مقاله پژوهشی

استفاده از فیلم نانوکمپوزیتی ضد باکتری برای بسته‌بندی مواد غذایی

روناک امیری[1*]، محسن اکبری [2]

تاریخ دریافت مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش مقاله: شهریور ماه ۱۳۹۷

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی استفاده از فیلم نانوکمپوزیتی ضد باکتری برای بسته‌بندی مواد غذایی انجام شد. پس از اصلاح نانورس، با استفاده از اکسترودر دو ماردون فیلم‌های پلیمری زده شد، برای هر کدام از فیلم‌ها با ضداکسیدان و ضدباکتری با درصدهای ۱ درصد و ۲ درصد از ضداکسیدان و ضد باکتری تهیه شد. برای هر نمونه، آزمون آنتی بیوگرام (تعیین خواص ضدباکتری مواد)، تعیین قطر هاله عدم رشد یا اصطلاحاً دیسک دیفیوژن و همچنین MIC و MBC انجام شد. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. فیلم‌ها در هردو سطح بیشترین تأثیر را به ترتیب بر روی باکتری لیستریا و اشرشیاکلی داشتند. در ارتباط با باکتری سالمونلا، سطح ۱ درصد نتوانسته است تأثیر معنی‌داری بر روی قطر هاله داشته باشد ولی سطح ۲٪ فعالیت ضد باکتری از خود نشان داد. حداقل غلظت ممانعت‌کنندگی و کشندگی به ترتیب برای باکتری لیستریا، اشرشیاکلی و سالمونلا به ترتیب مشاهده شد. در مجموع می توان بیان نمود که فیلم‌های تهیه شده از نانورس، ضداکسیدان و مواد ضد باکتری بخصوص در سطح ۲٪ بیشترین تأثیر را بر روی باکتری‌های لیستریا و اشرشیاکلی داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی

ضدباکتری، ضداکسیدان، نانوکمپوزیت، نانورس

۱- مقدمه

فنّاوری‌های جدید بسته‌بندی مواد غذایی در پاسخ به تقاضای مصرف‌کنندگان و تولید صنعتی محصولات تازه، خوشمزه با قابلیت حمل راحت و عمر نگهداری ایده‌آل در حال توسعه است. تغییر در شیوه‌های خرده‌فروشی و سبک زندگی مصرف‌کنندگان، چالش‌های عمده و جدیدی را برای صنعت بسته‌بندی مواد غذایی به وجود آورده است. ایده‌های جدید و نوآورانه در حوزه بسته بندی‌های فعال و هوشمند، نقش مهمی را در افزایش عمر مفید و نگهداری، بهبود و نظارت بر کیفیت و ایمنی مواد غذایی ایفا می‌کنند. بسته‌بندی فعال، نوعی بسته‌بندی است که با تغییر در شرایط بسته غذایی، عمر نگهداری محصول را افزایش داده و باعث بهبود کیفیت حسی و ایمنی می‌گردد.

۱- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه رازی کرمانشاه. ایران.

(× نویسنده مسئول: roonak.amiri1369@yahoo.com)

۲- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، ایران(akbari.mohsen21@gmail.com).

امروزه، علم فنّاوری نانو به عنوان یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی - توسعه‌ای در بین علوم مدرن مطرح است [۱]. نانو فنّاوری یکی از فنّاوری‌های امیدوارکننده در علوم و صنایع غذایی می‌باشد[۲]. فنّاوری‌های مختلف تولیدی باعث تولید نانوذرّاتی با اندازه‌های مختلف شدند[۳]. بررسی‌ها نشان داده است که هرچه اندازه نانوذرّات کوچک‌تر باشد، خصوصیات و فعالیت‌های جدید و متفاوت‌تری از خود نشان می‌دهند. از میان کاربردهای مختلف نانو فنّاوری در صنعت غذا، بیشترین کاربرد آن در بخش بسته‌بندی بوده و از نانو فنّاوری به عنوان پتانسیلی برای ایجاد انقلابی بزرگ در زمینه بسته‌بندی مواد غذایی نام برده می‌شود. ترکیب کردن نانو مواد در پلیمرهای پلاستیکی منجر به توسعه و ایجاد بسته‌بندی جدیدی شده است. به عنوان مثال می‌توان از نانو کامپوزیت‌های پلیمری با انعطاف‌پذیری بالا، مقاوم به دما، رطوبت و مقاوم به عبور گازها و نیز بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند نام برد. مواد پلیمری کارا و جدید برای بسته‌بندی مواد غذایی بر پایهٔ نانوفنّاوری می‌تواند راه‌حلی جدید برای افزایش عملکرد پلیمرها با مزایای محیطی، اقتصادی و ایمن فراهم آورد. به علاوه، این سامانه بسته‌بندی دارای مزایایی می‌باشد که شامل کاهش تعاملات مواد خوراکی با سلامت انسان، انتقال و ذخیره‌سازی طولانی‌تر، افزایش محافظت در برابر نور، گازها و کاهش حجم مواد زائد می‌باشد[۴].

مواد در ابعاد نانو نسبت سطح به حجم بیشتری در مقایسه با ذرّات بزرگ‌تر با همان ترکیب شیمیایی دارند و همین امر موجب می‌شود تا از نظر بیولوژیکی، فعال‌تر باشند. نانورس‌ها ضخامتی در حد ۱ تا ۲ نانومتر دارند و دارای ابعادی در حد ۱۰۰ تا ۲۰۰ نانومتر می‌باشند. تحت شرایط خشک، کریستال‌های رس مونت موریلونیت[1] با کاتیون‌هایی همانند سدیم بین لایه‌های مجاور کنار هم قرار می‌گیرد تا بار منفی برای هر لایهٔ رسی فراهم آورند [۵].

اخیراً، قربانپور و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که بارگذاری ذرّات نقره به داخل نانو رس‌ها باعث شد که کمپوزیت خاصیت ضدباکتری از خود نشان دهد[۶].

یکی دیگر از مباحث پر اهمیت در صنایع غذایی، استفاده از مواد ضدباکتری می‌باشد. علت اصلی فساد میکروبی بسیاری از مواد غذایی نگهداری شده در یخچال، رشد میکروبی در سطح محصول است. استفاده ازعوامل ضدمیکروب در تهیه ماده بسته‌بندی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم که می‌تواند در ماده غذایی بسته‌بندی شده یا ماده بسته‌بندی موجود باشد، سودمند است و از این رو، باعث افزایش ماندگاری می‌گردد. ترکیبات ضدمیکروب مواد غذایی، مواد شیمیایی هستند که به صورت طبیعی و یا عمدی به ماده غذایی، بسته‌بندی، سطوح در تماس با غذا یا محیط فرآوری محصول غذایی به منظور به تأخیر انداختن رشد و یا مرگ میکروارگانیسم اضافه می‌گردد. این مواد به دو دسته ترکیبات سنتتیک[2] و طبیعی تقسیم‌بندی می‌شوند[۷].

امروزه به دلیل افزایش آگاهی مصرف‌کننده نسبت به اثرات جانبی ترکیبات ضدمیکروب، سنتتیک بر سلامت انسان، درخواست برای استفاده از ترکیبات طبیعی افزایش یافته است. این ترکیبات به دلیل اینکه از منابع طبیعی به دست می‌آیند و روی طیف وسیعی از اجرام اثر دارند، ترجیح داده می‌شوند[۸].

در حال حاضر، فراورده‌های گوشتی، یکی از پرمصرف ترین محصولات غذایی به شمار می‌آیند و بیش از پانصد نوع فراورده با اسامی مختلف وجود دارد. فساد و تجزیهٔ گوشت‌ها عمدتاً به دلیل میزان چربی و رطوبت آن‌ها می‌باشند و بنابراین به واکنش‌های بیولوژیکی همانند تجزیهٔ پروتئینی، اکسیداسیون لیپیدی، فساد ایجاد شده توسط آنزیم‌های اندوژنوس[3] و میکروبی حساس و آسیب‌پذیر می‌باشند. مطابق تعاریف استاندارد، فراورده گوشتی به محصولی اطلاق می‌شود

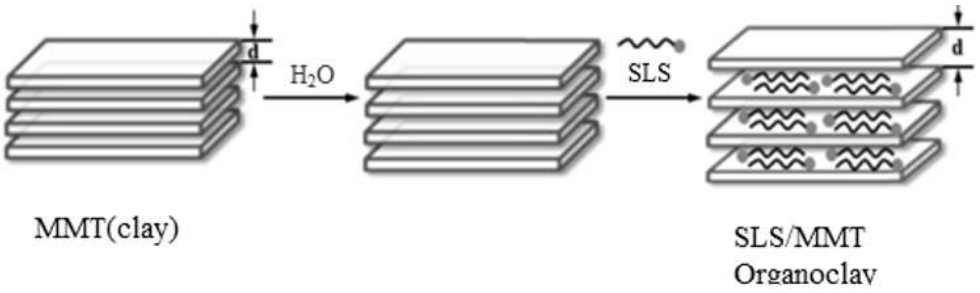
1- Montmorillonite

2- Synthetic

3- Endogenous

که حداقل نیمی از مواد اولیه آن گوشت و مابقی شامل چربی، آب و یخ، کلریدسدیم، فسفات‌های قلیایی، نیتریت سدیم و سایر مواد افزودنی باشد[۹و۱۰].

برای اصلاح نانو رس، ۱ گرم از نانورس مونت‌موریلونیت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب برای ۲۴ ساعت بر روی استیرر[۲] قرار داده شد تا صفحات نانورس متورم شده



شکل ۱- شماتیک قرارگیری سورفکتانت سولفات لاریل سدیم در بین صفحات نانو رس

معمولاً یکی از مهم‌ترین راه‌های فساد گوشت و فراورده‌های آن، اکسیداسیون چربی یا بخش چرب آن‌ها است[۱۱].

اخیراً یک سری از مطالعات به بررسی استفاده از سامانه بسته‌بندی فعال در گوشت‌ها پرداخته‌اند[۱۲-۱۵]. تا کنون هیچ مطالعه‌ای از نانو رس به همراه مواد ضدباکتری و ضداکسیدان به عنوان فیلم نانوکمپوزیتی ضدباکتری برای بسته‌بندی مواد غذایی گوشتی استفاده نکرده است. بنابراین این مطالعه به منظور بررسی فیلم نانوکمپوزیتی ضدباکتری برای بسته‌بندی مواد غذایی گوشتی انجام شد. نانو کامپوزیت پلیمری در مطالعه حاضر یک پلیمر بسته‌بندی برای گوشت و فراورده‌های حاصل از آن می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- اصلاح نانورس و تهیهٔ فیلم

برای پخش یکنواخت نانورس به داخل پلیمر سطح نانو رس را با سورفکتانت[۱] سولفات لاریل سدیم یا سدیم دودسیل سولفات اصلاح شد که این اصلاح علاوه بر اصلاح سطح نانورس و غیر قطبی کردن، باعث می‌شود نانورس خاصیت ضدباکتری نیز داشته باشد.

و از همدیگر فاصله بگیرند و سورفکتانت داخل لایه‌ها به خوبی اتصال برقرار کند. سپس ۰/۴۴ گرم از سولفات لاریل سدیم به آرامی به ترکیب نانورس-آب اضافه گردید و به مدّت ۵ ساعت دیگر بر روی استیرر در دمای اتاق قرار داده شد. پس از آن ترکیب به دست آمده سانتریفیوژ[۳] شد و نانورس به دست آمده با آب شسشو گردید و در دمای اتاق خشک شد.

در (شکل ۱) شماتیکی از قرار گرفتن سورفکتانت سولفات لاریل سدیم به داخل صفحات نانو رس نشان داده شده است. با استفاده از اکسترودر[۴] دو ماردون دانشکده فنی کاسپین(پردیس دانشگاه تهران)، فیلم‌های پلیمری زده شد، که در (شکل ۲) نمایش داده شده است. برای هر کدام از فیلم‌ها با درصدهای ۱ درصد و ۲ درصد از ضداکسیدان سنتزی و ضدباکتری استات تهیه شد.

1- Surfactant

2- Stirrer
3- Centrifuge
4- Extruder

شکل ۲- فیلم‌های نانوکامپوزیتی ضدباکتری

۲-۲- بررسی فعالیت ضدباکتری

برای هر نمونه آزمون ضدبیوگرام[1] (تعیین خواص ضدباکتری مواد)، تعیین قطر هاله عدم رشد یا اصطلاحاً دیسک دیفیوژن[2] و همچنین[3] MIC غلظتی از یک ماده است که می‌تواند رشد باکتری را در شرایط آزمایشگاهی مهار کند و[4] MBC حداقل غلظتی از ماده است که باکتری را از بین می‌برد، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت[۱۶].

به طوری که دیسک‌ها به کمک برش دادن فیلم‌ها به مقدار ۴ میلی‌متر به وسیله پانچر[5] استاندارد تهیه شدند. باکتری‌های مورد آزمون در محیط کشت عمومی (N.B) به مدّت ۱۸ ساعت و در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد کشت داده شده و بعد از طی این مدّت به کمک محلول نرمال سالین استریل[6] غلظت آن‌ها در 10^5 CFU/ml تنظیم شدند. پلیت‌های حاوی محیط کشت مولر هینتون[7] آگار تهیه شدند. باکتری به روش کشت سطحی بر روی پلیت‌های حاوی محیط کشت مولر هینتون آگار کشت داده شد. بر روی هر یک از پلیت‌ها یک دیسک گذاشته شده و پلیت‌ها به مدّت ۲۴ ساعت در دمای ۲۸ درجه سلسیوس گرم‌خانه‌گذاری شدند. بعد از طی این مدّت زمان، قطر هاله عدم رشد اندازه‌گیری شد. ضدباکتری استرپتومایسین[8] به عنوان گروه کنترل مثبت استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام شد.

برای تعیین حداقل غلظت ممانعت‌کنندگی و حداقل غلظت‌کشندگی از میکروپلیت‌های ۹۶ خانه‌ای استفاده شد. برای انجام این مرحله، غلظت باکتری در 10^5 CFU/ml تنظیم شد. فیلم در حلال مناسب حل شده و داخل حلال غلظت‌های ۱۰تا ۰/۰۷۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تهیه شد. داخل هر چاهک باکتری و محیط کشت و غلظت مورد آزمون از فیلم به کمک سمپلر مولتی[9] کانال ریخته شده و میکروپلیت[10] به مدّت ۷۲ ساعت در دمای ۲۸ درجه سلسیوس گرم‌خانه‌گذاری شد.

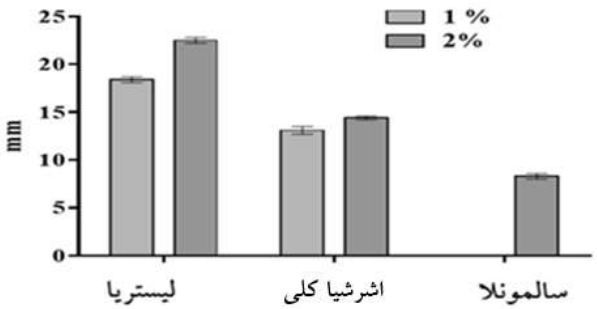
1- Antibiogram
2- Disk Diffusion
3- Minimum Inihibitory Concentration
4- Minimum Bactericidal Concentration
5- Puncher
6- Sterile Normal Saline
7- Muller Hinton

8- Streptomycin
9- Multi
10- Microplate

شکل ۳- ویال‌های تهیه شده برای آزمون‌های MIC و MBC

پس از این مدّت، اولین چاهکی که در آن رشد باکتری متوقّف شده بود چاهک MIC و چاهکی به صورت کامل در آن باکتری رشد نکرده بود به عنوان چاهک MBC معرفی گردید. جهت اطمینان از مقادیر MIC و MBC طول موج چاهک‌ها در ۶۵۵ نانومتر قرائت گردیده و با چاهک کنترل مثبت مقایسه شد. این آزمون نیز در ۳ تکرار انجام شد. شکل (۳) ویال‌های تهیه شده برای آزمون‌های MIC و MBC را نشان می‌دهد.

همانگونه که نمودار نشان می‌دهد، فیلم‌ها در هردو سطح بیشترین تأثیر را بر روی باکتری لیستریا[1] داشته‌اند و با افزایش سطح مواد از ۱٪ به ۲٪ قطر هاله نیز بیشتر شده است. فیلم‌های تهیه شده بعد از لیستریا، بیشترین تأثیر را بر روی باکتری اشرشیاکلی[2] داشته‌اند. در این باکتری نیز سطح ۲٪ در مقایسه با سطح یک درصد بیشترین تأثیر را داشته است، اما در ارتباط با باکتری سالمونلا[3]، سطح یک درصد نتوانسته است تأثیر معنی‌داری بر روی قطر هاله داشته باشد ولی سطح ۲٪ فعالیت ضدباکتری از خود نشان داد(اشکال ۴ و ۵).

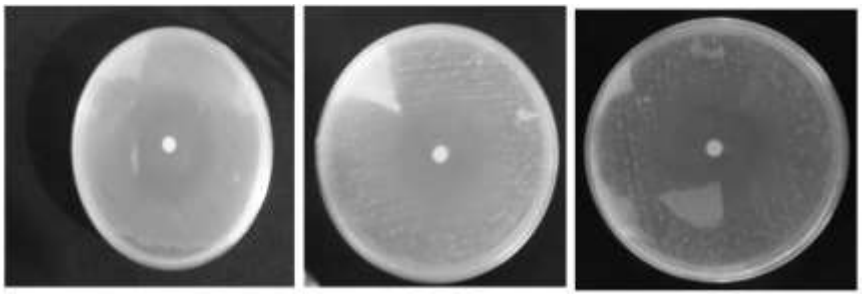


شکل ٤- اثر فیلم‌ها با سطوح ۱ و ۲ درصد بر قطر هاله برای باکتری‌های مختلف

۳- نتایج و بحث

اثرات فیلم‌های در سطوح یک و دو درصد در نمودارهای زیر آورده شده و برای هر سه آزمون نیز دیسک دیفیوژن، MIC و MBC آورده شده است. اثر فیلم‌های مختلف بر قطر هالهٔ باکتری‌ها در نمودار آورده شده است.

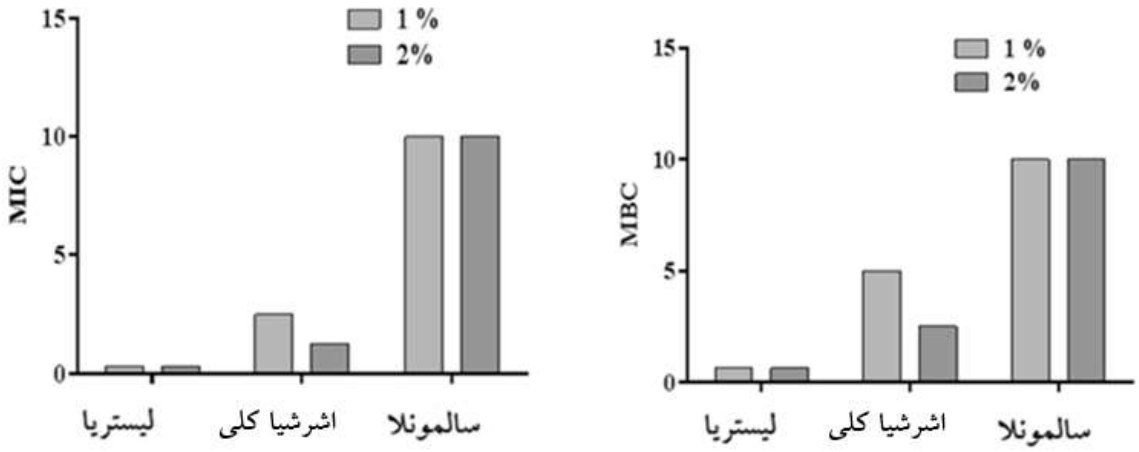
1- Listeria
2- Escherichia Coli
3- Salmonella



شکل ۵- اثر فیلم‌ها بر قطر هاله برای باکتری‌های مختلف. به ترتیب از راست به چپ، سالمونلا، لیستریا و اشرشیاکلی

اثر فیلم‌ها در دو سطح ۱ و ۲٪ برای آزمون‌های MIC و MBC آورده شده است. همانگونه که نتایج نشان می‌دهد، حداقل غلظت ممانعت‌کنندگی و کشندگی برای باکتری لیستریا، اشرشیاکلی و سالمونلا به ترتیب مشاهده شده است. حداقل غلظت ممانعت‌کنندگی برای لیستریا ۰/۳۲۵ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر در هردو سطح بود، در حالی که برای اشرشیاکلی در سطح یک درصد، ۱/۲۵ و ۰/۶۲۵ میلی‌گرم/ میلی لیتر بود و برای سالمونلا ۱۰ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر بود. برای حداقل غلظت کشندگی، حداقل مقدار ۰/۶۲۵ برای لیستریا، ۲/۵ و ۱/۲۵ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر بوده است. این در حالی است که برای باکتری سالمونلا در هر دو آزمون ۱۰ میلی گرم/میلی لیتر بوده است. نتایج نشان می‌دهد که فیلم‌ها بیشترین تأثیر را بر روی باکتری اشرشیاکلی در درجهٔ اول داشته‌اند(شکل ۶).

در سال‌های اخیر توجّه به بسته‌بندی فعال در تولید مواد غذایی افزایش یافته است که این امر ناشی از این حقیقت است که این نوع بسته در مقایسه با نوع مرسوم تنها مسئول دربرگرفتن و محافظت ماده غذایی در برابر عوامل خارجی نیست بلکه مزایای دیگری نیز خواهد داشت مانند: کمک به افزایش ماندگاری ماده غذایی با استفاده از عوامل جاذب (رطوبت، اکسیژن و...)، عوامل آزادکننده ترکیبات مختلف (اتانول، دی اکسید کلرو) وگرم وسرد نمودن ماده غذایی و امکان تعیین ماندگاری مواد غذایی با استفاده از سنسورها و معرّف‌های گوناگون مانند معرّف‌های تازگی و بی‌عیبی بسته و ... علم بسته‌بندی فعال و ورود فنّاوری تازه ظهور نانو به این حوزه توجّه محققین بسیاری را به خود جلب نموده است.



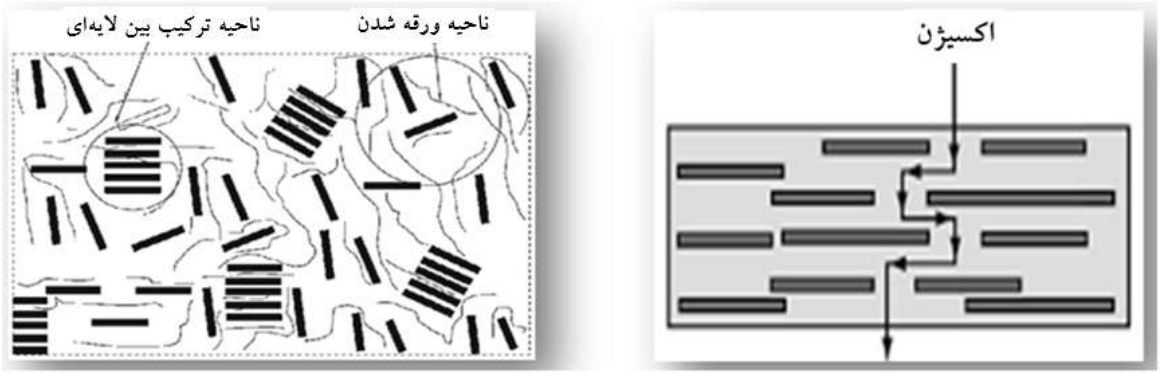
شکل ٦- اثر فیلم‌ها با سطوح ۱ و ۲ درصد برای آزمون‌های MIC و MBC

همخوان با یافته‌های مطالعهٔ حاضر، آل نعمانی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۶، فیلم‌های پلی‌اتیلن پوشش داده شده با نانوکامپوزیت‌های کیتوزان و کیتوزان- اکسید روی را تهیه و خصوصیات ضدمیکروبی آن را در بسته‌بندی فعال مورد بررسی قرار دادند. در حالی که پوشش کیتوزان یک اثر ضدمیکروبی مؤثر بر ضد اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس ارائه داد، پوشش‌های نانوکامپوزیتی کیتوزان اکسید روی به طور کامل از رشد پاتوژن‌ها پس از انکوباسیون[2] ۲۴ ساعت جلوگیری کردند. این محققین نتیجه گرفتند که پوشش پلی‌اتیلن با نانوکامپوزیت کیتوزان اکسید روی یک روش امیدوارکننده برای جلوگیری از رشد میکروبی است و می‌توان آن را به عنوان یک بسته‌بندی مواد غذایی فعال برای افزایش طول عمر مواد غذایی بسته‌بندی شده مورد استفاده قرار داد[۱۷].

قربانپور و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر نانورس حاوی ذرات نقره به عنوان ضدباکتری پرداختند. نتایج این محققین نشان داد که این نانورس حاوی ذرات نقره فعالیت ضدباکتری بر ضد باکتری‌های گرم منفی اشرشیای کولای و گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس نشان دادند.

به نظر می‌رشد که پرمنفذی و ساختار متخلل نانورس فضای بزرگی برای فعالیت ضدباکتری فراهم می‌کند که از این طریق با در کنار قرار گرفتن مواد ضدباکتری و ضداکسیدان که دارای فعالیت ضدباکتری می‌باشند، از رشد باکتری‌ها جلوگیری می‌کند(شکل ۷)[۶].

در این تحقیق می‌توان دو سازوکار اصلی را برای فعالیت فیلم‌های تهیه شده با نانورس، ضداکسیدان و ضدباکتری مطرح نمود، الف) رهاسازی مواد ضدباکتری و ضداکسیدان از داخل فیلم‌ها و ب) میکروب‌ها در تماس با مواد ضدباکتری و ضداکسیدان قرار می‌گیرند و از این طریق فعالیت ضدباکتری خود را نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد که بعد از چند ساعت مواد ضدباکتری آزاد شده و در تماس با مواد میکروب‌ها قرار می‌گیرند.



شکل ۷- شماتیکی از نحوه پخش شدن صفحات نانو رس به داخل ماتریس پلیمری و نحوه عبور اکسیژن از بین صفحه نانو کامپوزیتی برای رسیدن به سطح ماده بسته‌بندی شده

با این حال، نتایج نشان داد که فیلم‌های تهیه شده حتّی در سطح پایین‌تر، بیشترین تأثیر را بر روی لیستریا داشته است که یک باکتری گرم مثبت است. این احتمال می‌رود که لیستریا به دلیل داشتن ساختار دیواره سلولی ساده‌تر، مقاومت کمتری در برابر مواد ضدباکتری از خود نشان دهد و با حداقل میزان کشندگی از بین برود. اشرشیای کولای و سالمونلا به دلیل اینکه ساختار پیچیده‌تری از دیوارهٔ سلولی دارند، در برابر مواد ضدباکتری مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و در نتیجه به دوز کشندگی بیشتری برای از بین بردن آن‌ها نیاز می‌باشد.

به طور کلی، بسته‌بندی نانو کامپوزیتی ضدباکتری در مطالعه حاضر توانسته است چند مزیت عمده نسبت به

1- Al-Naamani
2- Incubation

بسته‌بندی‌های پلیمری معمول موجود در بازار که مورد استفاده قرار می‌گیرد، داشته باشد:

۱- استفاده از نانورس اصلاح شده سبب گردیده مقاومت مکانیکی فیلم پلیمری به نسبت پلیمر فاقد نانو ذرّه بالاتر رود.

۲- نانورس اصلاح شده مونت موریلونیت دارای ساختار لایه‌ای است و به صورت[1] در ماتریس پلیمر پخش شده است. این مورفولوژی باعث می‌شود مسیر نفوذ اکسیژن به داخل بسته ماده غذایی طولانی‌تر شده و اکسیژن برای ورود به داخل بسته یک مسیر مارپیچ را از بین لایه‌های نانو ذرّات‌رس طی کند، این مسئله سبب می‌شود طول عمر ماده غذایی ناشی از ورود اکسیژن افزایش پیدا کند.

۳- نانو رس به وسیله سورفکتانت مورد استفاده در مطالعه حاضر اصلاح شده است این نانو ذرّه اصلاح شده دارای خاصیت ضدباکتری برای دو باکتری لیستریا و اشرشیاکلی را دارد.

۴- وجود ضداکسیدان و ماده نگهدارنده انتخابی در مطالعه حاضر که در ماتریس پلیمر پخش شده است نیز توانسته خواص ضدباکتری دوچندی را به نانو کامپوزیت پلیمری بدهد. این نانو کامپوزیت در مقابل رشد باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی از جمله لیستریا، سالمونلا و اشرشیاکلی و کپک‌ها و مخمرها از خود مقاومت نشان می‌دهد. بنابراین عمر نگهداری ماده غذایی بسته‌بندی شده را به مقدار قابل توجّهی بالا می‌برد.

۵- مواد افزوده شده به ماتریس پلیمر به دام افتاده‌اند و به آرامی به داخل بسته وارد می‌شوند. این مسئله سبب می‌شود در تمام دوره نگهداری محصول این ماده در معرض تماس با ماده غذایی قرار گیرد. این در حالی است که در حال حاضر مواد ضدباکتری و نگهدارنده‌ها مستقیم به مواد غذایی وارد می‌شوند و اثر کمتری نسبت به فرایند موجود در مطالعه حاضر خواهند داشت.

این مسئله سبب بالا رفتن عمر محصول بسته‌بندی می‌گردد. تفاوت‌های ذکر شده در نانوکامپوزیت ضدباکتری مطالعه حاضر نسبت به پلیمر معمولی موجود در بازار سبب می‌شود محصول بسته‌بندی شده عمر طولانی‌تری داشته باشد، بنابراین میزان اتلاف و فساد ماده غذایی کاهش می‌یابد و به تبع آن سبب ایجاد صرفه اقتصادی مطلوبی خواهد شد.

٤- نتیجه گیری

در مجموع می‌توان بیان نمود که فیلم‌های تهیه شده از نانو رس اصلاح شده، مواد ضدباکتری و ضداکسیدان مقاوم به حرارت دستگاه اکسترودر بخصوص در بالاترین سطح بیشترین تأثیر را بر روی باکتری گرم مثبت لیستریا و سپس باکتری‌های گرم منفی اشرشیاکلی و سالمونلا نشان داد. در مجموع می‌توان از نانورس اصلاح شده به عنوان ساختاری نگهدارنده به همراه مواد ضدباکتری و ضداکسیدان به عنوان مواد ضدباکتری استفاده نمود.

1- Exfoliation

۵- منابع

1. Kim, M. J., Jung, S. W., Park, H. R., & Lee, S. J. (2012). **"Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid bacteria-based time–temperature integrators (TTI)."** Journal of Food Engineering, 113(3), 471–478.
2. Weiss J, Takhistov P, McClements DJ. (2006). **"Functional materials in food nanotechnology."** J Food Sci; 71:R107-16.
3. Feng T, Xiao Z, Tian H. (2010). **"Recent patents on nano flavor preparation and its application."** Recent Pat Food Nutr Agric; 2:243-50.
4. Silvestre C, Duraccio D, Cimmino S. (2011). **"Food packaging based on polymer nanomaterials."** Progress in Polymer Science 36 , 1766–1782.
5. Girase B, Depan D, Shah JS, Xu W, Misra RDK. (2011). **"Silver–clay nanohybrid structure for effective and diffusion-controlled antimicrobial activity."** Materials Science and Engineering: C. 31(8):1759-66.
6. Ghorbanpour M, Mazloumi M, Nouri A, lotfiman S. (2017). **"Silver-doped nanoclay with antibacterial activity. Journal of Ultrafine Grained and Nanostructured Materials."** Vol. 50, No.2, December, pp. 124-131.
7. Fu, Y., Sarkar, P., Bhunia, A.K. and Yao, Y. (2016), **"Delivery systems of antimicrobial compounds to food",** Trends in Food Science & Technology, Vol. 57, pp. 165–177.
8. Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A. and Cliver, D.O. (2010), **"Antimicrobial herb and spice compounds in food",** Food Control, Vol. 21 No. 9, pp. 1199–1218.
9. Hosseini, S.F., et al. (2016). **"Development of bioactive fish gelatin/chitosan nanoparticles composite films with antimicrobial properties. "** Food chemistry. 194: p. 1266-1274.
10. Hosseini, S.F., et al. (2015). **"Fabrication of bio-nanocomposite films based on fish gelatin reinforced with chitosan nanoparticles. "** Food Hydrocolloids, 44: p. 172-182.
11. Camo, J., J.A. Beltrán, and P. Roncalés. (2008). **"Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging."** Meat Science. 80(4): p. 1086-1091.
12. Bolumar, T., et al. (2016). **"Rosemary and oxygen scavenger in active packaging for prevention of high-pressure induced lipid oxidation in pork patties."** Food Packaging and Shelf Life. 7: p. 26-33.
13. Barbosa-Pereira, L., et al. (2014). **"Development of new active packaging films coated with natural phenolic compounds to improve the oxidative stability of beef."** Meat science, 97(2): p. 249-254.

14. Mohebi, E. and L. (2015). **"Marquez, Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions."** Journal of food science and technology. 52(7): p. 3947-3964.

15. Dobrucka, R. and R. Cierpiszewski. (2014). **"Active and intelligent packaging food–research and development–a review."** Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 64(1): p. 7-15.

16. Rostami, H., Kazemi, M., & Shafiei, S. (2012). **"Antibacterial activity of Lavandula officinalis and Melissa officinalis against some human pathogenic bacteria."** Asian J. Biochem, 7(3), 133-142.

17. Al-Naamani, L., Dobretsov, S. and Dutta, J. (2016), **"Chitosan-zinc oxide nanoparticle composite coating for active food packaging applications",** Innovative Food Science & Emerging Technologies, Vol. 38, pp. 231–237.

آدرس نویسنده

کرمانشاه- شهر کرمانشاه- باغ ابریشم- دانشگاه رازی- دانشکده فنی مهندسی