



استخراج نانوذرات گیاه آوندول (*Smyrniun cordifolium* Boiss) و استفاده از آن در تهیه بیوکامپوزیت موسیلاژ بذر

یونجه و روغن بذر گیاه خار مریم و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی

فاطمه خاکپور^{۱*}، سجاد پیرسا^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	زمینه مطالعاتی: افزودن نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم می تواند سبب بهبود خواص فیزیکوشیمیایی فیلم های بر پایه موسیلاژ بذر یونجه شود. هدف: هدف در این مطالعه تهیه فیلم های خوراکی از موسیلاژ بذر یونجه با نانوذرات آوندول (۰، ۲، ۴٪) و اسانس خار مریم (۰، ۱، ۲٪) بود. روش کار: فیلم های خوراکی بر پایه موسیلاژ بذر یونجه تهیه شده و نانوذرات آوندول (۰، ۲، ۴٪) و اسانس خار مریم (۰، ۱، ۲٪) به آن افزوده شد. خواص فیزیکوشیمیایی فیلم ها تهیه شده بررسی شد. نتایج: مطابق نتایج به دست آمده با افزایش مقدار نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در فیلم باعث کاهش خواص مکانیکی فیلم ها شد. نتایج فعالیت ضد میکروبی نشان داد که افزودن نانوذرات آوندول باعث فعالیت فیلم علیه <i>استافیلوکوکوس اورئوس</i> شد. نتایج پراکنندگی نور دینامیکی (DLS) نانوذرات آوندول را تایید کردند. نتایج تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR) حضور فیزیکی نانوذرات آوندول را در ماتریس پلیمری تایید کرد. افزایش نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در فیلم ها توانستند تجزیه حرارتی موسیلاژ بذر یونجه را به تاخیر بیندازند و باعث افزایش پایداری حرارتی فیلم موسیلاژ گردند. نتیجه گیری نهایی: افزودن نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم به فیلم های خوراکی بر پایه موسیلاژ بذر یونجه سبب بهبود ضد میکروبی، فوریه مادون قرمز (FTIR) فیلم ها، همچنین موجب تضعیف خواص مکانیکی گردید.
کلمات کلیدی: فیلم خوراکی، موسیلاژ، نانوذرات آوندول، اسانس خار مریم.	
DOI: 10.22034/FSCT.21.147.114.	
مسئول مکاتبات: * sevdakhakpour1@gmail.com	

۱- مقدمه

با توجه به افزایش تولید و مصرف پلیمرها و پلاستیک‌های نفتی در زندگی روزمره انسان، بیماری‌های ناشی از مسمومیت‌های غذایی به تهدید بزرگی برای سلامت انسان تبدیل شده است. از آنجایی که بخش عمده‌ای از صنعت بسته‌بندی پلاستیک است، صنعت بسته‌بندی را می‌توان به فرآورده‌های نفتی پیوند داد [۱]. بنابراین رشد روزافزون جمعیت، آلودگی‌های ناشی از مواد بسته‌بندی مشتقات نفتی و مشکلات ناشی از روش‌های مختلف دفع این مواد از جمله سوزاندن، دفن و بازیافت، توجه بیشتری را به پلیمرهای زیستی و بسته‌بندی زیستی جلب کرده است. فیلم‌ها و پوشش‌های زیست تخریب‌پذیر به دلیل سازگاری با محیط زیست و وابستگی کم به منابع تجدیدنپذیر جایگزین مناسبی برای فیلم‌های مصنوعی در صنعت بسته‌بندی هستند و توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده‌اند [۲-۳]. پلاستیک‌های مصنوعی که برای بسته‌بندی استفاده می‌شود. انواع مختلف غذا باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی جدی می‌شود. اثرات زیست محیطی مصرف پلاستیک در صنایع غذایی، صنعت بسته‌بندی را به تولید بسته‌بندی از مواد تجدید پذیر تشویق کرده است [۴-۵]. بسته‌بندی زیست تخریب پذیر از محصولات غذایی در برابر آسیب‌های مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی محافظت می‌کند و از افت کیفیت آن‌ها جلوگیری می‌کند. همچنین می‌تواند از فعالیت میکروبی به عنوان یک حامل ضد میکروبی در قالب بسته‌بندی ضد میکروبی جلوگیری کرده و ماندگاری محصولات غذایی را افزایش دهد [۶-۷]. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه جایگزینی پلیمرهای مصنوعی با پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر به ویژه برای بسته‌بندی مواد غذایی انجام شده است. بیشتر معایب و مشکلات پلیمرهای مصنوعی به دلیل زیست تخریب‌پذیری آن‌ها در طبیعت، برای بیوپلیمرها مطرح نشده است و همین امر باعث شده است تا بسیاری از محققان از انواع بیوپلیمرها در مطالعه بسته‌بندی مواد غذایی برای ساخت بسته‌بندی زیستی استفاده کنند. تجزیه‌پذیر در

نظر گرفته می‌شود [۸-۹]. مواد اصلی تشکیل دهنده فیلم زیست بسپارهایی شامل پروتئین‌ها، چربی‌ها و پلی‌ساکاریدها می‌باشند این مواد می‌توانند به تنهایی یا در ترکیب با هم بکار روند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زیست بسپارها تأثیر زیادی بر خصوصیات فیلم‌های ساخته شده از آن‌ها دارد. مواد تشکیل دهنده فیلم می‌توانند آب گریز یا آب دوست باشند [۱۰]. از جمله ترکیبات پلی‌ساکاریدی که برای تشکیل فیلم‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند موسیلاژها و صمغ‌های دانه‌ای هستند. موسیلاژها ترکیبات بیوپلیمری هستند که از آن‌ها در تولید ترکیبات مختلفی اعم از دارویی و غذایی استفاده می‌گردد و در این ارتباط موسیلاژهای گیاهی ترجیح داده می‌شوند زیرا غیرسمی هستند، قیمت کمی دارند و فراوان هستند [۱۱] یکی از این موسیلاژها که برای تهیه فیلم خوراکی استفاده شده است، موسیلاژ دانه یونجه می‌باشد که در مطالعه حاضر از آن استفاده می‌گردد. موسیلاژ می‌تواند مستقیماً به عنوان یک ساختار ژله مانند در قسمت‌های رویشی گیاهان (میوه، برگ، گل، ریشه یا ساقه) همچنین در دانه‌ها پس از درمان با آب رخ دهد. از دیدگاه شیمیایی، موسیلاژها مولکول‌های بزرگی هستند که عمدتاً حاوی کربوهیدرات‌ها و اسیدهای اورونیک و همچنین گلیکوپروتئین‌ها و سایر ترکیبات زیست فعال هستند [۱۲]. موسیلاژها طیف وسیعی از کاربردها را دارند: در مواد غذایی و مواد مغذی به عنوان ساختار، ژل، بافت، و تشکیل فیلم، در داروسازی به عنوان چسباننده و تجزیه کننده برای سیستم‌های دارورسانی، و در لوازم آرایشی به عنوان تثبیت کننده. آن‌ها همچنین در صنایع نساجی و کاغذ علاقه زیادی به خود جلب کرده‌اند و می‌توان از آن‌ها در تولید رنگ استفاده کرد. یونجه (*Medicago sativa* L.) یک حبوبات علوفه‌ای علفی و چند ساله است. در سراسر جهان به دلیل ارزش غذایی بالا به عنوان علوفه و خوراک دام یونجه همچنین به دلیل ویژگی پایدار آن شناخته شده است، سازگاری عالی با شرایط آب و هوایی شدید و زیست محیطی انعطاف‌پذیری به عنوان مثال،

می‌تواند ساختار سطح را نیز به دلیل اثر مکانیکی شیمیایی تغییر دهد. آسیاب گلوله‌ای می‌تواند اثرات شدیدی بر دیواره سلولی گیاه داشته باشد. حالت کار و همچنین مواد کوزه فرز (milling jar) و گلوله‌ها و نوع و مقدار مواد اولیه بر نتیجه آسیاب تأثیر می‌گذارد [۲۴]. در میان آسیاب‌های گلوله‌ای پرانرژی، آسیاب سیاره‌ای یک وسیله مکانیکی همه-کاره و ساده برای آسیاب کارآمد است. اخیراً از آسیاب‌های سیاره‌ای برای تهیه پودرهای ریز از انواع مواد گیاهی، معدنی، شیمیایی، سنگ معدن، آلیاژ، شیشه و سرامیک استفاده می‌شود. آسیاب سیاره‌ای می‌تواند ذرات را بر اساس انتقال مکانیکی انرژی، یا نیروهای ضربه و اصطکاک از طریق گلوله‌های توبی رسانا با سختی بالا، به پودرهای ریز تبدیل کند و اغلب در آزمایشگاه‌ها و صنعت برای تولید مواد با اندازه ذرات کوچک استفاده می‌شود [۲۵]. آسیاب گلوله‌ای شامل حرکت توپ‌ها است که انرژی جنبشی را به مواد در حال آسیاب می‌دهد، پیوندهای شیمیایی را می‌شکند و سطوح تازه را با شکستن ذرات مواد ایجاد می‌کند. به منظور بهبود خواصی که ماده خام فاقد آن است، مانند حالیت، پراکندگی، اثرات سطحی و واکنش شیمیایی، فناوری آسیاب فوق ریز توسعه یافته است [۲۶]. از مزایای آسیاب گلوله‌ای با انرژی بالا می‌توان به انعطاف‌پذیری، سادگی، سهولت جابجایی، ظرفیت برای دوره‌های تولید بزرگ اشاره کرد از این تحقیق به صورت فیزیکی با استفاده از دستگاه آسیاب سیاره‌ای و با استفاده از نیروی خردایش گیاه خشک و پودر شده *Smyrniun cordifolium* Boiss به ذرات نانو تبدیل شد و با استفاده DLS میانگین اندازه ذرات نانو ذره استخراج شده گرفته شد و سپس با مخلوط موسیلاژ بذر یونجه با نانو ذرات گیاه آوندول روغن بذر گیاه خار مریم اقدام به تهیه فیلم خوراکی شد. مطابق بررسی‌های صورت گرفته، تاکنون تحقیقی در مورد تأثیر نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم بر فیلم‌های خوراکی تهیه شده از موسیلاژ بذر یونجه صورت نگرفته است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در

یونجه به حفاظت از خاک، تثبیت نیتروژن، کاهش آلاینده‌های خاک، کاهش آلاینده‌های هوا، ترسیب دی اکسید کربن و غیره کمک می‌کند [۱۳]. ماده پروتئینی با ترکیب اسیدآمین به ضروری مشابه آن کنسانتره پروتئین سویا و ۱۷-۲۷ درصد محلول و نامحلول فیبرهای غذایی [۱۴] علاوه بر این، مجموعه‌ای از ریز مغذی‌ها از جمله کاروتنوئیدها، توکوفرول، پلی‌فنول‌ها، ساپونین‌ها و ویتامین‌ها از B-complex شناسایی شده‌اند [۱۵]. از خار مریم برای مصارف دارویی برای بیش از ۲۰۰۰ سال، بیشتر برای درمان بیماری‌های کبدی (سیروز و هپاتیت) و همچنین برای محافظت از کبد در برابر مواد سمی استفاده شده است. اثرات درمانی خار مریم ارتباط نزدیکی با وجود فلاونوئید دارد مجموعه‌ای به نام سیلیمارین، متشکل از مخلوطی از سیلیبین A و B، ایزوسیلیبین A و B، سیلی کریستین و سیلیدیانین تشکیل شده است [۱۶] از کل گیاه نیز برای اهداف دارویی برای درمان کلیه، طحال، کبد و بیماری‌های کیسه صفرا استفاده می‌شود [۱۷] سیلیمارین همچنین پیوندهای مناسب آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدفیبروتیک را نشان داد. مشخص شد که بیوسنتز پروتئین را تحریک می‌کند، شیردهی را افزایش می‌دهد و دارای آن است فعالیت تعدیل کننده ایمنی علاوه بر این، سیلیمارین رشد سلولی، سنتز DNA و سایر سیگنال‌های میتوژنیک را در سرطان پروستات، پستان و دهانه رحم انسان مهار می‌کند [۱۸]. *Smyrniun cordifolium* Boiss یک گیاه دارویی متعلق به خانواده Apiaceae و از جمله گیاهان بومی ایران می‌باشد که به خوبی در ارتفاعات و دامنه‌های رشته کوه زاگرس در مناطق غربی ایران رشد می‌کند [۱۹]. سسکوئی ترپن‌ها، مونوترپن‌ها و فلاونوئیدها از جمله ترکیبات اصلی موجود در اسانس این گونه گیاهی می‌باشد [۲۰]. روش آسیاب گلوله‌ای یک روش متداول برای تولید پودر ریز در بسیاری از صنایع [۲۱]. و یک ابزار مکانیک شیمی و شاخه‌ای در حال گسترش از شیمی است. آسیاب گلوله‌ای مواد طبیعی می‌تواند پتانسیل کاربرد آن‌ها را به سطح جدیدی برساند [۲۲]. آسیاب گلوله‌ای با انرژی بالا علاوه بر کاهش اندازه ذرات تا مقیاس نانو [۲۳]،

خار مریم آسیاب شده را در بالن ژوژه ریخته و حدود سه برابر آن آب مقطر اضافه شد. با بستن اتصالات بالن و مبرد و باز نمودن جریان آب سرد مرتبط به مبرد و حرارت دادن بالن عمل اسانس گیری صورت گرفت و با سولفات سدیم بدون آب، آبگیری شد [۲۸].

۲-۴- استخراج نانوذره از گیاه آوندول

ابتداء ساقه و برگ های گیاه آوندول را از ارتفاعات کوه ها جمع آوری شد و سپس به مدت چهار روز در سایه خشک و سپس با استفاده از آسیاب خرد گردید و بعد با استفاده از الک میکرومتر الک شد و سپس به مدت شش ساعت داخل آسیاب سیاره ای با دور ۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. پس از هر ساعت ده دقیقه چرخش آسیاب سیاره ای متوقف گردید. و در آخر نانوذراتی که به شکل پودر شده را درون یک ظرف مشکی نگهداری می شود.

۲-۵- تهیه فیلم ها

ابتدا ۲ گرم موسیلاژ بذر یونجه را درون ۸۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته و با استفاده از همزن مغناطیسی با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و سرعت ۵۰۰rpm همزده شد. و درصدهای مختلفی از نانوذرات آوندول (۰، ۲، ۴٪) و اسانس خار مریم (۰، ۱، ۲٪) در ۲۰ میلی لیتر آب مقطر حل و به محلول موسیلاژ بذر یونجه اضافه شد. پس از افزودن ۱۵٪ گلیسرول به محلول، با استفاده از محلول NaOH، pH روی ۷ تنظیم شد. محلول داخل فالكون ریخته و سانتریفوژ شد. محلول رویی حاصله را داخل پلیت ریخته و پس از گذشت ۴۸ ساعت در دمای اتاق فیلم ها خشک گردید، سپس فیلم های خشک شده را در کیسه های زیپ دار نگهداری می شود [۲۹].

غلظت های مختلف بر روی خواص فیزیکوشیمیایی فیلم های خوراکی تهیه شده بر پایه موسیلاژ بذر یونجه می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

موسیلاژ با استفاده از بذر یونجه، اسانس با استفاده از گیاه خار مریم و نانوذرات با استفاده از آوندول استخراج شده، مورد استفاده قرار گرفت. نیترات سدیم، متانول ۹۹ درصد، گلیسرول، سیلیکاژل و سایر ترکیبات و محلول های شیمیایی از شرکت مرک (آلمان) و سیگما-آلد ریچ (آمریکا) تهیه شده و بدون خالص سازی مجدد مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲- روش آماده سازی موسیلاژ از بذر یونجه

بذر یونجه به نسبت ۱ به ۲۰ با آب مقطر مخلوط و ابتدا در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در معرض اولتراسوند قرار داده شد و سپس به مدت ۲ ساعت روی همزن مغناطیسی در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس کل محتویات از فیلتر پارچه ای عبور داده شد. دانه های باقیمانده روی فیلتر پارچه ای دوباره با نسبت کمتری آب مقطر مخلوط شد و پس از یک ۱ ساعت هم زدن، از فیلتر پارچه ای عبور داده شد. سپس مخلوط حاصل از مرحله قبل به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. موسیلاژ حاصل از مرحله قبل با استفاده از آون در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد خشک گردید و در کیسه زیپ دار نگهداری شد [۲۷].

۲-۳- تهیه اسانس از خار مریم

با استفاده از دستگاه کلونجر از دانه های خار مریم اسانس آن به روش تقطیر با آب استحصال شد. بدین ترتیب که دانه های

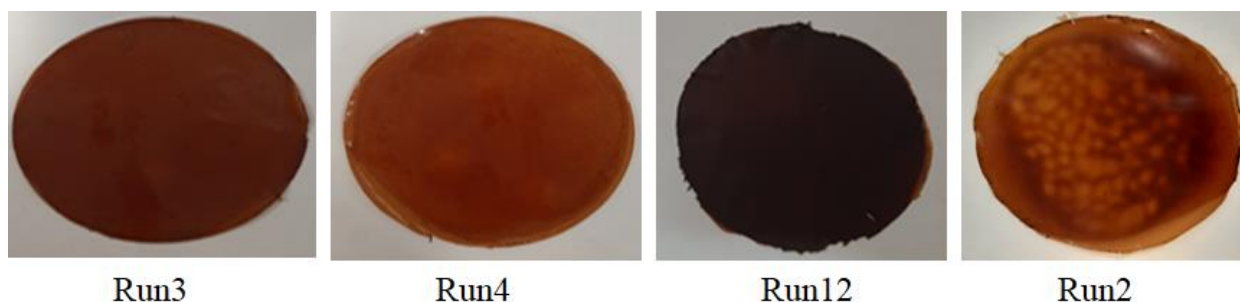


Fig 1: An image of the prepared films

آزمایش‌های کشش با دستگاه آنالیز بافت انجام شد. نیروی ۲۰۰ نیوتون، فاصله بین دو فک دستگاه ۴۰ میلی‌متر و سرعت حرکت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه انتخاب شد. سپس ویژگی‌های کششی فیلم‌ها شامل مقاومت کششی $(TS)^2$ و درصد کشش در نقطه پارگی (%E) مطابق روش استاندارد ASTM D882-12 ارزیابی شد [۲۹].

۲-۶-۴- بررسی ویژگی‌های ضد میکروبی

در روش انتشار آگار، فیلم‌ها با قطر ۱۵ میلی‌متر بصورت دیسک بریده شدند و بر روی محیط کشت مولر هیلتون آگار و صفحات حاوی اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس قرار گرفتند. سپس صفحات در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. سپس قطر هاله عدم رشد با کولیس اندازه‌گیری شد [۲۹].

۲-۶-۵- اندازه‌گیری خواص حرارتی (DSC)

برای اندازه‌گیری خواص حرارتی فیلم‌ها از دستگاه DSC (مدل Netzsch 200 F3 ساخت آلمان) در دانشگاه ارومیه استفاده شد. دقت دستگاه ۰/۱ درجه‌سانتی‌گراد است و گرمای منتقل شده را با دقت ۰/۱ w/mg اندازه‌گیری می‌کند. کالبراسیون دستگاه توسط ایندیوم و نقره صورت گرفت. ظرف آلومینیومی خالی به عنوان مرجع و ازت به عنوان اتمسفر مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌هایی با وزن ۰/۰۴ گرم با سرعت ۲۲°C/min در گستره دمایی ۰ تا ۲۴۰ درجه‌سانتی‌گراد حرارت داده شدند. از روی الگوی گرمایی

۲-۶-۲- خصوصیات فیلم‌ها

۲-۶-۲-۱- پراکندگی نور دینامیکی $(DLS)^1$

اندازه ذرات یا پتانسیل زتا میانگین قطر، توزیع اندازه یا پتانسیل زتا نمونه‌ها با استفاده از تحلیل‌گر اندازه ذرات، Malvern 3000 Zetasizer Nano-ZS آزمایش شد. نمونه‌ای از نانوپودر در آب دو مقطر (به عنوان حلال) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد پخش شد. نمونه در معرض پرتوهای فوتون قرار گرفت که باعث واکنش ذره شد. پراکندگی پرتو ذرات باعث نوساناتی در شدت توزیع شد که در گوشه مورد نظر جمع شد و سپس توسط یک آشکارساز حساس شناسایی شد. سوسپانسیون نمونه فقط به مدت ۶۰ دقیقه تحت فراصوت قرار گرفت [۳۰].

۲-۶-۲-۲- سنجش ویژگی‌های رنگی

پارامترهای رنگی (هانت L, a, b) با استفاده از سیستم هانتربل (Colorimetr Minolte CR-400) اندازه‌گیری شد. به منظور کالیبره کردن دستگاه برای اندازه‌گیری رنگ فیلم‌ها از یک صفحه سفید استاندارد استفاده شد. عوامل تعیین شده در این دستگاه شامل L یا روشنایی فیلم (۰ تا ۱۰۰)، a سبزی-قرمزی (۸۰- تا ۱۰۰) و b آبی-زردی (۸۰- تا ۷۰) می‌باشد [۲۹].

۲-۶-۲-۳- اندازه‌گیری خواص مکانیکی فیلم

F9	2	1
F10	0	1
F11	2	1
F12	4	0
F13	2	2

بدست آمده، دمای ذوب (T_m)، دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) تعیین شد [۲۹].

۲-۶-۶- طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز

3 (FTIR)

تغییرات گروه‌های عاملی به کمک دستگاه اسپکتروسکوپی تبدیل فوریه مادون قرمز بررسی شد. در طیف حاصله از ماده، گروه‌های عاملی موجود در ساختار شیمیایی در نواحی مشخص به صورت پیک، ظاهر شد. طیف FTIR در حالت عبور با استفاده از اسپکتروفتومتر در گستره عدد موج $4000-500 \text{ cm}^{-1}$ بررسی شد [۲۹].

۲-۷- تجزیه تحلیل آماری

در این مطالعه از روش آماری سطح پاسخ و طرح آماری مرکب مرکزی برای بررسی تاثیر دو فاکتور متغیر درصدهای نانوذره آوندول و اسانس خار مریم بر روی خواص فیزیکوشیمیایی فیلم‌های تهیه شده استفاده گردید. آنالیز آماری داده‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد و با استفاده از نرم-افزار دیزاین اکسپرت-۱۰ انجام پذیرفت.

Table 1: Table of prepared films

F1	2	1
F2	4	2
F3	0	0
F4	0	2
F5	2	1
F6	4	1
F7	2	0
F8	2	1

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پراکندگی نور دینامیکی (DLS)

اندازه ذرات و پتانسیل زتا اندازه ذرات یا توزیع اندازه با استفاده از روش پراکندگی نور پویا (DLS) که رایج‌ترین تکنیک برای تشخیص توزیع اندازه است، شناسایی شد. در شکل ۳-۱- مشخصات نانوپودرها با اندازه‌ی 371 nm را نشان داد. پتانسیل زتا معیار قابل توجهی است که نشان دهنده پایداری سیستم میسل است. گزارش شده است که تحت یک بار سطحی نسبتاً زیاد، ذرات می‌توانند یکدیگر را دفع کنند با نیروی دافعه الکترواستاتیک قوی، در نتیجه پایداری سیستم را افزایش می‌دهد [۳۱]. پتانسیل زتا معیاری برای اندازه بارهای نانوپودر است. ارزش بیشتری دارد علاوه بر این، محققان نانوذره را به‌عنوان ذره جامد یا پراکنده با مقیاس 1000 نانومتر تعریف کردند [۳۲]. میکروذرات اصطلاحی برای توصیف ذرات با قطر $1-1000$ میکرومتر است [۳۳]. بسیاری از محققان از واژه نانو ذره برای مواد خود در اندازه‌های بیش از 100 تا 1000 نانومتر استفاده کردند، مانند $150-250$ نانومتر [۳۴]، 234.7 نانومتر - 892.6 نانومتر [۳۵]، 680 و 974 نانومتر [۳۶]. این نتایج نانوذره بودن پودر آوندول را تایید می‌کند.

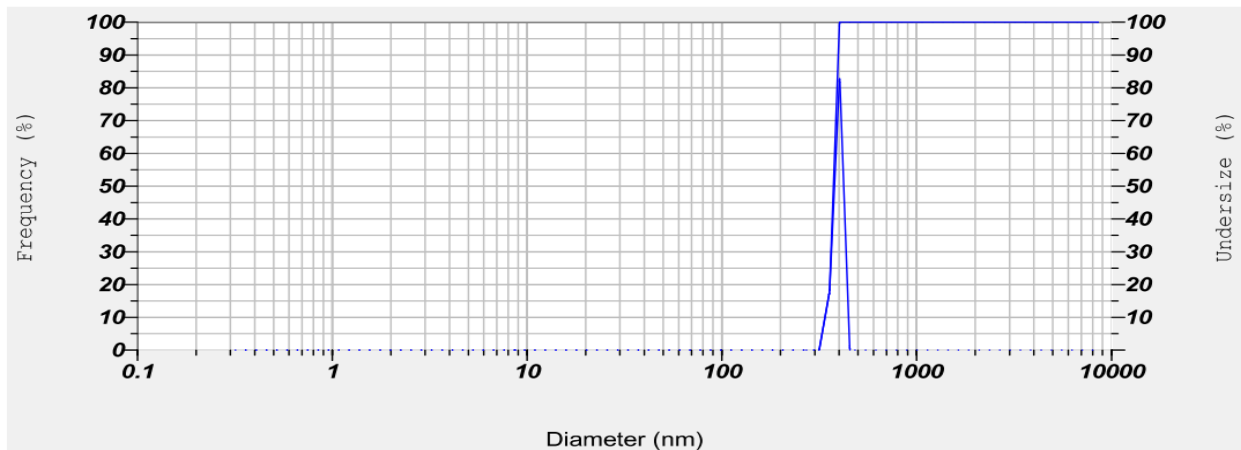


Figure 3-1: (DLS) alfalfa seed mucilage films with *Smyrniun cordifolium* nanoparticles and milk thistle essential oil.

اسانس خار مریم میزان a و b به طور معنی داری ($p < 0.05$)

کاهش یافت که با نتایج زلفی و همکاران مطابقت دارد [38].

$$L^* = 83.999 - 97.113 * A - 78.379 * B + 127.597 * A * B$$

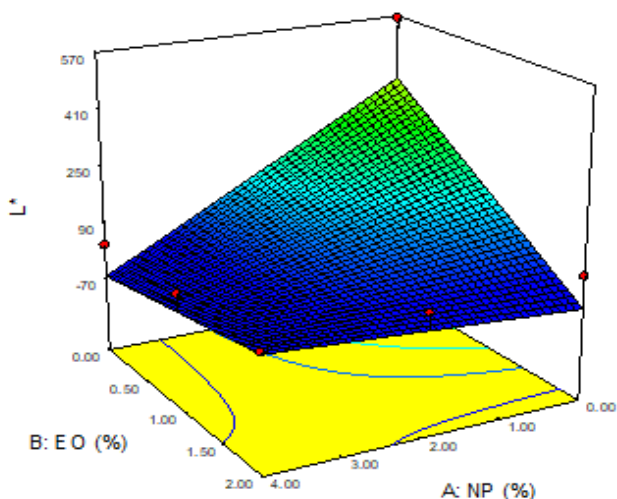
$$(R^2 = 0.634; \text{Adj}R^2 = 0.512)$$

$$a^* = 6.063 - 4.837 * A - 1.702 * B + 1.038 * A * B + 0.372 * A^2 - 1.106 * B^2$$

$$(R^2 = 0.990; \text{Adj}R^2 = 0.933)$$

$$b^* = 10.316 - 13.197 * A + 3.974 * B - 0.097 * A * B + 6.257 * A^2 - 1.178 * B^2$$

$$(R^2 = 0.978; \text{Adj}R^2 = 0.962)$$



۳-۲- ویژگی های رنگی

تأثیر درصد نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم بر روی L, a, b در شکل ۳-۲ نمایش داده شده است. معادله ریاضی ها ارتباط بین متغیرهای مستقل L, a, b و ضرایب رگرسیون ها را نشان می دهد. تحقیق در زمینه رنگ مواد غذایی و فاکتورهای تأثیرگذار بر آن هم چنان به عنوان بخش مهمی از تحقیقات در زمینه مواد غذایی است [37]. رنگ و شفافیت فیلم های بسته بندی، نقش مهمی در ظاهر و مقبولیت آن ها دارد. معمولاً در بسته بندی اکثر مواد غذایی ترجیح داده می شود که پلیمر مورد استفاده بی رنگ کاملاً شفاف بوده و نمایانگر ویژگی های ظاهری محصول بسته بندی شده باشد. پارامتر رنگ L معیاری از روشنایی/ تاریکی را ارائه می دهد. پارامتر رنگ a معیاری از قرمزی/ سبزی، پارامتر رنگ b معیاری از زردی/ آبی را ارائه می دهد مقادیر L از ۰ تا ۱۰۰ به عنوان نشانه ای از تاریکی به روشن است. هر چه مقدار ترکیب بالاتر باشد، سفیدی بیشتر است با توجه به شکل ها با افزایش نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم میزان L تغییری نکرده. براساس مطالعات متعدد صورت گرفته در ارتباط با تأثیر نانوذرات مختلف بر شاخص های رنگی فیلم های نانوکامپوزیت نتایج مختلفی وجود دارد که این امر می تواند به دلیلی خاصیت و ویژگی های متفاوت نانوذرات باشد. همچنین با افزایش نانوذرات آوندول و

می‌گذارند هر چقدر این پیوندها بیشتر و قوی تر باشند پیوستگی ساختاری بیشتر و در نتیجه مقاومت مکانیکی بالاتر خواهد بود. بهینه کردن ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های خوراکی از جنبه‌های مختلفی حائز اهمیت است از جمله مقاومت بالای فیلم باعث می‌شود که در اثر وارد آمدن تنش به ماده بسته بندی، دچار صدمات مکانیکی نظیر سوراخ شدن نگشته و در نتیجه ویژگی‌های بازدارندگی خود را نسبت به گازها و رطوبت حفظ کند. انعطاف پذیری بالای فیلم باعث می‌شود که بدون ایجاد شکستگی با شکل ماده غذایی تطابق پیدا کرده و به راحتی به عنوان پوشش مورد استفاده قرار گیرد. مشخصات مکانیکی از جمله عوامل مهم در انتخاب نوع بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشد. بسته‌بندی باید قابلیت محافظت در برابر استرس فیزیکی و تغییر شرایط محیطی را در طول نگهداری تا زمان مصرف داشته باشد. استحکام کششی نشان‌دهنده حداکثر تنش کششی است که فیلم می‌تواند تحمل کند، درصد کشیدگی نشان‌دهنده توانایی یک فیلم برای کشش است، این حداکثر تغییر در طول نمونه آزمایش قبل از شکستن است و مدول الاستیک معیاری برای سفتی فیلم است. بسته‌بندی مواد غذایی به طور کلی نیاز به تنش زیاد با تغییر شکل براساس کاربرد مورد نظر دارد. TS حداکثر تنش کششی است که توسط نمونه در طول تست تنش متحمل می‌شود [۳۹]. در شکل ۳-۳ نتایج مقاومت کششی و درصد افزایش طول در نقطه شکست فیلم‌های تولیدی مشاهده می‌شود. مقاومت کششی و درصد افزایش طول برای فیلم موسیلاژ بذر یونجه با افزودن نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم کاهش پیدا کرد. افزودن اسانس خار مریم به فیلم‌های موسیلاژ باعث کاهش مقاومت کششی می‌گردد. این امر می‌تواند به دلیل توزیع نامتناسب اسانس خار مریم در ماتریکس پلیمری موسیلاژ بذر یونجه باشد که به دلیل عدم هماهنگی اسانس خار مریم و بیوپلیمر موسیلاژ بذر یونجه باشد که این پدیده به دلیل تاثیر چربی بر روی شاخه‌های موسیلاژ و این پدیده که فاز غنی از پلی‌ساکارید دارای مقاومت کششی بالاتری در مقایسه به فازهای لیپیدی می‌باشد که با نتایج مایزورا و همکاران مطابقت دارد [۴۰].

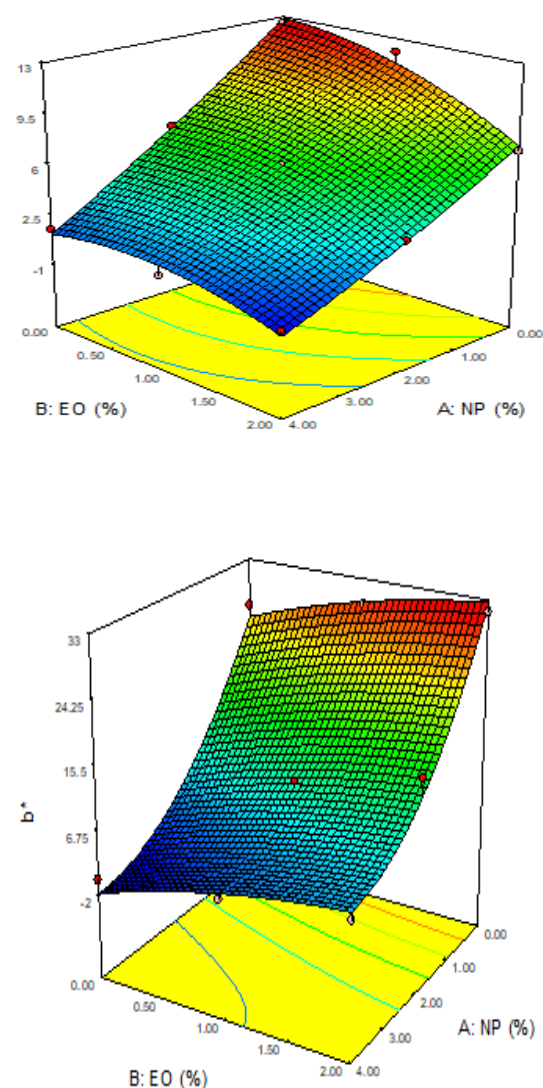


Figure 3-2: L,a,b three-dimensional shape of alfalfa seed mucilage film with Smyrniac cordifolium nanoparticles and milk thistle essential oil.

۳-۳- خواص مکانیکی کامپوزیت‌های تولیدی (مقاومت به کشش، درصد افزایش طول)

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک فیلم سنتزی، خواص مکانیکی آن است این خصوصیت متأثر از طول زنجیر و وزن مولکولی ماکرومولکول‌ها و همچنین طول و موقعیت زنجیرهای جانبی در آن است. این ویژگی‌ها بر توانایی بیوپلیمر در تشکیل پیوندهای بین مولکولی اثر

کرد. همانطور که مشخص است فیلم‌های مذکور از رشد *اشرشیاکلی* و *استافیلوکوکوکس/اورئوس* جلوگیری کردند. با افزایش میزان نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم قطر هاله عدم رشد افزایش یافته است. بنابراین می‌توان گفت که فیلم‌های ساپورت شده با این ترکیبات می‌توانند همانند یک بسته‌بندی فعال علیه میکروارگانیسم‌ها عمل کنند. بطور کلی خاصیت بازدارندگی فیلم‌های حاوی نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در برابر میکروارگانیسم‌های گرم مثبت (*S. aureus*) نسبت به انواع گرم منفی (*E. coli*) بیشتر است. علت این پدیده تفاوت ساختار دیواره سلولی این میکروارگانیسم‌ها است. ترکیب اصلی دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت پپتیدوگلیکان به همراه مقدار کمی پروتئین است؛ اما دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی با وجود ضخامت کمتر، پیچیدگی بیشتری داشته و علاوه بر پپتیدوگلیکان حاوی پلی‌ساکاریدهای مختلف، پروتئین‌ها و لیپیدها می‌باشد. همچنین دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی دارای غشای خارجی است که سطح خارجی دیواره را می‌پوشاند. مجموعه این عوامل سبب افزایش مقاومت باکتری‌های گرم منفی نسبت به باکتری‌های گرم مثبت می‌گردد [۴۱]. نانوذرات آوندول، بر اساس نسبت سطح به حجم، خاصیت ضدباکتریایی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. احتمال داده می‌شود یون‌های آزاد شده از نانو مواد با گروه‌های تیول (SH-) پروتئین‌های سطحی سلول‌های باکتریایی واکنش دهند. تعدادی از این پروتئین‌های غشای سلول باکتریایی عمل انتقال مواد معدنی از سطح دیواره را به عهده دارند؛ که نانو مواد با اثر بر روی این پروتئین‌ها باعث غیر فعال شدن و نفوذ ناپذیری غشاء می‌شوند [۴۲]. غیر فعال شدن تراوایی غشاء در نهایت باعث مرگ سلول می‌شود. همچنین نانو مواد چسبیدن سلول باکتری و تشکیل بیوفیلم را به تأخیر می‌اندازند که این عمل باعث می‌شود گروهی از باکتری‌ها نتوانند تثبیت شوند و تکثیر یابند [۴۳]. مشخص شده است که اتصال قوی نانوذرات به غشای بیرونی باکتری‌ها می‌تواند مانع از عملکرد آنزیم دهیدروژناز گردد. جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های پری‌پلاسمیک باکتری

$$\text{Tensile strength (Mpa)} = 1.636 - 2.199 * A - 1.545 * B + 0.439 * A * B + 1.804 * A^2 + 0.818 * B^2$$

$$(R^2 = 0.975; \text{Adj}R^2 = 0.958)$$

$$\text{Elongation at Break (\%)} = 9.265 + 27.34 - 18.586 * A - 8.387 * B + 4.527 * A * B + 14.559 * A^2 + 1.655 * B^2$$

$$(R^2 = 0.986; \text{Adj}R^2 = 0.977)$$

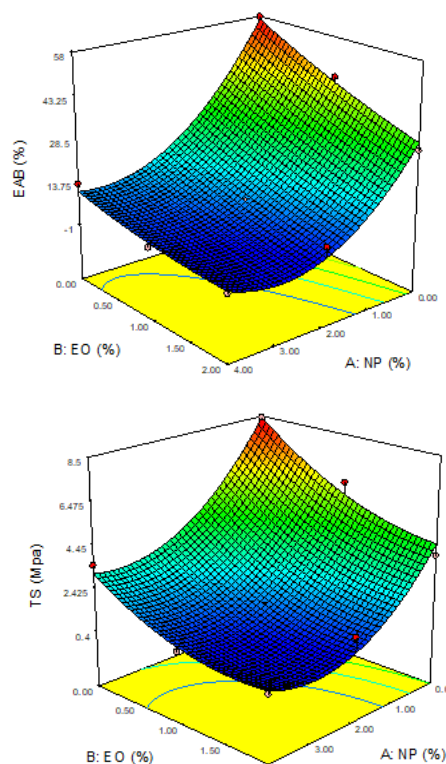
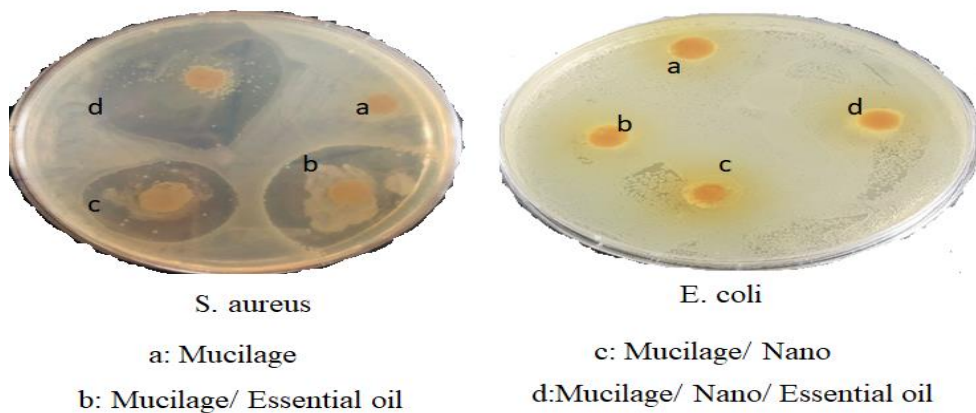


Figure 3-3: The three-dimensional figure of tensile strength, percent increase in film length of alfalfa seed mucilage with *Smyrniurn cordifolium* nanoparticles and milk thistle essential oil.

۳-۴- بررسی ویژگی‌های ضد میکروبی

ویژگی‌های ضد میکروبی فیلم نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در جدول و شکل ۳-۴- نشان داده شده است. فیلم‌های خوراکی می‌توانند حاوی آنتی‌اکسیدان و مواد ضد-میکروبی باشند. چندین سال است که برای تأخیر یا جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها برای غذاها پوشش-هایی در نظر گرفته شده است. رشد میکروبی تا حد زیادی یک پدیده سطحی است و بنابراین با محدود کردن رشد باکتری‌ها بر روی سطح غذاها عمر مفید بهبود پیدا خواهد

و در نتیجه جلوگیری از فعالیت و عملکرد DNA ، RNA و سنتز پروتئین نیز دیده شده است. در مجموع مهار این فعالیت‌ها منجر به لیز سلولی خواهد شد [۴۴].



Microorganism		Films
E. coli	S. aureus	
-	3	A
-	22.12	B
-	17.03	C
-	31.21	D

Figure 3-4: The diameter of the growth halo (mm)

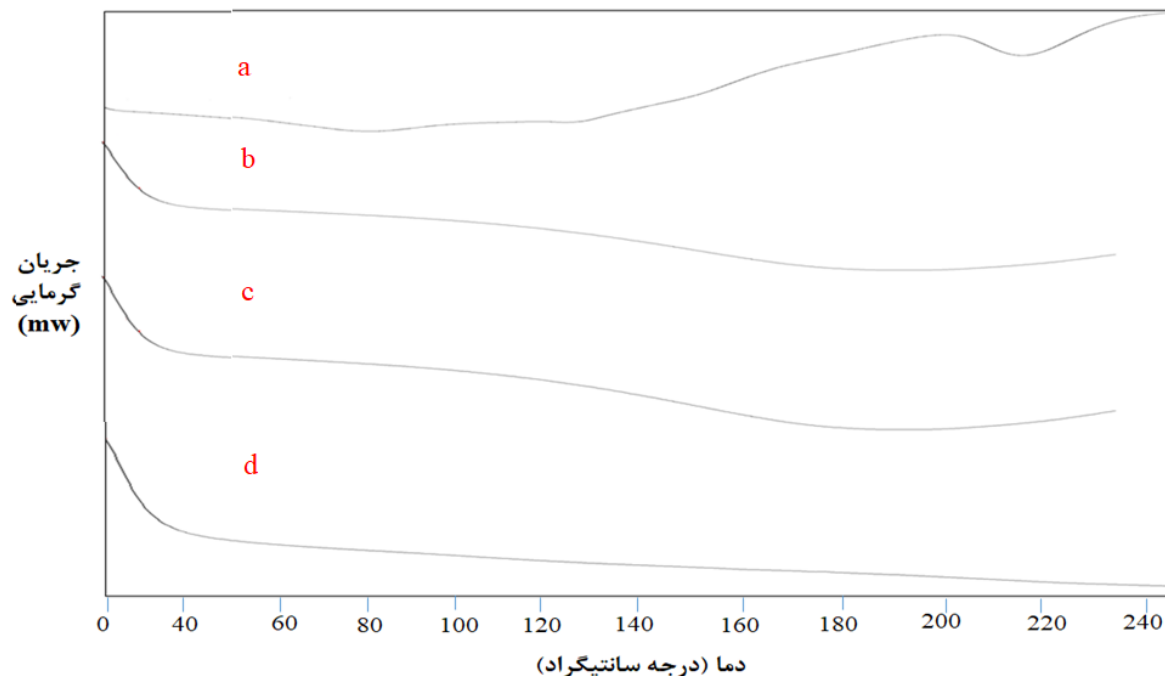
پلیمری بصورت کاملاً مایع و روان درمی‌آید. در مطالعه حاضر خواص حرارتی فیلم‌های تولیدی از لحاظ پارامتری-هایی چون دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) و دمای ذوب (T_m) مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که T_g با افزودن نانوذرات آوندول و همچنین اسانس خار مریم افزایش می‌یابد که تاییدکننده نقش تقویت‌کنندگی نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در ساخت فیلم‌های نانوکامپوزیتی در محدوده دمایی گسترده‌ای است. دمای نقطه ذوب (T_m) ویژگی‌های نواحی کریستالی و دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) به ویژگی‌های نواحی آمورف بستگی دارد و لزوماً این دو دما باهم افزایش یا کاهش نمی‌یابند. طبق نتایج مشاهده شد که با افزودن نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم، T_g و T_m در فیلم‌های نانوکامپوزیت افزایش یافت. این

۳-۵- خواص حرارتی (DSC)

آنالیز حرارتی فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه موسیلاژ بذر یونجه با نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در شکل ۳-۵- نشان داده شده است. بررسی خصوصیات حرارتی فیلم‌ها نظیر دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) و دمای ذوب (T_m) فیلم حائز اهمیت است، زیرا فیلم‌ها در دماهای بالاتر از دمای انتقال شیشه‌ای بصورت نرم و لاستیکی می‌باشند و در دما-های بالاتر از T_g به دلیل افزایش فضا بین پلیمرها، تحرک-پذیری پلیمرها بیشتر شده و در نتیجه نفوذپذیری فیلم افزایش می‌یابد، بنابراین هر چقدر T_g یک فیلم بالاتر باشد فیلم بسته‌بندی در محدوده دمایی گسترده‌تری به عنوان محافظت‌کننده می‌تواند عمل کند [۴۵]. در دمای ذوب، فیلم

آمورف کاهش یافته و به ترتیب T_g و T_m افزایش می‌یابد [۴۶]. مطالعات Swaroop & Shukla، با مطالعه حاضر مطابقت دارد [۴۷].

امر را می‌توان به برقراری برهم‌کنش‌های قوی بین گروه‌های هیدروکسیل ماتریکس و نانوپرکننده نسبت داد که در نتیجه آن، تحرک و انعطاف‌پذیری رنجیره‌های موسیلاژ بذر یونجه، نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در مناطق کریستالی و



a: Mucilage b: Mucilage/ Essential oil c: Mucilage/ Nano d: Mucilage/ Nano/ Essential oil

Figure 3-5: Measuring the thermal properties of alfalfa seed mucilage films with Smyrnum cordifolium nanoparticles and milk thistle essential oil.

می‌توان به ارتعاشات اسکلتی کششی 1018 cm^{-1} و O نسبت داد [۴۹]. همانطور که مشخص است، طیف‌های موسیلاژ بذر یونجه با کامپوزیت‌های آن تفاوت چندانی ندارد، زیرا گروه‌های عاملی در نانوذرات آوندول شبیه به موسیلاژ بذر یونجه می‌باشد و بنابراین پیک‌های آن‌ها با پیک‌های موسیلاژ بذر یونجه همپوشانی کرده‌اند و با توجه به اینکه درصد نانوذرات آوندول استفاده شده در ساختار فیلم موسیلاژ بذر یونجه زیاد نبوده است تغییر محسوسی در شدت پیک‌های ظاهر شده ایجاد نشده است. نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که با افزودن اسانس خار مریم به ساختار فیلم موسیلاژ بذر یونجه عدد موجی پیک‌های ظاهر شده جابجا شده است که این جابه‌جایی پیک‌ها بیانگر ایجاد برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک بین زنجیره‌های پلیمری موسیلاژ بذر یونجه با اسانس خار مریم می‌باشد.

۳-۶- فوریه مادون قرمز (FTIR)

طیف‌سنجی FTIR اغلب به عنوان یک ابزار مناسب جهت تعیین گروه‌های عاملی خاص و یا پیوندهای شیمیایی که در یک ماده وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴۸]. نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز فیلم موسیلاژ بذر یونجه و نانوکامپوزیت‌های آن در شکل ۳-۶ نشان داده شده است. پیک‌های بین عدد موجی $3600-3200 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به باندهای کششی OH است که با باندهای کششی NH همپوشانی کرده است. باند ظاهر شده در 1636 cm^{-1} مربوط به ارتعاش گروه‌های کربونیل CO و باند 1500 cm^{-1} را می‌توان به گروه‌های آمید II، نسبت داد باند 1410 cm^{-1} مربوط به ارتعاش خمشی گروه OH، پیک 1142 cm^{-1} مربوط به کشش نامتقارن پل C-O-C و باند جذبی در 1090 cm^{-1} را

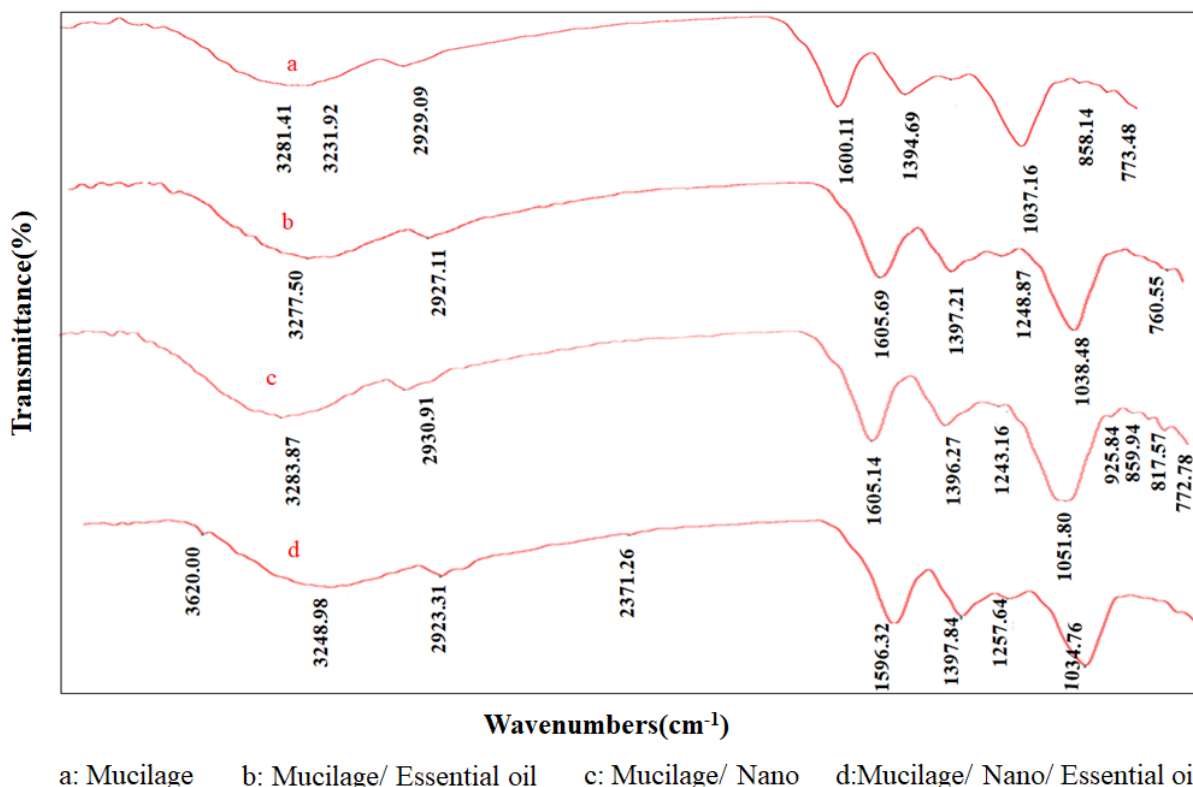


Figure 3-6: FTIR results of alfalfa seed mucilage film with *Smyrniun cordifolium* nanoparticles and milk thistle essential oil

علیرغم تمام مزایایی که بیوپلیمر موسیلاژ بذریونجه در تولید فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر دارد، اما خواص مکانیکی ضعیف و حساسیت آن به آب از موانع اصلی استفاده گسترده از این پلیمر زیستی در صنایع بسته‌بندی است. به همین دلیل، فیلم موسیلاژ بذریونجه با نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم مورد استفاده قرار گرفت. نتایج پراکندگی نور دینامیکی (DLS) نانوذرات آوندول را تایید کردند. نتایج نشان داد که با افزایش نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم مقاومت به کشش، درصد افزایش طول و ab کاهش یافت. افزودن نانوذرات آوندول باعث فعالیت ضد میکروبی فیلم علیه *استافیلوکوکوس اورئوس* شد. نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم پایداری حرارتی فیلم موسیلاژ بذریونجه را افزایش می‌دهند. نتایج تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR) حضور فیزیکی نانوذرات آوندول را در ماتریس پلیمری تایید کرد.

۵- منابع

۴- نتیجه گیری

بیوکامپوزیت موسیلاژ بذریونجه، نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم به عنوان یک فیلم زیست تخریب‌پذیر با دارا بودن خواص فیزیکی توانایی بالایی به عنوان یک پوشش دارد. اسانس خار مریم نیز به عنوان یک ماده سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. ترکیبات اسانس خار مریم دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بالا و همچنین فعالیت ضد-میکروبی بالایی می‌باشد. نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم در ترکیب با موسیلاژ بذریونجه، می‌تواند به عنوان یک پوشش مناسب جهت پوشش‌دهی مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد. تاثیر پوشش خوراکی بیوکامپوزیت موسیلاژ بذریونجه همراه با نانوذرات آوندول و اسانس خار مریم از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه قرار گرفت.

- [1] P. Abdolsattari, S.H. Peighambaroust, S. Pirsaa, S.J. Peighambaroust and S.H. (2020). Investigating microbial properties of traditional Iranian white cheese packed in active LDPE films incorporating metallic and organoclay nanoparticles, *Chem Rev Lett* 3, 168–174.
- [2] S. Pirsaa, F. Mohtarami and S. (2020). Kalantari, Preparation of biodegradable composite starch/tragacanth gum/Nanoclay film and study of its physicochemical and mechanical properties, *Chem Rev Lett* 3, 98–103.
- [3] KarimiSani, S. Pirsaa and S., Tagi, (2019). Preparation of chitosan/zinc oxide/Melissa officinalis essential oil nano-composite film and evaluation of physical, mechanical and antimicrobial properties by response surface method, *Polym Test* 79, 106004.
- [4] L. Wu, L.L. Wang and H. Li, (2019). Two polyoxometalate-based coordination polymers: Synthesis, characterization and in vitro anti-lung cancer activity, *Main Group Chemistry* 18(4), 337–344.
- [5] M. Pirouzifard, R.A. Yorghlanlu and S. Pirsaa, (2020). Production of active film based on potato starch containing Zedo gum and essential oil of *Salvia officinalis* and study of physical, mechanical, and antioxidant properties, *J Thermoplast Compos* 33, 915–937.
- [6] S. Pirsaa, I. KarimiSani, M.K. Pirouzifard and A. (2020). Erfani, Smart film based on chitosan/Melissa officinalis essences/pomegranate peel extract to detect cream cheeses spoilage, *Food Add Contam A* 37, 634–648.
- [7] S. Chavoshizadeh, S. Pirsaa and F. Mohtarami, (2020). Conducting smart color film based on wheat gluten/chlorophyll/polypyrrole nanocomposite, *Food Packaging Shelf* 24, 100501.
- [8] S. Asadi and S. Pirsaa, (2020). Production of Biodegradable Film Based on Polylactic Acid, Modified with Lycopene Pigment and TiO₂ and Studying Its Physicochemical Properties, *J Polym Environ* 28, 433–444.
- [9] E. Farshchi, S. Pirsaa, L. Roufegarinejad, M. Alizadeh and M. (2019). Rezazad, Photocatalytic/biodegradable film based on carboxymethyl cellulose, modified by gelatin and TiO₂-Ag nanoparticles, *Carbohydr Polym* 216, 189–196.
- [10] Sothornvit, R. & Krochta, J. M. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of β -lactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*, 50(3), 149–155.
- [11] Moghbel, A. & Tayebi, M. (2015). Quince Seeds Biopolymer: Extraction, Drying Methods and Evaluation. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 10(3), e25392.
- [12] Tosif, M.M.; Najda, A.; Bains, A.; Kaushik, R.; Dhull, S.B.; Chawla, P.; Walasek-Janusz, M. A. (2021). Comprehensive Review on Plant Derived Mucilage: Characterization, Functional Properties, Applications, and Its Utilization for Nanocarrier Fabrication. *Polymers* 2021, 13, 1066. [CrossRef].
- [13] Bacenetti, J., Lovarelli, D., Tedesco, D., Pretolani, R., & Ferrante, V. (2018). Environmental impact assessment of alfalfa (*Medicago sativa* L.) hay production. *Science of the Total Environment*, 635, 551–558. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.161>.

- [14] Hojilla-Evangelista, M. P., Selling, G. W., Hatfield, R., & Digman, M. (2017). Extraction, composition, and functional properties of dried alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaf protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 882–888.
- [15] Cornara, L., Xiao, J., & Burlando, B. (2016). Therapeutic potential of temperate forage legumes: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(sup1), S149–S161.
- [16] Anthony, K.; Saleh, M.A. (2012). Chemical profiling and antioxidant activity of commercial milk thistle food supplements. *J. Chem. Pharm. Res.*, 4, 4440–4450.
- [17] Flora, K.; Hahn, M.; Rosen, H.; Benner, K. (1998). Milk thistle (*Silybum marianum*) for the therapy of liver disease. *Am. J. Gastroenterol.* 93, 139–143. [CrossRef] [PubMed].
- [18] Deep, G.; Agarwal, R. (2007). Chemopreventive efficacy of silymarin in skin and prostate cancer. *Integr. Cancer Ther.* 6, 130–145. [CrossRef].
- [19] Pari, N., Parichehreh, Y., Alireza, R., & Naser, A. (2019). The role of *Smyrnum cordifolium* Boiss extract and curzerene on withdrawal syndrome in mice. *Cellular and Molecular Biology*, 65(7), 77-83.
- [20] Abbasi, N., Mohammadpour, S., Karimi, E., Aidy, A., Karimi, P., Azizi, M., & Asadollahi, K. (2017). Protective effects of *smyrnum cordifolium* boiss essential oil on pentylenetetrazol-induced seizures in mice: Involvement of benzodiazepine and opioid antagonists. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 31(3), 683-689.
- [21] Tsai, W. T. (2013). Microstructural characterization of calcite-based powder materials prepared by planetary ball milling. *Materials*, 6(8), 3361-3372.
- [22] Baláž, M. (2018). Ball milling of eggshell waste as a green and sustainable approach: a review. *Advances in colloid and interface science*, 256, 256-275.
- [23] Broseghini, M., Gelisio, L., D’Incau, M., Ricardo, C. A., Pugno, N. M., & Scardi, P. (2016). Modeling of the planetary ball-milling process: The case study of ceramic powders. *Journal of the European Ceramic Society*, 36(9), 2205-2212.
- [24] Sipponen, M. H., Laakso, S., & Baumberger, S. (2014). Impact of ball milling on maize (*Zea mays* L.) stem structural components and on enzymatic hydrolysis of carbohydrates. *Industrial Crops and Products*, 61, 130-136.
- [25] Chaireh, S., Szécsényi, K. M., Boonsuk, P., & Kaewtatip, K. (2019). Preparation of rubber seed shell powder by planetary ball milling and its influence on the properties of starch foam. *Industrial Crops and Products*, 135, 130-137.
- [26] Wu, G.C.; Zhang, M.; Wang, Y.Q.; Mothibe, K.J.; Chen, W.X. (2012). Production of silver carp bone powder using superfine grinding technology: Suitable production parameters and its properties. *J. Food Eng.* 109, 730–735.
- [27] Jiang, C. Li, X. Jiao, Y. Jiang, D. Zhang, L. Fan, B. and Zhang, Q. (2014). Optimization for ultrasound-assisted extraction of polysaccharides with antioxidant activity in vitro from the aerial root of *Ficus microcarpa*. *Carbohydrate Polymers*, 110, 10-17.
- [28] Khakpour, F.; Pirs, S.; Amiri, S. (2023). Modified Starch/CrO/Lycopene/Gum Arabic Nanocomposite Film: Preparation, Investigation of Physicochemical Properties and Ability to Use as Nitrite Kit. *Journal of Polymers and the Environment*.
- [29] Naiu, A.S.; Berhimpon, S.; Montolalu, R.I.; Kawung, N.J.; Suptijah, P. (2020). The effect of HCL-thermal

- pressure hydrolysis and high-speed destruction of chitin on particle size distribution and functional group of nano-chitin compound. *Curr. Res. Nutr. Food Sci.* 8, 197–205.
- [30] Liang, N.; Sun, S.; Li, X.; Piao, H.; Piao, H.; Cui, F.; Fang, L.(2012). Alpha-Tocopherol succinate-modified chitosan as a micellar delivery system for paclitaxel: Preparation, characterization and in vitro/in vivo evaluations. *Int. J. Pharm.* 423, 480–488.
- [31] Rizvi, S.A.A.; Saleh, A.M. (2018). Applications of nanoparticle systems in drug delivery technology. *Saudi Pharm. J.* 26, 64–70.
- [32] Stack, M.; Parikh, D.; Wang, H.; Wang, L.; Xu, M.; Zou, J.; Cheng, J.; Wang, H.(2018). Electro spun nanofibers for drug delivery. In *Electrospinning: Nanofabrication and Applications*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, pp. 735–764.
- [33] Wang, J.; Tan, J.; Luo, J.; Huang, P.; Zhou, W.; Chen, L.; Long, L.; Zhang, L.; Zhu, B.; Yang, L.; et al. (2017). Enhancement of scutellarin oral delivery efficacy by vitamin B12-modified amphiphilic chitosan derivatives to treat type II diabetes induced-retinopathy. *J. Nanobiotechnol.* 15, 1–17.
- [34] Imansari, F.; Sahlan, M.; (2017). Arbiанти, R. Release profile and inhibition test of the nanoparticles a. paniculata extract as inhibitor of α -Glucosidase in the process of carbohydrates breakdown into glucose Diabetes mellitus. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. C.* 214, 012026.
- [35] El-Far, Y.M.; Zakaria, M.M.; Gabr, M.M.; El Gayar, A.M.; Eissa, L.A.; El-Sherbiny, I.M. (2017). Nanoformulated natural therapeutics for management of streptozotocin-induced diabetes: Potential use of curcumin nanoformulation. *Nanomedicine*, 12, 1689–1711.
- [36] MacDougall, D. B. (Ed.). (2002). *Colour in food: improving quality*. Woodhead Publ.
- [37] Zolfi, M., Khodaiyan, F., Mousavi, M., & Hashemi, M. (2014). The improvement of characteristics of biodegradable films made from kefiran–whey protein by nanoparticle incorporation. *Carbohydrate polymers*, 109, 118-125.
- [38] Srinivasan, M; Devipriya, N; Kalpana, K.B; and Menon, V.P.(2009). Lycopene: An antioxidant and radioprotector against radiation-induced cellular damages in cultured human lymphocytes. *Toxicol*, 262: 43-49.
- [39] Maizura F, Fazilah S, Norziah S and Karim B, (2007). Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil. *Journal of Food Science* 72: 324-330.
- [40] (41) Pranoto, Y, Rakshit, SK, & Salokhe, VM. (2005). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT-Food Science and Technology*, 38(8), 859-865.
- [41] .
- [42] Lin D H, Xing B S. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root elongation. *Environ. J Pollut.* 150:243-250.
- [43] Martel S.(2005). Method and system for controlling micro-objects or micro-particles. United States patent US 20100215785. *Appl.* 11/145,007.
- [44] King M D, Humphrey B J, Wang Y F, Kourbatova E V, Blumberg H M. Emergence of community-acquired methicillin-resistant staphylococcus aureus USA 300 clone as The predominant cause of skin and soft-tissue infections. *Ann Intern Med.* 2006;144:309-317.
- [45] Cao, X., Chen, Y., Chang, P.R., Stumborg, M. & Huneault, M.A. (2008). Green composites reinforced with hemp nanocrystals in plasticized starch. *Journal of Applied Polymer Science*, 109(6), 3804- 3810.

- [46] Zhang Y., Yu C., Hu P., Tong W., Lv F., Chu P.K., and Wang F., Mechanical and Thermal Properties of Palygorskite Poly(butylene succinate) Nanocomposite, *Appl. Clay Sci.*, **119**, 96-102, 2016.
- [47] Swaroop, C. & Shukla, M. (2019). Development of blown polylactic acid-Mg nanocomposite films for food packaging Composites Part A: Applied Science and Manufacturing.
- [48] Phisalaphong, M., & Jatupaiboon, N., (2008). Biosynthesis and characterization of bacteria cellulose–chitosan film. *Carbohydrate Polymers*, 74(3), 482-488.
- [49] Das, S., Das, M. P., & Das, J., (2013). Fabrication of porous chitosan/silver nanocomposite film and its bactericidal efficacy against multi-drug resistant (MDR) clinical isolates. *Journal of Pharmacy Research*, 6(1), 11-15.



Scientific Research

Extraction of nanoparticles of Avondol plant (*Smyrniun cordifolium* Boiss) and its use in the preparation of alfalfa seed mucilage biocomposite and milk thistle seed oil and investigation of its physicochemical properties.

Fatemeh Khakpour ^{1*}, Sajad Pirsā ³

1- Master's student, Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

2- Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2023/10/4 Accepted: 2023/12/12 Keywords: Edible film, mucilage, Avondol nanoparticles, milk thistle essential oil DOI: 10.22034/FSCT.21.147.114. *Corresponding Author E-Mail: sevdakhakpour1@gmail.com	Study background: adding <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles and milk thistle essential oil can improve the physicochemical properties of films based on alfalfa seed mucilage. Purpose: The purpose of this study was to prepare edible films from alfalfa seed mucilage with <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles (0, 2, 4%) and milk thistle essential oil (0, 1, 2%). Methodology: Edible films based on alfalfa seed mucilage were prepared and <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles (0, 2, 4%) and milk thistle essential oil (0, 1, 2%) were added to it. The physicochemical properties of the prepared films were investigated. Results: According to the obtained results, increasing the amount of <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles and milk thistle essential oil in the film decreased the mechanical properties of the films. The results of antimicrobial activity showed that the addition of <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles increased the activity of the film against <i>Staphylococcus aureus</i>. The dynamic light scattering (DLS) results confirmed the <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles. Fourier transform infrared (FTIR) results confirmed the physical presence of <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles in the polymer matrix. The increase of <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles and milk thistle essential oil in the films could delay the thermal decomposition of alfalfa seed mucilage and increase the thermal stability of the mucilage film. Final conclusion: Adding <i>Smyrniun cordifolium</i> nanoparticles and milk thistle essential oil to edible films based on alfalfa seed mucilage improved the antimicrobial, Fourier infrared (FTIR) properties of the films, and also weakened the mechanical properties.