

بررسی اثر عصاره برگ زیتون بر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم خوراکی بر پایه زئین ذرت

سیده بهاره موسوی^۱، حبیب الله میرزایی^{۲*}، محبوبه کشیری^۳ و امان محمد ضیایی^۲

۱- دانشجوی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۹)

چکیده

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های جهان امروز، حجم قابل توجهی از تجمع زباله‌های مربوط به پلیمرهای سنتزی مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشند. بنابراین فیلم‌های خوراکی زیست‌تخریب‌پذیر بهترین جایگزین برای پلاستیک‌ها و پلیمرهای سنتزی هستند. به همین منظور در این پژوهش، فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر زئین ذرت حاوی عصاره برگ زیتون در دو سطح غلظتی ۱۰ و ۱۵ درصد (وزنی/وزنی)، تولید و خواص فیزیکی، مکانیکی، رنگ‌سنجی و ریزساختار بررسی گردید. نتایج آماری نشان داد که اثر تیمار بر خواص فیزیکی، مکانیکی و رنگ‌سنجی معنی‌دار ($p < 0.05$) بود. نتایج نشان داد با افزودن عصاره ۱۵ درصد مقادیر ضخامت و جذب رطوبت نسبت به نمونه شاهد افزایش داشت. همچنین با افزایش درصد عصاره برگ زیتون کاهش قابل توجهی در حلالیت و نفوذپذیری بخار آب در هر سه رطوبت نسبی (۳۳، ۵۰ و ۷۵ درصد) نسبت به نمونه شاهد مشاهده گردید. به طور کلی، از نتایج این تحقیق می‌توان دریافت که ترکیب کردن عصاره برگ زیتون به پلیمر زئین سبب بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم خوراکی می‌گردد.

کلید واژگان: فیلم خوراکی، زئین ذرت، عصاره برگ زیتون، خواص فیزیکی و مکانیکی

* مسئول مکاتبات: mirzaehabib1@gmail.com

۱- مقدمه

تأثیرات مخرب محیطی ناشی از تجمع مواد پلاستیکی یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در جهان امروز است که حجم قابل توجهی از این زباله‌ها مربوط به پلیمرهای سنتزی مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشند. از این جهت متخصصان و دست‌اندرکاران صنعت غذا به دنبال یافتن جایگزین‌هایی برای پلیمرهای سنتزی بوده‌اند. توسعه فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر با گردش آب، دی‌اکسید کربن، اکسیژن و نیتروژن در زنجیره غذایی می‌تواند راه‌حلی برای رفع این نگرانی‌ها باشد [۱]. همچنین فیلم‌های خوراکی موادایده‌ال برای افزودن ترکیبات عملگرایی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و ضد میکروب‌ها هستند درحالی‌که بسته‌بندی‌های پلاستیکی قادر به رقابت در این زمینه با فیلم‌های خوراکی نمی‌باشند [۲]. از دیگر مزایای فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر می‌توان به بهبود کیفیت، افزایش عمر نگهداری، قابلیت تجزیه‌زیستی، سهولت دسترسی و هزینه کم مواد بسته‌بندی اشاره نمود. در مورد فیلم‌های خوراکی دو اصل وجود دارد که ماده مزبور باید برای خوردن ایمن بوده و مشکلی برای سلامت انسان ایجاد نکند و مواد تشکیل دهنده فیلم یک پلیمرزیستی باشد. فیلم‌های خوراکی به منظور ایجاد سدی در برابر ورود و خروج رطوبت، گازها، بو، چربی، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها، حفاظت مکانیکی و نیز حفظ ویژگی‌های کیفی ماده غذایی تهیه می‌گردند [۳، ۴].

یکی از ترکیبات مورد استفاده در تولید پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر زئین می‌باشد. زئین پروتئین ذخیره‌ای آب‌گریز موجود در ذرت بوده که می‌تواند به عنوان یک پلیمر با توانایی وسازگاری زیستی موجب بهبود خواص فیلم شود. به همین منظور در صنعت بسته‌بندی محصولات روغنی کاربرد فراوان دارد [۵]. همچنین از آن به عنوان پوششی برای آب‌نبات، میوه‌های تازه، خشک و آجیل و غیره استفاده می‌شود. توانایی شکل‌گیری عالی فیلم، حلالیت آن در حلال‌های آلی (اتانول)، سازگاری با ترکیبات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدان‌ها و خواص عالی در مقابل رطوبت از جمله خواص پلیمر زیستی زئین می‌باشد که کاربرد آن را در بسته‌بندی میوه‌های تازه و سبزیجات تحت اتمسفر اصلاح شده^۱ و پوشش‌های غذایی امکان‌پذیر می‌سازد [۶]. با این حال سخت و شکننده بودن فیلم زئین کاربرد گسترده این فیلم را محدود می‌سازد. به

همین دلیل مطالعات گسترده‌ای به منظور بهبود خواص مکانیکی و انعطاف‌پذیری انجام شده و در این زمینه از مواد ارگانیک، قندها و اسیدها چرب استفاده می‌گردد [۷، ۲]. مطالعات پیشین نشان داده است که استفاده از ترکیبات زیست‌فعال در ترکیب با پلیمر زئین می‌تواند تا حدودی مشکلات شکنندگی و انعطاف‌پذیری آن را بهبود بخشد. در بین مهم‌ترین و فراوان‌ترین ترکیبات زیست‌فعال، می‌توان ترکیبات فنولی را نام برد. ترکیبات فنولی، متابولیت‌های ثانویه از گیاهان به‌ویژه گیاهان دارویی می‌باشند که به راحتی می‌توان آن‌ها را از مواد مختلف گیاهی، کشاورزی، صنعتی، زباله‌ها و محصولات جانبی استخراج نمود [۸، ۹، ۱۰]. دی‌فیریتاس^۲ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که ترکیبات فنولی کاتچین، اسید گالیک و اسید پتاسیم هیدروکسی بنزوئیک موجود در گیاه پیناهو^۳ قادر به بهبود استحکام کششی و افزایش طول تا نقطه شکست و کاهش شکنندگی فیلم‌های زئین بوده و موجب افزایش انعطاف‌پذیری آن می‌گردند. فیلم‌های حاوی ترکیبات فنولیک خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی بسیار بالایی را نشان می‌دهند [۱۱]. نتایج مطالعه سانتوس و همکاران (۲۰۱۷) در زمینه تأثیر اسیدتانیک بر روی فیلم زئین نشان داده که فیلم حاصل، مقاومت بالایی در برابر آب داشته است [۱۲]. در مطالعه‌ای دیگر اثر افزودن عصاره پوست انار بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی فیلم زئین بررسی شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت عصاره پوست انار در فیلم زئین ویژگی‌های مکانیکی، محتوای فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بهبود و در مقابل حلالیت فیلم و نرخ نفوذپذیری به بخار آب کاهش یافت [۱۳]. تاکنون هیچ تحقیقی درباره اثر عصاره برگ زیتون بر روی فیلم حاصل از زئین ذرت گزارش نشده است اما آلبرتوس و همکاران (۲۰۱۷)، تأثیر فیلم ژلاتین حاوی عصاره برگ زیتون بر روی کیفیت ماهی سالمون مورد بررسی قرار دادند [۱۴]. برگ زیتون، غنی‌ترین منبع ترکیبات فنولی بوده که فراوان‌ترین آن ال‌توروپین می‌باشد. ال‌توروپین ترکیب فنولی اصلی برگ زیتون می‌باشد که مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن می‌باشد [۱۵، ۱۲]. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر عصاره برگ زیتون بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم حاصل از زئین می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

برگ زیتون از درخت ۱۴ ساله با رقم روغنی *والانولیا* با منشأ یونان از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. مواد شیمیایی که شامل زئین ذرت، گلیسرول، متانول، اتانول، سولفات منیزیم، کلرید کلسیم و کلرید منیزیماز شرکت سیگما تهیه شده است.

۲-۲- استخراج عصاره

ابتدا آماده‌سازی برگ‌ها را انجام داده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا کاملاً خشک شوند. سپس برگ‌های خشک شده تا زمان عصاره‌گیری در یخچال نگهداری می‌شوند. به منظور عصاره‌گیری ۱۰۰ گرم برگ پودر شده با متانول ۸۰٪ (نسبت پودر به متانول ۱ به ۱۰) به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر مکانیکی (JANKE&KUNKEL KA - WERK) قرار داده شد. عصاره بدست آمده بعد از فیلتراسیون در روتاری (IKA*RV10 basic) با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا تغلیظ شود. عصاره تغلیظ شده در مرحله آخر با استفاده از خشک‌کن انجمادی ۸۰- درجه‌سانتی‌گراد (B2-8/Christ Co) در ظروف پلاستیکی مات کاملاً خشک گردید [۱۶].

۲-۳- روش تهیه فیلم

محلول ۱۶ درصد زئین در اتانول (۸۰ درصد) تهیه و به مدت یک ساعت در همزن مغناطیسی (IKA*RHBACIC) در دمای ۷۵ درجه‌سانتی‌گراد با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه حرارت داده شد. سپس گلیسرول به عنوان نرم‌کننده (۰/۱۵ درصد وزن پلیمر) اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۷ درجه‌سانتی کاملاً همگن گردید. محلول حاصل روی صفحه شیشه‌ای پوشیده و در تونل مجهز به منبع حرارتی به مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شد. فیلم زیست فعال زئین نیز مطابق روش فوق- آماده شد. با این تفاوت که پس از افزودن گلیسرول عصاره برگ زیتون در سطح ۱۰ و ۱۵ درصد نسبت به وزن پلیمر اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه عمل هم‌زدن صورت گرفت [۱۷].

۲-۳-۱- سنجش ضخامت فیلمها

اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها توسط یک ریزسنج دیجیتالی (۰/۰۰۱ میلی‌متر، Mitutoyo ساخت ژاپن) و در پنج نقطه از هر نمونه صورت گرفت. میانگین ضخامت‌ها محاسبه شده و در تعیین نفوذپذیری به بخار آب و مقاومت کششی استفاده گردید.

۲-۳-۲- حلالیت در آب

حلالیت در آب فیلم‌های خوراکی توسط روش گونتارد و همکاران (۱۹۹۴) محاسبه شد [۱۸]. فیلم به ابعاد ۲×۲ سانتی-متر مربع بریده و در آون ۷۵ درجه‌ای سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و برای اندازه‌گیری ماده خشک اولیه توزین شد. سپس قطعه دیگری با وزن برابر نمونه اولیه در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور و با استفاده از شیکر مکانیکی (JANKE&KUNKEL KA - WERK) با دور ملایم به هم زده شد. محلول توسط قیف بوخنر صاف و در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و حلالیت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

(۱)

$$WS = (W_2 - W_1 / W_1) \times 100$$

WS: حلالیت در آب، W_1 : وزن خشک اولیه، W_2 : وزن خشک نهایی

۲-۳-۳- ارزیابی جذب رطوبت

جذب رطوبت با استفاده از روش انگل و دفرس (۲۰۰۰) محاسبه شد [۱۹]. فیلم به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر مربع تهیه و در دسیکاتور حاوی کلرید کلسیم بدون آب با رطوبت صفر به مدت ۲۴ ساعت (تا رسیدن به وزن ثابت) در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. پس از توزین، نمونه اولیه را در دسیکاتور حاوی محلول کلرید کلسیم (رطوبت نسبی ۷۵ درصد) قرار داده و وزن نمونه‌ها هر ۲۴ ساعت یکبار تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. جذب رطوبت مطابق رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$MA = (W_2 - W_1 / W_1) \times 100$$

W_2 : وزن نمونه فیلم بعد از ۲۴ ساعت

W_1 : وزن ابتدایی نمونه فیلم

MA: جذب رطوبت

۲-۳-۴- ارزیابی محتوای رطوبتی

برای اندازه‌گیری مقدار رطوبت از روش ریم و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد [۲۰]. ابتدا فیلم‌ها توسط قیچی به قطعات کوچکتر از ۰/۵ سانتی‌متر بریده شد. پس از آن حدود یک گرم از فیلم را داخل پتری‌دیش قرار داده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با درجه‌حرارت 2 ± 100 سانتی‌گراد قرار گرفت. پتری‌دیش حاوی نمونه در دسیکاتور سرد و سپس توزین شد. میزان محتوای رطوبتی مطابق رابطه ۳ محاسبه شد:

$$(3) M_C = M_i - M_d / M_i$$

MC: محتوای رطوبتی، M_i وزن پتری‌دیش و نمونه قبل از قرار دادن در آون، M_d : وزن پتری‌دیش و نمونه پس از قرار دادن در آون.

۲-۳-۵- ارزیابی نفوذپذیری در برابر بخار آب

نفوذپذیری در برابر بخار آب بر اساس تغییرات وزنی در دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد مطابق روش مصوب ASTM به شماره ۹۶-۹۵ انجام شد. در این روش از فنجانک‌های به قطر داخلی ۳/۵ سانتی‌متر، قطر خارجی ۴/۵ و عمق ۳/۵ سانتی‌متر استفاده شد. به منظور تامین رطوبت نسبی صفر درصد، ۸ گرم سیلیکاژل نرم در هر یک از فنجانک‌ها توزین شد. دهانه فنجانک با روغن سیلیکون پوشانده شد. در ادامه فیلم به قطر خارجی فنجانک برش داده شده و با استفاده از حلقه لاستیکی به طور کامل درزی‌گیری و فیلم و حلقه پلاستیک با سه کلیپس فلزی به درب فنجانک متصل گردید. سپس هریک از فنجانک‌ها در دیسکاتوری شامل سولفات منیزیم اشباع (۳۳ درصد رطوبت نسبی)، کلرید منیزیم اشباع (۵۰ درصد رطوبت نسبی) و کلرید کلسیم اشباع (۷۵ درصد رطوبت نسبی) قرار داده شد. در پایان فنجانک‌های مورد آزمون در زمان‌های مشخص توزین شدند. نمودار نفوذپذیری بخار آب به صورت تابعی از زمان رسم گردید. نرخ انتقال بخار آب از تقسیم شیب خط بر سطح فیلم-های مورد آزمون از روابط زیر محاسبه شد [۲۱].

$$WVP = WVTR \times X / \Delta P \times \Delta R \quad (4)$$

$$WVTR = \text{slope} / A \quad (5)$$

$$\text{Slope} = \Delta m / \Delta t \times A \quad (6)$$

که در این فرمول‌ها WVTR: نرخ عبور بخار آب، slope: شیب تغییرات وزنی نسبت به تغییرات زمان (گرم/ساعت)، Δm :

تغییرات وزنی (گرم)، ΔT : تغییرات زمان (ساعت)، A: مساحت دهانه ظرف شیشه‌ای (مترمربع)، WVP: نفوذپذیری به بخار آب (گرم در میلی‌متر بر مترمربع بر روز بر کیلوپاسکال)، X: ضخامت فیلم (میلی‌متر)، ΔP : اختلاف فشار بخار بین داخل و خارج ظرف شیشه‌ای (کیلو پاسکال)، R_1 : رطوبت نسبی موجود در محیط داخلی دسیکاتور، R_2 : رطوبت‌نسبی موجود در ظرف شیشه‌ای.

۲-۳-۶- ارزیابی خواص مکانیکی فیلم‌های تولیدی

رایج‌ترین آزمون برای ارزیابی خواص مکانیکی فیلم‌های خوراکی، اندازه‌گیری مقاومت به کشش، ازدیاد طول تا نقطه‌ی شکست و مدول الاستیسیته می‌باشد. این ویژگی‌ها براساس استاندارد ASTM-882-02 با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA-Plus، انگلیس) محاسبه شد. برای این منظور فیلم به ابعاد 14×1 سانتی‌متر مربع بریده و ضخامت در ۱۰ نقطه محاسبه گردید. سپس در دسیکاتور حاوی محلول کلرید منیزیم با رطوبت نسبی ۵۰٪ به مدت حداقل ۴۸ ساعت مشروط شده و به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی بین دو فک دستگاه بافت‌سنج با فاصله‌ی اولیه ۱۰۰ میلی‌متر و سرعت حرکت فک ۱۲/۵ میلی‌متر قرار داده شد. ویژگی‌های مکانیکی مطابق روش ذیل محاسبه گردید [۲۱].

$$T_s = M_i / M_a$$

TS: استحکام کششی، M_i : بیشینه نیروی وارد شده به فیلم قبل از پاره شدن برحسب نیوتون و M_a : کمترین سطح مقطع عرضی اولیه (حداقل سطح مقطع نمونه) فیلم بر حسب مترمربع می‌باشد.

$$E\% = E_r / l$$

$E\%$: درصد ازدیاد طول، E_r : مقدار کشیدگی تا لحظه پارگی (طول نمونه در لحظه پاره شدن) برحسب میلی‌متر، l : فاصله اولیه بین دوفک (طول اولیه نمونه) برحسب میلی‌متر می‌باشد.

$$EM = \sigma / \varepsilon$$

EM: مدول یانگ، σ : تنش وارده بر جسم در حالتی که جسم در ناحیه الاستیک قرار گرفته باشد (مقدار تنش اعمال شده در محدوده خطی)، ε : کرنش (مقدار کرنش در محدوده خطی) می‌باشد.

۲-۴- ارزیابی رنگ‌سنجی فیلم‌های تولیدی

ارزیابی رنگ فیلم‌ها با استفاده دستگاه رنگ سنج هانتربل (Colorflex) و تعیین سه پارامتر a^* ، L^* و b^* انجام شد. صفحه استاندارد رنگ سیاه به عنوان پس زمینه با مشخصات ($L^*=24/60$ ، $a^*=0/16$ ، $b^*=0/28$) برای اندازه‌گیری رنگ مورد استفاده قرار گرفت. اندیس توصیف کننده روشنی (صفر = سیاه و ۱۰۰ = سفید) در نظر گرفته شد. در تعریف رنگ نمونه‌ها، اندیس a^* بیانگر قرمزی (مثبت) و سبزی (منفی) و اندیس b^* نشان‌دهنده زردی (مثبت) و آبی (منفی) بود. اختلاف رنگی ΔE برای هر نمونه نسبت به نمونه شاهد از رابطه زیر محاسبه شد [۲۲].

(۱۰)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$$

۲-۵- ارزیابی شکل‌شناسی فیلم با استفاده از

میکروسکوپ الکترونی رویشی (SEM^۵)

تغییرات شکل‌شناسی فیلم زئین حاوی عصاره برگ زیتون با استفاده از میکروسکوپ الکترونی رویشی مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌های فیلم در دسیکاتور به‌طور کامل خشک شدند و در ادامه برای تصویر برداری از مقطع عرضی، نمونه‌ها در ازت مایع شکسته و سپس از سمت مقابل قسمت شکسته به کمک چسب نقره بر روی پایه فلزی چسبانده شدند. پایه‌ها در یک دستگاه پوشش دهنده/پاشنده تا نقطه بحرانی خشک و به مدت ۵ دقیقه با ذرات طلا پوشش داده شدند و تصویر برداری از نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی (VEGA/TESCAN-XMU) در بزرگنمایی‌های مختلف انجام شد [۲۳].

۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشات فوق در ۳ تکرار انجام شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی آنالیز واریانس گردیدند. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹) و آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ درصد اجرا گردید. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص فیزیکی

با توجه به نتایج آماری بدست آمده در جدول (۱) تغییرات ایجاد شده در ضخامت، حلالیت، جذب رطوبت و محتوای رطوبتی در فیلم زئین از نظر آماری معنی‌دار ($p < 0.05$) بود. فیلم شاهد دارای ضخامت کم‌تری نسبت به فیلم‌های ترکیب شده با عصاره برگ زیتون می‌باشد. ضخامت فیلم ترکیب شده با عصاره برگ زیتون در سطح ۱۵ درصد ۰/۰۲۱ میلی‌متر بود که در مقایسه با نمونه شاهد ۰/۰۱۶ میلی‌متر افزایش یافت. نتایج مطالعه حاضر با نتایج سایر پژوهشگران موافق بوده است که از این مطالعات می‌توان به پژوهش آرکان و اسکندر (۲۰۱۳) بر روی فیلم کیتوزان حاوی عصاره برگ چای، چنج و همکاران (۲۰۱۵) بر روی فیلم زئین-کیتوزان حاوی ترکیبات فنولی، ریکاردیلو و همکاران (۲۰۱۵) بر روی فیلم حاوی عصاره برگ زیتون و عصاره انگور و همچنین آلبرتوس و همکاران (۲۰۱۷) بر روی فیلم ژلاتین حاوی عصاره برگ زیتون اشاره نمود [۲۷، ۲۶، ۲۵، ۲۴، ۱۴]. حلالیت فیلم با افزودن عصاره به زئین کاهش یافت و نتیجه به‌دست آمده در این مورد نیز با نتایج سایر محققان مطابقت داشت [۲۹، ۲۸، ۱۲]. درواقع افزودن عصاره برگ زیتون به فیلم زئین سبب شکل‌گیری باندهای کوالانسی شده در نتیجه موجب کاهش دسترسی به گروه‌های عاملی آمین و هیدروکسیل زنجیره زئین و عصاره و محدود شدن واکنش‌های آب- پروتئین به وسیله باندهای هیدروژنی گردید [۱۲]. با توجه به نامحلول بودن زئین در آب و افزودن عصاره برگ زیتون به پلیمر زئین با نسبت‌های وزنی/وزنی، اتصالات عرضی در ماتریکس فیلم زئین منجر به کاهش حلالیت گردید و فیلمی با تمایل کم برای جذب آب تولید شد که این ویژگی سبب حفظ تمامیت محصول و مقاومت آن به آب خواهد شد [۱۱]. جذب رطوبت، محتوای رطوبت و حلالیت فاکتورهای مهم فیلم‌های زیست تخریب-پذیر می‌باشند که بر مقاومت فیلم به آب به‌ویژه در محیط‌های مرطوب تاثیرگذار می‌باشند [۳۰]. به دلیل ویژگی آبگریزی زئین، نمونه شاهد قابلیت جذب رطوبت پایینی از خود نشان داد (۰/۰۹٪ در رطوبت نسبی ۷۵٪). با افزودن عصاره برگ زیتون، میزان جذب رطوبت فیلم اندکی افزایش یافت. دلیل این امر، قطبیت و ویژگی آبدوستی برخی ترکیبات عصاره و قابلیت

اتصال آنها به آب است که در نتیجه موجب افزایش محتوای رطوبتی فیلم می‌شود. افزایش محتوای رطوبتی باعث فروپاشی ماتریکس فیلم شده که پدیده جذب مولکول‌های آب را افزایش می‌دهد [۲۸].

Table 1 Physical properties of edible films based on zein corn and olive leaf extract with different ratios

Film	Moisture content (%)	Moisture absorption (%)	Water solubility (%)	Thickness (mm)
control	0.10± 0.011 ^b	0.09± 0.004 ^c	0.15±0.003 ^a	0.016 ±0.001
10%	0.11± 0.006 ^b	0.13± 0.006 ^b	0.12±0.006 ^b	0.019 ± ^b 0.001
15%	0.12± 0.011 ^a	0.17± 0.005 ^a	0.013±0.08	0.021 ± ^a 0.001

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation.

است که نتایج مطالعه حاضر با نتایج سانتوس و همکاران (۲۰۱۷) بر روی فیلم زئین حاوی اسید تانیک، چنج و همکاران (۲۰۱۵) بر روی فیلم زئین-کیتوزان حاوی ترکیبات فنولی و همچنین با نتایج پژوهش سایر محققان از جمله سرنا و همکاران (۲۰۱۵) و اسکامیلا و همکاران (۲۰۱۷) که بر روی زئین کار کردند مطابقت داشت [۳۲، ۳۱، ۲۶، ۱۲]. به دلیل ماهیت آبگریزی و خاصیت لیپیدی عصاره، این ترکیبات سبب افزایش خاصیت ممانعت کنندگی فیلم نسبت به بخار آب می‌شوند [۱۴]. فاز لیپیدی فیلم فاکتور خمیدگی (پیچ خوردگی) برای انتقال مولکول‌های آب در شبکه فیلم و عبور از سطح مقطع فیلم را افزایش می‌دهد. فاکتور خمیدگی با افزایش درصد فاز روغنی بیشتر می‌شود [۳۳].

۲-۳- نفوذپذیری به بخار آب

کنترل انتقال جرم در حفظ کیفیت ماده غذایی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است که از این حیث اطلاعات اولیه در خصوص ویژگی‌های پوشش پلیمرهای مطلوب برای بسته‌بندی مواد غذایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در تحقیق حاضر، منحنی جرم آب عبور کرده از فیلم‌ها برحسب زمان، به‌منظور ارزیابی بازدارندگی در برابر بخار آب آن‌ها رسم و شیب منحنی در بخش خطی محاسبه شد [۱۸]. همان‌طور که در جدول (۲)، نشان داده شده است نفوذپذیری به بخار آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۳٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر سه رطوبت نسبی با افزودن عصاره، نفوذپذیری کاهش یافته

Table 2 vapor permeability of edible films based on zein corn and olive leaf extract with different ratios vapor permeability (g/m.s.Pa)

Film	RH _{75%}	RH _{50%}	RH _{33%}
control	1.42 × 10 ^{-8b}	10 ^{-9b} 5.91 ×	2.216 × 10 ^{-11a}
10%	1.83 × 10 ^{-8a}	6.52 × 10 ^{-9a}	× 10 ^{-11c} 1.86
15%	1.06 × 10 ^{-8c}	5.42 × 10 ^{-9c}	2.16 × 10 ^{-11b}

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation.

به کشش بالاتری برخوردار می‌باشد اما غلظت عصاره برگ زیتون به فرمولاسیون فیلم زئین تاثیر معنی‌داری برخواص مکانیکی آن نداشته‌است. افزودن ترکیبات فنولیک در غلظت‌های بسیار کم به اتصالات عرضی بین پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش مقاومت فیلم‌های خوراکی می‌انجامد، اما با افزایش بیشتر غلظت این ترکیبات، پیوندهای آبگریز منجر به تخریب پیوندهای پروتئین- پروتئین و در نتیجه کاهش مقاومت فیلم-های خوراکی می‌گردند [۲۴]. با توجه به ماهیت آب‌گریزی

۳-۳- خواص مکانیکی فیلم‌ها

تاثیر عصاره برگ زیتون روی خواص مکانیکی فیلم مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج در جدول (۳) نشان داده شده‌است. افزودن عصاره برگ زیتون به فرمولاسیون فیلم زئین تاثیر معنی‌داری برخواص مکانیکی آن نداشته‌است. همان‌طور که در جدول نتایج مشاهده می‌شود، فیلم حاوی عصاره ۱۰ درصد برگ زیتون نسبت به فیلم حاوی عصاره ۱۵ درصد از مقاومت

فیلمی با تحرک و انعطاف پذیری کم تر را تداعی می کند [۳۶]. برخی دیگر از محققین افزودن عصاره را عامل کاهش مقاومت به کشش و ازدیاد طول تا نقطه پارگی دانستند [۳۷، ۵]. چنین رفتاری با افزودن ۳۰٪ کارواکرول در بستر پلیمر کیتوزان توسط روبیلار و همکاران (۲۰۱۳) و ۱۰ و ۲۵٪ فیل ایزوسیانات در بستر ژئین توسط سسا و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است [۳۸، ۱]. روبیلار و همکاران (۲۰۱۳) کاهش مقدار آب را عامل کاهش ازدیاد طول در فیلم کیتوزان معرفی کردند [۱]. در حالی که افزودن ۱۰ و ۱۵٪ عصاره برگ زیتون به فیلم ژئین باعث افزایش ازدیاد طول تا نقطه شکست بوده است. در تفسیر نتایج ارائه شده می توان به نقش نوع افزودنی بر ویژگی های پلیمرهای مختلف اشاره کرد.

عصاره برگ زیتون در مقایسه با پروتئین ژئین می توان بیان داشت که عصاره برگ زیتون قادر به برقراری پیوندهای هیدروژنی بین بخش گروه های هیدروکسیل موجود در عصاره با گروه کربوکسیل اسیدهای آمینه در زنجیره پروتئینی و ایفا نقش نرم کننده با کاهش غیریکنواختی و حفظ انسجام بافتی فیلم زیست فعال ژئین بود [۲۴]. نتایج مشابه و متفاوتی توسط سایر محققین گزارش شده است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره می شود. مشابه نتایج مطالعه حاضر، پین روس و همکاران (۲۰۱۷) تغییر معنی داری را بر خواص مکانیکی فیلم کاساوا با افزودن عصاره رزماری به آن گزارش کردند و همچنین آلمیدیا و همکاران (۲۰۱۸) کاهش ازدیاد طول فیلم ژئین را با افزودن اولئیک اسید به آن گزارش کردند [۳۵، ۳۴]. حضور ترکیبات آبریز در یک زنجیره پلیمری، فرضیه ساختار غیریکنواخت و

Table 3 Mechanical properties of edible films based on zein corn and olive leaf extract with different ratios

Film	EM (MPa)	E%	TS (MPa)
control	165.71 ± ^b 23.92	1.2 ± ^b 0.1	15.456 ± ^b 0.4
10%	272.03 ± ^a 15.78	2.81 ± ^a 0.09	18.79 ± ^a 0.1
15%	241.78 ± ^a 18.54	2.66 ± ^a 0.06	17.77 ± ^a 0.09

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation.

افزایش و شاخص a^* آن کاهش یافت که موجب کاهش شفافیت فیلم و تغییر رنگ آن به سمت سبز (-a) و زرد (+b) گردید. تغییرات رنگی مشاهده شده را می توان به ماهیت سبز بودن رنگ عصاره زیتون نسبت داد. همچنین تفاوت در مقدار شفافیت بین نمونه های فیلم را می توان به تغییرات ساختار درونی فیلم در طی فرایند خشک کردن و ساختار محلول اولیه تشکیل دهنده آن نسبت داد [۳۹]. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش گائو و همکاران (۲۰۱۷)، افزودن عصاره برگ زیتون به ژلاتین، همسو بود [۲۹]. همچنین نتایج مشابهی با پژوهش سایر محققان بر روی فیلم های کامپوزیت محتوای ترکیبات فنولی گزارش شده است [۴۰، ۳۱، ۲۴].

۳-۴- رنگ

نتایج حاصل از تاثیر حضور عصاره برگ زیتون در غلظت ۱۰ درصد در فیلم زیست فعال ژئین بر پارامترهای رنگی (L^* ، a^* و b^*) در جدول (۴) نشان داده شده است. هر سه پارامتر L^* ، a^* و b^* تحت تاثیر افزودن عصاره قرار گرفتند. افزودن عصاره سبب کاهش اندیس روشنی (L^*) در فیلم زیست فعال ژئین گردید. همان طوری که در جدول (۴) مشاهده می شود، اندیس روشنی در فیلم شاهد ژئین ۳۶/۹ می باشد که در مقایسه با فیلم زیست فعال ژئین حاوی ۱۰ درصد عصاره (۳۴/۹) و ۱۵ درصد عصاره برگ زیتون (۳۲/۳) بیش تر بود. همچنین می توان مشاهده نمود که با افزایش درصد عصاره، شفافیت به میزان بیشتری کاهش می یابد. با افزودن عصاره شاخص b^* فیلم

Table 4 Color of edible films based on zein corn and olive leaf extract with different ratios

Film	L^*	a^*	b^*
Control	36.9 ± 0.005 ^a	5.5 ± 0.005	0.8 ± 0.02 ^c
10%	34.9 ± 0.005 ^b	4 ± 0.002 ^b	3.1 ± 0.001 ^b
15%	32.3 ± 0.023 ^c	3.9 ± 0.006	5.5 ± 0.003

Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$). Data are expressed as mean ± standard deviation.

۳-۵- بررسی و مقایسه ساختار (مورفولوژی)

شکل (۱) شکل‌شناسی مقطع عرضی نمونه‌های فیلم را نشان می‌دهد که تفاوت بارزی با یکدیگر دارند. فیلم زئین دارای سطح یکسان می‌باشد اما در نمونه‌های فیلم محتوای عصاره برگ زیتون به‌ویژه در غلظت ۱۵ درصد ساختمان میکروسکوپی به طور قابل توجهی تغییر کرد (شکل C) و منجر به شکل‌گیری ساختاری غیر یکسان گردید که موجب به دام افتادن ترکیبات فنولی در شبکه پلیمر شد.

ساختار میکروسکوپی نهایی که به وسیله محلول‌های مختلف تشکیل‌دهنده فیلم پس از خشک کردن شکل می‌گیرد، تحت

تأثیر نظم ساختاری ترکیب‌های مختلف سوسپانسیون اولیه (عصاره و زئین) و توسعه آن‌ها در طی فرایند خشک‌کردن می‌باشد. تخریب ساختار فیلم زئین ناشی از افزودن عصاره فنولی برگ زیتون را می‌توان به تشکیل پیوندهای پلی‌فنول- پروتئین نسبت داد. کرمی مقدم و همکاران (۲۰۱۴) نیز نتایج مشابهی را با افزودن عصاره پوست انار به کازئینات سدیم گزارش نمودند [۴۱]. تشکیل پیوندهای پلی‌فنول- پروتئین موجب تضعیف برهم‌کنش بین اجزای سازنده به خصوص اتصالات بین پروتئین- پروتئین می‌شود.

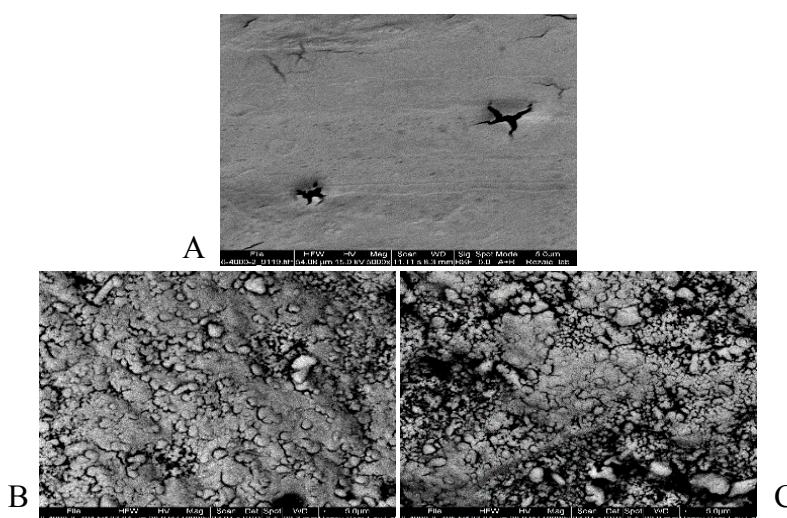


Fig 1 SEM images of cross- section of filmsamples obtained fromzein (control) (A), zein and 10% extract (B) and zein and 15% extract (c)

۴- نتیجه‌گیری

افزودن عصاره برگ زیتون به فرمولاسیون فیلم خوراکی زئین سبب ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی، رنگ سنجی و تصاویر میکروسکوپی فیلم گردید که بر آن اساس کاربرد فیلم حاوی عصاره به فیلم شاهد ترجیح داده می‌شود. براساس یافته‌های این تحقیق، جهت بسته‌بندی مواد غذایی حساس به رطوبت و نور، بهتر است از فیلم حاوی عصاره برگ زیتون در غلظت ۱۵ درصد که دارای کم‌ترین نفوذپذیری به بخار آب، حلالیت و روشنایی می‌باشد، استفاده نمود. همچنین چنان‌چه حفظ یکپارچگی، انسجام و مقاومت فیلم خوراکی در طول تولید تا مصرف ماده غذایی مدنظر باشد، به‌کارگیری غلظت (۱۰ درصد) عصاره برگ زیتون در فیلم تولیدی، جهت

بهبود خواص مکانیکی و کاهش نفوذپذیری به بخار آب توصیه می‌گردد. حضور عصاره برگ زیتون در ماتریکس پروتئینی، تأثیر زیادی بر روی نفوذپذیری به بخار آب فیلم دارد با توجه به تخلخل ایجاد شده که در تصاویر میکروسکوپ الکترونی مشاهده می‌شود، کاهش نفوذپذیری به بخار آب ناشی از حضور ترکیبات فنولی (آب‌گریز) می‌باشد.

۵- سپاسگزاری

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش اعلام می‌دارند.

۶- منابع

- antioxidant power assay. *Food Chemistry*, 97(4), 705-711.
- [10] Ouml, zlem, Sultan ASLANTUuml, RK, Tuuml, lay, AŞKIN Ccedil, ELİK., 2013. Antioxidant, cytotoxic and apoptotic activities of extracts from medicinal plant *Euphorbia platyphyllos* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(19), 1293-1304.
- [11] De Freitas, Tânia Barbedo, Santos, Carlos Henrique Koslinski, da Silva, Marcos Vieira, Shirai, Marianne Ayumi, Dias, Maria Inês, Barros, Lillian, . . . Leimann, Fernanda Vitória., 2017. Antioxidants extraction from Pinhão (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) coats and application to zein films. *Food Packaging and Shelf Life*.
- [12] Santos, Talita M, Souza Filho, Men de Sá M, Muniz, Celli R, Morais, João Paulo S, Kotzebue, Lloyd Ryan Viana, Pereira, André Luís Sousa, Azeredo, Henriette., 2017. Zein films with unoxidized or oxidized tannic acid. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- [13] Mehvesh, Gani, Asir, Gani, Adil, Punoo, Hilal Ahmed, Masoodi, FA., 2018. Use of pomegranate peel extract incorporated zein film with improved properties for prolonged shelf life of fresh Himalayan cheese (Kalari/kradi). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 25-32.
- [14] Albertos, Irene, Avena-Bustillos, Roberto J, Martín-Diana, Ana Belén, Du, Wen-Xian, Rico, Daniel, McHugh, Tara H., 2017. Antimicrobial Olive Leaf Gelatin films for enhancing the quality of cold-smoked Salmon. *Food Packaging and Shelf Life*, 13, 49-55.
- [15] Dekanski, Dragana, Ristić, Slavica, Radonjić, Nevena V, Petronijević, Nataša D, Dekanski, Aleksandar, Mitrović, Dušan M., 2011. Olive leaf extract modulates cold restraint stress-induced oxidative changes in rat liver. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 76(9), 1207-1218.
- [16] Tavafi, Majid, Ahmadvand, Hasan, Toolabi, Pooran., 2012. Inhibitory effect of olive leaf extract on gentamicin-induced nephrotoxicity in rats. *Iranian Journal of Kidney Diseases*, 6(1), 25.
- [17] Kashiri, Mahboobeh, Cerisuelo, Josep P, Domínguez, Irene, López-Carballo, Gracia, Hernández-Muñoz, Pilar, Gavara, Rafael., 2016. Novel antimicrobial zein film for
- [1] Rubilar, Javiera F, Cruz, Rui MS, Silva, Hélder D, Vicente, António A, Khmelinskii, Igor, Vieira, Margarida C., 2013. Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 466-474.
- [2] Selling, Gordon W, Woods, Kristen Kruger, Sessa, David, Biswas, Atanu., 2008. Electrospun zein fibers using glutaraldehyde as the crosslinking reagent: Effect of time and temperature. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 209(10), 1003-1011.
- [3] Irissin-Mangata, Josiane, Bauduin, Gérard, Boutevin, Bernard, Gontard, Nathalie., 2001. New plasticizers for wheat gluten films. *European polymer journal*, 37(8), 1533-1541.
- [4] Micard, V, Belamri, R, Morel, M-H, Guilbert, S., 2000. Properties of chemically and physically treated wheat gluten films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 2948-2953.
- [5] Ghanbarzadeh, Babak, Oromiehie, AR, Musavi, Mohamad, D-Jomeh, Zahra Emam, Rad, Elhame Razmi, Milani, Jafar., 2006. Effect of plasticizing sugars on rheological and thermal properties of zein resins and mechanical properties of zein films. *Food Research International*, 39(8), 882-890.
- [6] Bai, Jinhe, Alleyne, Victorine, Hagenmaier, Robert D, Mattheis, James P, Baldwin, Elizabeth A., 2003. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh) 1. *Postharvest Biology and Technology*, 28(2), 259-268.
- [7] Ali, Shahin Sharif, Kasoju, Naresh, Luthra, Abhinav, Singh, Angad, Sharanabasava, Hallihosur, Sahu, Abhishek, Bora, Utpal., 2008. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Research International*, 41(1), 1-15.
- [8] Anastasiadi, Maria, Chorianopoulos, Nikos G, Nychas, George-John E, Haroutounian, Serkos A., 2008. Antilisterial activities of polyphenol-rich extracts of grapes and vinification byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(2), 457-463.
- [9] Wong, Chi-Chun, Li, Hua-Bin, Cheng, Ka-Wing, Chen, Feng., 2006. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing

- packaging—Study with grape pomace and olive leaf extracts. *Food Packaging and Shelf Life*, 6, 1-6.
- [28] Saberi, Bahareh, Vuong, Quan V, Chockchaisawasdee, Suwimol, Golding, John B, Scarlett, Christopher J, Stathopoulos, Costas E., 2017. Physical, Barrier, and Antioxidant Properties of Pea Starch-Guar Gum Biocomposite Edible Films by Incorporation of Natural Plant Extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 10(12), 2240-2250.
- [29] Gao, Pingping, Wang, Feng, Gu, Fengying, Liang, Jun, Li, Ningbo, Ludescher, Richard D., 2017. Preparation and characterization of zein thermo-modified starch films. *Carbohydrate polymers*, 157, 1254-1260.
- [30] Erickson, Daniel P, Renzetti, Stefano, Jurgens, Albert, Campanella, Osvaldo H, Hamaker, Bruce R., 2014. Modulating state transition and mechanical properties of viscoelastic resins from maize zein through interactions with plasticizers and co-proteins. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 576-583.
- [31] Escamilla-García, Monserrat, Calderón-Domínguez, Georgina, Chanona-Pérez, Jorge J, Mendoza-Madriral, Angélica G, Di Pierro, Prospero, García-Almendárez, Blanca E, Regalado-González, Carlos., 2017. Physical, Structural, Barrier, and Antifungal Characterization of Chitosan-Zein Edible Films with Added Essential Oils. *International journal of molecular sciences*, 18(11), 2370.
- [32] Serna, Carolina Pena, Lopes Filho, José Francisco., 2015. Biodegradable zein-based blend films: structural, mechanical and barrier properties. *Food technology and biotechnology*, 53(3), 348.
- [33] Pérez-Gago, Maria B, Krochta, John M., 2001. Lipid particle size effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein/beeswax emulsion films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 996-1002.
- [34] Píneros-Hernández, Danyxa, Medina-Jaramillo, Carolina, López-Córdoba, Alex, Goyanes, Silvia., 2017. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 63, 488-495.
- [35] Almeida, Crislene Barbosa de, Corradini, Elisângela, Forato, Lucimara Aparecida, Fujihara, Raul, Lopes Filho, José Francisco., controlled release of lauroyl arginate (LAE). *Food Hydrocolloids*, 61, 547-554.
- [18] Gontard, Nathalie, Guilbert, STBPHANE., 1994. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin *Food packaging and preservation* (pp. 159-181): Springer.
- [19] Angles, M Neus, Dufresne, Alain., 2000. Plasticized starch/tunicin whiskers nanocomposites. 1. Structural analysis. *Macromolecules*, 33(22), 8344-8353.
- [20] Rhim, Jong-Whan, Gennadios, Aristippos, Weller, Curtis L, Cezeirat, Carole, Hanna, Milford A., 1998. Soy protein isolate-dialdehyde starch films. *Industrial Crops and Products*, 8(3), 195-203.
- [21] Properties, ASTM Subcommittee D20. 10 on Mechanical., 1995. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting.
- [22] Zardetto, Stefano, Dalla Rosa, Marco., 2006. Study of the effect of lamination process on pasta by physical chemical determination and near infrared spectroscopy analysis. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 402-409.
- [23] Ozer, Bahar Basak Peksen, Uz, Metin, Oymaci, Pelin, Altinkaya, Sacide Alsoy., 2016. Development of a novel strategy for controlled release of lysozyme from whey protein isolate based active food packaging films. *Food Hydrocolloids*, 61, 877-886.
- [24] Arcan, Iskender, Yemenicioğlu, Ahmet., 2013. Development of flexible zein-wax composite and zein-fatty acid blend films for controlled release of lysozyme. *Food Research International*, 51(1), 208-216.
- [25] Silva-Weiss, A, Bifani, V, Ihl, M, Sobral, PJA, Gómez-Guillén, MC., 2013. Structural properties of films and rheology of film-forming solutions based on chitosan and chitosan-starch blend enriched with murta leaf extract. *Food Hydrocolloids*, 31(2), 458-466.
- [26] Cheng, Siang-Ying, Wang, Be-Jen, Weng, Yih-Ming., 2015. Antioxidant and antimicrobial edible zein/chitosan composite films fabricated by incorporation of phenolic compounds and dicarboxylic acids. *LWT-Food science and technology*, 63(1), 115-121.
- [27] Licciardello, Fabio, Wittenauer, Judith, Saengerlaub, Sven, Reinelt, Matthias, Stramm, Cornelia., 2015. Rapid assessment of the effectiveness of antioxidant active

- methylocellulose films containing surfactants as affected by their microstructure. *Food Hydrocolloids*, 19(1), 53-6
- [40] Khalil, Ashraf A., Deraz, Sahar F., Elrahman, Somia Abd, El-Fawal, Gomaa., 2014. Enhancement of Mechanical Properties, Microstructure, and Antimicrobial Activities of Zein Films Cross-Linked Using Succinic Anhydride, Eugenol, and Citric Acid. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 45(6), 551-567. doi:10.1080/10826068.2014.940967
- [41] Moghaddam, Karami, Jomeh, Emam, Ardakani, Yassini., 2014. Evaluation physical, mechanical, preventing and anti-bacterial properties Caseinat- Sodium film content Pomegranate peel extract. *Iranian Biosystemes Engineering* 45 (2), 121-130.
2018. Microstructure and thermal and functional properties of biodegradable films produced using zein. *Polímeros(AHEAD)*, 0-0.
- [36] Sánchez González, Laura., 2011. Caracterización y aplicación de recubrimientos antimicrobianos a base de polisacáridos y aceites esenciales.
- [37] Vargas, Maria, Albors, Ana, Chiralt, Amparo, González-Martínez, Chelo., 2009. Characterization of chitosan-oleic acid composite films. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 536-547.
- [38] Sessa, David J, Cheng, HN, Kim, Sanghoon, Selling, Gordon W, Biswas, Atanu., 2013. Zein-based polymers formed by modifications with isocyanates. *Industrial Crops and Products*, 43, 106-113.
- [39] Villalobos, Ricardo, Chanona, Jorge, Hernández, Pilar, Gutiérrez, Gustavo, Chiralt, Amparo., 2005. Gloss and transparency of hydroxypropyl

The effect of olive leaf extract on physical and mechanical properties of zein corn edible film

Mousavi, S. B. ¹, Mirzaei, H. ^{2*}, Kashiri, M. ³, Ziaiiifar, A. M. ²

1. M.Sc student, Department of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
2. Associate Professor, Department of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences Natural Resources.
3. Assistant Professor, Department of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences Natural Resources.

(Received: 2018/11/05 Accepted:2019/01/29)

Today one of the most important concerns of the world is the significant volume of waste accumulation associated with the synthetic polymers used in food packaging. Therefore, biodegradable edible films are the best alternative for synthetic polymers and plastics. In this study, biodegradable films of corn zein containing two levels of olive leaf extract (10 and 15% w/w) are produced and their physical, mechanical, colorimetric and micro structure properties were investigated. The results showed that the effect of treatment on physical, mechanical and colorimetric properties was significant ($p < 0.05$). The results showed that by adding 15% extract, the thickness and moisture absorption increased compared to the control sample. Also, by increasing the percentage of olive leaf extract, there was a significant decrease in solubility and vapor permeability in all three relative humidity (33, 50 and 75%) compared to the control sample. In conclusion, it can be concluded from the results of this study that the combination of olive leaf extract with polymeric zein improves some physical and mechanical properties of edible film

Keywords: Edible film, Corn zein, Olive leaf extract, Physical and mechanical properties

* Corresponding Author Email Address: mirzaei Habib1@gmail.com