



اثر پوشش های خوراکی بر کاهش پوسیدگی کپک سبز و حفظ کیفیت میوه لیموترش

معصومه عباسی<sup>۱</sup>، عبدالمجید میرزا علیان دستجردی<sup>۲\*</sup>، مجید عسکری سیاهویی<sup>۳</sup>، منصوره شمیلی<sup>۴</sup>، بابک مدنی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

<sup>۲</sup>دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

<sup>۳</sup>دانشیار بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

<sup>۴</sup>دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

<sup>۵</sup>استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

<p>استفاده از ترکیبات طبیعی مانند پوشش های خوراکی به عنوان یک روش سالم برای کنترل پوسیدگی پس از برداشت و نیز تاخیر در پیری میوه در نظر گرفته می شود. این مطالعه با هدف بررسی اثرات پوشش های خوراکی روی کنترل پوسیدگی ناشی از پنی سیلیوم دیجیتالوم و برخی ویژگی های کیفی لیموترش رقم مکزیکن لایم در طی انبارمانی انجام شد. لیموها با سوسپانسیون قارچ مایه زنی و با پوشش های خوراکی کربوکسی متیل سلولز (CMC)، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) و آلژینات سدیم (ALG) در چهار سطح غلظت صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد، غوطه ور شدند. سپس میوه های لیمو در دمای <math>8 \pm 1</math> درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. نتایج نشان دادند که پوشش های خوراکی تأثیر معنی داری بر پوسیدگی میوه، کاهش وزن، درصد مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر، <math>L^*</math>، <math>a^*</math>، محتوای فنل و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل داشتند. پس از ۲۱ روز انبارمانی در بین پوشش های خوراکی، تیمار کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۱/۵٪ نسبت به شاهد، موجب کاهش ۷۷٪ پوسیدگی ناشی از کپک سبز، کاهش ۸۰٪ افت وزن و ۵٪ درصد مواد جامد محلول میوه و موجب افزایش ۳۳٪ اسید قابل تیتر و ۱۰٪ فعالیت آنتی اکسیدانی کل شدند. بنابراین کاربرد پوشش های خوراکی به ویژه کربوکسی متیل سلولز ۱/۵٪ می تواند علاوه بر کاهش پوسیدگی، موجب حفظ برخی خصوصیات کیفی لیموترش شود. لذا می توان به عنوان یک روش سالم جهت حفظ کیفیت محصول و کاهش ضایعات پس از برداشت به کار رود.</p>	<p>تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳ کلمات کلیدی: انبارمانی، پنی سیلیوم دیجیتالوم، کربوکسی متیل سلولز، لیموترش، ویژه گی های کیفی.</p>
	<p>* مسئول مکاتبات: mirzaalian@hormozgan.ac.ir</p>

DOI: 10.52547/fsct.19.123.243

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.15.0

## ۱- مقدمه

میوه مرکبات به دلیل دسترس بودن گسترده آن و داشتن مواد غذایی مفید و طعم مطبوع، از محبوبیت زیادی در سراسر دنیا برخوردار است [۱]. لیموترش از گونه‌های مهم مرکبات است که در دنیا دارای اهمیت اقتصادی بالایی است. لیموترش یا لیموی آب با نام علمی سیتروس اوراتی فولیا رقم مکزیکن لایم<sup>۱</sup> با داشتن انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی نظیر آهن، کلسیم، فسفر و منیزیم دارای ارزش غذایی زیادی می‌باشد. این میوه همچنین حاوی مواد آنتی‌اکسیدانی است که بدن ما را در برابر انواع سرطان‌ها محافظت نموده و برای بیماری‌های قلبی و عروقی نیز بسیار مفید است [۲]. میوه مرکبات هرچند محبوبیت زیادی داشته اما عوامل بیماری‌زا سبب ضایعات زیادی در محصول طی حمل و نقل و انبارمانی می‌گردند [۳]. یکی از بیماری رایج پس از برداشت مرکبات در نواحی مختلف، قارچ مولد کپک سبز (پنی‌سیلیوم دیجیتاتوم<sup>۲</sup>) می‌باشد. برای کنترل کپک سبز عمدتاً از قارچ‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌شود، با این حال نگرانی در مورد بقایای آفت‌کش‌های شیمیایی و مسائل سلامتی انسان منجر به تقاضای عمومی برای محصولات تازه بدون قارچ‌کش شیمیایی شده است. در نتیجه در صنعت مرکبات در سراسر جهان به‌طور گسترده‌ای خواستار جایگزین مناسب قارچ‌کش‌های مصنوعی جهت کنترل بیماری پس از برداشت می‌باشند که حداقل عوارض جانبی برای مصرف‌کنندگان و محیط‌زیست داشته باشد [۴]. میوه‌های مرکبات در بعد از برداشت، مستعد انواع پوسیدگی‌های میکروبیولوژیکی و فیزیولوژیکی هستند و یک روش موفق جهت طولانی‌تر کردن مدت زمان انبارمانی و حفظ کیفیت میوه، کاربرد پوشش خوراکی شفاف و یکنواخت روی سطح میوه است [۱]. پوشش‌های خوراکی روی سطح میوه، یک لایه نازکی از مواد طبیعی زیست‌تخریب‌پذیر را تشکیل می‌دهند که به‌عنوان لایه محافظ در برابر رشد میکروبی عمل می‌کنند و سبب حفظ رطوبت و کیفیت میوه، کاهش میزان تنفس و تعرق شده و در نتیجه منجر به تاخیر پیری و فساد میوه می‌شوند. علاوه‌براین

علاوه‌براین موارد، پوشش‌های خوراکی حاوی ترکیبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی می‌باشند [۵]. پوشش‌های خوراکی طبیعی معمولاً از سه گروه پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها یا ترکیبی از آنها تشکیل شده‌اند که در افزایش عمر انباری میوه‌های مختلف موثر هستند [۶]. در میوه پرتقال، از برخی پوشش‌های پلی‌ساکاریدی مانند کربوکسی‌متیل سلولز، هیدروکسی‌پروپیل‌متیل سلولز، آلزینات سدیم و کیتوزان جهت حفظ خصوصیات فیزیکیوشیمیایی میوه استفاده شده است [۱]. کربوکسی‌متیل سلولز یک پلی‌مر از نوع پلی‌ساکارید است که از سلولز مشتق شده است و به‌عنوان پوشش خوراکی استفاده می‌شود، فاقد سمیت، حلالیت بالا، لزوجت پایین و پوشش یکنواخت را سطح میوه فراهم می‌کند. همچنین حالت پایدار و تمامیت ساختاری بالا در طول دوره انبارمانی دارا می‌باشد، محلول در آب است، دارای خصوصیات تشکیل دهنده فیلم خوب با نفوذپذیری متوسط در فرآیندهای تنفس و تعرق است. پوشش کربوکسی‌متیل سلولز را می‌توان از منابع فراوان و کم‌هزینه مانند نیشکر باگاس که یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های فرعی صنعت نیشکر است تهیه کرد [۷]. کاربرد پوشش کربوکسی‌متیل سلولز در مرکبات، باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت آنها شده است [۸، ۱]. هیدروکسی‌پروپیل‌متیل سلولز جزء پوشش‌های خوراکی رایج و از دیگر مشتقات سلولز است که توسط پروپیلن‌اکسید متیل کلرید ساخته می‌شود. هیدروکسی‌پروپیل‌متیل سلولز، بی‌بو، بی‌مزه، ارزان قیمت و فاقد سمیت، شفاف و مانع خوب در برابر گازها می‌باشد و در صنایع غذایی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود و به‌عنوان یک امولسیون‌کننده، کلویید محافظ و تثبیت‌کننده استفاده می‌شود [۹]. آلزینات سدیم نیز یک پوشش پلی‌ساکاریدی طبیعی است که از جلبک دریایی قهوه‌ای ساخته شده است. آلزینات سدیم خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی متعددی دارد و خواص بیولوژیکی مثل حفظ رطوبت، توانایی تشکیل ژل و زیست-سازگاری خوبی دارد [۱۰]. پوشش خوراکی آلزینات سبب حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه‌های نارنگی [۱۱]، انبه [۱۲]، گواوا [۱۰] و پسته [۱۳] شده است. از آنجایی که لیموی مکزیکن از جمله میوه‌های مهم اقتصادی مناطق جنوبی

1. *Citrus aurantifolia* cv. Mexican lime  
2. *Penicillium digitatum*

شاخص‌های کیفی مورد ارزیابی میوه عبارت بودند از:

## ۲-۱- کاهش وزن میوه

در هر زمان انبارمانی وزن میوه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و کاهش وزن میوه نسبت به زمان برداشت با استفاده از رابطه (۱) اندازه‌گیری شد [۱۶].

رابطه (۱)

$$100 \times \left[ \frac{\text{وزن اولیه} - (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{کاهش وزن میوه}} \right] (\%)$$

## ۲-۲- شدت پوسیدگی

مقدار شدت پوسیدگی به‌عنوان درصد آلودگی سطح میوه به قارچ پنی‌سیلیوم دیجیتال‌توم می‌باشد. بنابراین در میوه‌های آلوده با ارزیابی چشمی سطح پوسیدگی ناشی از کپک سبز به‌صورت درصدی از سطح کل هر میوه مشخص شد و سپس درصد میانگین شدت پوسیدگی محاسبه شد [۱۷].

## ۲-۳- مواد جامد محلول

با استفاده از دستگاه رفاکتومتر<sup>۱</sup> دیجیتال میزان درصد مواد جامد محلول برحسب درصد بریکس آب میوه اندازه‌گیری شد [۱۶].

## ۲-۴- اسید قابل تیتراسیون

جهت اندازه‌گیری اسید قابل تیتر میوه ابتدا پنج میلی‌لیتر آب میوه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و چند قطره معرف فنل فتالین در آن ریخته و با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به اسیدیته ۸/۲ عمل تیتراسیون انجام شد و حجم سود مصرفی یادداشت گردید. با استفاده از رابطه (۲) و براساس میلی‌گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد [۱۴].

رابطه (۲)

= اسید قابل تیتراسیون (٪)

$$100 \times \left[ \frac{(\text{Meqwt} \times N \times V)}{(Y \times 1000)} \right]$$

V = میزان سود مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

N = نرمال‌یته سود مصرفی

Y = میلی‌لیتر حجم عصاره

Meqwt = میلی‌اکی‌والان اسید غالب (اسیدسیتریک)

کشور است و تحقیقات محدودی روی آن صورت گرفته است لذا تحقیق حاضر به‌منظور کنترل پوسیدگی ناشی از کپک سبز در لیموترش، که از بیماری‌های مهم پس از برداشت نواحی جنوب ایران محسوب می‌شود و نیز حفظ کیفیت خصوصیات کیفی میوه با استفاده از پوشش‌های خوراکی، انجام شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

میوه لیموترش مکزیکن در سال ۱۳۹۸ از یک باغ تجاری در موقعیت جغرافیایی ۲۷/۲۸ شمالی، ۵۷/۱۱ شرقی و ۱۹۵ متری از سطح دریا واقع در شهرستان رودان در مرحله سبز بالغ با رعایت نکات فنی، برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه هرمزگان انتقال داده شد. میوه‌های سالم، یکنواخت و یک‌شکل، انتخاب و ابتدا با هیپو-کلرید سدیم یک درصد ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو و مجدداً توسط الکل اتانول ۷۰٪ سطح آنها ضدعفونی و در دمای محیط خشک شدند. بعد از خشک‌شدن، یک زخم سطحی به ابعاد ۲×۲ میلی‌متر روی پوست میوه ایجاد گردید و با سوسپانسیون قارچ پنی‌سیلیوم دیجیتال‌توم (ایزوله استاندارد موسسه تحقیقات گیاهپزشکی ایران 1037C) مایه‌زنی شدند. جهت تهیه محلول سوسپانسیون ابتدا سویه قارچ روی محیط-کشت PDA کشت شد و بعد از چهار روز، محیط‌کشت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون مخلوط شد و محلول سوسپانسیون با دستگاه گلول‌شمار به‌غلظت ۱۰<sup>۶</sup> اسپور در هر میلی‌لیتر تهیه شد. میوه‌های مایه‌زنی شده به‌مدت ۲۴ ساعت در هوای آزاد روی ورقه‌های آلومینیوم استریل شده قرار داده شدند تا قارچ به داخل میوه نفوذ کند [۱۴]. در ادامه غوطه‌وری میوه با غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پوشش‌های خوراکی کربوکسی‌متیل سلولز، هیدروکسی‌پروپیل‌متیل سلولز و آلزینات سدیم به‌مدت دو دقیقه انجام شد [۱۵] و پس از خشک‌شدن در دمای اتاق، برای هر واحد آزمایشی، تعداد ۱۰ عدد میوه در سردخانه در دمای ۱±۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ - ۹۰ درصد به‌مدت صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز نگهداری شدند.

<sup>1</sup> - Refractometer (DBR95, Taiwan)

## ۲-۵- رنگ پوست میوه

رنگ پوست میوه با استفاده از دستگاه کروماتر<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد. در هر زمان اندازه‌گیری، تعداد پنج میوه از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب گردید و شاخص‌های  $L^*$  یا روشنایی رنگ (محور سیاه به سفید رنگ) و  $a^*$  یا قرمزی رنگ (محور سبز به قرمز رنگ) در سه نقطه مختلف در محور استوایی پوست هر میوه، اندازه‌گیری شد [۱۸].

## ۲-۶- میزان فنل کل گوشت

جهت اندازه‌گیری مقدار میزان فنل کل گوشت با استفاده از معرف فنل (فولین- سیوکالتیو<sup>۲</sup>) و به روش طیف‌سنجی با دستگاه میکروپلیت ریدر<sup>۳</sup> استفاده گردید. ابتدا ۳۲ میکرولیتر عصاره میوه را با ۹۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۲ درصد مخلوط کرده و پس از ۳ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، ۱۸۰ میکرولیتر معرف فنل ۵۰ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و سپس جذب مخلوط واکنش توسط دستگاه میکروپلیت ریدر در طول موج ۷۵۰ نانومتر قرائت شد [۱۶]. میزان فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم گوشت میوه به صورت  $mg\ GAE\ 100\ g^{-1}\ FW$  محاسبه شد.

## ۲-۷- فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه، ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره میوه با یک میلی‌لیتر DPPH (۲ و ۲- دی‌فنیل، ۱- پیکریل‌هیدرازیل<sup>۴</sup>) ۰/۱ میلی‌مولار و یک میلی‌لیتر بافر تریس یک درصد مخلوط نموده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد. سپس میزان جذب (A) مخلوط واکنش توسط دستگاه میکروپلیت ریدر در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه (۳) مقدار درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه محاسبه گردید [۱۹].

رابطه (۳)

= فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%)

$[(A\ Control - A\ Sample) / (A\ Control)] \times 100$

1. Chromameter (Minolta CR400, Japan)
2. Folin-Ciocalteu
3. Microplate reader (Epoch Biotech, USA)
4. 2,2-Diphenylpicryl hydrazil

## ۲-۸- طرح آزمایش و تجزیه آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی (تیمار و زمان انبارمانی) بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD<sup>۵</sup> در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- شدت پوسیدگی

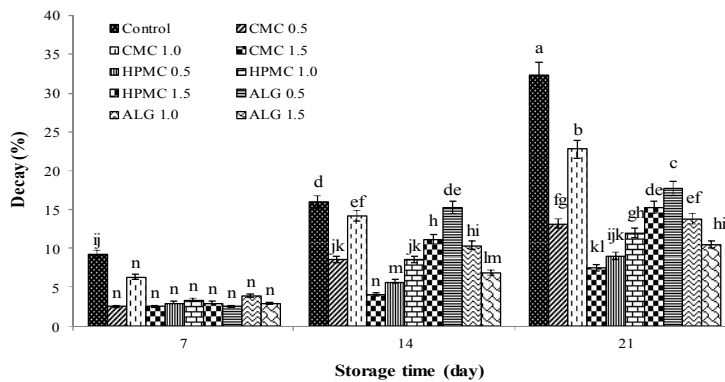
اثرات برهمکنش تیمارهای پوشش خوراکی و زمان انبارمانی بر شاخص شدت پوسیدگی ناشی از کپک سبز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش مدت انبارمانی، شدت پوسیدگی میوه‌های لیموترش افزایش یافت به طوری که شدت پوسیدگی میوه در روز ۲۱ به طور معنی‌داری بیشتر از روزهای ۷ و ۱۴ بود. پس از ۱۴ روز انبارمانی، بالاترین میزان شدت پوسیدگی در تیمار شاهد و آلزینات ۰/۵ مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها به جز CMC ۱٪ شد و کمترین میزان شدت پوسیدگی (۴ درصد) در تیمار CMC ۱/۵٪ وجود داشت. پس از ۲۱ روز انبارمانی، کمترین میزان شدت پوسیدگی (۷/۵ درصد) میوه در تیمار CMC ۱/۵ درصد مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها به جز HPMC ۰/۵٪ و آلزینات ۱/۵٪ بود (شکل ۱). در واقع پوشش‌های خوراکی با ایجاد پوشش محافظتی روی سطح میوه می‌توانند میوه را از پوسیدگی ناشی از عوامل بیماری‌زا حفظ نمایند. از سویی دیگر این پوشش‌ها موجب ایجاد یک لایه نیمه‌نفوذناپذیر در اطراف میوه گردیده و باعث ایجاد شرایط اتمسفر داخلی تغییر یافته (کاهش O<sub>2</sub> و افزایش CO<sub>2</sub>) می‌شوند و میوه را از رشد عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کنند [۲۰]. پوشش خوراکی CMC در میوه نارنگی رقم کینو موجب کاهش پوسیدگی میوه شده است [۵] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

5. Least Significant Difference

**Table 1** Analysis of variance of qualitative and quantitative traits of Mexican lime fruits

(M.S)										
Weight loss (%)	Decay (%)	a*	L*	Antioxidant activity (%)	Total phenol (mg GA/100g FW)	TA (%)	TSS (%)	pH	D.F	S.V
745.2**	1258.3**	525.9**	1985**	5124**	159785**	63.7**	12.23**	0.937**	3	Time
132.3**	182**	12.3*	174**	82ns	16524ns	1.1*	0.85**	0.002ns	9	Treatment
26.1**	44.2**	21.2**	225**	236**	11352ns	1.2*	0.98**	0.018**	27	Time × treatment
0.6	0.8	5.6	22	115	10752	0.4	0.14	0.002	80	Error
24.1	18.6	17.4	8.9	21.4	22.1	6.9	8.5	3.2		C.V%

ns, \*, \* and \*\*: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

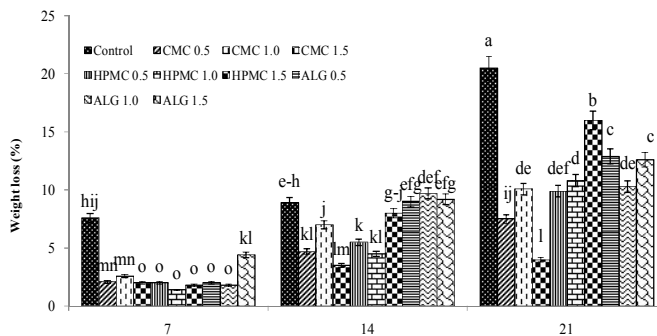


**Fig 1** Effect of coating treatments and storage time on decay severity (%) of Mexican lime fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

بیست و یکم به طور معنی داری بیشتر از روزهای هفتم و چهاردهم بود. پس از ۲۱ روز انبارمانی، بیشترین میزان کاهش وزن در تیمار شاهد (۲۰/۵ درصد) و کمترین میزان کاهش وزن (۴ درصد) در تیمار CMC ۱/۵٪ مشاهده شد که به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۲).

### ۳-۲- درصد کاهش وزن

اثرات برهمکنش تیمار پوشش دهی و زمان نگهداری بر شاخص درصد کاهش وزن میوه لیموترش در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). افزایش مدت نگهداری موجب افزایش معنی دار کاهش وزن میوه گردید و در روز



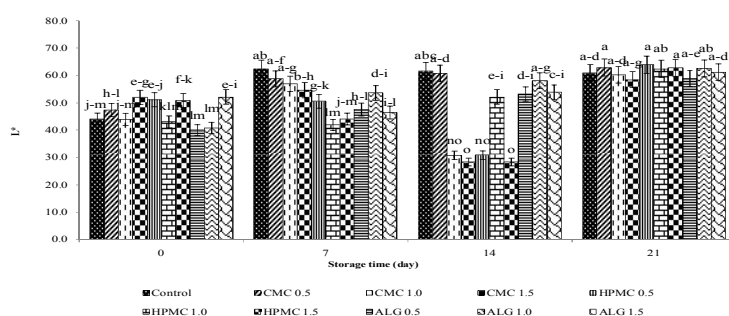
**Fig 2** Effect of coating treatments and storage time on weight loss (%) of Mexican lime fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

پوست میوه می‌باشد. در پایان مدت انبارمانی، بالاترین میزان شاخص  $a^*$  در تیمار شاهد (۳/۴-) مشاهده شد و کمترین میزان این شاخص (۱۱/۳-) در تیمار CMC ۱٪ به دست آمد که نشان‌دهنده بیشترین میزان حفظ رنگ سبز پوست لیموترش در این تیمار می‌باشد (شکل ۴). رنگ پوست میوه لیموترش از پارامترهای مهم کیفیت پس از برداشت میوه است و انتخاب مصرف کننده تحت تاثیر رنگ پوست می‌باشد و شاخص‌های  $L^*$  و  $a^*$  به عنوان شاخص‌های ارزیابی رنگ میوه استفاده می‌شود [۱۰]. افزایش  $a^*$  در طول مدت انبارمانی در نتیجه رسیدن میوه و افزایش پیری در میوه است [۲۱]. میوه مرکبات نافرازگرا است و در طی رسیدن و بلوغ، شدت تنفس و سطح تولید اتیلن کمی دارند. تغییرات رسیدن در پوست مرکبات پس از برداشت صورت می‌گیرد و در مدت زمان انبارمانی کلروفیل پوست میوه تجزیه و به کاروتنوئید تبدیل می‌گردد که زرد شدن و افزایش روشنایی رنگ پوست می‌شود [۲۲]. پوشش‌های خوراکی به عنوان سدی در برابر اکسیژن عمل کرده و مانع اکسیداسیون رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شوند. این پوشش‌ها همچنین موجب کاهش سرعت فرآیند رسیدن، و تغییرات رنگ و نیز از قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری کرده و در نهایت سبب حفظ سبزی رنگی رنگ پوست میوه پایا در طی انبارمانی شده‌اند [۲۳]. تغییرات کمتر رنگ پوست میوه با استفاده از پوشش‌های خوراکی، در میوه‌های گواوا [۲۱]، پسته [۱۸] و آلو [۹] نیز مشاهده شده است.

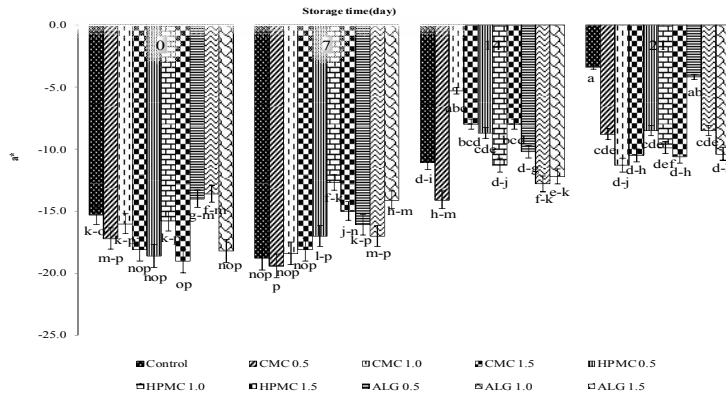
کاهش وزن میوه مرکبات با افزایش چروکیدگی و کاهش شفافیت، ضررهای اقتصادی بزرگی را به همراه دارد که بیشتر به علت فعالیت متابولیکی، تبخیر رطوبت از سطح پوست و تنفس است. در میوه مرکبات، رطوبت عمدتاً از سطح فلاوئید پوست میوه کاهش می‌یابد [۲]. در این تحقیق پوشش خوراکی CMC در حفظ وزن میوه‌ها موثرتر از بقیه پوشش‌ها بود. تاثیر پوشش CMC روی کاهش وزن، به علت وجود گروه‌های کربوکسیلیک است که پیوندهای هیدروژنی هم در داخل پوشش و هم با کوتیکول روی سطح پوست میوه ایجاد می‌کند [۵]. این نتایج با یافته‌های [۱، ۸] همسو می‌باشد.

### ۳-۳- شاخص‌های رنگ پوست

اثرات برهمکنش تیمار و زمان نگهداری بر شاخص‌های  $L^*$  (درجه روشنایی رنگ) و شاخص  $a^*$  (درجه قرمزی رنگ) معنی‌دار شدند. مقدار روشنایی رنگ پوست لیمو در طول دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش یافت. روز هفتم انبارمانی کمترین میزان روشنایی ( $L^*$ ) در تیمار HPMC ۱٪ (۴۱/۸٪) مشاهده شد و بیشترین میزان این شاخص در تیمار شاهد (۶۲/۴٪) به دست آمد. پس از ۱۴ روز انبارمانی بالاترین میزان  $L^*$  در تیمار شاهد (۶۱/۶٪) و CMC ۰/۵٪ (۶۰/۸٪) مشاهده شد و کمترین میزان (۲۸/۲٪) در تیمار CMC ۱/۵٪ و HPMC ۱/۵٪ به دست آمد (شکل ۳). میزان شاخص  $a^*$  رنگ با افزایش مدت انبارمانی، افزایش یافت که حاکی از کاهش رنگ سبز پوست میوه به دلیل کاهش رنگیزه کلروفیل و افزایش کاروتنوئید همزمان با پیشرفت مراحل رسیدن میوه در



**Fig 3** Effect of coating treatments and storage time on  $L^*$  of Mexican lime fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.



**Fig 4** Effect of coating treatments and storage time on a\* of Mexican lime fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

رقم کینو [۵، ۸] و پرتقال [۳] نیز مشاهده شده است. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد طبیعی و خوراکی هستند که به‌عنوان یک مانع در برابر از دست دهی آب از سطح میوه عمل کرده و می‌تواند تغییرات مزه و در نهایت نرم شدن و رسیدن میوه را به‌تأخیر اندازند. در واقع میوه بدون پوشش در طی مدت نگهداری با کاهش وزن یا به‌عبارت دیگر با از دست دادن آب میوه موجب افزایش غلظت مواد جامد محلول در عصاره میوه و افزایش درصد TSS میوه می‌شود اما در میوه پوشش داده شده آب از دست دهی میوه محدودتر می‌شود [۱۶]. کاربرد پوشش خوراکی سبب تأخیر در افزایش مواد جامد محلول در طول دوره نگهداری میوه گواوا گردید [۲۱].

### ۳-۴- درصد مواد جامد محلول

اثرات برهمکنش تیمار و زمان نگهداری بر میزان درصد مواد جامد محلول کل میوه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقدار درصد مواد جامد محلول در طول دوره نگهداری به تدریج افزایش یافت و در پایان زمان انبارمانی بیشترین میزان مواد جامد محلول در تیمار شاهد (۷/۳۷٪) مشاهده شد (جدول ۲). میزان مواد جامد محلول به دلیل تخریب دیواره سلولی و افزایش در غلظت ماده خشک و به‌علت کاهش در میزان آب میوه در طول دوره انبارمانی افزایش می‌یابد [۱۵]. افزایش میزان مواد جامد محلول طی مدت نگهداری در ارقام مختلف پرتقال خونی [۲۲]، نارنگی

**Table 2** Effect of coating treatments and storage time on TSS (%) of Mexican lime fruit

Treatments \ Time (day)	Time 0	7	14	21
Control	5.80 <sup>mnpq</sup>	6.87 <sup>defghi</sup>	7.18 <sup>a-g</sup>	7.67 <sup>a</sup>
CMC 0.5	5.60 <sup>opq</sup>	6.67 <sup>ghijk</sup>	7.01 <sup>b-h</sup>	7.40 <sup>abcd</sup>
CMC 1.0	5.40 <sup>q</sup>	6.43 <sup>hijkl</sup>	7.50 <sup>ab</sup>	7.53 <sup>ab</sup>
CMC 1.5	5.47 <sup>pq</sup>	6.43 <sup>hijkl</sup>	7.17 <sup>a-g</sup>	7.30 <sup>abcde</sup>
HPMC 0.5	5.77 <sup>mnpq</sup>	6.47 <sup>hijkl</sup>	7.47 <sup>abc</sup>	7.10 <sup>a-g</sup>
HPMC 1.0	5.57 <sup>def</sup>	6.43 <sup>hijkl</sup>	7.60 <sup>a</sup>	7.50 <sup>ab</sup>
HPMC 1.5	5.70 <sup>nopq</sup>	6.60 <sup>ghijk</sup>	6.90 <sup>cdefgh</sup>	7.00 <sup>b-h</sup>
ALG 0.5	6.00 <sup>lmnop</sup>	6.43 <sup>hijkl</sup>	7.40 <sup>abcd</sup>	7.63 <sup>a</sup>
ALG 1.0	6.27 <sup>ijklmn</sup>	6.6 <sup>ghijk</sup>	7.10 <sup>a-g</sup>	6.97 <sup>b-h</sup>
ALG 1.5	6.20 <sup>ijklmn</sup>	6.73 <sup>efghij</sup>	7.20 <sup>a-f</sup>	7.40 <sup>abcd</sup>

Similar letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

## ۳-۵- اسید قابل تیتراسیون

داده شده درمقایسه با شاهد را می‌توان به کندشدن مراحل رسیدن و پیری میوه‌های پوشش داده شده نسبت داد. بالا بودن مقدار اسید قابل تیتراسیون میوه‌های پوشش داده شده می‌تواند به دلیل تغییر اتمسفر اطراف میوه باشد که با کاهش تنفس می‌تواند سبب تجمع اسیدهای آلی میوه از جمله اسید سیتریک و اسید مالیک شود. از سویی دیگر مصرف اسیدهای آلی که به‌عنوان سوبسترای اصلی تنفس می‌باشند، کاهش یافته و سبب حفظ بیشتر اسید قابل تیتر و کیفیت میوه می‌شود [۱۵، ۱۶]. هم راستا با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش کاربرد پوشش خوراکی بالاترین درصد اسید قابل تیتراسیون را در میوه‌های نارنگی [۱۵]، گواوا [۱۶، ۲۱]، آلو [۹] و انبه [۱۲] نشان دادند.

اثرات برهمکنش تیمار و زمان انبارمانی بر میزان اسید قابل تیتر لیموترش معنی‌دار شد (جدول ۱). مقدار اسید قابل تیتراسیون طی هفته اول مختصری افزایش یافت اما بعد از آن با پیشرفت مراحل رسیدن میوه تا روز ۲۱ انبارمانی به تدریج کاهش یافت (شکل ۶). کاهش اسید قابل تیتراسیون در مدت انبارمانی در این پژوهش با نتایج به‌دست آمده در میوه لیمو [۱۴]، پرتقال [۳] و نارنگی کینو [۵] مطابقت دارد. در پایان زمان انبارمانی کمترین مقدار اسید قابل تیتر در تیمار شاهد به‌دست آمد اما بیشترین مقدار اسید قابل تیتر در غلظت‌های مختلف CMC و HPMC بدون اختلاف معنی‌داری با هم مشاهده شدند. افزایش معنی‌دار اسید قابل تیتر میوه‌های پوشش

**Table 3** Effect of coating treatments and storage time on TA (%) of Mexican lime fruit

Time (day) treatments	Time 0	7	14	21
Control	8.93 <sup>abc</sup>	9.10 <sup>abc</sup>	7.84 <sup>e</sup>	4.55 <sup>h</sup>
CMC 0.5	9.15 <sup>abc</sup>	8.85 <sup>bcde</sup>	8.45 <sup>bcde</sup>	6.73 <sup>f</sup>
CMC 1.0	8.58 <sup>bcde</sup>	9.40 <sup>ab</sup>	7.92 <sup>e</sup>	6.42 <sup>fg</sup>
CMC 1.5	8.53 <sup>bcde</sup>	9.18 <sup>abc</sup>	8.65 <sup>bcde</sup>	6.82 <sup>f</sup>
HPMC 0.5	8.67 <sup>bcde</sup>	8.90 <sup>bcde</sup>	8.52 <sup>bcde</sup>	6.13 <sup>fg</sup>
HPMC 1.0	8.28 <sup>cde</sup>	9.17 <sup>abc</sup>	9.18 <sup>abc</sup>	6.67 <sup>f</sup>
HPMC 1.5	8.95 <sup>bcd</sup>	9.98 <sup>a</sup>	8.55 <sup>bcde</sup>	6.65 <sup>f</sup>
ALG 0.5	8.92 <sup>bcde</sup>	9.17 <sup>abc</sup>	8.65 <sup>bcde</sup>	4.87 <sup>h</sup>
ALG 1.0	9.00 <sup>abc</sup>	9.27 <sup>abc</sup>	8.45 <sup>bcde</sup>	5.60 <sup>gh</sup>
ALG 1.5	8.90 <sup>bcde</sup>	9.43 <sup>ab</sup>	8.97 <sup>abcd</sup>	5.82 <sup>fgh</sup>

Similar letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

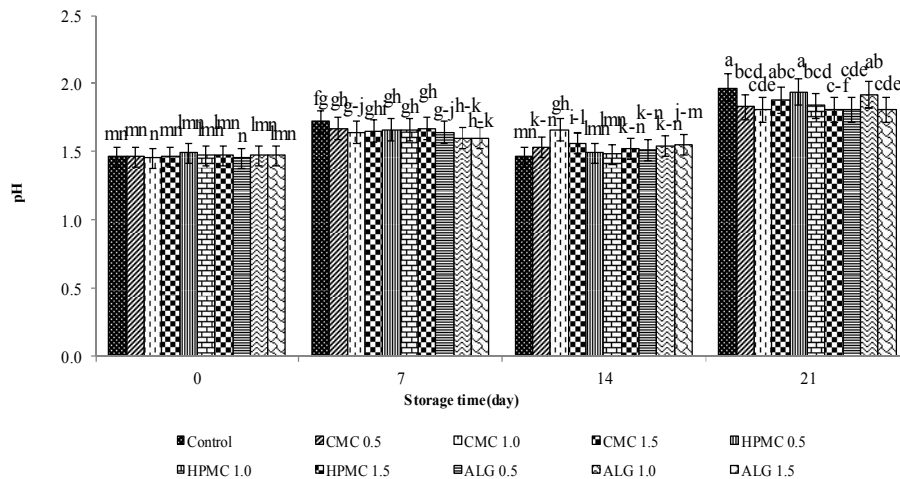
تجزیه اسیدهای آلی [۲۲] و تبدیل اسیدهای آلی به مواد قندی [۲۴] صورت می‌گیرد که در این پژوهش نیز مشاهده شده است. در تحقیق حاضر پس از ۲۱ روز انبارمانی، پوشش‌های خوراکی نسبت به شاهد موجب کاهش pH میوه شدند. کاهش pH میوه پوشش داده شده می‌تواند ناشی از محدود شدن تبادلات گازی اکسیژن و دی‌اکسید کربن در میوه باشد که منجر به کاهش مقدار تنفس و در نتیجه کاهش مصرف اسیدهای آلی در فرآیند تنفس شود. کاربرد پوشش خوراکی در میوه گواوا باعث کاهش pH میوه در طول دوره نگهداری شده است [۲۱].

## ۳-۶- pH

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش تیمار در زمان بر pH آب میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). pH آب میوه طی زمان انبارمانی افزایش یافت. در روز ۲۱ انبارمانی بیشترین مقدار pH در تیمار شاهد، HPMC ۰/۵٪، CMC ۱/۵٪ و ALG ۱٪ بدون اختلاف معنی‌دار به‌دست آمد و کمترین مقدار pH در تیمار HPMC ۱/۵٪ مشاهده شد (شکل ۵).

افزایش pH در طول زمان انبارمانی به دلیل شکسته شدن و



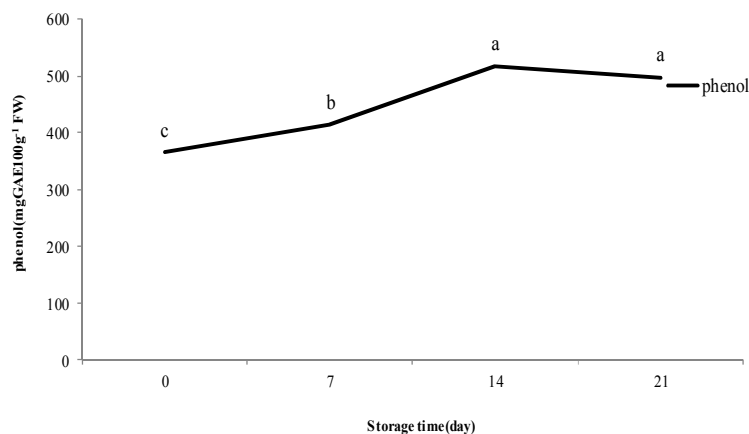


**Fig 5** Effect of coating treatments and storage time on pH of Mexican lime fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 5 % level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

نداشت. فنل‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها هستند. تغییرات فنل کل تحت تاثیر ژنتیک، دما و شرایط محیطی در طول دوره پس از برداشت است [۳]. پوشش‌های خوراکی، پیری و یا فرآیند رسیدن میوه را به تاخیر می‌اندازد و در نتیجه باعث تقویت سیستم دفاعی و حفظ کیفیت میوه در طول زمان انبارمانی می‌شوند [۶]. تاثیر استفاده از پوشش‌های خوراکی در افزایش میزان فنل، در پژوهشی روی گواوا [۱۰]، پرتقال خونی [۲۲] و نارنگی [۱۵] نیز مشاهده شده است.

### ۳-۷- فنل کل

اثر ساده زمان نگهداری بر محتوای فنل کل میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقدار محتوای فنل کل میوه طی زمان انبارمانی افزایش یافت (شکل ۶). نتایج نشان داد افزایش مدت زمان انبارمانی موجب افزایش محتوای فنل کل میوه‌ها گردید به طوری که در روز ۱۴ انبارمانی محتوای فنل کل میوه به طور معنی‌داری بیشتر از روز هفتم انبارمانی بود ولی با میزان فنل میوه در روز ۲۱ انبارمانی تفاوت معنی‌داری



**Fig 6** Effect of storage time on total phenol of Mexican lime fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 5 % level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه در تیمارهای مختلف، طی مدت نگهداری از روز صفر تا روز ۱۴ افزایش یافت اما در روز ۲۱

### ۳-۸- فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه

اثر برهمکنش تیمار و زمان بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی

آنتی‌اکسیدانی را کاهش می‌دهند [۲۵] در دوره رسیدن، رشد فعال میوه مرکبات به‌علت نافرازگرا بودن، کاهش یافته و سوخت و ساز سلولی به‌سمت ذخیره ترکیب‌های زیست‌فعال و فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تغییر می‌کند [۲۶]. تاثیر مثبت پوشش خوراکی آلژینات در حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی روی گواوا [۱۰] و نارنگی [۸] گزارش شده است که با نتایج این مقاله همسو می‌باشد.

کاهش یافت. پس از ۲۱ روز انبارمانی بالاترین میزان حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۴۶٪) در تیمار CMC ۱/۵ به دست آمد و کمترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۱٪) در تیمار ALG ۰/۵ به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها به جز تیمار CMC ۰/۵ و HPMC ۰/۵ داشت. (جدول ۳). پوشش‌های خوراکی یک مانع موثر در کاهش جذب اکسیژن هستند و تخریب اکسایشی ترکیب‌های

Table 4. Effect of coating treatments and storage time on antioxidant activity (%) of Mexican lime fruit

Time (day) treatments	Time 0	7	14	21
Control	28 <sup>kl</sup>	38.4 <sup>ghijk</sup>	69.6 <sup>ab</sup>	41.6 <sup>ghijk</sup>
CMC 0.5	39 <sup>ghijk</sup>	40.2 <sup>ghijk</sup>	66.1 <sup>abc</sup>	35.8 <sup>hijkl</sup>
CMC 1.0	49.2 <sup>c-i</sup>	40.5 <sup>ghijk</sup>	61.6 <sup>abcde</sup>	44.9 <sup>d-k</sup>
CMC 1.5	29.4 <sup>kl</sup>	41.1 <sup>ghijk</sup>	70.1 <sup>ab</sup>	46 <sup>d-j</sup>
HPMC 0.5	39.6 <sup>ghijk</sup>	34.4 <sup>ijkl</sup>	72.9 <sup>a</sup>	34.3 <sup>ijkl</sup>
HPMC 1.0	46.7 <sup>defghi</sup>	47.7 <sup>defghi</sup>	68.2 <sup>ab</sup>	41.2 <sup>ghijk</sup>
HPMC 1.5	49.3 <sup>c-i</sup>	36.3 <sup>hijkl</sup>	67.1 <sup>ab</sup>	44.6 <sup>e-k</sup>
ALG 0.5	45 <sup>d-k</sup>	47.2 <sup>defghi</sup>	62.1 <sup>abcd</sup>	21 <sup>l</sup>
ALG 1.0	53 <sup>b-h</sup>	33 <sup>ijkl</sup>	66 <sup>abc</sup>	42.4 <sup>ghijk</sup>
ALG 1.5	65.3 <sup>abc</sup>	34.3 <sup>ijkl</sup>	55.5 <sup>bcdefg</sup>	43 <sup>ghijk</sup>

Similar letters indicate non-significant difference at 5% level of probability using LSD test. Uncoated (Control), Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and Alginate (ALG) coating.

citrus fruits: a layer polysaccharides-based edible coatings for citrus fruits: a layer by-layer approach. Food Chemistry 133: 465-472.

- [2] Khan, M. M., Al-Yahyai, R. and Al-Said, F. 2017. The Lime: Botany, Production and Uses. CABI International 1: 12-60.
- [3] Rasouli, M., Koushesh Saba M. and Ramezani, A. 2019. Inhibitory effect of salicylic acid and Aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. Scientia Horticulturae 248: 27-34.
- [4] Montesinos-Herrero, C., Moscoso-Ramírez, P. A. and Palou, L. 2016. Evaluation of sodium benzoate and other food additives for the control of citrus postharvest green and blue molds. Postharvest Biology and Technology 134: 72-80.
- [5] Baswal, A. K., Dhaliwal, H. S., Singh, Z., Mahajan, B. V. C., Kalia, A. and Gill, K. S. 2020. Influence of carboxy methylcellulose, chitosan and beeswax coatings on cold storage life and quality of Kinnow mandarin fruit. Scientia Horticulturae 265: 1-11.
- [6] Khaliq, G., Mohamed, M. T., Ghazali, M., Ding, P. and Ali, A. 2016. Influence of gum

#### ۴- نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که پوشش‌های خوراکی می‌توانند پوسیدگی میوه لیموترش ناشی از قارچ کپک سبز را به‌خوبی کنترل کنند. پوشش خوراکی کربوکسی‌متیل سلولز با غلظت ۱/۵٪ نسبت به سایر تیمارها، موجب حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و اسید قابل تیتراسیون میوه و نیز موجب کاهش معنی‌دار پوسیدگی ناشی از کپک سبز و کاهش وزن میوه لیموترش رقم مکزیکن لایم شدند. بنابراین کاربرد پوشش‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی به‌ویژه کربوکسی‌متیل سلولز ۱/۵٪ می‌تواند علاوه بر کاهش بیماری، موجب حفظ برخی خصوصیات کیفی میوه لیموترش شود. لذا استفاده از پوشش خوراکی می‌تواند به‌عنوان یک روش سالم و زیست‌تخریب جهت حفظ کیفیت محصول، کنترل پس از برداشت بیماری‌های ناشی از کپک سبز و در نتیجه کاهش ضایعات میوه لیموترش به‌کار رود.

#### ۵- منابع

- [1] Arnon, H., Granit, R., Porat, R. and Poverenov, E. 2015. Development of polysaccharides-based edible coatings for

- Siahouee, M., Shamili, M., Madani, B. 2021. Inhibitory Effect of Some Essential Oils on Control of Green Mold (*Penicillium digitatum*) and Postharvest Quality Parameters of Lime Fruit. Food Science and Technology 17(109): 167-181.
- [15] Khorrami, F., Ramezani, A. and Hosseini, S. M. H. 2017. Effect of different edible coatings on postharvest quality of 'Kinnow' mandarin. Food Measurement and characterization 22: 1-7.
- [16] Etemadipoor, R., Dastjerdi, A. M., Ramezani, A. and Ehteshami, S. 2020. Ameliorative effect of edible coating based on gum Arabic, oleic acid and cinnamon essential oil on guava fruit chilling injury during cold storage. Scientia Horticulturae 266: 01-10.
- [17] Madani, B., Mahmud Tengku, M. M., Biggs Alan, R., Jugah, K., Yahya, A., Amin, M. and Taha, R. S. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. Crop Protection 42: 55-60.
- [18] Hashemi, M., Dastjerdi, A.M., Mirdehghan, S. H., Shakerardekani, A. and Golding, J. B. 2021. Incorporation of *Zataria multiflora* Boiss essential oil into gum Arabic edible coating to maintain the quality properties of fresh in-hull pistachio (*Pistacia vera* L.). Food Packaging and Shelf Life 30: 1-8.
- [19] Madani, B., Dastjerdi, A. M. and Shahriari, A. 2021. Improving 'Piyarom' date palm fruit quality with fruit thinning and bunch covering treatments. Advances in Horticultural Science 35(1): 11-19.
- [20] Rojas-Grau, A., Maria, S. T. and Olga, M. B. 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. LWT 44: 139-147.
- [21] Etemadipoor, R., Ramezani, A., Dastjerdi, A. M. and Shamili, M. 2019. The potential of gum arabic enriched with cinnamon essential oil for improving the qualitative characteristics and storability of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. Scientia Horticulturae 252: 101-107.
- [22] Habibi, F. and Ramezani, A. 2017. Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. Food Chemistry 147: 1-8.
- [23] Rafaela Rebessi, A., Moreira, Z., Paula 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 132: 362-369.
- [7] Oliveiraa, J., Parisib, M. C. M., Baggio, J.S., Silvaa, P. M., Paviana, B., Spotoa, M. H. F. and Gloriaa E. M. 2019. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. International Journal of Food Microbiology 56: 150-158.
- [8] Shah, S.W.A., Jahangir, M., Qaisar, M., Khan, S. A., Mahmood, T., Saeed, M., Farid, A. and Liaquat, M. 2015. Storage stability of Kinnow fruit (*Citrus reticulata*) as affected by CMC and guar gum-based silver nanoparticle coatings and Molecules 46: 22645-22661.
- [9] Woo Suk, C., Suman, S. and Suk, L. Y. 2016. Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.). Food Science and Technology 122: 213-222.
- [10] Sneha Nair, M., Alok, S. and Charanjit, K. 2018. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). Food Chemistry 157: 245-252.
- [11] Chen, C., Xuan, P., Rong, Z., Ming, C., Chunpeng, W., and Jinyin, C. 2016. Ficus hirta fruits extract incorporated into an alginate-based ediblecoating for Nanfeng mandarin preservation. Scientia Horticulturae 146: 41-48.
- [12] Ehteshami, S., Dastjerdi, A. M., Ramezani, A., Etemadipoor, R., Abdollahi, F., Salari, M. and Shamili, M. 2021. Effects of edible alginate coating enriched with organic acids on quality of mango fruit during storage. Journal of Food Measurement and Characterization 15: 01-10.
- [13] Hashemi, M., Dastjerdi, A. M., Shakerardekani, A. and Mirdehghan, S. H. 2020. Effect of alginate coating enriched with Shirazi thyme essential oil on quality of the fresh pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Food Science and Technology-Mysore 58: 1-10.
- [14] Abbasi, M., Dastjerdi, A. M., Askari

- [25] Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M. and Chiralt, A. 2012. Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids* 34: 9-16.
- [26] Iglesias, D.J., Cercós, J.M., Colmenero-Flores, M. A., Naranjo, G., Ríos, E., Carrera, O., Ruiz-Rivero, I., Lliso, R., Morillon, F. R., Tadeo, S. and Talon, M. 2007. Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal Plant Physiology* 12: 333-362.
- Porrelli, S., Jacqueline, O., Eduardo Micotti. G. and Marta, F. S. 2018. Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life. *Scientia Horticulturae* 202: 70-77.
- [24] Rapisarda, P., Bianco, M. L., Pannuzzo, P. and Timpanaro, N. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Postharvest Biology and Technology* 31: 348-354.



## Effect of edible coatings on green mold reduction and quality maintenance of Mexican lime fruit

Abbasi, M. <sup>1</sup>, Mirzaalian Dastjerdi, A. <sup>2\*</sup>, Askari Siahouee, M. <sup>3</sup>, Shamili, M. <sup>4</sup>, Madani, B. <sup>5</sup>

1. Ph.D. student, post-harvest physiology and technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. Associate Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Associate Professor, Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran.
4. Associate Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
5. Assistant Professor, Horticultural Crops Research Department, Natural Resources Research and Education Center of Hormozgan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Abbas, Iran.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 10/ 29  
Accepted 2022/ 02/ 12

#### Keywords:

Carboxymethyl cellulose,  
Lime,  
Qualitative Characteristics,  
*Penicillium digitatum*,  
Storage.

**DOI:** 10.52547/fsct.19.123.243

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.123.15.0

\*Corresponding Author E-Mail:  
mirzaalian@hormozgan.ac.ir

### ABSTRACT

The use of natural ingredients such as edible coatings is considered as an environmental friendly way to control post-harvest fruit rot as well as delay fruit senescence. The aim of this study was to investigate the effects of edible coatings for controlling fruit rot caused by *Penicillium digitatum* and some qualitative characteristics of Mexican lime during storage. Mexican limes were inoculated with fungi suspension and were immersed in carboxymethyl cellulose (CMC), hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC) and sodium alginate (ALG) coatings at four concentrations of 0 (control), 0.5, 1 and 1.5%. Then, Mexican lime fruit were stored at temperature of 8 ° C and relative humidity of 90-95% for 21 days. The results showed that edible coatings showed significant effects on fruit rot, weight loss, percentage of soluble solids, titratable acid, L \*, a \*, phenolic content and total antioxidant activity. Among the edible coatings, CMC at 1.5% reduced the fruit rot caused by green mold (77%) and reduced the weight loss (80%), TSS (5%) and increased the titratable acidity (33%) and total antioxidant activity (10%) compared to the control after 21 days of storage. Therefore, the use of edible coatings, especially 1.5% CMC, can maintain qualitative characteristics of Mexican lime and reduce the rot. Therefore, it can be used as an environmental friendly method to maintain fruit quality and reduce post-harvest waste.