



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

مطالعه تاثیر اسانس پونه کوهی و عصاره اتانولی برهموم بر ویژگی‌های ضد باکتریایی و برخی ویژگی‌های فیزیکی فیلم‌های زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید

علی میثاقی*، معصومه سعیدی، نگین نوری، محمدرضا رضایی گلستانی
گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات ضد میکروبی طبیعی دارای ظرفیت ارزشمندی برای استفاده در انواع مواد غذایی جهت مقابله با میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و عامل فساد هستند. اهداف این مطالعه شامل تولید فیلم‌های زیست تخریب پذیر به کمک ترکیب پلی لاکتیک اسید با غلظت‌های مختلف اسانس پونه کوهی و یا عصاره اتانولی برهموم و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و ضد میکروبی فیلم‌های حاصل بودند.

روش بررسی: فیلم‌های فعال بر پایه پلی لاکتیک اسید به کمک روش قالب گیری تولید شدند و ضخامت و مهمترین پارامترهای رنگی آنها به ترتیب به کمک میکرومتر دیجیتال و دستگاه رنگ سنج اندازه گیری شدند. در ادامه اثرات ضدباکتریایی فیلم‌های حاصل علیه چهار باکتری بیماری‌زای رایج غذازاد شامل استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیا کلی، ویبریو پاراهمولیتیکوس و لیستریا مونوسیتوژنز، بوسیله روش انتشار دیسک مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی‌های فیزیکی نشان دادند که اولاً با اضافه شدن غلظت‌های مختلف دو ماده فعال، غالباً ضخامت فیلم‌های حاصل بصورت معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$)، و ثانیاً، حضور این ترکیبات در ساختار فیلم‌ها همزمان باعث کاهش روشنایی و افزایش میزان زردی و قرمزی فیلم‌ها شد. هیچ‌یک از فیلم‌های پلی لاکتیک اسید خالص و یا حاوی عصاره برهموم، اثر ضد میکروبی به جای نگذاشتند، اما تمامی فیلم‌های حاوی درصد‌های بالاتر اسانس پونه کوهی (۵ و ۱۰ درصد) به صورت وابسته به غلظت علیه هر ۴ سویه باکتریایی موثر بودند، و این اثرات در رابطه با باکتری‌های گرم مثبت شدیدتر ثبت شد. بیشترین هاله عدم رشد هم در مورد فیلم شماره حاوی ۱۰ درصد اسانس و استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا مونوسیتوژنز، ویبریو پاراهمولیتیکوس و اشرشیا کلی بودند.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های این مطالعه، حضور عصاره اتانولی برهموم به تنهایی در فرمولاسیون اولیه فیلم‌های پلی لاکتیک اسید علیه چهار پاتوژن غذازاد مورد مطالعه تاثیرگذار نبوده، در حالی که اضافه شدن این ترکیب به فیلم‌های حاوی اسانس پونه کوهی موجب افزایش ویژگی‌های موثر ضد باکتریایی فیلم‌های حاصل شد. در نتیجه، استفاده همزمان از این دو ترکیب در ساختار فیلم‌های آگریز مانند فیلم پلی لاکتیک اسید برای تولید فیلم‌های فعال بسته‌بندی مواد غذایی توصیه می‌گردد.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۲
تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۹
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی: اسانس پونه کوهی، بسته‌بندی مواد غذایی، پلی لاکتیک اسید، برهموم، پاتوژن‌های غذایی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
amisaghi@ut.ac.ir

مقدمه

اسانس‌های گیاهی به‌عنوان دسته مهمی از ترکیبات ضد میکروبی طبیعی ظرفیت مناسبی را برای استفاده در انواع مواد غذایی جهت مقابله با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و عامل فساد دارا هستند. این ترکیبات زیست فعال عصاره‌های فرار و معطری هستند که از بخش‌های مختلف گیاهان شامل گل، دانه، غنچه، ریشه و برگ بدست می‌آیند (۱). بدلیل ویژگی‌های شناخته شده زیستی و طعم‌دهندگی عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی، این دسته از ترکیبات در میان پرمصرف‌ترین مواد افزودنی (به اشکال مختلف) در انواع مواد غذایی محسوب می‌شوند. در میان اسانس‌های گیاهی، اسانس گیاه پونه کوهی به دلیل ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی شناخته شده خود بارها به صورت موفقیت آمیز برای نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است (۲). معمولاً این اسانس حاوی درصد قابل توجهی از ترکیبات فنولیک ضد میکروب مانند تیمول و کارواکرول و همچنین میزان کمتری از پی-سایمن و گاما ترپین است (۳).

بره‌موم ترکیب ضد میکروبی طبیعی دیگری است که نقش ساختمانی و محافظتی در کندوهای زنبور عسل ایفا می‌کند (۴). مهم‌ترین ترکیبات ضد میکروبی بره‌موم فلاونوئیدها و ترکیبات فنولیک هستند که در اصل از مشتقات ترکیبات گیاهی محسوب می‌شوند که توسط زنبور عسل جمع‌آوری شده‌اند (۵). در تحقیقاتی که تا به امروز در رابطه با اثرات مختلف بره‌موم صورت گرفته عمدتاً از عصاره اتانولی آن استفاده شده است (۶-۷).

از آنجایی که تداخلات بین اجزا موجود در مواد غذایی با اسانس‌های گیاهی و سایر مواد فعال ضد میکروب ممکن است قابلیت این مواد فعال را کاهش دهد، بنابراین غلظت‌های بالاتری از این ترکیبات باید به ماده غذایی افزوده شوند تا فعالیت مورد نیاز تامین شود (۸). در چنین مواردی تاثیر منفی غلظت‌های بالاتر اسانس و ماده ضد میکروب بر خصوصیات حسی ماده غذایی، چالش جدی است که باید در نظر گرفته شود. در میان اصلی‌ترین راه‌حل‌های ارائه شده برای مشکل مذکور،

ادغام این ترکیبات فعال با فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی اخیراً توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۹-۱۱). در همین رابطه مواد بسته‌بندی مختلفی به‌عنوان پلی‌مر پایه جهت تولید بسته‌بندی‌های فعال مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. از بین این پلی‌مرها، ویژگی‌های استثنایی پلی‌لاکتیک اسید (PLA) از جمله زیست‌تخریب‌پذیری، خصوصیات قابل قبول فیزیکی- مکانیکی و قیمت مناسب (در مقایسه با سایر پلی‌مرهای زیست‌تخریب‌پذیر) (۱۲)، آن را به گزینه جذابی برای استفاده در بسته‌بندی‌های فعال مواد غذایی تبدیل کرده‌اند.

اگرچه تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در رابطه با کاربرد مستقیم ترکیبات فعال طبیعی در مواد غذایی منتشر شده‌اند، اما تمایل به استفاده غیر مستقیم از این نوع مواد در قالب بسته‌بندی‌های مواد غذایی روز به روز در حال افزایش است.

در همین راستا، هدف از این مطالعه طراحی و تولید فیلم‌های فعال زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه پلی‌لاکتیک اسید در ترکیب با غلظت‌های مختلف دو ترکیب ضد میکروبی طبیعی اسانس پونه کوهی و عصاره اتانولی بره‌موم بوسیله روش قالب‌گیری، و بررسی اثرات ضدباکتریایی فیلم‌های حاصل علیه چهار باکتری بیماری‌زای رایج غذازاد بوسیله روش انتشار دیسک بوده است.

مواد و روش‌ها

- مواد

چگالی گرانول‌های پلی‌لاکتیک اسید مورد استفاده $1/3 \text{ g/cm}^3$ و وزن مولکولی آنها 197000 g/mol بود. گیاه پونه کوهی و نمونه‌های خام بره‌موم از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. برای تهیه فیلم‌ها از دستگاه هموژنایزر مدل دیجیتال T25 و جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت ضد میکروبی از کالیپر دیجیتال بهره گرفته شد. تمامی حلال‌ها و معرف‌ها با درجه کیفیت آزمایشگاهی تهیه شدند.

- روش‌ها

استخراج اسانس پونه کوهی و عصاره بره‌موم

استخراج اسانس و عصاره در آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران صورت گرفت. اسانس پونه

چوب و کاغذ دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام شدند. تهیه فیلم‌های پلی‌لاکتیک اسید طبق روش Abdulkhani و همکاران (۲۰۱۴) و به کمک روش قالب‌گیری صورت گرفت (۱۶). گرانول‌های پلی‌لاکتیک اسید به نسبت (g) ۱ به (mL) ۱۰۰ کلروفورم اضافه شدند و جهت حل شدن کامل گرانول‌ها در کلروفورم مخلوط حاصل به کمک استیرر به مدت ۸ h همزده شد. برای ارتقاء فیلم‌های پلی‌لاکتیک اسید به فیلم‌های فعال ضد میکروب، اسانس پونه کوهی به نسبت ۰، ۲/۵، ۵ و ۱۰ mL و عصاره اتانولی برهموم هم به نسبت ۰، ۱ و ۲ mL به ۱۰۰ mL از محلول پلی‌لاکتیک اسید در کلروفورم اضافه شدند. غلظت‌های فوق‌الذکر براساس مطالعات قبلی و آزمون پایلوت انتخاب شدند (۱۷). پس از اضافه شدن غلظت‌های مختلف مواد فعال، مخلوط‌های حاصل به کمک هموژنایزر به مدت ۲ min در دور ۸۰۰۰ (دور در دقیقه) به خوبی هم‌وزن شدند. در مرحله بعدی، هر یک از مخلوط‌های بدست آمده درون پلیت‌های شیشه‌ای با عمق ۱۵ mm و قطر ۱۰۰ mm ریخته و برای تبخیر حلال به مدت ۲۴ h در هود شیمیایی قرار داده شدند. پس از تبخیر کلروفورم، فیلم‌های تشکیل شده از سطح پلیت‌ها جدا و در ابعاد دایره‌های ۹ mm بریده شدند.

اندازه‌گیری ضخامت و رنگ‌سنجی فیلم‌ها

ضخامت فیلم‌های پلی‌لاکتیک اسید با استفاده از یک میکرومتر دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ mm مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و برای هر نمونه فیلم ۱۰ نقطه اندازه‌گیری و میانگین آنها گزارش شد (۱۵).

تعیین رنگ فیلم‌ها با اندازه‌گیری L^* (روشنایی): از ۰ نشان‌دهنده سیاهی تا ۱۰۰ نشان‌دهنده سفیدی، a^* (قرمزی): از ۸۰- نشان‌دهنده سبز بودن تا ۱۰۰ نشان‌دهنده قرمز بودن) و b^* (زردی): از ۸۰- نشان‌دهنده آبی بودن تا ۷۰ نشان‌دهنده زرد بودن) و به کمک یک رنگ‌سنج انجام گرفت. یک صفحه سفید رنگ استاندارد ($L^*: ۹۳/۴۹$ ، $a^*: ۰/۲۵$ ، $b^*: ۰/۰۹$) برای کالیبراسیون رنگ‌سنج مورد استفاده قرار گرفت. این آزمون در مورد هر نمونه فیلم سه بار تکرار شد و میانگین مقادیر بدست آمده گزارش شد (۱۵).

کوهی به روش تقطیر با آب به‌وسیله دستگاه کلونجر طی مدت ۳ h از برگ‌های خشک شده و خرد شده این گیاه تهیه شد. جهت خشک کردن اسانس از سولفات سدیم استفاده و اسانس بدست آمده تا زمان آزمون‌ها در شرایط یخچالی (دمای 4°C) و در تاریکی نگهداری شد.

برای تهیه عصاره اتانولی برهموم از روش معرفی شده در مطالعه Bodini و همکاران (۲۰۱۳) بهره گرفته شد (۱۳). به‌طور خلاصه، ۳۰ g برهموم به خوبی خرد شده و بعد از اضافه شدن ۱۰۰ mL اتانول (۸۰ درصد) استخراج روی استیرر انجام گرفت. در مرحله بعد مخلوط بدست آمده در درون بن‌ماری در دمای 50°C به مدت ۳۰ min همزده و با کاغذ واتمن شماره ۱ فیلتر شد تا عصاره اتانولی به‌دست آید. عصاره به‌دست آمده تا زمان استفاده در شرایط یخچالی و در تاریکی نگهداری شد.

آنالیز اجزا اساسی اسانس پونه کوهی و عصاره برهموم

جهت آنالیز اجزا اساسی اسانس و عصاره برهموم، نمونه‌های به‌دست آمده به پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی ارسال گردید. ترکیب شیمیایی اسانس پونه کوهی و عصاره اتانولی برهموم براساس روش Khatibi و همکاران (۲۰۱۵) و به کمک دستگاه (GC/MS) (*Gas Chromatography/Mass Spectrometry*) اندازه‌گیری شد (۱۴). دستگاه GC/MS مورد استفاده مجهز به ستون موبینه به طول ۳۰ m متر و قطر ۰/۲۵ mm بود. برنامه ریزی حرارتی ستون از 50°C شروع و با سرعت $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ تا دمای 240°C افزایش یافت. از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل (با سرعت ۱ mm/min) در طول ستون استفاده شد. برای هر یک از اجزا اسانس و عصاره یک الگوی شکست خاص وجود دارد که براساس اطلاعات بدست آمده از این طریق و همچنین اطلاعات ثبت شده در کتب مرجع، شناسایی ترکیبات اصلی اسانس پونه و عصاره برهموم صورت گرفت (۱۵).

آماده‌سازی فیلم‌ها

مراحل تولید فیلم‌های فعال و تعیین ویژگی‌های فیزیکی آنها به ترتیب در آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران و آزمایشگاه گروه علوم و صنایع

ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی فیلم‌ها

چهار باکتری پاتوژن رایج در مواد غذایی جهت بررسی اثرات ضد باکتریایی فیلم‌ها مورد استفاده قرار گرفتند که شامل دو باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC ۲۵۹۲۳) و لیستریا مونوسیتوژنز (ATCC ۱۹۱۱۱)، و دو باکتری گرم منفی ویبریو پاراهمولیتیکوس (ATCC ۴۳۹۹۶) و اشرشیا کلی (ATCC ۴۳۹۹۶) بودند. تمامی سوش‌های مذکور از آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران تامین شده و ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی فیلم‌های فعال نیز در همان آزمایشگاه صورت گرفت. از محیط کشت آگار قلب و مغز (Brain Heart Infusion) برای آماده‌سازی کشت‌های استوک باکتری‌های مورد مطالعه و در زمان یک شب قبل از انجام آزمون‌های اصلی در دمای 37°C بهره گرفته شد. جهت آماده‌سازی میزان تلقیح سویه‌های باکتریایی، باکتری‌های مورد نظر به لوله‌های حاوی محیط آگوشت قلب و مغز منتقل شدند (محیط کشت ذکر شده برای ویبریو پاراهمولیتیکوس حاوی $1/5$ درصد کلرید سدیم بود) و بعد از 18 h گرمخانه‌گذاری در دمای 35°C (زمان گرمخانه‌گذاری برای ویبریو پاراهمولیتیکوس 6 h بود) از سوسپانسیون باکتریایی حاصل در داخل کووت استریل به میزانی ریخته شد تا تراکم باکتریایی حدود 1×10^8 واحد تشکیل دهنده کلنی در هر mL با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 600 nm حاصل شود. برای تخمین تعداد سلول‌های باکتریایی در سوسپانسیون‌ها، از محیط کشت آگار قلب و مغز استفاده شد.

ارزیابی فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های پلی‌لاکتیک اسید به کمک روش انتشار از دیسک به آگار انجام گرفت (۱۸). به طور خلاصه، ابتدا از هر کدام از سوسپانسیون‌های باکتریایی $100\ \mu\text{L}$ (حاوی 1×10^7 واحد تشکیل دهنده کلنی) به سطح محیط مولر هینتون آگار (Muller Hinton Agar) انتقال داده شد و بعد از 24 h گرمخانه‌گذاری در دمای 37°C ، دیسک فیلم‌ها بر روی محیط کشت قرار داده شد. فیلم پلی‌لاکتیک اسید خالص به‌عنوان کنترل منفی در نظر گرفته شد و با کمک

کالیپر قطر هاله عدم رشد تشکیل شده در اطراف دیسک فیلم‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید.

تجزیه تحلیل آماری

از نرم افزار SPSS 16 برای انجام آنالیز آماری نتایج و از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) به همراه آزمون Tukey برای مقایسه داده‌ها استفاده شد. در این مطالعه از لحاظ آماری اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار تلقی شد.

یافته‌ها

ترکیب شیمیایی اسانس پونه کوهی و عصاره برهموم

آنالیز ترکیب شیمیایی اسانس پونه کوهی نشان داد که اجزا اصلی آن عبارت است از $22/67$ درصد پولگون (Pulegone)، $9/34$ درصد پیپریتنون اکسید (Piperitenone oxide)، $8/47$ درصد اوکالیپتول و $8/04$ درصد تیمول. اجزاء اساسی عصاره اتانولی برهموم نیز شامل $18/5$ درصد پرنیل کافیات، $10/5$ درصد پینوبانکسین استات، $4/35$ درصد پینوبانکسین و $7/45$ درصد ساکورانتین بود.

ضخامت و رنگ‌سنجی فیلم‌ها

جدول ۱ تاثیر اضافه شدن ترکیبات فعال مورد مطالعه بر تغییرات رنگی و ضخامت فیلم‌های پلی‌لاکتیک اسید را نشان می‌دهد. ضخامت فیلم خالص پلی‌لاکتیک اسید 0.3 mm بود و همان‌طور که مشخص است با اضافه شدن غلظت‌های مختلف برهموم و اسانس پونه کوهی، ضخامت فیلم‌های حاصل بصورت معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). از طرف دیگر به استثنای غلظت 10 درصد اسانس، این افزایش ضخامت بصورت وابسته به غلظت بود و بیشترین ضخامت در رابطه با فیلم شماره ۹ با 5 درصد اسانس و 2 درصد برهموم با قطر 0.22 mm ثبت شد. برای ارزیابی ویژگی‌های ظاهری فیلم‌های فعال، سه فاکتور a^* ، b^* و L^* مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند که نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار حضور برهموم (در هر دو غلظت 1 و 2 درصد) و اسانس (در غلظت‌های 5 و 10 درصد) بر سه فاکتور مذکور بودند ($p < 0.05$). بیشترین روشنایی با مقدار $89/84$ مربوط به فیلم پلی‌لاکتیک اسید خالص بود که با اضافه شدن اسانس

بالاتر از اسانس پونه کوهی (۵ و ۱۰ درصد) در ساختار فیلم‌ها موجب مهار رشد تمامی باکتری‌های مورد مطالعه به صورت وابسته به غلظت اسانس شد. همچنین باکتری‌های گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا مونوسایتوزنز) در برابر اثرات ضد میکروبی فیلم‌های حاوی اسانس حساسیت بیشتری داشتند ($p < 0/05$)، فیلم حاوی غلظت پایین‌تر اسانس (۲/۵ درصد) و غلظت ۲ درصد عصاره بره‌موم توانست در محیط کشت استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا مونوسایتوزنز ۱۹/۵۴ و ۲۱/۴۵ mm هاله عدم رشد ایجاد نماید و درحالی‌که قادر به اثرگذاری بر دو سویه گرم منفی دیگر نبود. از طرف دیگر، هاله‌ی عدم رشد تشکیل شده در اطراف دیسک‌های حاوی غلظت‌های بالای اسانس (۵ و ۱۰ درصد) در محیط کشت‌های سویه‌های گرم مثبت مورد مطالعه بصورت معنی داری بزرگتر از هاله‌های تشکیل شده در محیط‌های حاوی سویه‌های گرم منفی بودند ($p < 0/05$).

و عصاره از میزان آن کاسته و در نهایت در رابطه با فیلم حاوی بیشترین مقادیر ترکیبات فعال (۱۰ درصد اسانس و ۲ درصد بره‌موم)، کمترین مقدار L^* با میزان ۶۷/۱۶ ثبت شد. الگوی تغییرات دو فاکتور a^* و b^* تقریباً مشابه با هم بود، به صورتی که با اضافه شدن هر دو ترکیب فعال مقدار زردی و قرمزی فیلم‌ها افزایش پیدا کرد که در مورد حضور عصاره بره‌موم این افزایش شدیدتر بود. مقدار ثبت شده a^* و b^* در مورد فیلم خالص ۰/۱۵ و ۱/۸۸ بود که نشان دهنده قرمزی و زردی کمتر این فیلم در مقایسه با تمامی فیلم‌های فعال تولید شده بود.

ویژگی‌های ضد میکروبی فیلم‌ها

جدول ۲ اثرات ضدباکتریایی فیلم‌های پلی لاکتیک اسید تولیدی را علیه ۴ سویه باکتری بیماری‌زا نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، هیچ یک از فیلم‌های پلی لاکتیک اسید خالص و یا به همراه غلظت‌های مختلف عصاره بره‌موم، اثر ضدباکتریایی از خود بجای نگذاشتند. از طرف دیگر، حضور غلظت‌های

جدول ۱- ضخامت و ویژگی‌های رنگی فیلم‌های پلی لاکتیک اسید تولیدی^۱

نمونه فیلم	ترکیبات فعال موجود در فیلم‌ها (درصد)		ضخامت (mm)	شاخص‌های رنگ		
	اسانس پونه کوهی	عصاره اتانولی بره‌موم		b^*	a^*	L^*
فیلم شماره ۱	۰	۰	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۵ ^a	۰/۱۵ ± ۰/۰۴ ^a	۸۹/۸۴ ± ۱/۲۹ ⁱ	
فیلم شماره ۲	۰	۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۰۵ ^{bc}	۰/۷۲ ± ۰/۰۵ ^b	۷۸/۱۰ ± ۰/۸۸ ^{efg}	
فیلم شماره ۳	۰	۲	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۳ ^{bc}	۱/۸۵ ± ۰/۰۵ ^f	۷۶/۴۹ ± ۱/۲۱ ^{cdef}	
فیلم شماره ۴	۲/۵	۰	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۵ ^{bc}	۰/۳۵ ± ۰/۰۵ ^a	۸۰/۰۱ ± ۰/۶۴ ^{fgh}	
فیلم شماره ۵	۲/۵	۱	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۳ ^c	۱/۰۲ ± ۰/۰۶ ^d	۷۷/۶۰ ± ۱/۷۶ ^{defg}	
فیلم شماره ۶	۲/۵	۲	۰/۱۰ ± ۰/۰۰۴ ^{de}	۲/۱۸ ± ۰/۰۴ ^g	۷۳/۴۸ ± ۱/۴۵ ^{bcd}	
فیلم شماره ۷	۵	۰	۰/۱۰ ± ۰/۰۰۴ ^{de}	۰/۷۵ ± ۰/۰۷ ^{bc}	۷۹/۶۴ ± ۱/۱۴ ^{fgh}	
فیلم شماره ۸	۵	۱	۰/۱۸ ± ۰/۰۰۵ ^g	۳/۵۶ ± ۰/۰۴ ^h	۷۳/۰۹ ± ۰/۵۴ ^{bc}	
فیلم شماره ۹	۵	۲	۰/۲۲ ± ۰/۰۰۶ ^h	۸/۱۰ ± ۰/۰۷ ⁱ	۷۲/۷۹ ± ۱/۳۱ ^{bc}	
فیلم شماره ۱۰	۱۰	۰	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۴ ^c	۰/۳۳ ± ۰/۰۵ ^a	۷۱/۲۰ ± ۰/۵۲ ^{ab}	
فیلم شماره ۱۱	۱۰	۱	۰/۱۲ ± ۰/۰۰۳ ^{ef}	۰/۹۴ ± ۰/۰۷ ^{cd}	۶۸/۱۶ ± ۰/۶۳ ^a	
فیلم شماره ۱۲	۱۰	۲	۰/۱۳ ± ۰/۰۰۵ ^f	۱/۳۹ ± ۰/۰۶ ^e	۶۷/۱۶ ± ۰/۸۶ ^a	

^۱ انحراف معیار ± میانگین سه تکرار

^{a-i} حروف کوچک لاتین متفاوت در یک ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0/05$)

جدول ۲- فعالیت ضدباکتریایی فیلم‌های پلی لاکتیک اسید علیه چهار پاتوژن منتخب در دمای ۳۷ °C با روش انتشار از دیسک

نمونه فیلم	ترکیبات فعال موجود در فیلم‌ها (درصد)				قطر هاله عدم رشد (mm) *		
	اسانس پونه کوهی	عصاره اتانولی بره‌موم	استافیلوکوکوس اورئوس	اشرشیا کلی	ویبریو پاراهمولیتیکوس	لیستریا مونوسیتوژنز	
فیلم شماره ۱	۰	۰	-	-	-	-	-
فیلم شماره ۲	۰	۱	-	-	-	-	-
فیلم شماره ۳	۰	۲	-	-	-	-	-
فیلم شماره ۴	۲/۵	۰	-	-	-	-	۱۷/۴۹ ± ۰/۶۹ ^a
فیلم شماره ۵	۲/۵	۱	-	-	-	-	۲۰/۶۴ ± ۰/۹۱ ^b
فیلم شماره ۶	۲/۵	۲	۱۹/۵۴ ± ۰/۷۷ ^a	-	-	-	۲۱/۴۵ ± ۰/۶۳ ^b
فیلم شماره ۷	۵	۰	۵۰/۸۱ ± ۱/۱۵ ^b	۱۳/۴۲ ± ۰/۵۹ ^a	۱۱/۶۹ ± ۰/۹۷ ^a	-	۲۸/۵۹ ± ۰/۸۳ ^c
فیلم شماره ۸	۵	۱	۵۱/۵۷ ± ۰/۸۱ ^b	۱۴/۵۲ ± ۰/۷۴ ^{ab}	۱۲/۳۵ ± ۰/۵۰ ^a	-	۳۰/۴۱ ± ۰/۵۷ ^c
فیلم شماره ۹	۵	۲	۵۲/۹۷ ± ۱/۳۷ ^{bc}	۱۵/۴۷ ± ۰/۶۷ ^{bc}	۱۲/۵۷ ± ۰/۸۰ ^a	-	۳۲/۴۲ ± ۰/۵۹ ^d
فیلم شماره ۱۰	۱۰	۰	۵۲/۵۶ ± ۰/۹۲ ^{bc}	۱۶/۲۹ ± ۰/۴۱ ^{cd}	۱۷/۵۰ ± ۰/۷۱ ^b	-	۴۰/۴۱ ± ۰/۵۸ ^e
فیلم شماره ۱۱	۱۰	۱	۵۴/۴۷ ± ۰/۶۷ ^{cd}	۱۶/۹۴ ± ۰/۹۱ ^{cde}	۱۷/۹۴ ± ۰/۹۰ ^b	-	۴۲/۳۶ ± ۰/۵۳ ^f
فیلم شماره ۱۲	۱۰	۲	۵۶/۶۶ ± ۰/۹۳ ^d	۱۷/۶۵ ± ۰/۹۱ ^{de}	۱۷/۹۱ ± ۰/۴۳ ^b	-	۴۵/۴۶ ± ۰/۶۵ ^g

- هیچ هاله عدم رشدی در اطراف دیسک‌ها دیده نشد

* انحراف معیار ± میانگین سه تکرار

^{a-g} حروف کوچک لاتین متفاوت در یک ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است (p < ۰/۰۵)

خالص پلی لاکتیک اسید ویژگی‌های ظاهری مطلوبی دارد، اختلاف رنگ ایجاد شده در پارامترهای رنگی مورد مطالعه بین فیلم‌های فعال تولیدی و فیلم خالص نکته‌ای منفی محسوب می‌شود که در طراحی فیلم‌های بسته‌بندی بایستی آن را در نظر داشت و در حد امکان به حداقل رساند.

ادغام ترکیبات فعال به درون ساختار فیلم‌های شفاف از جمله پلی لاکتیک اسید و تاثیر آن بر ویژگی‌های ظاهری فیلم‌های حاصل در مطالعات گذشته مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در یک مطالعه Dias و همکاران (۲۰۱۳) غلظت‌های مختلف (۵ و ۱۰ mL در ۱۰۰ g) از اسانس لیمو را به کمک روش اکستروژن به فیلم پلی اتیلن اضافه نمودند و تاثیر این ترکیبات را بر ویژگی‌های رنگی فیلم‌ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که اضافه شدن اسانس لیمو موجب افزایش معنی‌دار کدورت و زردی (^{b*}) فیلم‌های تولیدی در مقایسه با فیلم خالص پلی اتیلن گردید (p < ۰/۰۵)، به صورتی که به

با وجود اینکه حضور بره‌موم به تنهایی فاقد اثر بود، اما ترکیب آن با اسانس پونه کوهی باعث افزایش فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های مربوطه شد و بیشترین هاله عدم رشد هم در مورد فیلم شماره ۱۲ (حاوی ۱۰ درصد اسانس و ۲ درصد بره‌موم) ثبت شد که مقادیر آن به ترتیب ۵۶/۶۶، ۴۵/۴۶، ۱۷/۹۱ و ۱۷/۶۵ mm در مورد استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا مونوسیتوژنز، ویبریو پاراهمولیتیکوس و اشرشیا کلی بودند.

بحث

ضخامت و رنگ‌سنجی فیلم‌ها

ویژگی‌های ظاهری و کیفیت رنگی فیلم‌های بسته‌بندی مواد غذایی از کلیدی‌ترین فاکتورهایی هستند که در صورتی که یک فیلم فعال بسته‌بندی در عین داشتن ویژگی‌های مکانیکی و فعالیت مناسب، اگر وضعیت ظاهری نامطلوبی داشته باشد، قابلیت تجاری شدن را از دست می‌دهد. با توجه به اینکه فیلم

بیشتر برای ارزیابی فعالیت فیلم‌های فعال مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع در این روش فیلم ضد میکروب بواسطه آزادسازی ترکیبات فعال از فیلم در محیط کشت اثر خود را گذاشته و مورد سنجش قرار می‌گیرد. اثرات ضد میکروبی اسانس‌های گیاهی علیه انواع میکروارگانیسم‌ها بویژه باکتری‌های گرم مثبت بارها مورد تاکید قرار گرفته است. در واقع وجود لایه لیپولی ساکاریدی در اطراف سلول باکتری‌های گرم منفی آنها را نسبت به نفوذ اسانس‌های آبگریز و در ادامه به اثرات بازدارندگی آنها مقاوم‌تر می‌کند (۲۲). وجود ترکیبات فنولیک و مونوترپن‌ها مانند تیمول و 1/8-cineole در ترکیب شیمیایی اسانس پونه کوهی عامل اثرات ضد میکروبی آنها هستند که در مطالعات گذشته نیز به این ارتباط متناوبا اشاره شده است (۲۴-۲۲). بطور خلاصه اثرات ضد باکتری اسانس‌ها را به مکانیسم‌هایی مانند آسیب به دیواره سلولی، اختلال در دو لایه فسفولیپیدی غشای سیتوپلاسمی و آسیب به پروتئین‌های غشایی که در نهایت منجر به افزایش نفوذپذیری و از دست رفتن محتوای سلولی باکتری‌ها می‌شوند، نسبت می‌دهند (۹).

مطالعات زیادی برای بررسی میزان فعالیت فیلم‌های بسته‌بندی فعال در شرایط آزمایشگاهی و همچنین در مواد غذایی انجام شده است. اولویت این مطالعات عمدتاً استفاده از ترکیبات طبیعی بوده است که در این راستا کاربرد ترکیباتی مانند عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی و همچنین مواد فعال دیگری مانند بره‌موم مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در یک مطالعه عصاره برگ درخت زیتون به‌عنوان ماده ضد میکروب به فیلم پلی لاکتیک اسید افزوده شد و فعالیت ضدباکتریایی فیلم‌های به دست آمده علیه باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و با کمک روش انتشار از دیسک مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۸). افزایش میزان عصاره برگ گیاه زیتون در فیلم‌ها از ۰/۹ mg به ۵/۴ mg در هر دیسک، موجب یک افزایش معنی‌دار در هاله عدم رشد باکتری از ۹/۱ mm به ۱۶/۲۰ گردید ($p < 0.05$). Javidi و همکاران (۲۰۱۶) نیز اسانس پونه کوهی را جهت تولید فیلم بسته‌بندی برای افزایش ماندگاری قزل‌آلای رنگین‌کمان، به میزان ۱/۵ درصد جرمی به پلی‌مر پلی لاکتیک اسید اضافه نمودند (۲۵). آنها اشاره کردند که

ترتیب ۴ درصد و ۲۱ درصد افزایش در شاخص‌های کدورت و زردی فیلم‌های حاوی ۱۰ درصد اسانس لیمو گزارش شد (۱۰). Marcos و همکاران (۲۰۱۴) به کمک آلفا توکفرول و عصاره برگ درخت زیتون فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر بر پایه پلی لاکتیک اسید با خواص آنتی اکسیدان تولید نمودند (۱۹). آنها نیز مشابه با نتایج مطالعه حاضر اشاره کردند که هر دو ترکیب آنتی اکسیدان باعث افزایش روشنایی، زردی و قرمزی فیلم‌های فعال شدند، با این تفاوت که تاثیر عصاره برگ گیاه زیتون بیشتر از آلفا توکفرول بوده است. اثر اضافه شدن اسانس پونه کوهی بر کیفیت رنگی کامپوزیت‌های پلی لاکتیک اسید/ پلی‌تریمنتیلن کربنات توسط Liu و همکاران (۲۰۱۶) مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های مطالعه مذکور نشان دادند که در حالی که تفاوت بین شاخص روشنایی فیلم‌های تولیدی با غلظت‌های مختلف اسانس معنی‌دار بود ($p < 0.05$), اما این اختلاف‌ها بصورت وابسته به غلظت اسانس نبوده است. مقدار فاکتور b^* نیز در این مطالعه همراه با افزایش اسانس افزایش یافته است (در غلظت‌های ۶ و ۹ درصد جرمی) اما بر خلاف مطالعه حاضر، حضور اسانس پونه کوهی تغییر معنی‌داری در مقادیر فاکتور قرمزی-سبزی (a^*) کامپوزیت‌ها ایجاد نکرد ($p < 0.05$) (۲۰). تنها استثنا در نتایج مربوط به فیلم‌های مذکور، فیلم حاوی بیشترین درصد از اسانس پونه کوهی بود (۱۲ درصد جرمی) که در این مورد تغییری در رابطه با شاخص زردی صورت نگرفت و میزان شاخص قرمزی نیز بر خلاف سایرین کاهش یافته بود.

در رابطه با ضخامت فیلم‌های حاوی بالاترین غلظت اسانس پونه، احتمالاً به دلیل بالا بودن نسبت غلظت اسانس به غلظت پلی‌مر پلی لاکتیک اسید و همچنین ناکافی بودن هموزنیاسیون مخلوط حاصل، توزیع اسانس در ساختار فیلم‌ها یکنواخت نبوده و ضخامت فیلم‌های مربوطه کمتر از انتظار ثبت شدند.

ویژگی ضدباکتریایی فیلم‌ها

استفاده از روش انتشار از دیسک به دلیل توانایی این روش در شبیه‌سازی بسته‌بندی مواد غذایی و کمی بودن روش (۲۱)،

عصاره اتانولی و طبیعت آبرگیز پلی مر پلی لاکتیک اسید هم مرتبط بوده است، جایی که ماده فعال بخوبی در ساختار فیلم آبرگیز وارد نمی شود تا بتواند اثرگذار باشد. از طرف دیگر اثرات سینرژیستیک ضدباکتریایی بین اسانس پونه کوهی و عصاره بره موم نیز می تواند به آبرگیز بودن اسانس و کمک احتمالی این ماده به عصاره برای ورود به ساختار فیلمها ارتباط داشته باشد، که در مطالعات قبلی نیز این پدیده گزارش شده است (۲۸). در مطالعات گذشته نیز به اثرات قوی و موثر ترکیب عصاره اتانولی بره موم با اسانس های گیاهی مانند میخک، نعناع فلفلی، دارچین، آویشن شیرازی و کاکوتی علیه باکتری های پاتوژن مواد غذایی اشاره شده است (۵، ۱۵، ۱۷). ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که با توجه به قیمت نسبتا بالای اسانس های گیاهی، بایستی در تولید ترکیبات تجاری بر پایه اسانس های گیاهی مسائل اقتصادی را هم در نظر داشت. فیلم های ضد میکروبی تولیدی در این مطالعه نیز زمانی اثرات مطلوبی از خود نشان دادند که حاوی نسبت بالایی از اسانس و عصاره بودند که نیاز است تمرکز تحقیقات آینده در جهت بر طرف نمودن این ضعف باشد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، حضور هر دو ترکیب فعال در درون ساختار پلی لاکتیک اسید باعث افت کیفیت ظاهری فیلم های حاصل شد، البته تاثیر اسانس پونه کوهی بر افت کیفیت ظاهری کمتر بود. ارزیابی فعالیت ضد میکروبی فیلمها هم حاکی از آن بود که فیلم های حاوی درصد های بالاتر اسانس پونه کوهی (۵ و ۱۰ درصد) علیه هر ۴ سویه پاتوژن مورد مطالعه موثر بودند، در حالی که سویه های گرم مثبت حساسیت بیشتری از سویه های گرم منفی داشتند. از طرف دیگر، عصاره اتانولی بره موم تنها در صورت ترکیب با اسانس قادر به مهار رشد باکتری ها بود. در مجموع براساس نتایج این مطالعه، اسانس پونه کوهی می تواند به عنوان ماده ضد میکروب جهت استفاده در بسته بندی های فعال مواد غذایی به خصوص در ترکیب با پلی مرهای آبرگیز رایج مطرح باشد.

فیلم مذکور رشد گروه های باکتریایی شامل باکتری های هوازی عمومی، تولید کننده اسید لاکتیک، سرماگراها و آنتروباکتریاسه را در نمونه های ماهی کاهش داد. علاوه بر این آنها اشاره کردند که اضافه شدن ۱/۵ درصد جرمی از اسانس به فیلمها باعث بوجود آمدن هاله عدم رشد با قطر ۳۰ mm در محیط کشت استاف اورئوس شد که تقریبا نزدیک به عدد گزارش شده در این مطالعه (۱۹/۵۴ mm) در مورد فیلم حاوی ۲/۵ درصد اسانس و ۲ درصد عصاره بره موم و در محیط کشت باکتری مذکور است. گزارش های دیگری نیز از کاربرد موفقیت آمیز مواد مختلف ضد میکروبی در ترکیب با انواع پلی مرهای بسته بندی وجود دارند که از جمله می توان به ترکیب تیمول و کارواکرول با پلی پروپیلن (۲۶)، اسانس پونه کوهی با پلی اتیلن ترفتالات و پلی پروپیلن (۲۷)، پدبوسین با پلی لاکتیک اسید (۲۸) و اسانس آویشن شیرازی با پلی لاکتیک اسید (۱۵)، اشاره نمود. عصاره بره موم نیز به عنوان ماده فعال ضد میکروب در ترکیب با مواد بسته بندی مورد مطالعه قرار گرفته است. Bodini و همکاران (۲۰۱۳) فیلم های بر پایه ژلاتین آبدوست حاوی غلظت های مختلف عصاره اتانولی بره موم (۰، ۵، ۴۰ و ۲۰۰ g همراه با ۱۰۰ g ژلاتین) تولید کردند و فعالیت ضد میکروبی آنها را مورد بررسی قرار دادند (۱۳). نتایج آنها نشان دهنده موثر بودن غلظت های ۴۰ و ۲۰۰ g عصاره همراه با ۱۰۰ g ژلاتین علیه باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بود. در این رابطه فیلم های حاوی ۴۰ و ۲۰۰ درصد عصاره اتانولی بره موم در روز اول نگهداری به ترتیب توانستند هاله عدم رشد به قطر ۲۳ و ۲۶/۵ mm ایجاد کنند. بنابراین، با توجه به اینکه غلظت های به کار رفته در مطالعه مذکور ۲۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از غلظت های به کار رفته در مطالعه حاضر است، تشکیل نشدن هاله عدم رشد باکتری های مورد مطالعه در اطراف فیلم های پلی لاکتیک اسید حاوی تنها عصاره بره موم (۱ و ۲ درصد) در این مطالعه قابل توجیه است.

همچنین با وجود ترکیبات فعال ضد میکروبی در ترکیب شیمیایی عصاره بره موم، عدم تاثیر گذاری این ماده در فیلم های پلی لاکتیک اسید در این مطالعه احتمالا به آبدوست بودن

فیلم‌های بر پایه PLA حاوی غلظت‌های مختلف اسانس پونه کوهی و عصاره اتانولی بره‌موم بر برخی از باکتری‌های بیماری‌زای غذازاد" در مقطع دکتری حرفه‌ای در سال ۱۳۹۵ است که با حمایت دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران اجرا شده است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه با عنوان "مطالعه اثر ضد میکروبی

References

1. Bassolé IHN, Juliani HR. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*. 2012;17:3989-4006.
2. Rodriguez-Garcia I, Silva-Espinoza BA, Ortega-Ramirez LA, Leyva JM, Siddiqui MW, Cruz-Valenzuela MR, et al. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016;56:1717-27.
3. Karabagias I, Badeka A, Kontominas MG. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat Science*. 2011;88:109-16.
4. Mauricio J, Bankova V. Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*. 2011;133:253-60.
5. Probst I, Sforcin J, Rall V, Fernandes A, Fernandes Júnior A. Antimicrobial activity of propolis and essential oils and synergism between these natural products. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*. 2011;17:159-67.
6. Alencar SM, Oldoni TLC, Castro ML, Cabral ISR, Costa-Neto CM, Cury JA, et al. Chemical composition and biological activity of a new type of Brazilian propolis: red propolis. *Journal of Ethnopharmacology*. 2007;113:278-83.
7. Bryan J, Redden P, Traba C. The mechanism of action of russian propolis ethanol extracts against two antibiotic resistant biofilm forming bacteria. *Letters in Applied Microbiology*. 2015;62:192-98.
8. Yadegarinia D, Gachkar L, Bagher M, Taghizadeh M. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. *Phytochemistry*. 2006;67:1249-55.
9. Jayasena DD, Jo C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2013;34:96-108.
10. Dias MV, de Medeiros HS, Soares NdFF, Melo NRd, Borges SV, Carneiro JdDS, et al. Development of low-density polyethylene films with lemon aroma. *LWT - Food Science and Technology*. 2013;50(1):167-71.
11. Molaee Aghaee E, Kamkar A, Akhondzadeh Basti A, Khanjari A, Kontominas MG. Effect of packaging with Chitosan biodegradable films formulated

- with Garlic essential oil (*Allium sativum* L.) on the chemical properties of chicken fillet. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2015;8:379-90 (in Persian).
12. Jamshidian M, Tehrany EA, Imran M, Jacquot M, Desobry S. Poly-lactic acid: Production, applications, nanocomposites, and release studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010;9:552-71.
 13. Bodini RB, Sobral PJA, Favaro-Trindade CS, Carvalho RA. Properties of gelatin-based films with added ethanol-propolis extract. *LWT - Food Science and Technology*. 2013;51:104-10.
 14. Khatibi SA, Misaghi A, Moosavy MH, Amoabediny G, Basti AA. Effect of preparation methods on the properties of *Zataria multiflora* boiss. Essential oil loaded nanoliposomes: Characterization of size, encapsulation efficiency and stability. *Pharmaceutical Sciences*. 2015;20:141-48.
 15. Rezaeigolestani M, Misaghi A, Khanjari A, Basti AA, Abdulkhani A, Fayazfar S. Antimicrobial evaluation of novel poly-lactic acid based nanocomposites incorporated with bioactive compounds in-vitro and in refrigerated vacuum-packed cooked sausages. *International Journal of Food Microbiology*. 2017;260:1-10.
 16. Abdulkhani A, Hosseinzadeh J, Ashori A, Dadashi S, Takzare Z. Preparation and characterization of modified cellulose nanofibers reinforced polylactic acid nanocomposite. *Polymer Testing*. 2014;35:73-79.
 17. Shavisi N, Khanjari A, Basti AA, Misaghi A, Shahbazi Y. Effect of PLA films containing propolis ethanolic extract, cellulose nanoparticle and *Ziziphora clinopodioides* essential oil on chemical, microbial and sensory properties of minced beef. *Meat Science*. 2017;124:95-104.
 18. Özge Erdohan Z, Çam B, Turhan KN. Characterization of antimicrobial polylactic acid based films. *Journal of Food Engineering*. 2013;119:308-15.
 19. Marcos B, Sárraga C, Castellari M, Kappen F, Schennink G, Arnau J, et al. Development of biodegradable films with antioxidant properties based on polyesters containing α -tocopherol and olive leaf extract for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*. 2014;1:140-50.
 20. Liu D, Li H, Jiang L, Chuan Y, Yuan M, Chen H. Characterization of active packaging films made from poly(lactic acid)/poly(trimethylene carbonate) incorporated with *Oregano* essential oil. *Molecules*. 2016;21(6).
 21. Appendini P, Hotchkiss JH. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2002;3(2):113-26.
 22. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--a review. *International Journal of Food Microbiology*. 2004;94:223-53.
 23. Van Haute S, Raes K, Van der Meeren P, Sampers I. The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products. *Food Control*. 2016;68:30-39.
 24. Teixeira B, Marques A, Ramos C, Serrano C, Matos O, Neng NR, et al. Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013;93:2707-14.
 25. Javidi Z, Hosseini SF, Rezaei M. Development of flexible bactericidal films based on poly(lactic acid) and essential oil and its effectiveness to reduce microbial growth of refrigerated rainbow trout. *LWT - Food Science and Technology*. 2016;72:251-60.
 26. Ramos M, Jiménez A, Peltzer M, Garrigós MC. Characterization and antimicrobial activity studies of polypropylene films with carvacrol and thymol for active packaging. *Journal of Food Engineering*. 2012;109:513-19.
 27. Otero V, Becerril R, Santos Ja, Rodríguez-Calleja JM, Nerin C, García-López M-L. Evaluation of two antimicrobial packaging films against *Escherichia coli* O157:H7 strains in vitro and during storage of a Spanish ripened sheep cheese (Zamorano). *Food Control*. 2014;42:296-302.
 28. Woraprayote W, Kingcha Y, Amonphanpokin P,

Kruenate J, Zendo T, Sonomoto K, et al. Anti-listeria activity of poly(lactic acid)/sawdust particle biocomposite film impregnated with pediocin PA-1/AcH and its use in raw sliced pork. *International Journal of Food Microbiology*. 2013;167:229-35.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Study of effect of oregano essential oil and ethanolic extract of propolis on antibacterial properties and some physical characteristics of biodegradable poly-lactic acid films

A Misaghi*, M Saeedi, N Noori, MR Rezaeigolestani

Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 13 December 2017

Revised: 5 March 2018

Accepted: 10 March 2018

Published: 20 June 2018

Keywords: Oregano essential oil, Food packaging, Poly lactic acid, Propolis, Foodborne pathogens

***Corresponding Author:**
amisaghi@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Natural antimicrobial compounds have a valuable capacity to be used in a variety of foods to inhibit growth of foodborne pathogens and spoilage bacteria. The aims of this study were to produce active biodegradable films by incorporation of different percentage of oregano essential oil (OEO) and ethanolic extract of propolis (EEP) into poly-lactic acid (PLA) films, and to evaluate physical and antimicrobial properties of the resulting films.

Materials and Methods: The active films were produced by solvent casting method, and their thickness and major color parameters were measured using a digital micrometer and a colorimeter instrument, respectively. Afterwards, antibacterial effects of the films were assessed against four common foodborne pathogens, including *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Listeria monocytogenes*, by means of disk diffusion test.

Results: Physical examinations showed that thickness of resultant films significantly was increased ($p < 0.05$) by addition of different concentrations of active agents. Additionally, the presence of them in the structure of films decreased the lightness and increased the redness and yellowness, simultaneously. While none of the neat PLA film or films with just EEP had no antibacterial effect, all films containing higher percentages of OEO (5 and 10%) were effective against all four tested bacterial strains, and these effects were more significant in case of the gram-positive bacteria. The maximum inhibition zone was recorded for the film containing 10% of OEO and 2% of EEP, which the relevant values were 56.66, 45.46, 17.91 and 17.65 mm for *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Escherichia coli*, respectively.

Conclusion: Based on the findings of this study, the presence of just EEP in the initial formulation of poly-lactic acid films was not effective against the four tested foodborne pathogens, while the addition of this compound to the films containing OEO increased the effective antibacterial properties of the resulting films. As a result, the simultaneous use of these two compounds in the structure of hydrophobic films, such as poly-lactic acid film, can be used to produce active food packaging films.