



تولید فیلم خوراکی بر پایه ژلاتین حاوی اسانس آویشن: ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، مکانیکی،

آنتی اکسیدانی و میکروبی

زینب رحیمی^۱، محمدیار حسینی^{۲*}، طیب سیفی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی بهداشت مواد غذایی.

۲- استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۳- کارشناسی ارشد باکتری شناسی دامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹

کلمات کلیدی:

اسانس آویشن،

ژلاتین،

خواص مکانیکی،

آنتی اکسیدانی

با توجه به تمایل استفاده زیاد فیلم های بسته بندی زیست تخریب پذیر و افزایش قابلیت ضد میکروبی آنها در سال های اخیر، این مطالعه با هدف بررسی غلظتهای مختلف اسانس آویشن جهت بهبود فیلم خوراکی با ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، مکانیکی، آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی انجام گرفت. اثر غلظتهای مختلف اسانس آویشن برای تولید فیلم های خوراکی روی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، مکانیکی، آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی با طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و آزمون چند دامنه ای دانکن با استفاده از نرم افزار Minitab18 در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفتند. بالاترین میزان استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه شکست در تیمار ۲/۵٪ بود. در تیمار فیلمها کمترین میزان حلالیت در غلظت ۳/۷۵٪ و نفوذپذیری در غلظت ۲/۵٪ اسانس مشاهده شد. در تمامی تیمارها کدورت معنی دار بود و در غلظت ۳/۷۵٪ اسانس، کدورت بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و در همین غلظت نیز بیشترین ضخامت ۱۳/۰/۱۳ mm بدست آمد که در همه تیمارها معنی دار نبود ($p > 0/05$). در تمامی تیمارهای فیلم خوراکی خاصیت آنتی اکسیدانی با استفاده از رادیکالهای DPPH معنی دار بود ($p < 0/05$). نتایج ارزیابی فعالیت ضد میکروبی فیلم با کمک روش دیسک های انتشاری نشان داد که بیشترین قطر هاله بازدارندگی در غلظت ۳/۷۵٪ مربوط به *Staphylococcus aureus* با متوسط قطر هاله ۱۵/۳۳ mm بود. متوسط قطر هاله برای *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* به ترتیب ۸/۶ mm و ۹/۵۲ mm گزارش شد. نتایج کلی نشان داد که افزودن اسانس آویشن در غلظت ۲/۵ درصد باعث تولید فیلم هایی گردید که علاوه بر مهار رشد و تکثیر باکتریها، دارای استحکام کافی بوده و همچنین قابلیت استفاده در مواد غذایی فسادپذیر را دارد.

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.129

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.11.7

* مسئول مکاتبات:

m.hosseini@ilam.ac.ir

۱- مقدمه

استفاده از بسته‌بندی‌های پلاستیکی برای پوشش مواد غذایی به سبب تجزیه‌پذیر نبودن و همچنین بروز مشکلاتی از قبیل مهاجرت مواد شیمیایی سمی نظیر بیسفنل A، آلکیل فنل، اکتیل فنل، فتالات‌ها، سرب و غیره از آن‌ها به درون ماده غذایی نگرانی‌هایی را به دنبال دارد [۱]. بنابراین از پوشش‌هایی که در صنایع غذایی به طور وسیعی مورد توجه قرار گرفته‌اند می‌توان به فیلم‌های ترکیبی خوراکی اشاره کرد [۲] و به عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل تغییرات میکروبی و فیزیکی‌شیمیایی در مواد غذایی مطرح می‌باشند [۳]. فیلم‌های حاوی ژلاتین مقاومت مکانیکی مناسبی دارند و این ماده به دلیل داشتن خاصیت تشکیل ژل (وجود آمینواسیدهای پرولین و هیدروکسی پرولین) می‌تواند در تولید فیلم خوراکی مورد استفاده قرار گیرد [۴]. ژلاتین می‌تواند فیلم خوراکی برای حفاظت در برابر خشک شدن، نور و اکسیژن تشکیل دهد [۵]. با این حال فیلم‌های ژلاتین خواص مکانیکی و مقاومت به آب ضعیف دارند [۶]. از راه‌های بهبود خواص فیزیکی‌شیمیایی فیلم‌های ژلاتین افزودنی‌هایی مانند اسانس‌ها جهت تقویت ساختار آن می‌باشد [۷-۱۱].

به منظور کاهش استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، افزودنی‌ها و نگهدارنده‌های شیمیایی می‌توان در ترکیب این بسته‌بندی‌ها از مواد ضد میکروبی طبیعی استفاده نمود [۱۲]. با این حال فیلم ژلاتینی دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ضعیفی بوده و بنابراین برای بسته‌بندی مواد غذایی فسادپذیر و فرآورده‌های گوشتی مناسب نمی‌باشد [۸].

در پژوهش‌های مربوط به ساخت و ارزیابی فیلم‌های خوراکی در سال‌های اخیر استفاده از انواع اسانس (مانند اسانس میخک، دارچین، زنجبیل و ریحان) برای محافظت میکروبی، به تعویق انداختن فساد مواد غذایی (شیمیایی و میکروبی) و کاهش ضایعات غذایی جایگاه قابل توجهی به دست آورده‌اند [۱۳-۱۶]. بطور کلی، اسانس‌ها ترکیبات طبیعی فراری هستند که از متابولیت‌های ثانویه گیاهان به شمار می‌آیند که به دلیل ایمن بودن آن‌ها در لیست GRAS قرار گرفته‌اند. این گیاه سرشار از تانن‌های نعنایان، پلی‌متوکسی فلاوون‌ها، تری‌ترپن‌ها و پلی‌ساکاریدها می‌باشد. مهمترین ترکیب موجود در اسانس

آویشن، تیمول است که دارای خواص ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچ، ضد آفلاتوکسین و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی می‌باشد [۱۷].

بونیا و همکاران (۲۰۱۸) خواص اسانس‌های اوژنول و زنجبیل در فیلم‌های ژلاتین/کیتوزان را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد افزایش قابل توجهی در خاصیت ارتجاعی کلیه فیلم‌ها پس از افزودن ترکیبات فعال مشاهده شد، درحالی‌که نفوذپذیری بخار آب تا حد زیادی تحت تأثیر قرار نمی‌گرفت [۱۸].

شهبازی و همکاران (۲۰۱۸) اثر ضدباکتریایی فیلم ژلاتینی حاوی اسانس گیاه کاکوتی کوهی و عصاره هسته انگور را علیه *Staphylococcus aureus* در گوشت چرخ کرده گاو بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تعداد باکتری‌های *Staphylococcus aureus* در تمامی نمونه‌های گوشت چرخ شده بسته‌بندی شده با فیلم‌های ژلاتین حاوی اسانس کاکوتی کوهی و عصاره هسته انگور نسبت به گروه کنترل به صورت معنی‌داری کمتر می‌باشد [۱۹].

ایجاز و همکاران (۲۰۱۸) خواص فیزیکی‌شیمیایی فیلم ترکیبی ژلاتین نوع B حاوی اسانس میخک و نانو ذرات اکسید روی و کاربرد آن در نگهداری میگو را بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن ذرات نانو باعث تشکیل فیلمی با انعطاف‌پذیری کم و مقاومت مکانیکی شد [۲۰].

هان و همکاران (۲۰۱۸) خواص فیزیکی فیلم ترکیبی سدیم آلزینات و کربوکسی‌متیل سلولز حاوی اسانس دارچین را بررسی کردند. تحقیقات آن‌ها نشان داد که اسانس دارچین باعث کاهش ضخامت، نفوذپذیری به بخار آب و نفوذپذیری به اکسیژن می‌شود [۲۱]. وو و همکاران (۲۰۱۷) خواص فیزیکی‌شیمیایی و انتشار روغن فیلم‌های حاوی اسانس دارچین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استحکام کششی، افزایش طول تا نقطه شکست و محتوای رطوبتی فیلم مبتنی بر ژلاتین با افزایش غلظت اسانس کاهش می‌یابد، اما نفوذپذیری به بخار آب آن افزایش یافت [۲۲]. لنگرودی و همکاران (۲۰۱۸) اثر ضد میکروبی عصاره سماق با پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس آویشن شیرازی را بر نگهداری گوشت گاو بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده و معمولی را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش معنی‌داری در شمارش کلی باکتری‌ها، لاکتیک اسید باکتری‌ها،

افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه ترکیب شدند. در نهایت محلول‌های حاصل داخل پلیت‌هایی با قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد و پس از خشک شدن کامل (۲۴-۴۸ ساعت) در دمای محیط فیلم‌ها از پلیت جدا شده و داخل فویل‌های آلومینیومی در دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم اشباع در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به مدت ۷۲ ساعت برای انجام آزمایشات قرار داده شد [۲۵].

۲-۲-۳- اندازه گیری ضخامت فیلم ها

ضخامت فیلم های تولیدی توسط میکرومتر (Mitutoyo ژاپن) با دقت نزدیک به ۰/۰۰۱ میلی متر و در ۱۰ نقطه مختلف از هر نمونه اندازه گیری شد و در نهایت مقدار میانگین ضخامت محاسبه شده و در تعیین قدرت کششی، نفوذ پذیری به بخار آب و کدورت استفاده گردید [۲۵].

۲-۲-۴- حلالیت فیلم

برای تعیین حلالیت ابتدا تکه‌های فیلم (۲cm×۲cm) برش داده شد و در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده شد و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت با همزن مغناطیسی هم زده شد. سپس فیلم‌ها توسط کاغذ صافی که قبلاً در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به وزن ثابت رسیده بود صاف گردید و توزین شد (A). کاغذ صافی همراه نمونه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از رسیدن به وزن ثابت مجدداً توزین شد (B). در نهایت میزان حلالیت فیلم‌ها از رابطه زیر محاسبه گردید [۲۵]:

$$\text{حلالیت} = (A-B/A) \times 100$$

۲-۲-۵- نفوذپذیری نسبت به بخار آب (تراوش پذیری)

نفوذ پذیری نسبت به بخار آب به روش وزن سنجی انجام شد (ASTM-E96-95, 1995). در یک ظرف ۱۴ میلی لیتری، ۱۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته شد و توسط فیلم های ژلاتینی مورد بررسی با مساحت ۱/۵ سانتی متر مربع دربندی شد. بطری دربندی شده ابتدا توزین گردید و در محفظه دارای سیلیکاژل با میزان رطوبت نسبی و دمای مشخص قرار گرفت. هر ۱۲ ساعت و به مدت ۳ روز توزین ظرف انجام شد. سپس نمودار تغییرات وزن ظرف در برابر زمان رسم شد. شیب آن محاسبه و میزان نفوذپذیری نسبت به بخار آب با فرمول زیر محاسبه شد [۲۶].

کیک و مخمر در هم‌هی تیمارها نسبت به تیمار کنترل در زمان نگهداری مشاهده شد [۲۳].

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی در مورد اثر ضد میکروبی و ویژگی‌های فیلم ژلاتینی حاوی اسانس آویشن انجام نشده است، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر اسانس آویشن به علت داشتن عطر، خواص ضد میکروبی و همچنین خواص دارویی موجود در گیاه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، مکانیکی، آنتی اکسیدانی و میکروبی فیلم خوراکی بر پایه ژلاتین می باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

ژلاتین (Merck KGaA)، مواد شیمیایی و محیط های کشت میکروبی مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت مرک می باشد. اسانس آویشن از گیاهان بومی و از دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام تهیه شد. سویه های میکروبی از دانشکده پیرادامپزشکی دانشگاه ایلام تهیه شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- استخراج اسانس

استخراج اسانس از آویشن به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سلسیوس انجام شد. سپس اسانس جمع‌آوری شد و در دمای ۴ درجه سلسیوس در شیشه تیره نگهداری شد [۲۴].

۲-۲-۲- تهیه فیلم

محلول‌های ژلاتین و اسانس آویشن به صورت جداگانه تهیه شدند. ابتدا محلول ۳ درصد ژلاتین همراه با همزدن ملایم (۴۰۰ دور در دقیقه) با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای ۵۰ درجه سلسیوس تهیه شد. سپس ۳۵ درصد پلاستی سایزر گلیسرول (براساس وزن ماده خشک مصرفی) افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه ترکیب شد. در مرحله بعد غلظت‌های (۰، ۱/۲۵، ۲/۵، ۳/۷۵) درصد از اسانس آویشن به محلول ژلاتین افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه با هم مخلوط شدند. و پس از افزودن ۰/۲ درصد توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر به نمونه ها با دستگاه هموژنایزر (Universal آلمان)، محلول ژلاتین و گلیسرول

مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در دستگاه انکوباتور (Memmert آلمان) گرمخانه‌گذاری شد و جذب آن در ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Shimadzu ژاپن) اندازه‌گیری شد (A_b). در نهایت فعالیت مهار رادیکال مطابق معادله زیر محاسبه شد [۲۵]:

$$\text{DPPH scavenging activity(\%)} = \frac{(A_b - A_s)}{A_b} \times 100$$

۲-۲-۸- اندازه‌گیری کدورت فیلم

برای تعیین ویژگی‌های نوری فیلم‌ها از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Shimadzu ژاپن) استفاده شد. به این منظور نمونه‌های فیلم به ابعاد $4 \times 9 \times 0.4$ میلی‌متر بریده شده و داخل سلول اسپکتروفوتومتر قرار گرفته شدند. یک نمونه سلول خالی نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میزان عبور نور در طول موج‌های مختلف و هم‌چنین جذب آن در طول موج 500 نانومتر بررسی شد از فرمول زیر برای اندازه‌گیری کدورت محاسبه شد [۲۵].

ضخامت فیلم / میزان جذب در 500 نانومتر = کدورت فیلم

۲-۲-۹- اندازه‌گیری فعالیت ضد میکروبی

از روش انتشار دیسک آگار برای تعیین فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها بر روی باکتری‌های *Escherichia coli*، *Staphylococcus aureus* و *Pseudomonas aeruginosa* استفاده شد. برای این منظور $100 \mu\text{L}$ (10^{-6} cfu/g) از هر یک از سوسپانسیون‌های باکتریایی به صفحات محیط کشت مولر هیتون آگار تلقیح شد. سپس دیسک‌هایی به قطر 6 میلی‌متر از هر فیلم برش داده شد و بر روی سطح آن گذاشته شدند. سپس به مدت 24 ساعت در دمای 35 ± 2 درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شدند. در نهایت قطر مناطق مهار رشد (میلی‌متر) برای تعیین فعالیت ضد میکروبی اندازه‌گیری شد [۲۵].

۲-۲-۱۰- تجزیه آماری

تمامی آزمایشات در سه تکرار ($n=3$) با نمونه‌گیری کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار Minitab¹⁸ در سطح احتمال 0.05 انجام گرفت.

$$\text{WVP}^1 (\text{gm}^{-1} \text{pa}^{-1} \text{s}^{-1}) = \frac{W \times X}{A \times t \times \Delta p}$$

W میزان اختلاف وزن بطری، X ضخامت فیلم ژلاتینی، A مساحت فیلم ژلاتینی (m^2)، t زمان بر حسب ثانیه و اختلاف فشار بخار اتمسفر حاوی اسانس آویشن و آب خالص است.

۲-۲-۶- ویژگی‌های مکانیکی

خواص مکانیکی فیلم‌ها شامل قدرت کششی (مگاپاسکال)، افزایش طول تا نقطه شکست (%) و مدول یانگ (مگاپاسکال) می‌باشد. این ویژگی‌ها بر اساس استاندارد ASTM-D882 و با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA-Plus, England) محاسبه شد (ASTM2001). ابتدا فیلم‌ها به ابعاد $1 \times 10 \text{ cm}^2$ بریده شدند و ضخامت در 10 نقطه محاسبه گردید. فیلم‌ها به مدت 3 روز در دسیکاتور حاوی محلول منیزیم نیترات با رطوبت 55% و دمای 25°C تیمار شدند و سپس بین دو فک دستگاه بافت سنج با فاصله اولیه 50 mm و سرعت حرکت فک 50 mm/min قرار داده شدند و ویژگی‌های مکانیکی شامل قدرت کششی، درصد افزایش طول تا نقطه شکست (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در 100) و هم‌چنین مدول یانگ از روی منحنی نیرو بر حسب تغییر شکل محاسبه گردید [۲۵].

۲-۲-۷- خواص آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم‌های ژلاتین توسط تغییر رنگ رادیکال از بنفش به هیدرازین‌های زرد رنگ اندازه‌گیری شد. برای این منظور 30 میلی‌گرم از هر فیلم در نسبت‌های برابر آب مقطر و متانول (نسبت 3 به 3) حل شد. پس از حل شدن تمام فیلم‌ها، به مدت 15 دقیقه با دور 4000 rpm سانتریفوژ (Universal آلمان) شد. سپس به مدت 12 ساعت در دمای 4 درجه سلسیوس نگه‌داشته شد (۱ شب استراحت) و دوباره به مدت 15 دقیقه با دور 4000 rpm سانتریفوژ شد. سپس 1 میلی‌لیتر از قسمت رویی محلول سانتریفوژ شده هر فیلم با 4 میلی‌لیتر محلول 0.1 میلی‌مولار متانولی DPPH مخلوط شد و به مدت 30 دقیقه در تاریکی نگهداری شد. سپس جذب هر یک در 517 نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد (A_s). به عنوان شاهد، 1 میلی‌لیتر از محلول آب و متانول (3 میلی‌لیتر آب مقطر + 3 میلی‌لیتر متانول) با 4 میلی‌لیتر محلول 0.1 میلی‌مولار متانولی DPPH به

1. water vapor permeability

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز اسانس آویشن

اسانس ها ترکیبات پیچیده ای هستند که می توانند از ۲۰ تا ۶۰ ترکیب متغیر باشد. ترکیبات اسانس آویشن که توسط دستگاه GC-MS (Shimadzu ژاپن) شناسایی شد در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که ترکیب غالب موجود در اسانس آویشن، تیمول (۳۹/۴۴٪) می باشد. بعد از آن P- Cymene و Y-terpinene به ترتیب ۲۳/۶ و ۱۲/۵۱ درصد را به خود اختصاص می دهند.

Table 1. Chemical composition of thyme essential oil

Composition	Value(%)
Thymol	39.44
P- Cymene	23.6
Y- Terpinene	12.51
Ledol	2.24
Aromadenrene	2.12
Caryophyllene	0.94
Farnesyl acetate	0.63
Linalyl acetate	0.55
-pinene α	0.68
-thujone α	0.52
Geanyl acetate	0.44
Bisabolene	0.27
3- eicosene	0.26
Farnesyl	0.52
Phutol	0.21
-pinene β	0.2
Thujanol	0.17
Camphor	0.17
Ethyl butyrate	0.63
Caryophyllene oxide	0.13
Nerolidol	0.077
Globulol	0.02
Hexadecanoic acid	0.019
7-tetradecene	0.032
Heptacosane	0.056
p-menth-2-en-1 ol	0.10
5- α -pergn- 16-en-20 one	0.36
Octadecanoic methyl ester	0.14
Ethyl chrysanthemumate	0.005
2-pentadecanone6,10,14trimethyl	0.07

۳-۲- آزمون مکانیکی

نتایج حاصل از آزمونهای مکانیکی ترکیب فیلم ژلاتینی با غلظت های مختلف اسانس آویشن که نشانگر حداکثر استرس کششی و میزان سختی فیلم می باشد و مرتبط با زنجیره ها و پیوندهای داخلی آن می باشد در جدول ۲ آمده است که در تمامی آزمایشات معنی دار می باشد و میزان مقاومت به کشش بین تیمارهای مختلف با هم اختلاف معنی دار داشتند ($p < 0.05$). با افزایش درصد اسانس، شاخصهای مکانیکی نسبت به فیلم شاهد (۰٪) افزایش می یابد. بیشترین مقدار آزمون مربوط به تیمار ۲/۵٪ می باشد و با افزایش درصد اسانس، این روند کاهش می یابد که احتمالاً به دلیل پیوند بین مولکولی در اثر نفوذ پلاستی سایزر می باشد و مقاومت به کشش کم می شود [۲۷]. ازدیاد طول تا نقطه شکست (کشش پذیری) در همه نمونه ها با هم اختلاف معنی دار دارند ($p < 0.05$) و مقدار بیشتری نسبت به تیمار شاهد را دارا می باشد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۲/۵٪ بوده که احتمالاً به علت جذب آب بیشتر و پیوند هیدروژنی قوی تر در ساختار پروتئین ژلاتین می باشد و پلاستی سایزر روغنی باعث افزایش حجم آزاد در نمونه می گردد که با تغییرات مدل یانگ هم جهت است که افزایش مدل یانگ احتمالاً به این دلیل است که اسانسها به شکل قطرات روغن می تواند باعث بهبود خواص الاستیسته گردند که در نتیجه افزایش تغییرات طولی نسبت به تغییرات عرضی در زنجیره و ترکیبات اتفاق می افتد [۲۱].

عوامل متعددی از جمله مورفولوژی و ساختار ماکرومولکولی، اندازه و پراکندگی ذرات و همچنین میزان برهم کنش بین ذرات در خواص مکانیکی موثرند. حسینی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه ای ویژگیهای دو پلیمر کیتوزان- ژلاتین را در نسبتهای مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد اضافه کردن کیتوزان باعث افزایش مقاومت کششی فیلم شد [۲۷].

تونگوانچان و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی ویژگیهای فیلم ژلاتینی پوست ماهی حاوی روغن پالم و اسانس ریحان با سورفاکتانتهای مختلف دریافتند که افزودن اسانس باعث کاهش میزان مقاومت کششی شد [۱۶]. وو و همکاران (۲۰۱۷) نیز طی بررسی فیلمهای ژلاتین ماهی حاوی اسانس دارچین به نتایج

مشابهی دست یافتند به دلیل وجود ترکیبات مختلف در اسانس‌های با منشأ متفاوت، این ترکیبات به صورت متفاوتی در

تعامل با پروتئین تأثیرگذار هستند [۲۲].

Table 2 Mechanical edible film properties

Treatment	Tensile strength(Mpa)	Elongation at break(%)	Young modulus(Mpa)
0.00%	3.59±0.51 ^d	10.44±0.02 ^d	26.5±1.25 ^d
1.25%	7.2±0.2 ^b	15.14±0.45 ^b	43.65±2.01 ^b
2.5%	9.17±0.14 ^a	19.37±0.05 ^a	63.7±1.55 ^a
3.75%	5.71±0.32 ^c	13.33±0.22 ^c	33.57±1.42 ^c

Values with different letters are significantly different from each other based on Duncan's test at ($p < 0.05$)

[۱۲]. مهرج احمد و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی اثر اسانس ترنج و لیموترش بر روی فیلم تهیه شده از ژلاتین به نتایج مشابهی دست یافتند [۲۸]. افزودن ترکیبات اتصالات عرضی به فیلم ژلاتینی بسته به قطب‌های گروه‌های R و همچنین بسته به نوع ترکیب کراسلینک دهنده می‌تواند باعث ایجاد پیوندهای هیدروژنی، قطبی-قطبی، کووالانسی و یا پیوند یونی (پل نمکی) گردد [۲۸-۳۰].

نتایج نفوذپذیری با بخار آب نشان داد که با افزودن اسانس آویشن نفوذپذیری در تمامی تیمارها نسبت به فیلم شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$). کمترین میزان نفوذپذیری مربوط به فیلم ۲/۵٪ و بیشترین میزان نفوذپذیری مربوط به فیلم شاهد بود.

نفوذ و عبور بخار از بخش هیدروفیل فیلم بیان‌کننده نفوذپذیری به بخار آب می‌باشد. ماهیت بیوپلیمرها و ترکیبات افزوده شده، ساختار بیوپلیمر در ماتریس فیلم، ضخامت و همچنین نسبت هیدروفیل به هیدروفوب در فیلم‌های خوراکی بر میزان نفوذپذیری به بخار آب تأثیرگذار می‌باشد [۶]. کاهش میزان WVP می‌تواند نشان دهنده افزایش برهمکنش و اتصالات اسانس آویشن با پلیمر ژلاتین و ایجاد ساختار متراکم‌تر باشد. ایجاد اتصالات متقاطع در ماتریس پلیمری می‌تواند باعث کاهش حجم آزاد ماتریس فیلم گردد؛ همچنین می‌تواند بر جهت‌گیری پروتئین در ساختار فیلم اثرگذار باشد و باعث افزایش آمینواسیدهای آبریز بر روی سطح فیلم و در نتیجه تغییر در میزان نفوذپذیری فیلم گردد [۱۸]. مقدار اضافی اسانس آویشن که بالاتر از ظرفیت واکنش‌پذیری پلیمر ژلاتین می‌باشد، می‌تواند باعث ایجاد ساختار ناهمگن و بی‌نظمی در ساختار فیلم ژلاتینی

۳-۳- خواص فیزیکی فیلم‌های تهیه شده با تیمارهای مختلف (حلالیت، نفوذ پذیری به بخار آب، کدورت و ضخامت)

نتایج حاصل از حلالیت، نفوذپذیری به بخار آب، کدورت و ضخامت در جدول ۳ نشان داده شده است. در خواص مقدار حلالیت برای تیمارهای شاهد و ۱/۲۵٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p < 0.05$) ولی پاسخ سایر غلظت‌ها معنی‌دار بود ($p < 0.05$). نتایج نشان داد که در حضور غلظت‌های مختلف از اسانس آویشن، کمترین حلالیت مربوط به تیمارهای حاوی ۳/۷۵٪ بود. بطورکلی بیشترین و کمترین میزان حلالیت به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و تیمار ۳/۷۵٪ بود، به طوری که از ۹۳/۸۸٪ به ۶۳/۷۶٪ به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($p < 0.05$).

با افزایش غلظت اسانس، به دلیل ماهیت روغنی آن، درون شبکه بیوپلیمرها قرار می‌گیرد، بنابراین اسانس سبب تحرک بیشتر شبکه پلیمر شده و به عنوان یک مانع باعث تضعیف شبکه پلیمری می‌شود. تفاوت در میزان حلالیت، وابسته به غلظت و ماهیت گروه‌های عاملی ترکیبات موجود در فیلم‌های ترکیبی می‌باشد [۱۴].

افزودن اسانس به ترکیب فیلم، بسته به نوع ترکیبات شیمیایی و همچنین ماهیت آبریز آن می‌تواند سبب شود که اجزای غیرقطبی اسانس با دامنه هیدروفیل ژلاتین در تعامل بوده و باعث افزایش آبریزی و کاهش حلالیت فیلم حاصل گردد [۱۴]. اوولیناچمیز و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر اسانس اسطوخودوس بر روی فیلم نشاسته/فورسلاران/ژلاتین دریافتند که با افزایش میزان اسانس حلالیت فیلم‌ها در آب کاهش یافت

موجب افزایش مواد جامد محلول در آب می شود [۲۲]. مشابه این مطالعه افزایش نسبت کتیرا - صمغ لوبیای لوکاست سبب کدر شدن فیلمهای خوراکی گردید. برخلاف نتایج این تحقیق افزایش سطح گلیسرول در فیلم تهیه شده از پروتئین نخود و صمغ قدومه شیرازی منجر به کاهش کدورت گردید [۱۴]. ضخامت فیلمها در تیمار شاهد و تیمار ۱/۲۵٪ اختلاف معنی دار ندارند و در غلظتهای بالاتر اسانس نیز از این روند پیروی می کند ($p > 0.05$). ضخامت فیلم در تیمار شاهد ۰/۱۱ میلیمتر بود که با افزودن اسانس به طور معنی داری ضخامت فیلم افزایش یافت به گونه ای که بیشترین ضخامت مربوط به فیلمهای دارای تیمار ۳/۷۵٪ تیمار اسانس بود. افزایش ضخامت فیلم ها در حضور اسانس احتمالاً به علت واکنش بین ترکیبات موجود در آنها است. البته نحوه قرارگیری مولکول های عصاره در فیلم نیز در افزایش ضخامت مؤثر است [۱۴].

شود. همچنین اسانس آویشن می تواند با داشتن نقش پلاستی ساینری سبب افزایش تحرک ملکولی و افزایش فضای خالی در ماتریس فیلم گردد [۱۸]. مهرجاحمد و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که اختلاط سطح بیشتر اسانس ترنج باعث افزایش نفوذپذیری، اما غلظت بالاتر اسانس لیموترش منجر به کاهش نفوذپذیری فیلمهای ژلاتین شده است [۳۰] که دلیل آن را تفاوت در ماهیت اسانس های مورد بررسی بیان کردند. کدورت معیاری جهت سنجش شفافیت فیلمهاست. هر چه کدورت بالاتر باشد شفافیت کمتر است و می تواند سبب جلوگیری از فساد اکسایشی در مواد غذایی بسته بندی شده گردد. مقایسه میزان کدورت فیلمهای تولیدی نشان داد که اختلاف معنی داری بین کدورت تیمارهای مختلف وجود دارد ($p < 0.05$) و مقدار بالای کدورت در فیلمهایی با مقدار زیاد اسانس می باشد که احتمالاً مربوط به میزان ناخالصی ژلاتین و اسانس می باشد که

Table 3 Physical properties of films

Treatment	Solubility(%)	Permeability($\text{gm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{pa}^{-1}$)	Turbidity	Thickness(mm)
0.00%	93.88±1.4 ^a	1.6±0.02 ^a	0.12±0.16 ^d	0.11±0.001 ^b
1.25%	91.51±1.99 ^a	1.23±0.02 ^b	0.92±0.01 ^c	0.11±0.005 ^b
2.5%	74.4±2.81 ^b	8.3±0.1 ^c	1.25±0.17 ^b	0.12±0.007 ^a
3.75%	63.76±3.82 ^c	9.4±0.39 ^c	1.78±0.04 ^a	0.13±0.001 ^a

Values with different letters are significantly different from each other based on Duncan's test at ($p < 0.05$)

تأثیرگذار هستند [۳۳].

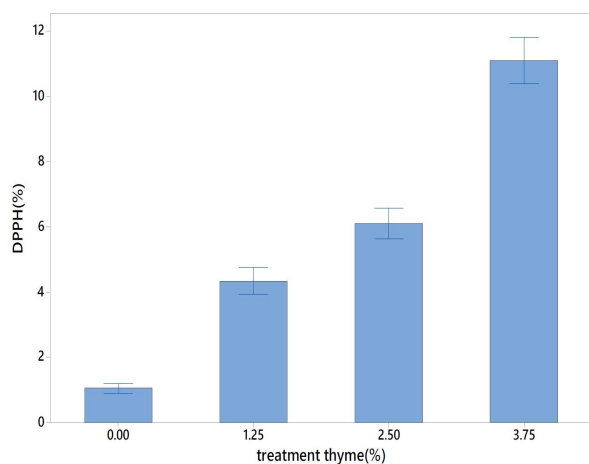


Fig 1 Antioxidant properties of control film and films with different concentrations of thyme essential oil

۳-۵- فعالیت ضد میکروبی

اثر فیلمهای مختلف اسانس آویشن بر کاهش یا جلوگیری از

۳-۴- خواص آنتی اکسیدانی

شکل ۱ نشان می دهد که با افزایش غلظت اسانس، فعالیت آنتی اکسیدانی تیمارها نسبت به فیلم شاهد به صورت معنی داری افزایش یافت ($p < 0.05$). نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای مورد مطالعه توانایی مهار رادیکالهای آزاد را داشتند. در فیلم تیمار شاهد مقدار میانگین ۱/۰۵٪ فعالیت آنتی اکسیدانی مشاهده شد که می تواند به دلیل وجود برخی آمینواسیدهای خاص مانند گلايسين و پرولين در ژلاتین و همچنین وجود آمینواسیدهای حلقوی مانند تربیتوفان، فنیل آلانین و تیروزین باشد [۳۱]. رمزی و همکاران (۲۰۱۱) ضعیف بودن فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس گونه های باسویلیا را برای کاهش رادیکال DPPH، به محتوای کم ترکیبات فنلی آن نسبت دادند [۳۲]. اختر و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که ماهیت فیلم و تفاوت در قدرت آنتی اکسیدانی ترکیبات افزوده شده بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی فیلمها

اسانس آویشن می‌تواند نتیجه اثر هم‌افزایی هیدروکربن‌های مونوترپن و مشتقات آن باشد. مطالعات انجام شده نشان داده است که مواد تشکیل دهنده جزئی (با غلظت کم) در ترکیبات فیلم‌ها می‌توانند نقش مهمی در فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها داشته باشند [۳۰]. ریحان‌اختر و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی فیلم‌های بیوکمپوزیت حاوی اسانس رزماری و نعناع، مهار رشد هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی را نتیجه وجود ترکیبات پلی‌فنولی دانستند [۳۳]. اسانس‌ها از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جمله: اختلال در غشای سلولی فسفولیپیدی و نشت سیتوپلاسم، واکنش با آنزیم‌های تنفسی غشاء سلولی و همچنین مهار سنتز آنزیم در میتوکندری، تأثیر بر ماده ژنتیکی و ترکیبات هسته‌ای توسط ترکیبات الکتروفیل، کاهش انرژی در سلول‌های میکروبی ناشی از آزادسازی پروتون گروه‌های هیدروکسیل و یا تشکیل اسیدهای چرب هیدروپراکسیداز (ناشی از اکسیژن رسانی اسیدهای چرب اشباع نشده) می‌توانند بر میکروارگانیسم‌ها اثرگذار باشند. به‌طور کلی، اثربخشی فیلم خوراکی در برابر رشد میکروبی به ماهیت اسانس و نوع میکروارگانیسم بستگی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل مهار رشد هر دو گروه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی توسط فیلم‌های ترکیبی ژلاتین می‌توانند برای نگهداری مواد غذایی مؤثر باشد و باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت و ایمنی محصول گردند [۲۵].

رشد میکروارگانیسم‌های *Staphylococcus aureus*، *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* به روش انتشار آگار مورد بررسی قرار گرفت. میزان مهار رشد میکروارگانیسم‌ها (قطر هاله عدم رشد) در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در فیلم شاهد فعالیت ضد میکروبی ناچیزی علیه هر سه گونه مورد مطالعه مشاهده شد که قابل صرف نظر است ولی افزودن غلظت‌های مختلف اسانس آویشن به ساختار فیلم ژلاتینی منجر به مهار رشد هر سه گونه باکتریایی مورد بررسی شد. افزایش غلظت اسانس آویشن اثر معنی‌داری بر افزایش قطر هاله عدم رشد میکروارگانیسم‌های مورد بررسی داشت ($p < 0.05$). بیشترین میزان مهار رشد در هر سه گونه باکتریایی *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* در تیمار ۱/۲۵٪ و باکتری *Staphylococcus aureus* در تیمار ۳/۷۵٪ بود. برای *Staphylococcus aureus* با افزایش غلظت اسانس، میزان مهار رشد افزایش یافت به طوری که بیشترین قطر هاله عدم رشد ۱۵/۳۳ میلی‌متر مربوط به تیمار ۳/۷۵٪ بود.

نمودار میزان مهار رشد میکروارگانیسم‌ها (قطر هاله عدم رشد) در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در فیلم تیمار شاهد، فعالیت ضد میکروبی علیه هر سه گونه مورد مطالعه شبیه یکدیگر و ناچیز می‌باشد. فعالیت ضد میکروبی تیمارهای حاوی

Table 4 The antimicrobial activity (diameter of the growth inhibition zone (mm)) of the combined films of thyme essential oil on the tested model microorganisms

Treatment	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
0.00%	0.01 ^c ±0.07	0.24 ^b ±0.27	0.14 ^b ±0.17
1.25%	0.15 ^b ±8.6	0.13 ^c ±12.82	0.045 ^c ±9.52
2.5%	0.32 ^a ±7.9	0.09 ^c ±13	0.35 ^a ±8.99
3.75%	0.06 ^b ±8.44	0.7 ^a ±15.33	0.21 ^a ±8.89

Values with different letters are significantly different from each other based on Duncan's test at ($p < 0.05$)

۵- منابع

- [1] Al-Hassan, A., Norziah, M. 2012. Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*, 26(1):108-17.
- [2] Piermaria, JA., Pinotti, A., Garcia, MA., Abraham, AG. 2009. Films based on kefir, an exopolysaccharide obtained from kefir grain: development and characterization. *Food Hydrocolloids*, 23(3):684-90.

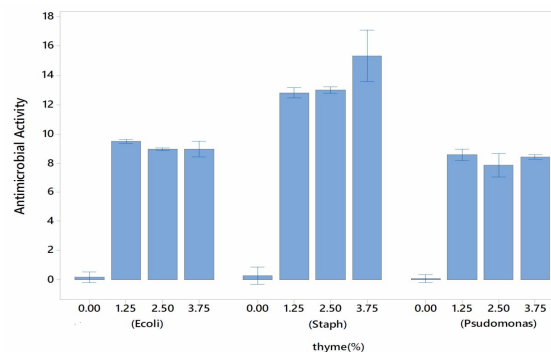


Fig 2 Antimicrobial activity of gelatin films with different concentrations of thyme essential oil

- activity of ternary potato starch-furcellaran-gelatin films incorporated with lavender essential oil. *International journal of biological macromolecules*. 114:1094-101.
- [13] Echeverría, I., López-Caballero, ME., Gómez-Guillén, MC., Mauri, AN., Montero, MP. 2018. Active nanocomposite films based on soy proteins-montmorillonite-clove essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) fillets. *International journal of food microbiology*, 266:142-9.
- [14] Ahmed, J., Mulla, M., Arfat, YA., Bher, A., Jacob, H., Auras, R. 2018. Compression molded LLDPE films loaded with bimetallic (Ag-Cu) nanoparticles and cinnamon essential oil for chicken meat packaging applications. *LWT*, 93:329-38.
- [15] Bonilla, J., Poloni, T., Lourenço, RV., Sobral, PJ. 2018. Antioxidant potential of eugenol and ginger essential oils with gelatin/chitosan films. *Food bioscience*. 23:107-14.
- [16] Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Pisuchpen, S., Osako, K. 2016. Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocolloids*. 56:93-107.
- [17] Prakash, B., Mishra, PK., Kedia, A., Dubey, N. 2014. Antifungal, antiaflatoxin and antioxidant potential of chemically characterized *Boswellia carterii* Birdw essential oil and its in vivo practical applicability in preservation of *Piper nigrum* L. fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2):240-7.
- [18] Bonilla, J., Poloni, T., Lourenço, RV., Sobral, PJ. 2018. Antioxidant potential of eugenol and ginger essential oils with gelatin/chitosan films. *Food bioscience*. 23:107-14.
- [19] Shahbasi, Y., Mosavi, MH. 2016. Study on the effect of *Ziziphora clinopodioides* essential oil and methanolic pomegranate peel extract on physical, mechanical and antibacterial properties of edible chitosan film. *Food technology research journal*. 27(2): 121-134.
- [20] Ejaz, M., Arfat, YA., Mulla, M., Ahmed, J. 2018. Zinc oxide nanorods/clove essential oil incorporated Type B gelatin composite films
- [3] Sorrentino, A., Gorrasi, G., Vittoria, V. 2007. Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2):84-95.
- [4] Gennadios, A. 2002. Protein-based films and coatings: CRC Press.
- [5] Taghizadeh, M., Mohammadifar, MA., Sadeghi, E., Rouhi, M., Mohammadi, R., Askari, F. 2018. Photosensitizer-induced cross-linking: A novel approach for improvement of physicochemical and structural properties of gelatin edible films. *Food research international*, 112:90-7.
- [6] Jridi, M., Hajji, S., Ayed, HB., Lassoued, I., Mbarek, A., Kammoun, M. 2014. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin-chitosan composite edible films. *International journal of biological macromolecule*, 67:373-9.
- [7] Sahraee, S., Milani, JM., Ghanbarzadeh, B., Hamishehkar, H. 2017. Effect of corn oil on physical, thermal, and antifungal properties of gelatin-based nanocomposite films containing nano chitin. *LWT-Food Science and Technology*, 76:33-9.
- [8] Cheng, S., Wang, W., Li, YGao.G., Zhang, K., Zhou, J. 2019. Cross-linking and film-forming properties of transglutaminase-modified collagen fibers tailored by denaturation temperature. *Food chemistry*, 271:527-35.
- [9] Alves, PM., Carvalho, RA., Moraes, IC., Luciano, CG., Bittante, AMQ., Sobral, PJ. 2011. Development of films based on blends of gelatin and poly (vinyl alcohol) cross linked with glutaraldehyde. *Food hydrocolloids*, 25(7):1751-7.
- [10] Chiou, B-S., Avena-Bustillos, RJ., Bechtel, PJ., Jafri, H., Narayan, R., Imam, SH. 2008. Cold water fish gelatin films: Effects of cross-linking on thermal, mechanical, barrier, and biodegradation properties. *European Polymer Journal*, 44(11):3748-53.
- [11] Tomadoni, B., Ponce, A., Pereda, M., Ansorena, M. 2019. Vanillin as a natural cross-linking agent in chitosan-based films: Optimizing formulation by response surface methodology. *Polymer Testing*, 10(5):93-95.
- [12] Jamróz, E., Juszczak, L., Kucharek, M. 2018. Investigation of the physical properties, antioxidant and antimicrobial

- based on poly (lactic acid) and essential oil and its effectiveness to reduce microbial growth of refrigerated rainbow trout. *LWT-Food Science and Technology*, 72:251-60.
- [28] Ahmad, M., Benjakul, S., Prodpran, T., Agustini, TW. 2012. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. *Food Hydrocolloids*, 28(1):189-99.
- [29] Hanani, ZN., Roos, YH., Kerry, J. 2014. Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International journal of biological macromolecules*, 71:94-102.
- [30] Martucci, JF., Gende, LB., Neira, L., Ruseckaite, R.A. 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*, 71:205-13.
- [31] Alexandre, EMC., Lourenço, RV., Bittante, AMQB., Moraes, ICF. 2016. Gelatin-based films reinforced with montmorillonite and activated with nanoemulsion of ginger essential oil for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 10:87-96.
- [32] Mothana, RA., Hasson, SS., Schultze W., Mowitz, A., Lindequist, U. 2011. Phytochemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of essential oils of three endemic *Soqotraen Boswellia* species. *Food chemistry*, 126(3):1149-54.
- [33] Akhter, R., Masoodi, F., Wani, TA., Rather, SA. 2019. Functional characterization of biopolymer based composite film: Incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. *International journal of biological macromolecules*, 137:1245-55.
- and its applicability for shrimp packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 15:113-21.
- [21] Han, JH. 2003. Antimicrobial food packaging. *Novel food packaging techniques*, 8:50-70.
- [22] Wu, J., Sun, X., Guo, X Ge S., Zhang, Q. 2017. Physicochemical properties, antimicrobial activity and oil release of fish gelatin films incorporated with cinnamon essential oil, *Aquaculture and Fisheries*. 2(4):185-92.
- [23] Langroodi, AM., Hossein, Tajik. 2017. Antimicrobial effects of hydroalcohol sumac extract with chitosan containing zataria multiflora boiss essential oil on beef meat in normal and modified atmosphere packaging. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences*, 28(3):192-205
- [24] European Commission Regulation No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives Text with EEA relevance.
- [25] Fallah, M., Rouhi, M., Sadeghi, E., Sarlak, Z., Moghadam, A & Mohammadi, R. 2021. Effects of Olibanum essential oil on physicochemical, structural, antioxidant and microbial characteristics of Gelatin edible films. *Iranian journal of nutrition science and food technology*, 15(4): 93-102.
- [26] Zafarani, M., Ojagh, SM., Alishahi, A., Kazemi, M. 2017. The effect of chitosan type on the properties of biodegradable films produced from gelatin obtained from the skin of elephant fish. *Quarterly journal of new food technologies*, 6(1): 149-159.
- [27] Hosseini, SF., Rezaei, M. 2016. Development of flexible bactericidal films



Production of edible film based on gelatin containing thyme essential oil: investigation of its physicochemical, mechanical, antioxidant and microbial properties

Rahimi, Z. 1, Hosseini, M. ^{2*}, Saifi, T. ²

1. Bachelor student of food hygiene

2. Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

3. Master of Veterinary Science, Ilam University, Ilam, Iran

ABSTRACT

Considering the tendency to use biodegradable packaging films and increase their antimicrobial ability in recent years, this study aims to investigate different concentrations of thyme essential oil to improve edible film with physicochemical, mechanical, antioxidant and Antimicrobial was done. The effect of different concentrations of thyme essential oil for the production of edible films on the physicochemical, mechanical, antioxidant and antimicrobial properties was investigated with a completely randomized design in three replications and Duncan's multi-range test using Minitab18 software at a probability level of 0.05 were investigated. The highest tensile strength and elongation at break point was 2.5% in the treatment. In the treatment of films, the lowest solubility was observed at a concentration of 3.75% and permeability at a concentration of 2.5% of essential oil. In all treatments, the turbidity was significant, and in the concentration of 3.75% essential oil, the turbidity was the highest, and in the same concentration, the highest thickness was 0.13 mm, which was not significant in all treatments ($p < 0.05$). In all edible film treatments, the antioxidant property using DPPH radicals was significant ($p < 0.05$). The results of evaluating the antimicrobial activity of the film use of diffusion disks method showed that the largest diameter of the inhibition halo in the concentration of 3.75% was related to *Staphylococcus aureus* with an average halo diameter of 15.33 mm. Average halo diameter was reported for *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*, 8.6 mm and 9.52 mm, respectively. The general results showed that the addition of thyme essential oil at a concentration of 2.5% produced films that, in addition to inhibiting the growth and proliferation of bacteria, have sufficient strength and are also capable of being used in perishable food.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2023/ 03/ 16

Accepted 2023/ 04/ 18

Keywords:

Thyme essential oil,
Gelatin,
Mechanical properties,
Antioxidant.

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.129

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.11.7

*Corresponding Author E-Mail:
m.hosseini@ilam.ac.ir