

برخی از جنبه‌های کاربردی نانو مواد تجدیدپذیر در بسته‌بندی مواد غذایی

جعفر محمدزاده میلانی^{۱*}، ریحانه شکرپور^۲

تاریخ دریافت مقاله: آبان ماه ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۵

چکیده

استفاده بی‌رویه از فیلم‌های بسته‌بندی پلاستیکی و ایجاد مشکلات زیست محیطی موجب توسعه استفاده از بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر شده است. این مواد اساساً از مواد خام کشاورزی (سلولز، نشاسته و پروتئین) یا ضایعات صنایع فرآوری مواد غذایی دریایی (کیتین/کیتوزان) مشتق می‌شوند. اگر چه مشکلاتی مثل خواص مکانیکی و ممانعت‌کنندگی ضعیف دارند؛ اما از فناوری نانوکامپوزیت‌ها تا حد زیادی این مشکلات برطرف شده است. نانو کامپوزیت‌ها همچنین نقش‌های دیگری مثل فعالیت ضد میکروبی، تثبیت آنزیمی، حسگرهای زیستی و ... دارند. در این مقاله برخی از جنبه‌های کاربردی بالقوه کیتوزان، زانتان و لیگنین در به دست آوردن بسته‌بندی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ارائه شده است. یکی از روش‌های کاربرد کیتوزان، استفاده از آن در هیدروژل‌ها می‌باشد. بر این اساس، شبکه‌ای بر پایه هیدروژل‌های کیتوزان با اتصالات عرضی کووالانسی ایجاد می‌شود. ایجاد اتصال عرضی با پیوند کووالانسی منجر به تشکیل یک شبکه دائمی می‌شود که موجب رهایش دارو با انتشار کنترل شده و افزایش خواص مکانیکی هیدروژل می‌شود. مطابق با نتایج ارائه شده، انتشار آرومای وانیلین از هیدروژل‌های نانوکامپوزیت کیتوزان و هیدروژل‌های لیگنین-زانتان با تأخیر صورت می‌گیرد. همچنین در مطالعات انجام شده بر روی لیگنین مشخص شده که نقش لیگنین به عنوان عامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدان در ترکیب پلی‌اولفین وابسته به نوع لیگنین و خصوصیات آن است.

۱- مقدمه

استفاده بی‌رویه و افزایشی فیلم‌های بسته‌بندی پلاستیکی که بر پایه نفت هستند، به دلیل ویژگی غیرزیست تخریب‌پذیری آن‌ها منجر به مشکلات زیست محیطی می‌شوند. استفاده مداوم از پلاستیک در هر شکلی باید محدود شود و حتی ممکن است به تدریج برای حفظ و نگهداری محیط زیست کنار گذاشته شود. در نتیجه استفاده از فیلم‌های بسته‌بندی و فرآیندهایی که زیست تخریب‌پذیر هستند، رواج یافته است. در بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر، مواد خام اساساً از مواد خام کشاورزی (سلولز، نشاسته و پروتئین) یا ضایعات صنایع فرآوری

واژه‌های کلیدی

زانتان^۳، کیتوزان^۴، لیگنین^۵، نانو کامپوزیت^۶، هیدروژل^۷

۱- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران.

(* نویسنده مسئول: jmilany@yahoo.com)

۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران. (reihane.shokrpour@yahoo.com)

- 3- Xanthan
- 4- Chitosan
- 5- Lignin
- 6- Nanocomposite
- 7- Hydrogel

پخش شوند [۵و۵]. رشد میکروارگانیسم‌ها روی سطوح برش خورده علت اصلی فساد مواد غذایی محصولات تازه برش خورده است. ادغام عوامل ضد میکروبی در بسته‌بندی ممکن است محیطی داخل بسته ایجاد کند که رشد میکروارگانیسم‌ها را روی سطح محصول به تأخیر بیندازد و یا از آن جلوگیری کند که در نتیجه موجب افزایش عمر نگهداری آن شود. نگرانی مصرف‌کنندگان در مورد مواد افزودنی شیمیایی مواد غذایی، باعث سوق صنایع غذایی و محققین مواد غذایی به سمت جستجو برای ترکیبات ضد میکروبی طبیعی شده است [۶]. در این مقاله برخی از جنبه‌های کاربردی بالقوه کیتوزان، زانتان، و لیگنین در به دست آوردن بسته‌بندی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ارائه شده است. هم‌چنین استفاده از نانوکامپوزیت‌ها برای کنترل انتشار رایحه وانیلین^۳ مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- حفظ عطر و طعم مواد با نانوکامپوزیت‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی

از آنجا که ترکیبات عطر و طعم در غذا عمدتاً مواد فراری هستند، روش‌هایی مورد استفاده قرار گرفتند تا عطر و طعم را به صورت پودر تولید کرده و از افت عطر و طعم جلوگیری شود. در نتیجه عمر مفید محصول طولانی شده و به راحتی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷-۹]. از جمله این روش‌ها تهیه هیدروژل با استفاده از نانوذرات می‌باشد. بدین صورت که ابتدا هیدروژل‌هایی تهیه می‌شود. رایحه مورد نظر در آن‌ها بارگذاری شده و میزان رهایش آروما از این هیدروژل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه چند کار تحقیقاتی انجام شده در این زمینه ارائه می‌شود.

۲-۱- هیدروژل کامپوزیت کیتوزان-رس (CS- Cloisite® 15A):

یکی از روش‌های کاربرد کیتوزان استفاده از آن در هیدروژل‌ها می‌باشد. بر این اساس، ماتریسی^۴ بر پایه هیدروژل کیتوزان با اتصالات عرضی، انتخاب شدند زیرا

مواد غذایی دریایی (کیتین/کیتوزان) مشتق می‌شوند که طی تجزیه بیولوژیکی به محصولات بی‌خطر دوستدار محیط زیست (آب، دی‌اکسید کربن، کمپوست^۱) تبدیل می‌شوند. اتصال عرضی پلیمرها و کوپلیمریزه^۲ کردن پیوند پلیمرهای طبیعی با منومرهای مصنوعی، روش‌های ارزشمندی برای استفاده از فیلم‌های بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر هستند، اگرچه دستیابی به جایگزینی کامل پلاستیک مصنوعی شاید غیرممکن و حتی غیرضروری باشد. علی‌رغم گران بودن، بسته‌بندی‌های زیستی، استفاده از آن‌ها به خصوص برای محصولات با ارزش افزوده مناسب می‌باشد [۱]. بسیاری از موادی که در حال حاضر برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود، غیرقابل تجزیه هستند و مشکلات زیست محیطی ایجاد می‌کنند. استفاده از پلیمرهای زیستی برای بسته‌بندی مواد غذایی توسعه یافته است. با این حال، استفاده از آن‌ها به دلیل خواص ضعیف مکانیکی و ممانعت‌کنندگی شان محدود شده است که ممکن است با اضافه کردن ترکیبات تقویت‌کننده (پرکننده) بهبود یابد؛ اما یکی از معایب این مواد تقویت‌کننده برهم کنش ضعیف آن‌ها با مادهٔ زمینه‌ای خود است که با کاهش ابعاد پرکننده می‌توان آن را تقویت نمود. در نتیجه با استفاده از پرکننده‌هایی با حداقل یک مقیاس نانو (نانوذرات) نانوکامپوزیت‌ها را تولید می‌کنند. نانوذرات می‌توانند علاوه بر نقش تقویت‌کنندگی، کاربردهای دیگری، از جمله فعالیت ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ... داشته باشند [۲].

امروزه بسته‌بندی‌های ضد میکروبی در صنایع غذایی توجه زیادی را به خود جلب کرده است زیرا تقاضای مصرف‌کنندگان برای حداقل فراوری و محصولات بدون نگهدارنده افزایش یافته است. در بازتاب این تقاضا، عوامل نگهدارنده باید در کمترین مقدار مؤثر به کار روند [۳]. با این حال، کاربرد مستقیم مواد ضدباکتری در مواد غذایی محدودیت‌هایی دارد، زیرا مواد فعال می‌توانند خستگی یا تبخیر شوند و یا ممکن است به اندازه ناکافی در توده مواد غذایی

3- Vanilin

4- Matrix

1- Compost

2- Copolymerization

آن‌ها کاربردهای زیادی به عنوان افزودنی‌های مواد غذایی و داروها [۱۰، ۱۱ و ۱۲] و اهداف پزشکی دارند. ایجاد پیوند کووالانسی^۱ با اتصال عرضی منجر به تشکیل یک شبکه دائمی می‌شود که موجب انتشار دارو و افزایش خواص مکانیکی هیدروژل می‌شود. هیدروژل‌های کیتوزان (CS) نیز سازگار، غیرسمی، و زیست تخریب‌پذیر هستند. در یک مطالعه، کامپوزیت‌های نانو رس اتصال عرضی داده شده با گلوترآلدئید^۲ (GA) در نسبت مشابه (محلول نانورس به گلوترآلدئید ۱ به ۰/۳ حجمی حجمی) طی دو مرحله تولید شد:

- ۱) ساخت کامپوزیت‌های کیتوزان- نانورس با غلظت‌های مختلف نانورس (۵، ۷ و ۹٪ وزنی)
- ۲) ساخت کامپوزیت‌های نانورس اتصال عرضی داده شده [۱۳].

۲-۱-۱- بارگذاری وانیلین

در مطالعه مذکور [۱۳] وانیلین به صورت پودر با روش مخلوط کردن با ماتریس خشک بارگذاری و سپس یک مقدار از حلال مناسب به آن اضافه شد و حداقل به مدت یک ساعت در دمای اتاق برای متورم شدن قرار داده شد، تا عطر وانیلین نفوذ نموده و یا به ماتریس متصل شود.

۲-۱-۲- بررسی رهایش وانیلین

یک معادله ساده نیمه تجربی (معادله ۱) با استفاده از مدل کراسمایر و پیپاس^۳ (۱۹۸۴) برای تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به انتشار عطر از سیستم ماتریس مورد مطالعه بکار برده شد [۱۴].

$$\frac{Mt}{M_{\infty}} = k_r t^{nr} \quad \text{معادله ۱}$$

در معادله ۱ M_t/M_{∞} نشان‌دهنده رایحه آزاد شده در زمان t است. M_{∞} و M_t به ترتیب مقدار تجمعی مطلق در زمان t و در زمان بی‌نهایت است و K_r یک ثابت ترکیب ویژگی‌های ماتریس ماکرومولکولی^۴ می‌باشد.

n_r توان نفوذ عطر است که نشان‌دهنده مکانیسم آزادی است. در این معادله، ارزش $n_r = 0.5$ مکانیسم انتشار عطر بر اساس قانون فیک^۵ را از ماتریس نشان می‌دهد، در حالی که مقدار $n_r < 1$ ، $0.5 < n_r$ یک رفتار غیرعادی و یا غیرفیک را نشان می‌دهد. هنگامی که $n_r = 1$ ، باشد مکانیسم انتقال با کینتیک^۶ درجه صفر صورت می‌گیرد و مستقل از زمان است و زمانی که $n_r > 1$ باشد مکانیسم انتقال خاصی را نشان نمی‌دهد [۱۵ و ۱۶].

۲-۱-۳- نتایج رهایش وانیلین از هیدروژل نانو کامپوزیت کیتوزان

مطابق با نتایج به دست آمده از این تحقیق [۱۳] پروفایل^۷ رهایش تقریباً مشابهی برای نمونه‌های مورد بررسی در طول ۲۰۰ دقیقه، ثبت شد. اما بعد از این مدت زمان، میزان انتشار وانیلین به صورت واضحی مطابق با مقدار رس متمایز شد. یکی از ویژگی‌های شگفت‌آور پروفایل‌های رهایش وانیلین روش مرحله‌ای رهایش است که برای نمونه‌های کیتوزان و کیتوزان با پنج درصد وزنی نانورس مشاهده شد. اما رهایش وانیلین در غلظت‌های بالاتر نانورس، در یک مرحله به کندی اتفاق افتاد. درصد رهایش نمونه حاوی ۹ درصد وزنی نانورس به ۴۰ درصد وزنی رسید که با درصد انتشار هیدروژل کیتوزان به تنهایی که ۵۲ درصد وزنی است، مقایسه شد. نتایج به دست آمده نشان داد که حضور نانو ذرات رس موجود در شبکه نانو کامپوزیتی کیتوزان مانع رهایش یک باره وانیلین شده و این نمونه‌ها برای رهایش مناسب هستند. هم چنین شاخص‌های سینتیک برای رهایش وانیلین با استفاده از معادله کراسمایر- پیپاس (معادله ۱) محاسبه شد. مقادیر به دست آمده در (جدول ۱) ارائه شده است. مقادیر به دست آمده برای شاخص انتشار n نشان‌دهنده مکانیسم انتقال غیرفیکی برای همه نمونه‌های مورد مطالعه است. همانطور که در بالا عنوان شد پروفایل انتشار به صورت مرحله‌ای

5- Fick
6- Kinetics
7- Profile

1- Covalent
2- Glutaraldehyde
3- Korsmeyer and Peppas Model
4- Macromolecule

۲-۱- انتشار وانیلین از هیدروژل‌های زانتان- لیگنین
 پروفایل انتشار وانیلین از هیدروژل‌های زانتان- لیگنین (X/GL) نشان داد که درصد وانیلین آزاد شده با افزایش در مقدار لیگنین کاهش یافت. به این ترتیب، هیدروژل با نسبت ۷۰ به ۳۰ زانتان- لیگنین حدود ۱۵٪ وانیلین را انتشار داده در حالی که ترکیب ۹۰ به ۱۰ حدود ۱۸٪ انتشار طی ۱۰۰ دقیقه داشت و سپس انتشار با نرخ بسیار آهسته ادامه یافت [۱۶]. هم چنین شاخص‌های سینتیک برای وانیلین آزاد شده از هیدروژل‌هایی با پایه زانتان- لیگنین با ترکیب‌های مختلف در (جدول ۲) ارائه شده است [۸].

توان انتشار (n_F) از پروفایل‌های رهایش به دست آمده، مطابق با معادله ۱ محاسبه شد (جدول ۲). با توجه به نتایج اعداد ثابت، نرخ انتشار (K_F) با افزایش مقدار لیگنین کاهش یافت. افزایش محتوای لیگنین در هیدروژل منجر به سرعت کندتر شده و درصد کمتری از وانیلین منتشر شده است. لیگنین‌ها به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند. بنابراین، با استفاده از این نوع از هیدروژل‌ها، سازگاری و زیست سازگاریشان بهبود داده خواهد شد. می‌توان نتیجه گرفت که انتشار وانیلین از ماتریس‌های هیدروژل زانتان- لیگنین می‌تواند با توجه به هر دو کمیت انتشار و نرخ آزادی محتوای لیگنین در فرمولاسیون هیدروژل کنترل شود.

۳- کامپوزیت‌های پلی‌اولفین / لیگنین

متداول‌ترین ماتریس‌های پلیمری مورد استفاده در ترکیب بسته‌بندی مواد غذایی، پلی‌الفین‌ها هستند (پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن). با ترکیب پلی‌پروپیلن با لیگنین در غلظت‌های مختلف، فیلم‌های پلی‌پروپیلن و لیگنین با خواص مکانیکی (خواص کششی و مدول الاستیسیته^۵) قابل قبول به دست آمده است [۱۷ و ۱۸]. مطالعه‌ای روی خواص آنتی‌اکسیدانی لیگنین در ماتریس پلی‌اولفین توسط

بوده و در مرحله دوم، توان انتشار نسبت به مرحله اول افزایش می‌یابد، به طوری که انتشار در مقدار پایین نانورس کنترل نمی‌شود. افزایش در مقدار رس منجر به کاهش مقدار نرخ ثابت انتشار از $10^{-3} \times 8/96$ برای نمونه کیتوزان خالص به $10^{-3} \times 5/25$ برای نمونه‌های حاوی ۹ درصد وزنی نانورس می‌شود. محققین گزارش کردند که این سامانه برای رهایش مداوم عامل ضد میکروبی طبیعی مناسب بوده و برای برنامه‌های کاربردی بسته‌بندی ضد میکروبی مفید است.

جدول ۱- شاخص‌های سینتیک رهایش وانیلین از

هیدروژل‌های کیتوزان- نانورس [۱۳]

نمونه	R	n	R	$k \cdot 10^{-3}$ (min^{-n})	R
کیتوزان مرحله اول	۰/۷۲	۰/۹۹۲	۸/۹۶	۰/۹۹۷	۰
کیتوزان مرحله دوم	۰/۸۸	۰/۹۹	۲/۵۲	۰/۹۹۸	۰
کیتوزان با ۵ درصد وزنی نانورس مرحله اول	۰/۶۸	۰/۹۸۵	۶/۸۵	۰/۹۹	۰
کیتوزان با ۵ درصد وزنی نانورس مرحله دوم	۱/۳۵	۰/۹۹	۰/۱۷	۰/۹۹۷	۰
کیتوزان با ۹ درصد وزنی نانورس مرحله اول	۰/۷۷	۰/۹۹۷	۵/۵۶	۰/۹۹۷	۰
کیتوزان با ۹ درصد وزنی نانورس مرحله دوم	۰/۷۱	۰/۹۹۲	۵/۲۵	۰/۹۹	۰

۲-۲- هیدروژل زانتان- لیگنین

در تحقیق دیگری هیدروژل حاوی صمغ زانتان و لیگنین (از نوع گیاهان فیبری یک ساله^۱) با نسبت‌های مختلف در حضور NaOH و اپی کلروهیدرین^۲ (EPC) تهیه شد. هیدروژل‌ها چندین بار با آب دو بار تقطیر شده شسته شد تا زمانی که نه لیگنین و نه EPC در آب شستشو به وسیله طیف‌سنجی UV^۳ تشخیص داده نشود [۸]. سپس وانیلین در این هیدروژل بارگذاری شد و میزان انتشار آن مورد بررسی قرار گرفت.

- 1- Annual Fiber Crops Lignin
- 2- Epichlorohydrin
- 3- UV Spectroscopy

4- Xanthan—Lignin

5- Elasticity

پوتتاو^۱ و همکاران (۲۰۰۳) انجام شد. این محققین از انواع مختلفی از لیگنین از گندم (کاه و سبوس) و اجزای لیگنین کرافت^۲ استفاده کردند. با اختلاط مقدار کم لیگنین (~ ۱ درصد وزنی) در ماتریس

جدول ۲- شاخص‌های سیتیک وانیلین آزاد شده از

هیدروژل‌هایی با پایه زانتان- لیگنین با ترکیب‌های مختلف [۸]

هیدروژل	n_r	R	$k10^{-3} (min^{-n})$
۹۰ زانتان/۱۰ لیگنین	۱	۰/۹۷	۴/۲
۸۰ زانتان/۲۰ لیگنین	۱	۰/۹۸	۲/۲۳
۷۰ زانتان/۳۰ لیگنین	۱	۰/۹۸	۱/۶۱

پلی‌پروپیلن، فیلم‌های پلی‌پروپیلن / لیگنین با مورفولوژی‌های^۳ مختلف به دست آمده است. حلالیت کم در ماتریس پلی‌اولفین و پخش‌پذیری بالای جزءهای لیگنین منجر به تشکیل دانه‌های لیگنین در ماتریس می‌شود. میانگین ابعاد دانه‌ها با فعالیت آنتی‌اکسیدانی لیگنین مرتبط است (جدول ۳).

جدول ۳- دوره القای اکسیداسیون (OIP)، عامل حفاظت

(PF) و اثربخشی آنتی‌اکسیدانی (AEX) سیستم لیگنین / PP

تعیین شده به وسیله DSC [۲۲]

نمونه	OIP (دقیقه)	PF	AEX
PP	۷/۱۸	-	-
PP/0.5% Irg	۱۱/۲	۱/۵۵	۱/۰۹۳
PP/5% AL	۱۰/۳۲	۱/۴۴	۰/۰۸۷
PP/5% AL/0.5% Irg	۱۱/۷۵	۱/۶۴	۰/۱۱۵
PP/5% AEL	۹/۳۶	۱/۳۰	۰/۰۵۵
PP/5% AEL/0.5% Irg	۱۱/۸۴	۱/۶۵	۰/۱۲۹
PP/5 BMI-PP/5 LS	۸/۰۸	۱/۱۲	۰/۰۱۲

مشخص شد که دوره القا با افزایش در اندازه متوسط دانه‌ها کاهش می‌یابد، که سازگاری خوب بین دو هم‌گروهی را نشان می‌دهد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کنترل می‌کند. بنابراین، برای بهبود سازگاری، و در نتیجه، فعالیت

- 1- Pouteau
- 2- Kraft
- 3- Morphology

آنتی‌اکسیدانی، عوامل در نظر گرفته شده شامل وزن مولکولی کم این نوع از لیگنین‌ها می‌باشد [۱۹].

جریجوروا^۴ و همکاران [۲۰] گزارش نمودند که افزایش غلظت لیگنین تا ۵٪ در پلی‌پروپیلن دارای اثر مثبت بر روی پایداری اکسیداتیو^۵ پلیمر است. برخی مطالعات نشان داد که لیگنین با استفاده از روش مخلوط مناسب به عنوان یک عامل پایدارکننده در طول فراوری پلی‌پروپیلن عمل می‌کند و همچنین خواص سطحی و حرارتی مواد را از پلی‌الفین بهبود می‌بخشد [۱۰ و ۲۱].

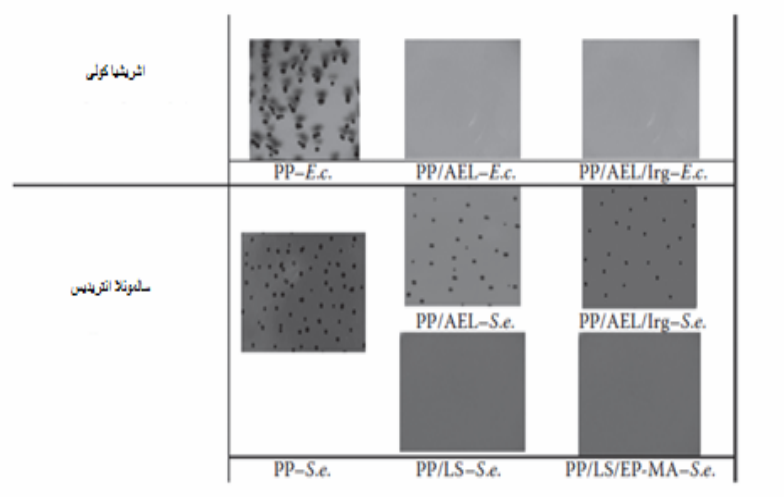
کازاکو^۶ و همکاران [۲۲] یک مطالعه مقایسه‌ای روی اثر اختلاط سه نوع لیگنین (لیگنین انفجار بخار صنوبر^۷ [AEL]، لیگنین قلیایی از گیاهان یک ساله^۸ [AL] و لیگنیو سولفونات آمونیوم^۹ [LS]) در ماتریس پلی‌پروپیلن^{۱۰} (PP) انجام دادند. این محققین فیلمی شامل ۵٪ وزنی لیگنین نسبت به PP با و بدون یک عامل آنتی‌اکسیدان تجاری (۰/۵ درصد وزنی ایرگانوکس^{۱۱}) را توسط فرآیند ذوب تهیه نموده و ویژگی‌های مکانیکی آن را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که ترکیب لیگنین با پلی‌پروپیلن در مواد موجب بهبود کمی در خواص کششی می‌شود. مقادیر مدول یانگ فیلم PP حاوی ۵ درصد وزنی AL بالاتر از مقادیر این مدول برای PP- لیگنین‌های مورد استفاده در این مطالعه است که می‌تواند به طور یکنواختی در طول فرآیند در ماتریس پلی‌اولفین پراکنده شود. پراکنندگی بهبود یافته، سفتی^{۱۲} مواد مورد مطالعه را افزایش می‌دهد.

همه انواع لیگنین مورد استفاده انتقال تنش را در نقطه شکست نسبت به PP خالص افزایش می‌دهند. بهترین

- 4- Berger
- 5- Oxidative
- 6- Cazacu
- 7- Aspen Steam Explosion Lignin
- 8- Alkaline Lignin from Annual Plants
- 9- Ammonium Sulfonate
- 10- Polypropylene
- 11- Irganox
- 12- Rigidity

در این تحقیق [۲۲] هم چنین فعالیت ضد میکروبی فیلم PP-لیگنین با یا بدون عامل آنتی‌اکسیدانی روی اشرشیا کلای، لیستریا منوسایتوژنز^۴ و سالمونلا انتریتیدیس^۵ آزمایش شد. با شمارش واحدهای کلنی تشکیل شده، مشاهده شد که با اختلاط AEL یا AL یک بازدارندگی کلی از رشد باکتری‌هایی مثل ای کلای و لیستریا منوسیتوژنز حتی پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون^۶ ایجاد (شکل ۱ و جدول ۴) شد و یک بازدارندگی جزئی از باکتری سالمونلا انتریتیدیس به دست آمد. رفتار متفاوتی در مورد اختلاط مقدار کم LS در ماتریس PP مشاهده شد. LS ظرفیت بازدارندگی کلی از رشد کشت‌های باکتریایی دارد. استفاده از عوامل سازگارکننده سامانه لیگنین/^۷(EP-MA) انیدرید مالئیک- رابر پروپیلن- اتیلن) منجر به افزایش ظرفیت بازدارندگی حتی در مورد سالمونلا انتریتیدیس شد.

ویژگی مکانیکی برای سامانه شامل AL ثبت شد. مقادیر ازدیاد طول در نقطه شکست، خیلی به وسیله اختلاط لیگنین تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد، افزایش ملایمی در ویژگی‌های کششی برای سامانه‌های PP/AL/Irg و PP/AL دیده شد. وجود لیگنین در ماتریس PP منجر به طولانی شدن دوره القای اکسیداسیون^۱ می‌شود و بسته به نوع لیگنین اعداد متفاوت است. هر دو نوع لیگنین (LS و AL) کارایی‌شان به عنوان آنتی‌اکسیدان بهتر می‌شود. در مورد سیستم PP/PP-BMI^۲/LS حضور لیگنین LS فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد. PP-BMI (پلی پروپیلن عامل دار بر پایه مالیمید) به عنوان یک عامل سازگار و بهبوددهنده پراکنش لیگنین در ماتریس PP اثر مثبتی روی کارایی آنتی‌اکسیدانی دارد. افزودن لیگنین به فیلم‌های PP حاوی ۰/۵ درصد وزنی Irg به طور معنی‌داری کارایی آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد. سامانه لیگنین بخار انفجاری (AEL)/Irg بالاترین بازده آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. واکنش اکسیداسیونی ترکیب PP/AEL بعد از ۱۱/۸۳۹ دقیقه در ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل عمل سینرژیک^۳ آغاز می‌شود [۲۲].



شکل ۱- وضعیت رشد یا / بازدارندگی کلونی‌های باکتری / بازدارندگی روی فیلم‌های لیگنین/PP [۲۲]

- 4- Listeria Monocytogenes
- 5- Salmonella Enteritidis
- 6- Incubation
- 7- Ethylene-Propylene Rubber Grafted with Maleic Anhydride

- 1- Oxidation
- 2- Bismaleimide Functionalized Polypropylene
- 3- Synergetic

جدول ۴- بازداري رشد كلوني هاي باكتري (%) روي فيلم هاي ۵- منابع

[۲۲] PP/LS

PP/LSA/E P-MA (درصد)	PP/LSA (درصد)	PP (درصد)	زمان انكوباسيون (ساعت)	نوع باكتري
۸۵/۷۱	۷۸/۵۷	۳۲/۱۴	۲۴	ليستريا منوسايٲوژنز ATCC 7644
۱۰۰	۸۳/۹۳	۳۹/۲۹	۴۸	ليستريا منوسايٲوژنز ATCC 7644
۱۰۰	۹۶/۸۸	۱۵/۶۳	۲۴	سالمونلا انٲريديس ATCC 13076
۱۰۰	۱۰۰	۳۲/۸۱	۴۸	سالمونلا انٲريديس ATCC 13076

۴- نتيجه گيري

استفاده بي رويه از فيلم هاي بسته بندي پلاستيكي و ايجاد مشكلات زيست محيطي موجب توسعه استفاده از بسته بندي هاي زيست تخريب پذير شده است. براي افزايش سازگاري و استفاده از تركيبات زيست تخريب پذير، فناوري نانوكامپوزيت ها توسعه يافته است.

نانو كامپوزيت ها همچنين نقش هاي ديگري مثل فعاليت ضد ميكروبي، آنتي اكسيداني و ... دارند. بر اساس كارهاي تحقيقاتي انجام شده، نقش ليگنين به عنوان عوامل ضد ميكروبي و آنتي اكسيدان در تركيب پلي اولفين وابسته به نوع ليگنين و خصوصيات آن است. هم چنين به دليل اينكه تركيبات عطر و طعم در غذا عمدتاً مواد فرآري هستند، نياز به استفاده از روش هايي است تا عطر و طعم را به صورت پودر توليد كرده و از افت آنها جلوگیری شود. در نتيجه عمر مفيد محصول طولاني شده و به راحتی مورد استفاده قرار مي گيرد. استفاده از نانوذرات به صورت هيدروژل تا حد زيادي اين مشكل را برطرف كرده است. مطابق با نتايج به دست آمده، استفاده از هيدروژل هاي نانوكامپوزيت كيتوزان و هيدروژل هاي ليگنين/زانتان باعث انتشار تعويق افتاده رايحه وانيلين از اين تركيبات مي شود. به طور كلي مي توان عنوان كرد استفاده از اين مواد تجديد پذير در بسته بندي مواد غذايي اميدواركننده است.

برخي از جنبه هاي كاربردي نانو مواد تجديد پذير در بسته بندي مواد غذايي

- Srinivasa, P.C., and Tharanathan, R.N., (2007). "Chitin/chitosan-safe, ecofriendly packaging materials with multiple potential uses" Food Rev. Int. 23; 53.
- Henriette, M.C. de Azeredo, (2009). "Nanocomposites for food packaging applications" Food Research International, 42(9), 1240-1253.
- Cha, D. S., Chinnan, M. S., (2004). "Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review" Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 44: 223-237.
- Siragusa, G.R., and Dickson, J.S., (1992). "Inhibition of Listeria monocytogenes on beef tissue by application of organic acids immobilized in a calcium alginate gel" J. Food Sci, 57: 293-298.
- Torres, J. A., Motoki, M. and Karel, M., (1985). "Microbial stabilization of intermediate moisture food surfaces. I. Control of surface preservative concentration" J. Food Process. Preserv.9:75-92.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J., (2004) "Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables" Food Microbiol. 21(6), 703-714.
- Raschip, I.E., Vasile, C., Ciolacu, D., and Cazacu, G., (2007). "High Perform. Polym.", 19(5): 603.
- Raschip, I.E., Hitruc, E.G., Oprea, A.M., Popescu, M.-C., Vasile, C., (2011). "In vitro evaluation of the mixed xanthan/lignin hydrogels as vanillin carriers" Journal of Molecular Structure 1003: 67-74.
- Ribeiro, C.M.M., Beirao-da-Costa, M.L, and Moldao-Martins, M., (2005). "Origanum virens L. flavor encapsulation in a spray dried starch matrix" 2nd

18. Kosikova, B., Demianova, V., and Kakurakova, M., (1993). "Sulfur-free lignins as Kittur, F.S., Kumar, K.R. and Tharanathan, R.N., 1998 "Functional Packaging Properties of Chitosan Films' in Z Lesbensm" Unters Forsch. A. 206:44-47.
19. Pouteau, C., Dole, P., Cathala, B., Averous, L. and Boquillon, N., (2003). "Antioxidant Properties of Lignin in polypropylene," Polymer Degradation and Stability, Vol. 81, No. 1, pp. 9-18.
20. Berger, J., Reist, M., Mayer, J.M., Felt, O., Peppas, N.A., and Gurny, R., (2004). "Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications" Eur J Pharm Biopharm. 57(1):19-34.
21. Cazacu, G., Pascu, M., Profire, L., Kowarski, A. Mihaes, M., and Vasile, C., (2004). "Lignin role in a complex polyolefin blend" Industrial Crops and Products, Volume 20, Issue 2 Pages 261–273.
22. Cazacu, G., Nita, L., Pintilie, M., and Vasile, C., (January 2011). "Physico-chemical characterization of lignin. Size lignin particles determination on the Zetasizer nano" COST FP0901 Meeting, Paris, France, 25–26.
23. Cibulkova, Z., Šimon, P., Lehocky, P., and Balko, J., (2005). "Antioxidant activity of p-phenylenediamines studied by DSC" Polymer Degradation and Stability, Volume 87, Issue 3, Pages 479–486.
- Mercosur Congress on Chemical Engineering, ENPROMER 2005 Costa Verde, Brazil.
10. Cazacu, G., and Popa, V., (2003). "In Handbook of Polymer Blends and Composites," Vasile C. and Kulshreshtha A.K. (eds.), RAPRA Technology Limited, U.K., Vol. 4B, 565pp.
11. Li-Fang, F., Wei, H., Yong-Zhen, C., Bai, X., Qing, D., Feng, W., Min, Q., and De-Ying, C., (2009). "Studies of chitosan/Kollicoat SR 30D film coated tablets for colonic drug delivery" Int. J. Pharm. 375: 8–15.
12. Zheng, Y., Wu, Y., Yang, W., Wang, C., Fu, S. and Shen, X., (2006). J. Pharm. Sci., 9: 181.
13. El-Sherbiny, I.M., Lins, R.J., Abdel-Bary, E.M. and Harding, D.R.K. (2005) "Preparation, characterization, swelling and in-vitro drug release behavior of poly [N-acryloylglycine-chitosan] interpolymeric pH and thermally-responsive hydrogels" European Polymer Journal. 41, 2584-259.
14. Korsmeyer, R.W., and Peppas, N.A., (1984). "Solute and penetrant diffusion in swellable polymers. III. Drug release from glassy poly(HEMA-co-NVP) copolymers", Journal of Controlled Release, 1:89-98.
15. Košíková, B., Lábaj, J., (2009). "Lignin-stimulated protection of polypropylene films and DNA in cells of mice against oxidation damage" Bioresources 4(2): 805-815.
16. Serra, L., Domnech J., and Peppas, N.A., (2006). "Design of Poly(ethylene glycol)-tethered Copolymers as Novel Mucoadhesive Drug Delivery Systems", Europ. J. Pharm. Bioph., 63: 11-18.
17. Sanchez, C.G., and Esposito Alvarez, L.A., (1999). Angew. Makromol. Chem., 272:65.

آدرس نویسنده

استان مازندران- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی ساری- گروه علوم و صنایع غذایی-
صندوق پستی ۵۷۸.