌شود، توسط سازمان غذا و دارو (FDA) به‌طور گسترده به‌عنوان یک ماده ایمن شناخته شده است (FDA). مطالعات متعددی تأثیر بسته‌بندی خوراکی مبتنی بر صمغ زانتان را روی میوه‌های مختلف از جمله گلابی، گوآوا (۱۲)، خربزه‌های برش‌خورده تازه و انگور(۱۳) بررسی کرده‌اند. همچنین در پژوهشی استفاده از پوشش و فیلم مبتنی بر صمغ به‌طور موثر رشد میکروبی موز را در طول نگهداری کاهش داد (۱۴). استفاده از پوشش بر پایه صمغ گوار فرآیند رسیدن انبه سبز را به‌تأخیر انداخت و در نتیجه سبب حفظ بهتر کیفیت انبه سبز شد (۱۵).

این مطالعات نشان داده‌اند که پوشش‌های مبتنی بر صمغ زانتان می‌توانند با حفظ خواص فیزیکوشیمیایی، حسی، بافتی و رنگ، ماندگاری میوه‌ها را افزایش دهند. علاوه بر این، نشان داده

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

شده است که این پوشش‌ها سرعت تنفس را کاهش می‌دهند و تولید اتیلن را در طول نگهداری کم می‌کنند که این امر به‌حفظ کیفیت میوه کمک می‌کند. در پژوهش‌های اخیر، محققان به ترکیبات کامپوزیتی روی آورده‌اند تا خواص پوشش‌های خوراکی را بهینه‌سازی کنند (۱۵، ۱۳). صمغ مریم گلی، با ایجاد ساختار ژلی محکم، پایه اصلی پوشش را تشکیل می‌دهد. با این حال، در برخی شرایط، این ساختار ممکن است پایداری کافی نداشته باشد. در چنین مواردی، افزودن صمغ زانتان، با ایجاد یک شبکه پلیمری سه بعدی، به افزایش استحکام و پایداری پوشش کمک می‌کند. علاوه بر این، ویسکوزیته بالای صمغ زانتان مانع از جداشدگی فازها شده و به یکنواختی محلول کمک می‌نماید. در نتیجه، ترکیب این دو صمغ، ژلی پایدار و با کیفیت را ایجاد می‌کند که خواص رئولوژیکی مطلوب برای کاربرد در پوشش‌های خوراکی را دارا می‌باشد. تحقیقات محدودی روی لیمو ترش رقم مکزیکن لایم صورت گرفته است، که در صورت افزایش عمر انبارمانی آن می‌توان بر ارزش اقتصادی آن نیز افزود. بنابراین، هدف از این مطالعه ارزیابی پوشش خوراکی صمغ دانه مریم گلی وحشی و زانتان برکیفیت انبارمانی لیموترش می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

میوه لیموترش رقم مکزیکن لایم *Citrus aurantifolia* (cv. Mexican lime) از یک باغ تجاری در استان هرمزگان شهرستان رودان بخش رودخانه با مختصات جغرافیایی (۵۷ درجه و ۲۹ درجه شرقی و ۲۷ درجه و ۵۹ درجه شمالی، و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۸ متر) در مرحله سبز بالغ با رعایت نکات فنی برداشت شد. میوه‌هایی با اندازه یکنواخت، سالم و بدون آسیب مکانیکی برای آزمایش انتخاب شدند. شست و شو و ضدعفونی کردن میوه‌ها با آب و هیپوکلریت سدیم ۰۵/ درصد به‌مدت یک دقیقه انجام گرفت (۱۶).

آماده‌سازی پوشش‌ها: پوشش صمغ دانه مریم گلی وحشی و زانتان از طریق انحلال آرام صمغ در آب و همزن به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق انجام و در نهایت پوشش تهیه شده به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. در تست اولیه روی میوه لیمو، غلظت های مختلف (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) صمغ دانه مریم گلی وحشی و زانتان بررسی گردید و در نهایت غلظت مناسب در این پژوهش استفاده گردید. پوشش صمغ دانه مریم گلی وحشی و زانتان هر دو در غلظت ۰/۲ درصد تهیه شد. برای تهیه تیمارهای مختلف پوشش‌دهی ابتدا گلیسرول به عنوان امولسیفایر (۰/۵ درصد وزنی/ حجمی) و سپس توئین ۸۰ به عنوان سورفکتانت (به میزان چند قطره) به‌ترتیب در دمای اتاق به محلول پوشش‌های تهیه شده اضافه گردید. تیمارهای آزمایش شامل (شاهد، صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد، صمغ زانتان ۰/۲ درصد و ترکیب صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد) بودند. پوشش‌دار کردن میوه‌های لیمو به‌روش غوطه‌وری در دمای محیط (۲۴ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۱۰ دقیقه انجام شد و پس از خشک شدن کامل در محیط آزمایشگاه پوشش سطحی میوه‌ها به‌ظروف یکبارمصرف پلاستیکی منتقل شد و به‌مدت ۳۰ روز در دمای ۲±۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰-۶۰ درصد در شرایط محیطی نگهداری و در نهایت فاکتورهای مورد نظر بعد از ۳۰ روز ارزیابی شدند (۱۷).

درصد کاهش وزن: وزن میوه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول (۱) درصد کاهش وزن محاسبه گردید (۱۸).

(۱)

$$WL\ (\%) = (w_1-w_2) *100/w_1)$$

(WL درصد کاهش وزن، W_1 وزن اولیه بر حسب گرم، W_2 وزن ثانویه بر حسب گرم است)

شاخص مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH: مواد جامد محلول کل (TSS) در نمونه آب میوه با استفاده از یک رفرکتومتر دستی دیجیتال (ATAGO PAL-1، توکیو، ژاپن) تعیین شد و به‌عنوان ٪ Brix گزارش شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) با تیتراسیون دستی آب لیمو با محلول NaOH ۰/۱ نرمال انجام شد. نقطه پایانی تیتراسیون با استفاده از pH متر (HANA, Romani) در pH ۸/۲ تعیین گردید. نتیجه نهایی به‌صورت درصد معادل اسید سیتریک بیان شد.

برای اندازه‌گیری pH ابتدا آب‌گیری از میوه لیموترش انجام شد و pH آب‌میوه با استفاده از دستگاه pH متر (HANA, Romani) اندازه‌گیری گردید. دستگاه ابتدا با محلول‌های بافر pH=1 و pH=5 کالیبره شد. سپس نمونه آزمایشی با آب مقطر دوبار تقطیر مخلوط شده و پس از صاف کردن، الکترود pH متر در بشر حاوی عصاره صاف شده قرار گرفت. پس از ثابت شدن عدد روی نمایشگر، pH قرائت شد (۱۹).

محتوای فنل کل، فلاونوئید و فعالیت ضداکسیدانی‌کل: برای اندازه‌گیری محتوای فنل آب میوه با استفاده از معرف فولین-سیوکالتو، ابتدا نیم میلی‌لیتر آب لیمو با ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد ترکیب و به‌مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد تا عصاره متانولی تهیه شود. سپس ۱۵۰ میکرولیتر از این عصاره با ۷۵۰ میکرولیتر از معرف فولین ۱۰ درصد ترکیب گردید. پس از ۵ دقیقه، ۶۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

۷/۵ درصد به‌مخلوط اضافه شد. نمونه به‌مدت دو ساعت در تاریکی و روی شیکر قرار گرفت و سپس جذب نوری آن با اسپکتروفتومتر(CECIL-۲۵۰۱, انگلستان) در طول موج ۷۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد(۲۰).

برای اندازه‌گیری فلاونوئید، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی آب لیمو با ۲۷۰ میکرولیتر متانول ۸۵ درصد، ۲۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد، ۲۰ میکرولیتر پتاسیم استات و ۵۶۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط شد. پس از نیم ساعت قرار دادن روی شیکر در دمای محیط، جذب نوری مخلوط با استفاده از اسپکتروفتومتر (CECIL- ۲۵۰۱, انگلستان) در طول موج ۴۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (۲۱).

فعالیت ضداکسیدانی آب میوه با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد ۲و۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل 2 2-dipheny-1-picrylhydrazyl (DPPH) اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه، ۳۰ میکرولیتر از عصاره متانولی میوه با ۶۰۰ میکرولیتر محلول DPPH(با غلظت ۱۵۰ میکرومولار) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و روی شیکر قرار گرفت. پس، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر CECIL-2501 (ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH به عنوان شاخص فعالیت ضداکسیدانی با استفاده از فرمول ۲ محاسبه گردید (۲۲).

$$\text{DPPH \%} = (\text{Acontrol- Asample / Acontrol}) \times 100 \quad (۲)$$

فعالیت آنزیم پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و کاتالاز عصاره پوست میوه: جهت استخراج عصاره پوست لیمو ترش، ۰/۵گرم از بافت پوست میوه لیمو با بافر پتاسیم (pH :۷/۴) شامل EDTA یک مولار، PVP ۱ درصد (وزنی/حجمی) در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد همگن شدند. مخلوط به‌دست آمده در ۱۳۰۰۰ دور در ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (C/HPN-24، ایران) شد و مایع رویی برای بررسی فعالیت‌های آنزیم پراکسیدار، پلی فنل‌اکسیداز و کاتالاز مورد استفاده قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز پوست میوه از روش Maehly و همکاران با اندکی تغییرات استفاده شد (۲۳). در این روش ۸۰ میکرولیتر از عصاره استخراج با یک میلی‌لیتر محلول پراکسیداز (حاوی ۱۰ میلی‌مول گایاکول و ۵ میلی‌مول پراکسید هیدروژن و ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات پتاسیم) درون سل ریخته و میزان جذب آن در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر به‌مدت دو دقیقه خوانده شد. ضریب خاموشی استفاده شده برای محاسبه واحد آنزیمی معادل $۲۶/۶mM^{-1}Cm^{-1}$ می‌باشد. فعالیت آنزیمی پراکسیداز برحسب واحد بر میلی‌لیتر محاسبه شد. در این روش از پیروگالل به‌عنوان پیش‌ماده آنزیم استفاده شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم (۵۰ میلی‌مولار و pH ۷)، ۸۰ میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر و بعد از سه دقیقه اندازه‌گیری شد. ضریب خاموشی استفاده شده برای محاسبه واحد آنزیمی معادل $۶/۲mM^{-1}Cm^{-1}$ در نظرگرفته شد (۲۴). فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز برحسب واحد بر میلی‌لیتر محاسبه شد. مخلوط واکنش شامل ۱۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH 7.0)، ۲۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر و بعد از سه دقیقه اندازه‌گیری شد. کالیبراسیون اسپکتروفتومتر با استفاده از محلول شاهد (بدون عصاره آنزیمی) انجام شد. ضریب خاموشی آنزیم کاتالاز 4/39 mM-1 cm-1 بود و فعالیت آن برحسب واحد بر گرم وزن تازه بیان شد.

شاخص بازارپسندی: ارزیابی بازارپسندی میوه‌ها با توجه به خصوصیات ظاهری میوه‌ها انجام و از روش نمره‌دهی استفاده شد. معیارهای نمره‌دهی شامل عطر و بو، یکنواختی رنگ، پوسیدگی و شفافیت وضعیت ظاهری میوه بود و نمرات ۱ تا ۵ به آن‌ها اختصاص داده شد.۱- ضعیف، ۲- متوسط، ۳- خوب، ۴- خیلی خوب، ۵- عالی (۲۵).

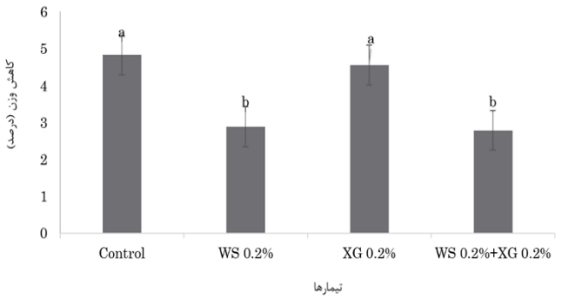
آنالیز آماری: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD در سطح آماری ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

• یافته‌ها

درصد کاهش وزن: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر کاهش وزن میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای استفاده شده تأثیر معنی داری بر جلوگیری از کاهش وزن میوه لیمو ترش طی انبارمانی (۳۰ روز) داشتند. بیشترین تأثیر در حفظ کیفیت میوه در شرایط محیطی انبارداری در تیمار صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد و همچنین تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد مشاهده شد که منجر به کاهش ۲/۷۸ درصدی افت وزن نسبت به گروه کنترل (۴/۸۲ درصد) گردید. اگرچه تیمار ترکیبی با تیمار صمغ دانه مریم گلی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

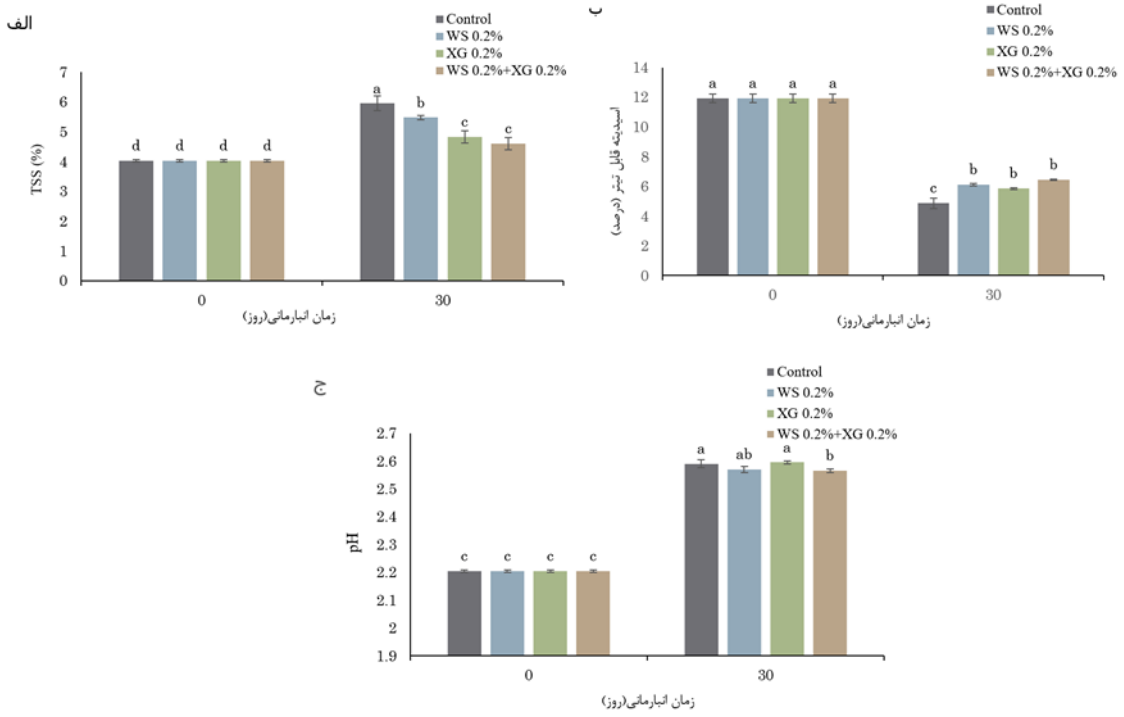


شکل ۱. مقایسه میانگین پوشش های خوراکی (Control: شاهد، WS 0.2%: صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد، XG 0.2%: صمغ زانتان ۰/۲ درصد و WS 0.2%+XG 0.2%: ترکیب صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد) بر کاهش وزن لیموترش (*Mexican lime*). حروف‌های یکسان دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال P<۰/۰۵ با یکدیگر ندارند.

شاخص مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH: یافته‌های حاصل از نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر میزان مواد جامد محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کمترین میزان مواد جامد محلول در تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد (۴/۶ درصد) نسبت به‌گروه کنترل (۹۵/ ۵ درصد) مشاهده شد. بنابراین با افزایش زمان انبارمانی میزان مواد جامد محلول به‌تدریج افزایش یافت که بیشترین مقدار به‌میوه‌های گروه شاهد اختصاص یافت (شکل۲ الف).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر اسیدیته قابل تیتراسیون نیز معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارها نسبت به شاهد محتوی اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد (۶/۴۴ درصد) دارای اسیدیته بالاتری نسبت به‌شاهد (۴/۸۵ درصد) طی انبارمانی ۳۰ روز بود (شکل۲ ب).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تغییرات pH در طول ذخیره سازی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود میزان pH در این مطالعه روندی افزایشی را نشان داد که تیمار صمغ زانتان ۰/۲ درصد و شاهد حداکثر میزان (۲/۵۹درصد) در پایان زمان نگهداری ثبت کردند (شکل۲ ج).



شکل ۲. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (Control: شاهد، WS 0.2%: صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد، XG 0.2%: صمغ زانتان ۰/۲ درصد و WS 0.2%+XG 0.2%: ترکیب صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد) بر الف) میزان مواد جامد محلول (TSS)، ب) اسیدیته قابل تیتراسیون و ج) pH لیمو ترش (*Mexican lime*). حروف‌های یکسان دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال p<۰/۰۵ با یکدیگر ندارند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

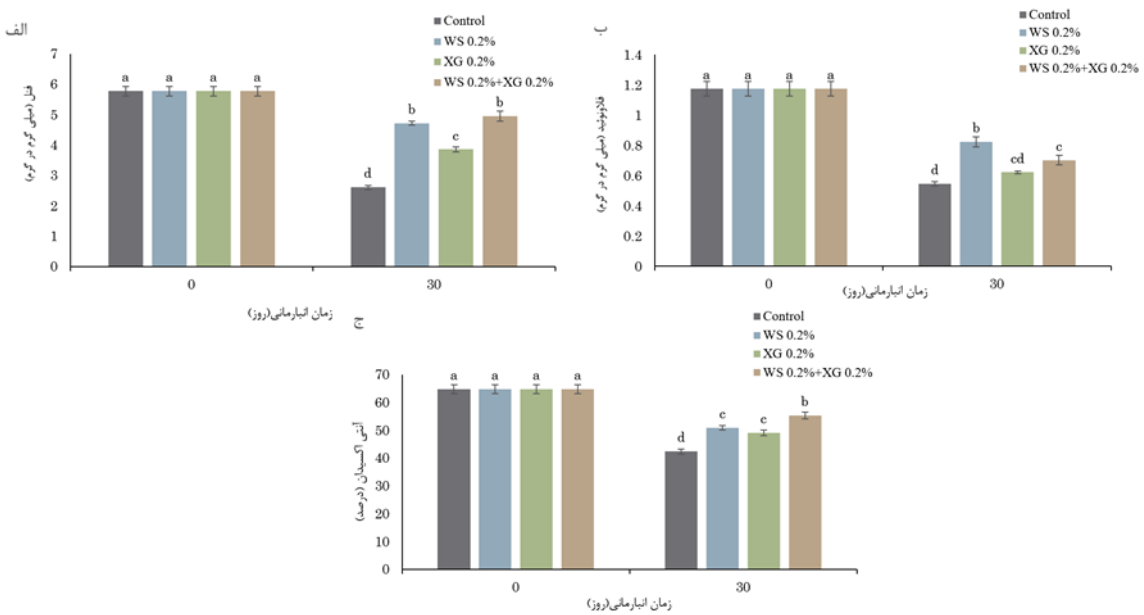
محتوای فنل کل، فلاونوئید و فعالیت ضداکسیدانی‌کل: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر فنل میوه لیمو معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد به‌میزان (۴/۹۴ میلی‌گرم بر گرم) دارای محتوی فنل بالاتری نسبت به‌شاهد(۲/۶۰ میلی‌گرم بر گرم) در طی ذخیره سازی بود لازم به‌ذکر است مقدار فنل طی زمان نگهداری در تیمارها کاهش یافت (شکل ۳ الف).

برطبق نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان فلاونوئید لیمو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد در پایان آزمایش میزان فلاونوئید میوه کاهش یافته؛ در حالی که تیمارها سبب افزایش معنی‌دار میزان فلاونوئید میوه شدند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد محتوای بالاتر فلاونوئید مربوط به‌تیمار صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد به‌میزان (۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم) در مقایسه با شاهد (۰/۵۴ میلی‌گرم بر گرم) بود و این میزان در طی زمان روندی کاهشی را نشان داد (شکل۳ب).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارها بر میزان ضداکسیدان لیمو ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. با گذشت زمان مشاهده شد که میزان ضداکسیدان کاهش یافته؛ در حالی که میوه‌های تیمار شده سطح بالاتری از ضداکسیدان نسبت به شاهد نشان دادند. در روز ۳۰ انبارمانی میوه بیشترین و کمترین میزان ضداکسیدان به‌ترتیب مربوط به تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد به‌میزان ۵۵ درصد و شاهد به میزان (۴۲ درصد) مشاهده شد (شکل ۳ ج).

فعالیت آنزیم پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و کاتالاز: نتایج تجزیه واریانس این مطالعه نشان داد که فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، پلی فنل‌اکسیدار لیمو در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تمام تیمارها به‌جز شاهد طی زمان روند افزایشی را نشان دادند. در مقایسه تیمارهای مختلف بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌ترتیب در تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد به‌میزان (۱۹۲/۸۹ واحد در میلی‌گرم وزن تر) و شاهد(۱۸/ ۵۲ واحد در میلی گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۴الف).

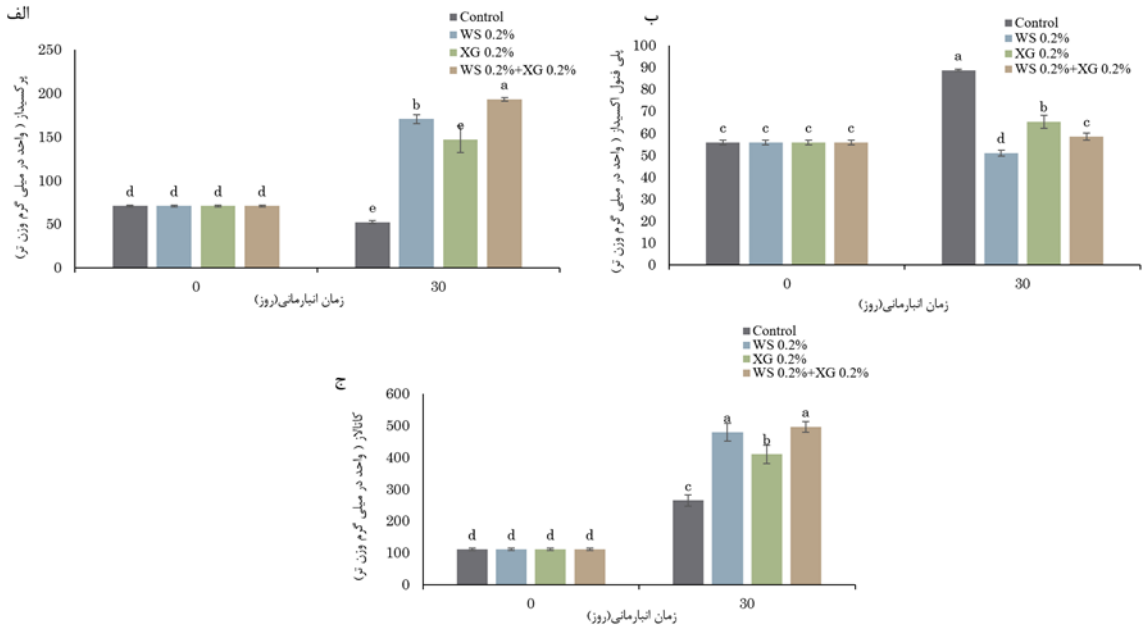
کمترین و بیشترین فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیدار به‌ترتیب در تیمار صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد (۵۰/۸۸ واحد در میلی‌گرم وزن تر) و شاهد (۵۱/۶۱ واحد در میلی گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۴ب). همچنین بالاترین و کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به‌ترتیب در تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد (۴۹۵/۱۰ واحد در میلی گرم وزن تر) و شاهد (۲۶۴/۴۳ واحد در میلی گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۴ج).



شکل۳. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (Control: شاهد، WS 0.2%: صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد، XG 0.2%: صمغ زانتان ۰/۲ درصد و WS 0.2%+XG 0.2%: ترکیب صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد) بر تغییرات بر الف) فنل، ب) فلاونوئید و ج) ضداکسیدان لیمو ترش (*Mexican lime*). حروف‌های یکسان دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال p<۰/۰۵ با یکدیگر ندارند.

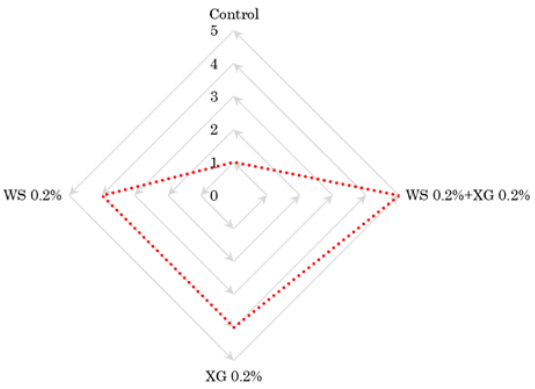
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]



شکل ۴. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (Control: شاهد، WS 0.2%: صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد، XG 0.2%: صمغ زانتان ۰/۲ درصد و WS 0.2%+XG 0.2%: ترکیب صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد) بر الف) پراکسیداز و ب) پلی‌فنل‌اکسیداز و ج) کاتالاز لیمو ترش (*Mexican lime*). حروف‌های یکسان دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال p<۰/۰۵ با یکدیگر ندارند.

شاخص بازارپسندی: مهم‌ترین شاخص ارزیابی کیفیت و بازارپسندی محصول وضعیت ظاهری آن می‌باشد. تیمار ترکیبی صمغ دانه مریم گلی وحشی ۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد دارای بالاترین درجه از بازارپسندی در مقایسه با سایر تیمارها بود. میوه‌های شاهد از نظر بازارپسندی در پایین‌ترین سطح قرار داشتند. کیفیت میوه‌ها و عدم پوسیدگی نقش مهمی در حفظ کیفیت و امکان صادرات به بازارهای دور دست را دارد. در شکل ۵ اثر تیمارها در ۳۰ روز انبارمانی میوه انبه نشان داده شده است.



شکل ۵. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (Control: شاهد، WS 0.2%: صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد، XG 0.2%: صمغ زانتان ۰/۲ درصد و WS 0.2%+XG 0.2%: ترکیب صمغ دانه مریم گلی وحشی۰/۲ درصد با صمغ زانتان ۰/۲ درصد) بر میزان بازارپسندی

• بحث

این مطالعه به‌بررسی کیفیت پس از برداشت میوه لیمو ترش مکزیکن لایم تحت تأثیر پوشش های خوراکی می‌پردازد. نتایج این مطالعه می‌تواند برای تولیدکنندگان، صادرکنندگان و مصرف کنندگان لیمو ترش مفید باشد. میزان کاهش وزن، عامل مهمی در ارزیابی کیفیت میوه لیمو و پذیرش آن توسط مصرف کنندگان است. در طول نگهداری، به‌دلیل تبخیر و تعرق ناشی از افزایش فعالیت متابولیکی، کاهش وزن رخ می‌دهد (۲۶). برای رفع این مشکل، روش‌های پس از برداشت مانند استفاده از پوشش‌های خاص برای تغییر فیزیولوژی میوه و کاهش تنفس و از دست دادن رطوبت مورد بررسی قرار گرفته است. کاهش مشاهده شده در وزن میوه‌های پوشش‌دار را می‌توان به‌تشکیل یک لایه محافظ توسط پوشش روی پوست میوه نسبت داد که به‌عنوان یک سد نیمه تراوا برای انتقال آب عمل کرده و به‌طور مؤثری از دست دادن آب را به‌تأخیر می‌اندازد (۲۷). پوشش خوراکی مبتنی بر صمغ زانتان یک ماده پلیمری زنجیره بلند است که حاوی گروه‌های عاملی پلیمری می‌باشد که تحت شرایط خاص خواص منحصر به‌فردی از خود نشان می‌دهد و می‌تواند خواص مکانیکی مواد تجزیه پذیر را بهبود بخشد. صمغ زانتان می‌تواند رفتار کششی لایه‌های نشاسته‌ای را بدون کاهش ظرفیت جذب آب و نفوذپذیری بخار آب آنها بهبود بخشد (۲۸). بنابراین پوشش زانتان می‌توانند به‌کاهش افت وزن میوه‌ها در طول نگهداری پس از برداشت کمک کند. پوشش زانتان یک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

لایه نازک و نیمه تراوا روی سطح میوه ایجاد می‌کند که به‌عنوان یک سد فیزیکی عمل کرده و از هدر رفتن رطوبت از طریق تبخیر جلوگیری می‌کند. این امر به حفظ تازگی و شادابی میوه و در نتیجه کاهش وزن آن کمک می‌کند. مطالعات مشابهی که توسط Daisy و همکاران، Minh و همکاران Kumar و همکاران انجام شد، به‌ترتیب کاهش وزن پس از برداشت در میوه‌های انبه، رامبوتان و گوجه فرنگی را از طریق استفاده از پوشش‌هایی مانند صمغ عربی، صمغ زانتان و کیتوزان نشان داد (۳۱-۲۹). این پوشش‌ها به‌طور مؤثر از دست دادن آب جلوگیری کرده و سرعت تنفس را تنظیم می‌کنند. در پژوهشی دیگر نیز استفاده از پوشش خوراکی صمغ گوار به‌همراه نشاسته نخود بر سطح پرتقال والنسیا از کاهش وزن میوه جلوگیری کرد (۳۲). نتایج مشابهی در مطالعه انجام شده توسط Kumar و همکاران به‌دست آمد. آنها دریافتند که پوشش خوراکی دولایه متشکل از صمغ زانتان و موم زنبور عسل روی گوجه فرنگی باعث کاهش وزن، افزایش ماندگاری و بهبود مقاومت در برابر انتقال بخار آب شده است (۳۱). همچنین در مطالعه‌ای استفاده از پوشش صمغ عربی روی میوه‌های گواوا (۳۳) و موز (۳۴) در دمای محیط موجب حفظ وزن میوه شد. همچنین، گزارش شده است که استفاده از صمغ فارسی در پرتقال به‌طور موثری از کاهش وزن میوه جلوگیری می‌کند (۳۵). به‌علاوه در مطالعه‌ای دیگر روی میوه خیار گلخانه‌ای (۱۹) استفاده از صمغ شیرازی حاوی اسانس نعناع فلفلی مانع از کاهش وزن میوه شد، که با نتایج تحقیق ما همسو می باشد.

به‌طور معمول، میزان مواد جامد محلول (TSS) در میوه‌ها در طول نگهداری به‌دلیل فرآیندهایی مانند کاهش آب، تغییرات در مواد پلی‌ساکارید و پکتین و تجزیه نشاسته، که منجر به‌تشکیل انواع قندها، مونوساکاریدها و دی‌ساکاریدها می‌شود، افزایش می‌یابد. میزان مواد جامد محلول به‌دلیل تخریب دیواره سلولی و افزایش در غلظت ماده خشک و کاهش در میزان آب میوه در طول دوره انبارمانی افزایش می‌یابد (۳۶). در لیمو، قندها ۸۰ تا ۹۰ درصد از TSS را بسته به‌رقم تشکیل می‌دهند و بقیه آن اسیدیته است که عمده آن سیتریک اسید می‌باشد که اسید آلی اصلی مرکبات است. سرعت پایین‌تر افزایش درجه (TSS)در میوه‌های پوشش‌دار شده را می‌توان به‌کاهش فعالیت‌های تنفسی و رسیدن فیزیولوژیکی ناشی از اثرات پوشش‌ها نسبت داد (۳۷). پوشش‌ها روند رسیدن را کند می‌کنند که سبب تجمع تدریجی قندها و در نتیجه افزایش کندتر میزان مواد جامد محلول در طول زمان را به‌دنبال دارد. افزایش میزان مواد جامد محلول در پرتقال (۳۸) و لیموترش (۳۹) مشاهده شده است. به‌طور مشابه، در تحقیقات قبلی نشان داده است که پوشش‌های مبتنی بر موم کارنوبا می‌توانند مقادیر TSS را در میوه‌های مختلف مانند زالزالک هندی (۴۰)، نارنگی کینو (۳۶) و انار (۴۱) حفظ کنند.

اسیدیته میوه به‌طور معمول در طول زمان به‌دلیل اکسیداسیون اسیدهای آلی در طول فرآیند رسیدن کاهش می‌یابد. پوشش‌های خوراکی می‌توانند یک فضای اصلاح شده در اطراف پوست میوه ایجاد کنند که منجر به سطوح بالاتر دی اکسید کربن و در نتیجه کاهش اسید کل (TA) از طریق کاهش تنفس و تولید اتیلن شود (۴۲). کاهش مشابهی در اسیدیته قابل تیتراسیون در انبه در طول رسیدن مشاهده شده است (۴۳) .

عواملی مانند رسیدن میوه، سطوح ذاتی اسیدهای آلی، تغییرات بیوشیمیایی درون میوه و سرعت تنفس پایین‌تر می‌تواند منجر به تغییرات در pH شود. این کاهش اسیدیته و تغییر pH بعدی نشان دهنده یک رویداد طبیعی در طول رسیدن میوه است. از آنجایی که اسید آلی در طی فرآیندهای متابولیک مصرف می‌شود، pH آب میوه معمولاً با زمان نگهداری افزایش می‌یابد. همچنین، پیری سریع به‌کاهش اسیدیته کمک می‌کند. شاخص pH بیانگر درجه اسیدی آب میوه است. میزان اسید قابل تیتراسیون به‌طور مستقیمی به غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه بستگی دارد که یک عامل مهم در حفظ کیفیت میوه‌ها می‌باشد (۴۴). مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از پوشش موم زیستی به‌طور قابل توجهی میزان تغییرات در مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH آب لیمو را کاهش می‌دهد (۵). یافته‌های مشابهی، که در آن افزایش pH در طول نگهداری مشاهده شد، برای انار و پاپایای پوشش دار شده با موم کارنوبا گزارش شده است. استفاده از پوشش‌ها می‌تواند به حفظ سطوح pH با ثبات‌تر در این میوه‌ها کمک کند و در نتیجه تغییرات ناچیزی در pH در طول دوره نگهداری ایجاد شود. این ثبات pH ممکن است به‌دلیل سد محافظتی ناشی از پوشش‌ها باشد که از تجزیه سریع اسید یا سایر تغییرات بیوشیمیایی جلوگیری می‌کند. تبدیل اسیدها به‌قندها و استفاده از آنها در فرآیندهای متابولیک در طول رسیدن میوه می‌تواند به‌تغییرات اسیدیته کمک کند. مطالعه حاضر از این فرضیه را حمایت می‌کند که پوشش‌های خوراکی می‌توانند تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه‌ها در طول نگهداری داشته باشند و به‌حفظ پارامترهای کلیدی مانند TSS و TA کمک کنند. این پوشش‌ها با عمل به‌عنوان یک سد محافظ، به‌کند کردن فرآیندهای فیزیولوژیکی و کاهش تلفات آب و املاح کمک می‌کنند که در نتیجه منجر به‌بهبود ماندگاری و کیفیت کلی میوه می‌شود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

ترکیبات فنلی نقش کلیدی در فعالیت ضداکسیدانی مواد غذایی دارند و اهمیت این ترکیبات در توانایی آنها برای مقابله با اثرات رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در طول فرآیند پیری نهفته است. این ترکیبات ضداکسیدان ضروری هستند زیرا به‌طور مؤثر تأثیر رادیکال‌های آزاد را که به‌عنوان یک پیامد طبیعی از فرآیند پیری تولید می‌شوند، به‌حداقل می‌رسانند. ارزیابی کل محتوای فنول به‌عنوان معیاری حیاتی برای سنجش ظرفیت ضداکسیدانی یک نمونه عمل می‌کند (۴۵). کاهش محتوای فنلی مشاهده شده در میوه‌های شاهد در پایان نگهداری، با کاهش طبیعی محتوای فنلی در طول فرآیند پیری مطابقت دارد. افزایش قابل توجه در کل محتوای فنلی ناشی از استفاده از پوشش‌های خوراکی را می‌توان به‌خاصیت سد نیمه تراوای این پوشش‌ها نسبت داد. این پوشش‌ها با محدود کردن تبادل CO_2 و O_2، جلوگیری از کاهش آب و تغییر محتوای گازهای درونی و تولید اتیلن، پتانسیل تغییر فرآیندهای رسیدن را دارند (۴۶). به‌طور مشابه، مطالعات انجام شده توسط Khaliq و همکاران (۴۷)، Anjum و همکاران (۴۸) سطوح بالاتری از کل محتوای فنلی را در میوه‌های تیمار شده با پوشش‌های خوراکی گزارش کرده‌اند. این یافته‌ها این مفهوم را تأیید می‌کنند که استفاده از پوشش روی میوه‌ها می‌تواند به‌طور موثری پیری را به تأخیر بیندازد و غلظت بالاتری از کل ترکیبات فنلی را حفظ کند. نتایج اخیر مطابق با کار Khaliq و همکاران و Yang همکاران بود همانطور که در یافته‌های آنها فنل کل نیز در پاسخ به استفاده از ژل آلوئه ورا و پوشش‌های صمغ عربی غنی شده با عصاره گیاهی روی میوه چیکو و میوه زغال اخته به‌ترتیب بالاتر بود. با این حال، نگهداری طولانی مدت میوه‌ها می‌تواند باعث تخریب شیمیایی و آنزیمی ترکیبات فنلی شود و غلظت این ترکیبات را کاهش دهد (۴۹).

فلاونوئیدها که به‌دلیل خواص ضداکسیدانی و نقش محافظتی در برابر آسیب اکسیداتیو در میوه‌ها و سبزیجات در طول دوره پس از برداشت شناخته شده‌اند. کاهش فلاونوئیدها در میوه‌ها ممکن است به‌دلیل تبدیل آن به‌ترکیبات فنلی ثانویه در طول فرآیند رسیدن یا به‌دلیل فعالیت متابولیکی بالای آنزیم‌ها باشد. استفاده از پوشش خوراکی، جریان اکسیژن در داخل و خارج میوه را محدود می‌کند که فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده فنل را کاهش می‌دهد و در نتیجه تغییرات محدودی در محتوای فلاونوئید ایجاد می‌کند (۵۰). یافته‌های Jati و همکاران نشان می‌دهد که استفاده از پوشش خوراکی مبتنی بر صمغ زانتان به‌طور مؤثر محتوای فلاونوئید لیموترش را در طول دوره پس از برداشت حفظ می‌کند و فعالیت آنزیم‌های دخیل در واکنش‌های قهوه‌ای شدن مانند POD و PPO را مهار می‌کند (۵۱). نتایج مطالعات قبلی نشان داد که گواوا پوشش داده با صمغ عربی در ترکیب با اسانس (۵۰) با یافته‌های مطالعه اخیر همسو بود.

نتایج کاهش ظرفیت ضداکسیدانی در میوه بدون پوشش با تحقیقات مختلف در مورد کاربرد پوشش‌های خوراکی روی میوه‌ها پشتیبانی می‌شود. ظرفیت ضداکسیدانی بالاتر در میوه پوشش داده شده ممکن است به‌تأخیر در فرآیند رسیدن میوه گواوا تیمار شده با پوشش خوراکی مرتبط باشد که می‌تواند به‌کاهش سرعت رسیدن در نتیجه کاهش تولید اتیلن نسبت داده شود (۵۲). تحقیقی روی میوه گواوا انجام شد که نشان داد پوشش دادن آن با ۱۰٪ صمغ عربی، به‌تنهایی یا همراه با عصاره مورینگا، به‌طور موثری فعالیت ضداکسیدانی کل میوه را حفظ می‌کند (۵۳). همچنین در گزارشی مشابه، Kumar و همکاران گزارش کردند که پوشش خوراکی مبتنی بر صمغ زانتان و عصاره پوست انار روی میوه انبه به‌دلیل افزایش انعطاف‌پذیری، خواص فیزیکی و ضداکسیدانی میوه را بهبود بخشیده است (۵۴).

ضداکسیدان‌های آنزیمی، از جمله CAT وPOD، به‌سیستم دفاعی گیاه در برابر عوامل تنش‌زای زیستی و غیرزیستی کمک می‌کنند و به‌طور مؤثر رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و آسیب اکسیداتیو را در میوه‌ها و سبزیجات کاهش می‌دهند. برعکس، فعالیت آنزیم‌هایی مانند PPO ممکن است از طریق واکنش‌های شیمیایی منجر به‌تغییر رنگ ناخواسته در میوه‌ها و سبزیجات مختلف شود (۵۵). پوشش‌های خوراکی برای حفظ فعالیت آنزیم‌های ضداکسیدان و محافظت از بافت میوه در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) نشان داده شده است که در نتیجه پتانسیل نگهداری پس از برداشت آنها را افزایش می‌دهد. چندین مطالعه دیگر نیز تأثیر مثبت پوشش‌های خوراکی بر حفظ فعالیت آنزیم‌های ضداکسیدان در میوه‌ها را در طول نگهداری نشان داده‌اند. پوشش‌هایی مانند صمغ عربی و آلژینات، با ایجاد یک سد محافظ در اطراف میوه، قرار گرفتن آن در معرض عوامل خارجی که می‌تواند منجر به‌تجزیه آنزیم شود را محدود می‌کند (۴۶). مطالعه‌ای که توسط Ali و همکاران روی زردآلو انجام شد، شواهد بیشتری از تأثیر مثبت پوشش‌های خوراکی بر فعالیت آنزیم‌های ضداکسیدان و کیفیت تغذیه‌ای میوه در طول نگهداری ارائه می‌دهد. یافته‌های آنها نشان داد که میوه‌های پوشش دار شده با صمغ عربی به‌طور قابل توجهی میزان فعالیت بالاتری از آنزیم‌های ضداکسیدان کلیدی، از جمله آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دسموتاز، نسبت به‌گروه کنترل نشان دادند (۳۶). پوشش زانتان می‌تواند فعالیت آنزیم‌های ضداکسیدانی موجود در میوه‌ها را افزایش

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

دهد. این آنزیم‌ها مانند پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، نقش کلیدی در خنثی سازی رادیکال‌های آزاد و محافظت از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو دارند. پوشش زانتان می‌تواند با افزایش بیان ژن‌های مسئول تولید این آنزیم‌ها یا با فعال کردن مستقیم آنها، فعالیت ضداکسیدانی آنها را تقویت کند. برخی از صمغ‌های خوراکی می‌توانند فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو را در میوه‌ها افزایش دهند. این آنزیم‌ها می‌توانند ترکیبات فنلی را به‌اشکال غیرفعال تبدیل کنند یا آنها را به‌طور کامل تجزیه کنند.

نتایج پژوهش نشان داد که پوشش‌های مورد استفاده به‌طور مؤثری از تازگی و رنگ طبیعی لیموها محافظت کرده و در نتیجه، بازارپسندی آن‌ها را به میزان قابل توجهی بهبود بخشید. در مقابل، میوه‌های شاهد به دلیل خشکیدگی پوست و تغییر رنگ، کیفیت اولیه خود را از دست داده و از نظر بازارپسندی کاهش یافتند. در مطالعه‌ای در مورد استفاده از پوشش‌های کیتوزان روی توت فرنگی، مشخص شد که این پوشش‌ها رنگ و بافت میوه را حفظ می‌کنند و در نتیجه منجر به‌پذیرش کلی بصری بالاتری نسبت به‌توت فرنگی‌های بدون پوشش می‌شوند (۵۶). به‌طور مشابه، مطالعه‌ای روی میوه‌های خرمالو نشان داد که نمونه‌های پوشش دار شده با صمغ کتیرا طعم، عطر و سفتی بهتری را در طول نگهداری نسبت به‌میوه‌های بدون پوشش نشان می‌دهند (۵۷). این یافته‌ها تأثیر قابل توجهی را که پوشش‌های خوراکی می‌توانند بر روی پذیرش کلی بصری میوه‌ها داشته باشند، و در نتیجه رضایت مصرف کننده و قابلیت فروش را افزایش دهند، برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به تحقیق انجام شده ترکیب صمغ زانتان (۰/۲ درصد) و صمغ دانه مریم گلی (۰/۲درصد) می‌تواند نقش مؤثری در حفظ کیفیت میوه لیمو ترش در مدت نگهداری در محیط داشته باشد. استفاده از پوشش های مذکور در تحقیقات برای سایر مرکبات نیز پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Singh J, Sharma V, Pandey K, Ahmed S, Kaur M, Singh Sidhu G. Horticultural Classification of Citrus Cultivars. Citrus - Research, Development and Biotechnology. IntechOpen; 2021. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.96243
2. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAOSTAT, Database 2022. Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL
3. Anonymous (2022). Agricultural Statistics: Horticultural Products. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center. 307 pp.
4. Suri S, Singh A, Nema PK. Current applications of citrus fruit processing waste: A scientific outlook. Applied Food Research. 2022;2(1):100050.
5. Champa W, Gunasekera N, Wilson WS, Hewajulige I, Weerasinghe W, Kumara B. Postharvest treatment of cinnamon (Cinnamomum zeylanicum) bark oil and hexanal incorporated bio-wax maintains quality and extends marketable life of lime (Citrus aurantifolia Swingle). International Journal of Fruit Science. 2020;20(1):76-88.
6. Momin MC, Jamir AR, Ankalagi N, Henny T, Devi OB. Edible coatings in fruits and vegetables: A brief review. Pharma Innov J. 2021;10(7):71-8.
7. Ebadi M, Latifi Z, Daneshniya M. Optimization of the antioxidant effect of ethanolic extract of thistle (Carduus pycnocephalus L.) by response surface method and comparison of the antioxidant effect of extract and essential oil on oxidative soybean oil resistance. 2021.
8. Miranda M, Sun X, Ference C, Plotto A, Bai J, Wood D, et al. Nano-and micro-carnauba wax emulsions versus shellac protective coatings on postharvest citrus quality. Journal of the American Society for Horticultural Science. 2021;146(1):40-9.
9. Gupta V, Biswas D, Roy S. A comprehensive review of biodegradable polymer-based films and coatings and their food packaging applications. Materials. 2022;15(17):5899.
10. Yun D, He Y, Zhu H, Hui Y, Li C, Chen D, et al. Smart packaging films based on locust bean gum, polyvinyl alcohol, the crude extract of Loropetalum chinense var. rubrum petals and its purified fractions. International Journal of Biological Macromolecules. 2022;205:141-53.
11. Abdi S, Bakhshi D, Nikoo AM, Fallahi E. Shelf life quality changes of´ Camarosa´ strawberry fruit in response to Persian and wild sage gums application. Agriculturae Conspectus Scientificus. 2023;88(2):115-25.
12. Garcia-Betanzos C, Hernández-Sánchez H, Quintanar-Guerrero D, Galindo-Pérez M, Zambrano-Zaragoza M. Influence of solid lipid nanoparticle/xanthan gum coatings on compositional and enzymatic changes in guava (Psidium guajava L.) during ripening. 2018.
13. Golly MK, Ma H, Sarpong F, Dotse BP, Oteng-Darko P, Dong Y. Shelf-life extension of grape (Pinot noir) by xanthan gum enriched with ascorbic and citric acid during cold temperature storage. Journal of food science and technology. 2019;56:4867-78.
14. Shahbazi Y, Shavisi N. Application of active Kurdi gum and Farsi gum-based coatings in banana fruits. Journal of Food Science and Technology. 2020;57(11):4236-46.
15. Naeem A, Abbas T, Ali TM, Hasnain A. Effect of guar gum coatings containing essential oils on shelf life and nutritional quality of green-unripe mangoes during low temperature storage. International Journal of Biological Macromolecules. 2018;113:403-10.
16. Mohammadi M, Dargiri SA, Rastegar S. The Effect of Persian Gum Coating Enriched with Pomegranate Seed Oil on the Quality of Mexican Lime (Citrus aurantifolia). Iranian Food Science and Technology Research Journal. 2023;19(3):79-94.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

17. Mohammadi M, Rastegar S, Aghaei Dargiri S. Enhancing Shelf-Life Quality of Mexican Lime (Citrus Aurantifolia) Fruit Using Gelatin Edible Coating Incorporated with Pomegranate Seed Oil. Applied Fruit Science. 2024;66(1):121-32.

18. Dong F, Wang X. Guar gum and ginseng extract coatings maintain the quality of sweet cherry. Lwt. 2018;89:117-22.

19. Mukhtaryan, Mohsen, Koshki, Jannett. The effect of Shirazi gum edible coating containing peppermint essence on the shelf life of greenhouse cucumber (Cucumis sativus) and evaluating its quality characteristics during storage in the refrigerator. Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran. 2023;17(4):63-71.

20. Ordonez A, Gomez J, Vattuone M. Antioxidant activities of Sechium edule (Jacq.) Swartz extracts. Food chemistry. 2006;97(3):452-8.

21. Chang C-C, Yang M-H, Wen H-M, Chern J-C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of food and drug analysis. 2002;10(3).

22. Bourtoom T. Edible films and coatings: characteristics and properties. International food research journal. 2008;15(3):237-48.

23. Maehly A, Chance B. Methods Biochem. Anal. John Wiley & Sons, Inc; 2006.

24. Kar M, Mishra D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant physiology. 1976;57(2):315-9.

25. Ghanbari F, Sayyari M. Controlled drought stress affects the chilling-hardening capacity of tomato seedlings as indicated by changes in phenol metabolisms, antioxidant enzymes activity, osmolytes concentration and abscisic acid accumulation. Scientia Horticulturae. 2018;229:167-74.

26. Liao L, Li S, Li Y, Huang Z, Li J, Xiong B, et al. Pre-or post-harvest treatment with MeJA improves post-harvest storage of lemon fruit by stimulating the antioxidant system and alleviating chilling injury. Plants. 2022;11(21):2840.

27. Rasouli M, Saba MK, Ramezanian A. Inhibitory effect of salicylic acid and Aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. Scientia Horticulturae. 2019;247:27-34.

28. Sapper M, Talens P, Chiralt A. Improving functional properties of cassava starch-based films by incorporating xanthan, gellan, or pullulan gums. International Journal of Polymer Science. 2019;2019(1):5367164.

29. Daisy LL, Nduko JM, Joseph WM, Richard SM. Effect of edible gum Arabic coating on the shelf life and quality of mangoes (Mangifera indica) during storage. Journal of Food Science and Technology. 2020;57:79-85.

30. Minh NP, Vo TT, Trung QV, Van Bay N, Loc HT. Application of CMC, xanthan gum as biodegradable coating on storage of rambutan (Nephelium lappaceum) fruit. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2019;11(3):1063-7.

31. Kumar N, Neeraj, Pratibha, Trajkovska Petkoska A. Improved shelf life and quality of tomato (Solanum lycopersicum L.) by using chitosan-pullulan composite edible coating enriched with pomegranate peel extract. ACS Food Science & Technology. 2021;1(4):500-10.

32. Saberi B, Golding JB, Marques JR, Pristijono P, Chockchaisawasdee S, Scarlett CJ, et al. Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of 'Valencia'oranges. Postharvest biology and technology. 2018;137:9-20.

33. Murmu SB, Mishra HN. Optimization of the arabic gum based edible coating formulations with sodium caseinate and tulsi extract for guava. Lwt. 2017;80:271-9.

34. Maqbool M, Ali A, Alderson PG, Zahid N, Siddiqui Y. Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. Journal of agricultural and food chemistry. 2011;59(10):5474-82.

35. Khorram F, Ramezanian A, Hosseini SMH. Shellac, gelatin and Persian gum as alternative coating for orange fruit. Scientia Horticulturae. 2017;225:22-8.

36. Ali S, Anjum MA, Ejaz S, Hussain S, Ercisli S, Saleem MS, et al. Carboxymethyl cellulose coating delays chilling injury development and maintains eating quality of 'Kinnow'mandarin fruits during low temperature storage. International Journal of Biological Macromolecules. 2021;168:77-85.

37. Maftoonazad N, Ramaswamy HS. Application and evaluation of a pectin-based edible coating process for quality change kinetics and shelf-life extension of lime fruit (Citrus aurantifolium). Coatings. 2019;9(5):285.

38. Khorram F, Ramezanian A, Hosseini SMH. Effect of different edible coatings on postharvest quality of 'Kinnow'mandarin. Journal of Food Measurement and Characterization. 2017;11:1827-33.

39. Atrash S, Ramezanian A, Rahemi M, Ghalamfarsa RM, Yahia E. Antifungal effects of savory essential oil, gum arabic, and hot water in Mexican lime fruits. HortScience. 2018;53(4):524-30.

40. Chen H, Sun Z, Yang H. Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (Zizyphus mauritiana Lamk.) fruit during storage. Scientia horticulturae. 2019;244:157-64.

41. Meighani H, Ghasemnezhad M, Bakhshi D. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (Punica granatum L.) fruits. Journal of Food Science and Technology. 2015;52:4507-14.

42. Salehi F. Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: A review. International Journal of Fruit Science. 2020;20(sup2):S570-S89.

43. Hong K, Xie J, Zhang L, Sun D, Gong D. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (Psidium guajava L.) fruit during cold storage. Scientia horticulturae. 2012;144:172-8.

44. Zucchini M, Khosravi A, Giorgi V, Mancini A, Neri D. Is There Daily Growth Hysteresis versus Vapor Pressure Deficit in Cherry Fruit? Horticulturae 2021, 7, 131. Feature Papers in Horticulturae II. 2021:117.

45. Sadiq A, Arshad MS, Amjad RB, Munir H, Rohi M, Khalid W, et al. Impact of gamma irradiation and guava leaf extract on the quality and storage stability of chicken patties. Food Science & Nutrition. 2023;11(8):4485-501.

46. Wani SM, Gull A, Ahad T, Malik A, Ganaie TA, Masoodi FA, et al. Effect of gum Arabic, xanthan and carrageenan

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

coatings containing antimicrobial agent on postharvest quality of strawberry: Assessing the physicochemical, enzyme activity and bioactive properties. International journal of biological macromolecules. 2021;183:2100-8.

47. Khaliq G, Abbas HT, Ali I, Waseem M. Aloe vera gel enriched with garlic essential oil effectively controls anthracnose disease and maintains postharvest quality of banana fruit during storage. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2019;60:659-69.

48. Anjum MA, Akram H, Zaidi M, Ali S. Effect of gum arabic and Aloe vera gel based edible coatings in combination with plant extracts on postharvest quality and storability of 'Gola'guava fruits. Scientia Horticulturae. 2020;271:109506.

49. Li X, Li B, Li M, Fu X, Zhao X, Min D, et al. Ethylene pretreatment induces phenolic biosynthesis of fresh-cut pitaya fruit by regulating ethylene signaling pathway. Postharvest Biology and Technology. 2022;192:112028.

50. Etemadipoor R, Dastjerdi AM, Ramezanian A, Ehteshami S. Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. Scientia Horticulturae. 2020;266:109255.

51. Jati IRA, Setijawaty E, Utomo AR, Darmoatmodjo LMY. The application of Aloe vera gel as coating agent to maintain the quality of tomatoes during storage. Coatings. 2022;12(10):1480.

52. Reyes-Avalos M, Minjares-Fuentes R, Femenia A, Contreras-Esquivel J, Quintero-Ramos A, Esparza-Rivera J, et al. Application of an alginate–chitosan edible film on figs (Ficus carica): Effect on bioactive compounds and antioxidant capacity. Food and Bioprocess Technology. 2019;12:499-511.

53. El-Gioushy SF, Abdelkader MF, Mahmoud MH, Abou El Ghit HM, Fikry M, Bahloul AM, et al. The effects of a gum arabic-based edible coating on guava fruit characteristics during storage. Coatings. 2022;12(1):90.

54. Kumar N, Pratibha, Upadhyay A, Trajkovska Petkoska A, Gniewosz M, Kieliszek M. Extending the shelf life of mango (Mangifera indica L.) fruits by using edible coating based on xanthan gum and pomegranate peel extract. Journal of Food Measurement and Characterization. 2023;17(2):1300-8.

55. Wang Y-H, Zhang R-R, Yin Y, Tan G-F, Wang G-L, Liu H, et al. Advances in engineering the production of the natural red pigment lycopene: A systematic review from a biotechnology perspective. Journal of Advanced Research. 2023;46:31-47.

56. Melo NFCB, Pintado MME, Medeiros JAdC, Galembeck A, Vasconcelos MAdS, Xavier VL, et al. Quality of postharvest strawberries: Comparative effect of fungal chitosan gel, nanoparticles and gel enriched with edible nanoparticle coatings. International Journal of Food Studies. 2020;9(2):373-93.

57. Mashabela MN, Selahle KM, Soundy P, Crosby KM, Sivakumar D. Bioactive compounds and fruit quality of green sweet pepper grown under different colored shade netting during postharvest storage. Journal of Food Science. 2015;80(11):H2612-H8.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]

Assessing Effects of Edible Coatings of Wild Sage Seeds and Xanthan Gum on Postharvest Quality of Lime (*Citrus aurantifolia* cv. Mexican Lime)

Mohammadi M[1], Rastegar S[2], Rohani A[3]*

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

*2- *Corresponding author: Associate Prof, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Email: rastegarhort@gmail.com, and s.rastegar@hormozgan.ac.ir*

3- Prof, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received 24 Jul, 2024 **Accepted 18 Sep, 2024**

Background and Objectives: Lime is one of the most important citrus species. Consumer demands for high-quality, long-shelf-life and healthy products have increased interests in using biodegradable edible coatings.

Materials and Methods: In this study, effects of sage seed gum and xanthan gum coatings were investigated alone and in combination. Fruits were assessed for various physicochemical characteristics such as weight loss, soluble solid content and antioxidant compounds after 30 d of storage at 24 °C ±2. The experiment was carried out as a factorial design in a completely randomized design with three replications.

Results: The edible coatings included a significant effect on preserving quality of lime fruits. Weight loss in treated fruits significantly decreased, compared to the control (4.8%). Particularly, the combined coating of 0.2% sage seed gum with 0.2% xanthan gum showed the lowest weight loss (2.7%). Additionally, the combined treatment included the lowest total soluble solids content (4.6%) and the highest acidity (TA) (6.44%) during storage. The contents of phenols, flavonoids, and antioxidants were higher in all treatments, compared to the control. The results of the mean comparison showed that the highest activity of peroxidase and catalase enzymes was in the combined treatment. Furthermore, sage seed gum significantly ($p < 0.05$) controlled the activity of polyphenol oxidase. Overall, the combined coatings showed the highest marketability.

Conclusion: Overall, this study shows that sage seed gum and xanthan gum, by regulating physiological and biochemical processes, play an important role in preserving the postharvest quality of lime fruits.

Keywords: Lime, Sage seed gum, Xanthan gum, Edible coating, Storage

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.61186/nsft.20.1.45]