

کاربرد پوشش‌های زیستی بر روی مقوای بسته‌بندی

محمد جواد عباسی فرید^{۱*}، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی^۲، حسین رسالتی^۳

تاریخ دریافت مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۲

چکیده

خواص ممانعتی مقوا با تأکید روی پلی‌مرهای بر پایه مواد زیستی می‌پردازد. عملکرد، فواید و مضرات تعدادی از مواد زیست پایه پلی‌مری با جزئیات بیان شده است. نشاسته، مشتقات سلولز، کیتوزان، آلژینات، گلوکن گندم، پروتئین شیر چرخ شده، پلی‌کاپرولاکتون، پلی‌(لاکتیک اسید) و پلی‌هیدروکسی آلکانوات‌ها جزء این مواد هستند.

واژه‌های کلیدی

پوشش‌دهی، آهارزنی، مواد زیست پایه، خواص ممانعتی و مقوا.

۱- مقدمه

در طی دهه‌های اخیر تیمار سطحی مقوا برای بهبود عملکرد آن بیشتر از طریق لایه لایه‌سازی با مواد دسترس و ارزان پلاستیکی انجام شده است. در این میان مواد پلاستیکی پلی‌اتیلن^۴ (PE) عمدتاً همراه با اتیلن وینیل الکل^۵ (EVOH) و پلی‌اتیلن ترفتالات^۶ (PET) بیشتر استفاده شده است. اخیراً توسعه پراکنده سازها^۷ پلی‌مری جذابیت‌شان را برای کاربرد در پوشش‌دهی مقوا افزایش داده‌اند. ایمهوف^۸ در سال ۲۰۰۵ آورده است: در سال‌های اخیر جنبه‌های زیست محیطی در کانون توجهات بیشتر قرار گرفته‌اند و کار و تلاش قابل توجهی برای جایگزین

امروزه، پلاستیک‌های تهیه شده از مواد نفتی به دلیل در دسترس بودن، قیمت مناسب و داشتن ویژگی‌های عملکردی مطلوب مانند کشش‌پذیری خوب، مقاومت بالا به پاره شدن، ویژگی‌های ممانعتی عالی نسبت به اکسیژن و مواد معطر و قابلیت دوخت حرارتی مناسب به طور وسیع استفاده می‌شوند. آلودگی ناشی از مواد بسته‌بندی تولید شده از مواد نفتی که معمولاً زیست تخریب‌پذیر نیستند و مشکلات ناشی از روش‌های مختلف حذف این ترکیبات باعث شده که محققان در سال‌های اخیر در زمینه پلی‌مرهای سازگار با محیط تحقیق کنند. از دهه ۸۰ میلادی به پوشش‌های خوراکی توجه بیشتری شده است زیرا زیست تخریب‌پذیری و ویژگی ممانعت‌کنندگی بالای آن‌ها در برابر گازها، مواد معطر، میکروارگانیزم‌ها و چربی‌ها به ویژه در رطوبت‌های نسبی پایین به حفظ کیفیت و در تهیه، افزایش زمان ماندگاری محصول منجر می‌شود. پوشش‌های خوراکی از پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها و چربی‌ها به صورت ترکیبی یا جداگانه استفاده می‌شود. مقاله مروری حاضر به طور خلاصه به بررسی توسعه‌های اخیر در کاربرد مواد به منظور بهبود

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

(* نویسنده مسئول: E.mail:jabasi@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- استاد گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- 4- Poly ethylene
- 5- Ethylene vinyl alcohol
- 6- Polyethylene terephthalate
- 7- Scattering instruments
- 8- Imhoff

۲- عملکرد مقوا

یک بسته‌بندی مناسب باید هم از محتوای خود و هم از محیط، حفاظت به عمل آورده و از خسارت و نابودی اجناس بسته‌بندی جلوگیری کند. برای کاربردهای غذایی، این عملکرد شامل جنبه‌های بهداشتی و سلامتی همراه با حفظ ارزش غذایی و جلوگیری از تماس مواد سمی با مواد غذایی نیز می‌شود. عملکردهای یک بسته‌بندی هم چنین مستلزم ارائه اطلاعات مهمی درباره محتوا و کیفیت (تازگی، زمان انقضاء) طراحی مناسب برای فروش و بازاریابی و کاهش خطرات تقلبی بودن اجناس، کاستن از پسماندها به وسیله طولانی کردن عمر مواد بسته‌بندی و تسهیل در چرخه بسته‌بندی می‌باشد. یک بسته‌بندی با عملکرد مناسب باید هزینه تولید را کم کرده و مصرف انرژی را با رفع نیاز برای سردسازی یا منجمد شدن محصول کاهش دهد [۲]. مقوا هم مقاومت مکانیکی و هم انعطاف‌پذیری لازم برای تولید بسته‌بندی را ارائه می‌دهد، اما فاقد خواص ممانعتی بوده و بدین سان، لازم است تا به منظور بهبود عملکردش، دستخوش تیمار سطحی شود.

۳- خواص ممانعتی مقوای پوشش داده شده

محصولات غذایی بسته‌بندی شده نیاز به محافظت در برابر تخریب فیزیکی، بیوشیمیایی (زیست شیمیایی) و میکروبیولوژیکی^۴ دارند تا به خوبی در برابر تغییرات (تخریب طبیعی) ارگانیکی، شامل تغییر در طعم، رایحه، بافت، رنگ یا مزه غذا به وسیله فعل و انفعال با شاخص‌های محیط اطراف حفاظت شوند. زمان، دما، رطوبت، نور، گازها و فشار به طور غیرمستقیم بر طول عمر و کیفیت غذاها تأثیر می‌گذارند. تخریب مستقیم غذا می‌تواند به وسیله خسارت مکانیکی، در طول نقل و انتقال یا به وسیله حمله میکروارگانیسم‌ها ایجاد شود [۳].

کردن مواد خام بر پایه مواد فسیلی با مواد دوستار طبیعت و محیط زیست، زیست تخریب‌پذیر یا مواد قابل بازیافت از منابع طبیعی صورت گرفته است. افزایش قیمت نفت، جنگ و آشوب‌های غیر نظامی در کشورهای تولیدکننده نفت، وضع قوانین محکم به منظور تیمار ضایعات بسته‌بندی (دفع، سوزاندن، قابلیت کمپوست^۱ شدن و قابلیت بازیافت) افزایش مسئولیت خرده فروشی‌ها و تولیدکنندگان و نیاز به کاهش تخلیه گازهای گل‌خانه‌ای از جمله عوامل محرک در این رابطه بوده‌اند [۱].

کولیس^۲ در سال ۲۰۰۳ گفت: جنبه‌های بازاری مثل افزایش توقع مشتری از محصولات و خدمات، تغییرات در تقاضای مصرف‌کننده به سوی مواد دوستار محیط‌زیست و بسته‌بندی‌هایی با قابلیت باز و بسته شدن آسان، جنبه‌های جمعیت‌شناسی مثل تغییرات در اندازه خانواده و شیوه زندگی، افزایش تقاضا در زمینه سلامت و بهداشت نیز برای برنامه‌ریزی شرکت‌ها و بازاریابی محصولات خیلی حائز اهمیت شده است [۲]. چالش بر سر یافتن مواد جدید یا کاربردهای تازه از مواد موجود طبیعی است که از لحاظ خواص عملکردی و اقتصادی با پلاستیک‌ها قابل رقابت باشند. تقلیل هزینه‌ها و کاهش اثرات زیست محیطی نیز تمایل را به سوی استفاده از مواد کم‌تر در تولید و طراحی مواد بسته‌بندی سوق داده است.

هدف از این تحقیق ارائه یک دید کلی از روش‌های جدید به منظور بهبود عملکرد مواد لیفی به وسیله تیمار سطحی بود. این تیمارهای سطحی کلیه روش‌های موجود به جزء اکستروژن^۳ فیلم پلاستیک را در بر می‌گیرد. بیشترین تمرکز بر روی مقوا معطوف شده است اگر چه بعضی از مثال‌ها در مورد مواد زیر لایه کاغذی قابل انعطاف نیز قابل کاربرد هستند. عملکرد مقوا در رابطه با خواص ممانعتی در مقابل اکسیژن، بخار آب و مقاومت به آب و روغن تعیین می‌شود.

1- Compost

2- Coles

3- Extrusion

بر اساس مطالب منتشره توسط برون و همکاران (۲۰۰۳)، برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در غذا، نیاز به کنترل نفوذ بخار آب در مواد بسته‌بندی است. رطوبت نسبی (RH) ۶۰٪ یا بالاتر در درون بسته‌بندی رشد کپک را افزایش می‌دهد. در حالی که مخمرها و باکتری‌ها به رطوبت نسبی (RH) بالاتر از ۸۰٪ به منظور شروع رشد نیاز دارند. زمانی که مواد مناسب را برای بسته‌بندی مواد غذایی انتخاب می‌کنند، نیاز به بررسی مقدار رطوبت خود غذا، توانایی آن در جذب یا از دست دادن آب به وسیله فعل و انفعالات با رطوبت هوا، رطوبت مورد انتظار رایج در محیط و کارایی مواد ممانعتی نسبت به بخار آب می‌باشد. جذب رطوبت در محصولات خشک می‌تواند سبب کاهش تردی شود در حالی که از دست دادن رطوبت توسط میوه‌ها و سبزیجات سبب چروکیدگی و پلاسیدگی آن‌ها می‌شود [۶]. کاهش رطوبت مواد غذایی منجمد حساس یا سرد شده موجب افت کیفیت آن‌ها می‌شود.

نرخ انتقال بخار آب^۱ (WVTR) به صورت مقدار بخار آب منتقل شده از واحد سطح در واحد زمان تحت شرایط مشخص دما و رطوبت تعریف می‌شود. در صنایع بسته‌بندی شرایط آزمون اغلب روی ۲۳ سلسیوس و رطوبت نسبی (RH) ۸۵٪ به منظور تطابق با محیط‌های بسته‌بندی واقعی تنظیم می‌شوند. استانداردهای معمول برای سنجش WVTR به وسیله روش‌های وزن سنجی، شامل استانداردهای ASTM TAPPI, DIN 53122-1, ISO 2528, E 96 [۶]، [۴] و T464, T448 [۵ و ۶] هستند. WVTR مواد مقوا اندود شده عموماً به طور عمده از میان معایب اندود مثل ترک‌ها، منافذ و سوراخ‌های میخی یا از میان مناطق بی‌شکل فیلم پلی‌مر اتفاق خواهد افتاد [۷].

WVTR مواد مقوای اندود شده عموماً به طور نمایی با افزایش ضخامت فیلم یا لایه اندود کاهش می‌یابد. نفوذ به طور عمده از میان معایب اندود مثل ترک‌ها، منافذ و

سوراخ‌های میخی یا از میان مناطق بی‌شکل فیلم پلی‌مر اتفاق خواهد افتاد.

جذب آب مقوا به صورت عدد کاب (cobb) ثبت می‌شود که به عنوان مقدار گرم آب جذب شده به ازای یک متر مربع بر روی مساحت مورد آزمایش تحت فشار آب 10mm در طول زمان معین معمولاً ۶۰ ثانیه (ISO 535) [۱۶] تعریف شده است.

مواد بسته‌بندی معمولاً به منظور رسیدن به عدد کاب حدوداً ۲۰ گرم بر مترمربع آهاردهی می‌شوند. مواد زمینه‌ای که به شدت آهاردهی شده‌اند به صورت g/m^2 $cobb_{60} < 10$ هستند که برای دستیابی به این مقدار، نیاز به ترکیب آهار سطحی و داخلی با مواد آهاردهی آب‌گریز مثل امولوسیون و اکس پارافین^۲، پلی‌اورتان^۳ و کوپلی‌مرهای^۴ بر پایه استایرن^۵ دارد.

اکسیژن، به طور قوی و غیرقابل برگشت به وسیله پلی‌مرهای طبیعی موجود در مواد غذایی مختلف [۸] جذب می‌شود و بدین وسیله سبب تغییرات دائمی در کیفیت غذا می‌شود. تماس با اکسیژن می‌تواند سبب اکسایش^۶ و به دنبال آن ترشیدگی چربی‌ها یا قهوه‌ای شدن آنزیمی میوه‌ها و سبزیجات شود [۳]. بسیاری از مواد رطوبت دوست ویژگی ممانعت در برابر اکسیژن را در RH بالا به سبب جذب آب و واکنشیدگی متعاقب پلی‌مر از دست خواهند داد که به یک ساختار متخلخل تر می‌انجامد.

نرخ انتقال اکسیژن^۷ (OTR) به عنوان مقدار گاز اکسیژن عبور کرده از واحد سطح به ازای واحد زمان تحت شرایط تعریف شده دما، رطوبت و فشار می‌شود (ASTM D3985-05) [۹]. نفوذپذیری اکسیژن^۸ (OP) مواد زیست

- 2- Parafin wax emulsion
- 3- Polyurethane
- 4- copolymers
- 5- Styrene
- 6- Oxidation
- 7- Off the record
- 8- Observation post

کردن یک ماده جدید به لیست، هم طولانی (۲سال) و هم هزینه بر (€۵۰۰۰۰۰) می‌باشد که دلیل اصلی قرار نگرفتن مواد پوشش‌دهنده با عملکرد نو، علی‌رغم نداشتن هیچ خواص مضری، در این فهرست می‌باشد. کیتوزان^۷، چسب گندم و زئین^۸ مثال‌هایی از مواد پوشش‌دهنده بر پایه مواد زیستی هستند که در لیست مثبت تا به این زمان (۲۰۰۸) قرار نگرفته‌اند.

روستون در سال ۲۰۰۰ بیان نموده‌اند: تماس مستقیم بین غذا و مواد بسته‌بندی می‌تواند سبب مهاجرت ناخواسته گونه‌های مولکولی و یون‌ها از بسته‌بندی به درون غذا شود که به موجب آن باعث تغییرات کیفی و هم به خطر افتادن سلامتی می‌شوند [۱۱]. مهاجرت مواد به وسیله نفوذ کنترل می‌شود و با گرادیان^۹ غلظت تحریک می‌شود [۱۳] گونه‌هایی که ممکن است از ماده بسته‌بندی مهاجرت کنند، شامل باقی‌مانده‌های مونومرهای کوچک (استایرن، آکریلات‌ها^{۱۰}، وینیل استات و اتیلن) که معمولاً همیشه به عنوان ماده واکنش نداده بعد از اتمام مراحل پلیمریزاسیون^{۱۱} وجود دارند، نرم‌کننده‌هایی که برای افزایش انعطاف‌پذیری اضافه شده‌اند، با دیگر افزودنی‌های پوشش‌دهنده هستند.

آریلا در سال ۲۰۰۱ عنوان نمود که: از دیگر منابع مواد مهاجرت‌کننده می‌توان مواد شیمیایی موجود در مقوا، مرکب‌های چاپ، ترکیبات آن‌ها و چسب برای دوخت را نام برد که در تماس مستقیم نیستند ولی در مجاورت مواد غذایی بسته‌بندی غذایی هستند [۱۳].

ترکیبات موجود در محیط، می‌توانند هم چنین به وسیله مواد بسته‌بندی جذب شده و به مواد غذایی منتقل شوند. مهاجرت این مواد را می‌توان از طریق ارزیابی با سنسور^{۱۲} یا آنالیز^{۱۳} شیمیایی مواد غذایی بررسی کرد.

پایه آب‌دوست به طور نمایی با افزایش RH افزایش می‌یابد. روش‌های مختلفی برای تعیین مقاومت نسبت به روغن، چربی و گریس در دسترس است. مقاومت نسبت به گریس می‌تواند با استفاده از مواد رنگی آزمونی مثل ترپانتین^۱ (TAPPI T454) روغن‌های گیاهی و معدنی (TAPPI T507) یا گریس نخل (DIN53116) [۱۰] بررسی شود. همه این روش‌ها مستلزم ارزیابی مقاومت به روغن با مشاهده بصری ماده زمینه رنگ‌آمیزی شده تحت آزمون است. یک کیت آزمونی (TAPPI UM557) [۶۳] توسط رنجل^۲ به منظور برآوردن نیازمندی‌ها برای یک روش واقعی جهت ارزیابی مواد زمینه تیمار سطحی شده، توسعه داده شده است که نشان‌دهنده دفع روغن توسط ماده زمینه می‌باشد.

۴- الزامات در بسته‌بندی مواد غذایی

مواد بسته‌بندی تولیدات غذایی منحصر به قوانین محدود کننده تماس با غذا شده‌اند. در آمریکا اداره کل غذا و دارو (FDA)^۳ عوامل تأثیرگذار در مهاجرت، تغییرات بو و مزه مربوط به مواد بسته‌بندی را تنظیم کرده است. در اروپا، آلمان (BFR)^۴ وظیفه مشابهی به عهده دارد. هنوز قانون مشترکی در اتحادیه اروپا (EU)^۵ [۱۱] در این زمینه وجود ندارد، اما به هر حال به منظور هماهنگ کردن آیین‌نامه‌های ملی در اتحادیه اروپا کارهایی در حال انجام می‌باشد. موادی که در تماس با مواد غذایی هستند باید در فهرست مثبت [۱۲] که لیستی از مواد زمینه‌ای مجاز مورد استفاده است، قرار بگیرند. کمیسیون اروپا فهرستی از مواد اولیه (مونومر^۶) یا مواد افزودنی را ارائه می‌کند. مواد جدید پیش از اینکه به لیست مثبت اضافه شوند می‌بایست ارزیابی شده و برای آن‌ها مجوز صادر شده باشد. درخواست برای یک ماده زمینه جدید باید اطلاعات مربوط به شناسایی خواص، کاربرد و مهاجرت و سم‌شناسی را در برداشته باشد. مراحل دادخواست، اضافه

7- Chitosan

8- Zein

9- Gradient

10- Acrillat

11- Polymerization

12- Sensor

13- Analysis

1- Turpentine

2- Rangel

3- U.S.Food and drug administration

4- Bbva banco frances S.A

5- European union

6- Monomer

مهاجرت سرتاسری شامل کلیه این مواد متفاوت رها شده به ازای واحد سطح از مواد بسته‌بندی در شرایط آزمایشی مشخص است. در حالی که مهاجرت ویژه فقط اشاره به یک ترکیب قابل شناسایی دارد [۱۴]. روش‌های استاندارد اروپایی برای تعیین مهاجرت کل، شامل کاربرد روغن زیتون و غذاهای آبدار می‌شود [۱۵]. طبق مقررات اتحادیه اروپا (EC ۲۰۰۲/۷۲/ مهاجرت روغن به اندازه ۶۰ mg/kg برای پلاستیک‌های در تماس با غذا مقرر شده است.

آلودگی میکروبیولوژیکی^۱ (میکروب شناسانه) مواد بسته‌بندی اغلب در طول حمل‌ونقل، ذخیره و جابه‌جایی رخ می‌دهد. بعضی از مواقع به منظور کاهش بار میکروبی استریل کردن^۲ بسته‌بندی قبل از پر کردن ضروری است. توجه خاص باید روی کاربرد الیاف بازیافت شده که ممکن است ناقل آلاینده باشد یا بر روی مواد بسته‌بندی بر پایه زیستی که به حمله‌های میکروبی حساس هستند، متمرکز شود. در اغلب موارد، بار میکروبی محصولات تازه غذایی به طور گسترده‌ای از مقادیری که می‌توانند از میان بسته‌بندی سرایت کنند، بیشتر می‌شود. طوری که عملاً از این منبع میکروبی دوم غفلت می‌شود.

۵- مواد زیستی

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی برای بررسی پتانسیل مواد زیست پایه برای کاربردهای بسته‌بندی انجام شده‌اند. پلی‌مرهای زیست پایه شامل پلی‌ساکاریدها^۳ و پروتئین‌ها توانایی تشکیل فیلم‌های کریستالی با نفوذپذیری پایین نسبت به اکسیژن را دارند، که آن‌ها را برای استفاده در کاربردهای بسته‌بندی جذاب می‌کند. فیلم‌های زیست‌تخریب بر پایه نشاسته [۱۶]، کیتوزان [۱۷ و ۱۸]، گلوتن گندم [۶]، پروتئین شیر چرخ کرده [۱۹] یا زئین^۴ [۲۰] برای استفاده در بسته‌بندی غذا استفاده می‌شود. از مواد زیستی هم چنین در

فرمولاسیون^۵ کامپوزیست‌ها^۶ مثل آمیزه‌های پلی‌اتیلن سبک- نشاسته^۷ (LDPE) استفاده شده است [۲۱]. مخلوط نشاسته- پلی‌وینیل الکل^۸ (PVOH) خواص قابل رقابت با خواص فیلم‌های LDPE معمول و پلی‌استایرن (PS) نشان است.

کاربرد مواد زیست‌تخریب‌پذیر محصولات بر پایه نشاسته که می‌توانند جایگزینی برای پلاستیک‌های معمولی شوند و به طور تجاری در بازار وجود دارد.

از مواد زیست پایه تشکیل‌دهنده فیلم هم چنین می‌توان در تیمار سطحی سوبستراهای^۹ بر پایه سلولز^{۱۰} به وسیله پوشش‌دهی و یا به کمک لایه لایه کردن اکستروژن^{۱۱} استفاده کرد. به هر حال در زمینه مربوط به بهبود خواص عملکردی عاملی مقوا به وسیله اندود با مواد زیستی کارهای زیادی انجام نشده است ولی در مقابل، استفاده از مواد زیستی، برای تولید فیلم‌های خوراکی یا پوشش‌های نازک اعمال شده به طور مستقیم بر روی مواد غذایی مانند میوه‌ها برای حفاظت مکانیکی یا هدف‌های ممانعتی، توجه مهمی را به خود جلب کرده‌اند [۱۴]. جدا از این‌ها، چیزی که می‌توان تشخیص داد این است که نشاسته، سلولز، کیتوزان، آلژینات^{۱۲} جزء گروه پلی‌ساکاریدهای طبیعی طبقه‌بندی شده‌اند در حالی که گلوتن گندم، آب پنیر (پروتئین شیر) و زئین آشکارا پروتئین هستند. پلی‌کاپرولاکتون، پلی‌هیدروکسی آلکانوئیت^{۱۳} (PHA) و پلی (لاکتیک اسید)^۴ (PLA) به عنوان پلی‌استرها طبقه‌بندی می‌شوند.

5- Formulation

6- Composite

7- Linear density polyethylene

8- Poly(vinyl) alcohol

9- Substrate

10- Cellulose

11- Extrusion

12- Algenat

13- Poly hydroxyl alcanoit

14- Polylactic acid

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

بسته‌بندی

1- Microbiological

2- Sterilizing

3- Polysaccharide

4- Zein

۶- جنبه‌های دیگر پلی‌مرهای زیستی

علاوه بر این مواد زیست پایه ذکر شده در بالا برای تیمار عملکردی عاملی کاغذ و مقوا، مواد مختلف دیگری وجود دارند که مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پلی‌ساکاریدها (کاراگینان^۱)، پروتئین‌های گیاهی (سویا، سیب زمینی) و پروتئین‌های حیوانی (کازئین^۲، کلاژن^۳، ولاتین^۴ و کراتین^۵) از جمله این مواد می‌باشند. محدودیت کاربرد عملی این بیوپلی‌مرها طبیعت آبدوست آن‌هاست.

درشت مولکول‌های طبیعی باید دارای گروه‌های مولکولی باشند که به منظور تخریب در طبیعت بتوانند دستخوش تخریب شیمیایی، بیولوژیکی^۶ و یا فوتوشیمیایی^۷ شوند. وقتی درشت مولکول‌ها دارای گروه‌های عاملی قابل هیدرولیز^۸ هستند، عموماً تخریب، به صورت هیدرولیز و به دنبال آن اکسیداسیون^۹ هدایت شده توسط آنزیم‌ها اتفاق می‌افتد. واکنش‌های هیدرولیز نیاز به تر کردن ماده دارند که معنی‌اش این است که مواد با مقاومت ضعیف نسبت به آب از قبیل نشاسته خیلی آسان‌تر نسبت به پلی‌مرهایی با ممانعت بالا نسبت به انتقال بخار آب، تخریب می‌شوند. تخریب کاتالیز^{۱۰} شده آنزیمی نیاز دارد که زنجیر پلی‌مر جهت تطبیق پیدا کردن در جایگاه فعال آنزیم، به اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشد. بنابراین مناطق بی‌شکل پلی‌مر نیمه کریستالی، سریع‌تر از مناطق کریستالی تخریب خواهند شد. در مورد مشتقات سلولز و نشاسته، ممانعت فضایی گروه‌های جانشین می‌تواند مانع از حمله آنزیم‌ها به پلی‌مر شود. باید از شرایط محیطی که زیست تخریبی کارآمدی را بعد از دفع موجب می‌شوند، در طی ذخیره‌سازی (انبار کردن) جهت حفظ کردن کارایی

- 1- Carrageenan
- 2- Casein
- 3- Kolazin
- 4- Valatin
- 5- keratin
- 6- Bio-based
- 7- Photoschemical
- 8- Hydrolysis
- 9- Oxidation
- 10- Catalyzed

ماده بسته‌بندی و به منظور جلوگیری از فاسد شدن غذای بسته‌بندی شده، اجتناب شود.

گرایش رو به افزایش تقاضا برای شفافیت، یعنی قابلیت رؤیت محتوای بسته‌بندی، در میان مشتریان شناخته شده است. این تقاضا را می‌توان با استفاده از پنجره‌های دید کوچک که اقلام بسته‌بندی شده را نمایش می‌دهند، برآورد ساخت. در کنار استفاده از مواد زیستی برای پوشش مستقیم یا تیمار سطح مقوا، می‌توان از این مواد در آشکار ساختن (پنجره‌های دید کوچک) مواد غذایی نیز استفاده شود. مواد تشکیل‌دهنده فیلم با خواص ممانعتی مناسب (مثل نشاسته یا فیلم‌های PLA) ممکن است برای چنین پنجره‌های شفاف در کارتن‌ها، یا به عنوان کلاهک پوشاننده برای سینی‌های غذای آماده به کار برده شوند. هم چنین مواد بسته‌بندی زیست پایه ممکن است، با وجود فقدان خواص ممانعتشان نسبت به رطوبت، در بسته‌بندی برای محصولات غذایی با طول عمر نسبتاً کوتاه از قبیل سبزیجات و محصولات نانوائی (شیرینی پزی) قابل استفاده باشند [۱۰]. ممانعت ضعیف نسبت به بخار آب نشاسته، بسته‌بندی را قابل تنفس می‌سازد که می‌تواند در نوع خاصی از غذا مفید باشد [۵]. غذاهای با مقدار رطوبت پایین و محصولات با زمان کاربرد کوتاه از قبیل ظروف غذاهای سریع (فست فود) لیوان‌ها و بشقاب‌ها از دیگر کاربردهای ممکن این قبیل مواد هستند [۴۰].

۷- افزایش خواص ممانعتی به وسیله تیمار

شیمیایی

پلی‌ساکاریدهای حامل بارهای مثبت و منفی می‌توانند دستخوش پیوند عرضی و تشکیل ژل به وسیله فعل و انفعال با یون‌های مخالف شوند. درجه پیوند عرضی بستگی به PH^{11} ، نوع یون مخالف (یک، دو یا سه ظرفیتی) و دانسیته بار پلی‌مر دارد. سطح (کریستالی) بلوری شدن در

۱۱- یک کمیت لگاریتمی که میزان اسیدی یا بازی بودن مواد را مشخص می‌کند.

اثر پیوند عرضی پلی‌مرهای گرمانرم (ترموپلاستیک)^۱ کم می‌شود زیرا از فشرده شدن نزدیک مولکول‌ها به یکدیگر جلوگیری می‌شود بنابراین موجب کاهش سختی و کاهش مقاومت به جاری شدن پلی‌مر می‌شود [۱۱]. با ایجاد پیوند عرضی در ذرات لاتکس باردار استحکام مکانیکی و خواص ممانعتی فیلم، افزایش یافته است [۲۲].

گروه‌های OH در نشاسته، مستعد واکنش‌های تشکیل پیوند عرضی هستند که ساختاری شبکه‌ای با افزایش گرانیروی^۲، کاهش نگهداری آب و افزایش مقاومت فیلم تشکیل می‌شود. ایجاد پیوند عرضی می‌تواند محلول‌ها یا فیلم‌های نامحلول بدهد که کاربردهای صنعتی متعددی کاغذهای مقاومت‌تر دارند، مشتق‌سازی با واکنش‌گرایی که بیشتر از یک گروه عاملی دارند می‌تواند پیوند عرضی را در درون یا بین مولکول‌ها ارتقاء دهد و مقاومت به ژلاتینی شدن و پراکندگی را افزایش دهد. در واکنش تشکیل پیوند عرضی، پیوندهای هیدروژنی به وسیله پیوندهای کووالانسی^۳ بین نشاسته و عامل پیوند عرضی جایگزین می‌شوند که این پیوندها گرانول^۴ را کنار یکدیگر نگه می‌دارند. گرانول تحت تأثیر برش، شرایط دمایی بالا و اسیدی نسبت به قطعه قطعه شدن مقاوم‌تر می‌شود.

تشکیل پیوند عرضی در نشاسته در حالت گرانولی، حدوداً منجر به یک پیوند عرضی به ازای هر ۳۰۰۰-۱۰۰ واحد انیدروگلوکز^۵ خواهد شد. با این حال، پیوند عرضی اثر خیلی قوی روی خواص نشاسته ندارد و در بالاترین سطوح پیوند عرضی اغلب از واکنشیدگی (تورم) گرانول‌ها در آب داغ تقریباً به طور کامل جلوگیری می‌شود. هم‌چنین پیوند عرضی اثر مثبت روی مقاومت کششی فیلم‌های نشاسته دارد چون که آمیلوپکتین^۶ در گرانول‌های^۷ متورم شده در طی

پخت محافظت می‌شود، در حالی زنجیرهای آمیلوز^۸ که انعطاف پذیر از گرانول‌ها بیرون زده می‌شوند منحصرراً عهده دار خواص مکانیکی خواهند بود. پیوند عرضی می‌تواند به وسیله واکنش با نمک‌های فسفوریک اسید^۹، با روغن‌های گیاهی، به وسیله واکنش با گلیوکسال^{۱۰}، اوره^{۱۱} - یا ملامین^{۱۲}، فرمالدهید^{۱۳}، اپی کلروهیدرین^{۱۴} و انواع وسیعی از واکنش‌گرهای دیگر، حاصل شود.

۸- خواص ممانعتی پوشش عاملی

قابلیت نفوذ بخار آب و گاز فیلم‌های پلیمر، قویاً وابسته به دما و RH (رطوبت نسبی) روی هر یک از دو طرف فیلم ممانعتی است، به همین دلیل است که ارجاعات کافی به شرایط آزمایش ضروری هستند. هم‌چسبی قوی درون فیلم، انعطاف پذیری و قابلیت نفوذ گازها و مواد حل‌شده از سرتاسر فیلم را کاهش می‌دهد. هم‌چنین خواص ممانعتی و مکانیکی مواد بی‌شکل قویاً به وسیله دمای انتقال شیشه‌ای^{۱۵} ماده تحت تأثیر هستند.

مقایسه مستقیم خواص ممانعتی گزارش شده مواد متنوع از مقادیر ارائه شده در منابع، به دلیل تأثیر قوی ساختار سوبسترا^{۱۶}، حضور آهار یا پیش پوشش‌ها و غیره به سهولت قابل انجام نیست. خواص ممانعتی نهایی روی مقوای تیمار سطحی شده بستگی به ضخامت لایه پلی‌مر عاملی دارد. بدون کمک مستقیم بر خواص ممانعتی، سوبسترای مقوایی می‌تواند به عنوان یک ماده حمایت‌کننده به منظور مؤثر ساختن مانع عاملی در مقایسه با فیلم بدون پایه عمل کند. عامل بهبود مانع که به صورت نسبت برای سوبسترای پوشش داده نشده WVTR به

8- Amylose

9- Phosphoric acid

10- Gelocosal

11- Urea

12- Melamine

13- Formaldehyde

14- Epichloro hydrin

15- Tg

16- Substrate

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

1- Thermoplastic

2- Viscosity

3- Covalent

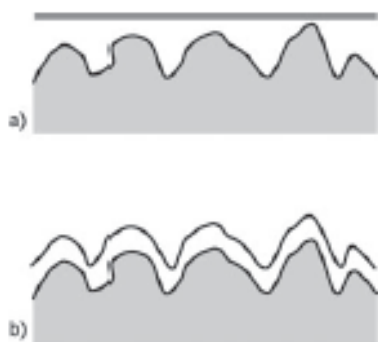
4- Granules

5- Anidro glucose

6- Amylopectin

7- Granules

نفوذ اضافه به درون سوبسترای کاغذ یا مقوا می‌شود، به خصوص در مواردی که سوبستراها با تخلخل بالا هستند. هم‌چنین موقعیت نهایی لایه پوشش تا حدی می‌تواند به وسیله روش کاربرد کنترل شود (شکل ۱). در سال‌های اخیر، روش‌های پوشش‌دهی جدید غیر تماسی از قبیل پوشش‌دهی غشایی (پرده‌ای) و پوشش‌دهی افشانه‌ای (اسپری) مورد توجه قرار گرفته‌اند. پوشش‌دهی غشایی، همچون روش تیغه هوا [۲۶]، مزیت ایجاد لایه پوشش محیطی را دارد که از بی‌نظمی‌های سوبسترا تبعیت کرده و بنابراین لایه‌ای با ضخامت یکنواخت تشکیل می‌دهد که از نقطه نظر ممانعتی مزیت‌هایی ارائه می‌کند [۲۲].



شکل ۱- ساختار پوشش با (a) سطح یکنواخت و (b) پوشش محیطی که تابع بی‌نظمی‌های سطح سوبسترا است.

از سوی دیگر، پوشش‌دهی تیغه‌ای برای هموار کردن بی‌نظمی‌های سطح سوبسترا [۲۷] همراه با تغییرات زیاد در ضخامت لایه ممانعتی عمل می‌کند. پوشش‌دهنده‌های میله‌ای، پرس آهارزنی یا پرس فیلم، اغلب ساختار لایه پوشش بین این دو مقدار حداکثر به وجود می‌آورند. به طور کلی، حداکثر وزن پوشش قابل دسترس به وسیله پوشش‌دهی تیغه‌ای 15 g/m^2 است [۲۸]. افزایش مقدار جامد آهاردهی سطحی یا رنگ پوشش‌دهی شده به اندازه ۱٪ وزن پوشش خشک شده نهایی را 1 g/m^2 افزایش خواهد داد [۲۷].

اعمال‌کننده‌های پرس آهارزنی تنها وزن‌های پوشش $3-4 \text{ g/m}^2$ می‌دهند که برای تشکیل لایه‌های ممانعتی

برای سوبسترای پوشش داده شده تعریف شده است. WVTR شاخصی راجع به مؤثری پوشش عاملی ارائه می‌دهد.

۹- کاربرد پوشش‌های عاملی

عموماً یک یا هر دو سطح مقوای بسته‌بندی به منظور بهبود سفتی و مقاومت سطح، قبل از اعمال پوشش عاملی آهاردهی سطحی می‌شود. آهاردهی سطحی معمولاً در پرس‌های آهارزنی (MSP) انجام می‌شود [۲۳]. مقوای بسته‌بندی مایعات، غذاهای سرد و منجمد شده، سخت آهاردهی می‌شود [۲۳]. مواد شیمیایی معمول برای آهاردهی سطحی نشاسته‌های اصلاح شده شیمیایی^۲ PVOH, CMC پلی‌اورتان‌ها و عوامل آهاردهی امولسیون^۳ ترکیبات شیمیایی فلئوئوردار هستند [۱۴]. همه این آهارها به مقادیر متفاوتی خواص مانع روغن و چربی مهیا می‌کنند و گذشته از این، مقاومت به آب را بالا می‌برند. اثبات شده است که نفوذ ترکیبات آهاردهی به درون سوبسترا را می‌توان به وسیله کنترل پایداری کلئیدی^۴ در فرمولاسیون‌های عوامل آهاردهی نشاسته- آب‌گریز تنظیم کرد [۲۴] که به موجب آن در نتیجه احتمالات گسترده‌ای برای رسیدن به عاملیت مطلوب سطحی کاغذ یا مقوا فراهم می‌شود.

۱۰- فنون کاربردی

برای ایجاد خواص ممانعتی مناسب توسط پوشش‌های عاملی نیاز به یک لایه مستقر شده در سطح [۲۵] با حداقل نفوذ مواد شیمیایی به درون سوبسترا می‌باشد. دستیابی به این وظیفه با مجموعه محدودیت‌ها در حداکثر مقدار مواد جامد پراکنده‌سازهای مانع شونده به سبب ملاحظات گرانی و پایداری کلئیدی می‌تواند سخت باشد. مقدار مواد جامد خیلی پایین و یا گرانی خیلی پایین فرمولاسیون منجر به

- 1- Metered size press
- 2- Carboxymethylcellulose
- 3- Emulsion
- 4- Colloidal

مناسب بسیار نازک هستند [۲۶]. پرس فیلم یا اعمال‌کننده‌های MSP اغلب برای این هدف بیشتر مناسب هستند. پوشش‌دهنده‌های میله‌ای این توانایی را دارند که وزن‌های پوشش در حدود $7-11 \text{ g/m}^2$ بدهد [۲۷]. وزن پوشش نهایی می‌تواند با افزایش قطر میله و با کاهش فشار بارگذاری میله زیاد شود. پوشش‌دهی غشایی مایع گریزی عالی می‌دهد و امکان کاربرد همزمان لایه‌های اندود چند لایه را مهیا می‌کند [۲۶]، بنابراین محدوده وزن‌های اندود دست‌یافتنی را توسعه می‌دهند. اسپجلی چتلینگ^۱ وزن‌های پوشش بالای 21 g/m^2 برای پوشش رنگدان‌های مقوا به وسیله پوشش‌دهنده منبع (فواره) مستقیم^۲ را گزارش کرد. جدول (۱) محدوده مقادیر عملیاتی سرعت و گرانش برای اعمال‌کننده‌های مختلف پوشش را ارائه می‌کند.

جدول ۱- دامنه‌های سرعت گرانش رنگ پوشش برای پوشش‌دهی مقوا با اعمال‌کننده‌های پوشش متفاوت

محدوده گرانشی (mPas)	سرعت (m/min)	اعمال‌کننده
۵۰۰-۱۵۰۰	۲۵۰-۲۰۰۰	تیغه‌ای
۱۰۰-۳۰۰	۲۰۰-۱۰۰۰	میله‌ای
۸۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰-۱۵۰۰	غلطکی
۵۰-۵۰۰	۱۲۰-۵۰۰	تیغه هوا
۱۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۱۰۰۰	غشایی

۱۱- توانایی فرآوری مواد پوشش‌دهنده

مواد زیست پایه گرما نرم (ترموپلاستیک) از قبیل نشاسته و PLA به آسانی قابل فرآوری به وسیله فنون متداول اکستروژنی هستند و از این رو دارای پتانسیل برای تیمار سطحی مقوا در مقیاس بزرگ صنعتی هستند. پلی‌مرهای پراکنده ساز آب پایه از مزیت توانایی کاربرد در فرآیندهای

پوشش‌دهی در خط برخوردارند [۳۰ و ۳۱]. موادی که به دلیل غیرقابل حل بودن در آب نمی‌توانند به طور مستقیم به صورت پراکنده‌سازهای آبی به کار برده شوند، ممکن است وقتی در ماتریس^۳ پلی‌مر قابل حل در آب پراکنده می‌شوند، هنوز در فرمولاسیون پیچیده کامپوزیت مناسب باشند. مثال‌ها در این زمینه فیلم‌های کامپوزیتی نشاسته^۴ - PCL [۴۵] و فیلم‌های کیتوزان- PCL [۱۹] هستند.

پراکنده‌سازهای ممانعتی صنعتی با مقدار ماده جامد به طور معمول در حدود ۵۰٪ وزنی عرضه می‌شوند. افزایش غلظت پلی‌مر بالای ۵۰٪ به طور عملی ممکن نیست زیرا این عمل به افزایش خیلی مهیج در گرانش پراکنده شدن خواهد انجامید.

PVOH و مشتقاتش در دمای 95°C در آب حل می‌شوند و سپس تا رسیدن به دمای فرآوری خشک می‌شوند، گرانش حاصل قویاً وابسته به غلظت است. پراکنده‌سازها را می‌توان به وسیله روش‌های استاندارد از قبیل پوشش‌دهنده تیغه‌ای و غلتکی به کار برد [۲۹].

اکثر زیست پلی‌مرها مثل PVOH به شکل پودری عرضه می‌شوند و باید در واحدهای پوشش‌دهی قبل از کاربرد در آب پراکنده شوند. غلظت حداکثر برای حل شدن در آب بستگی به انحلال زیست پلی‌مرها دارد، شاخصی که قویاً تحت تأثیر نوع و درجه جانشینی شیمیایی است. هم‌چنین گرانش عاملی است که یک حد بالایی برای غلظت در محلول آبی تنظیم می‌کند. گرانش شدیداً وابسته به وزن مولکولی پلی‌مر است، کوتاه شدن زنجیر به گرانش پایین‌تر می‌انجامد، در حالی که افزایش تعداد گروه‌های استخلافی حجیم، آن را افزایش می‌دهد. جدول (۲) مقادیر معمول گرانشی (بروکفیلد^۵ 100 rpm) را برای بعضی از پراکنده‌سازهای پایه آبی نشان می‌دهد.

- 3- Matrix
- 4- Poly capro lactone
- 5- Brookfield

- 1- Schlichting
- 2- Direct fountain coater

پیوندهای هیدروژنی قوی بین زنجیره‌های گلوکز^۱ گرانول را در آب سرد نامحلول می‌سازد. بنابراین انرژی بالایی به منظور پراکنده کردن زنجیرها و به دست آوردن محلول نشاسته نیاز است تا بتواند در کاربردهای پوشش‌دهی استفاده شود. حرارت دادن محلول نشاسته تا دمای ژلاتینی شدن سبب می‌شود که پیوندها بشکنند، به آب اجازه می‌دهد تا نفوذ کند و گرانول‌های نشاسته متورم شوند. با پیشرفت پخت، گرانول‌های متورم شده گسیخته می‌شوند و زنجیرهای جدا شده در محلول آبی پراکنده می‌شوند.

جدول ۲- مقادیر گرانیوی بروکفیلد (۱۰۰ rpm، ۲۵ °C، به غیر از موارد ذکر شده دیگر)

پراکنده ساز	غلظت (درصد وزنی (Wt%))	گرانیوی (mpas)
پراکنده ساز مانع شونده	۵۰	۵۰-۵۰۰
PVOH	۱۰	۱۰۰-۱۰۰۰
مشتمقات نشاسته (۵۰ °C)	۲۰	۵۰-۳۰۰
مشتمقات سلولز	۱۰	۲۵۰-۸۰۰
کیتوزان (آب/استیک اسید)	۱	۲۰۰

ماندگاری را ایجاد کند. کاربرد محلول‌های گرم می‌تواند روشی به منظور غلبه بر مشکلات گرانیوی بالا در بعضی از اعمال‌کننده‌های پوشش باشد. کاهش در گرانیوی با افزایش دما در پلی‌مرهای پراکنده‌ساز نیز دیده می‌شود [۳۰]. وقتی مولکول‌های آمیلوز^۶ حل شده در یک حالت خطی دوباره جهت‌گیری^۷ کنند و سپس به واسطه پیوندهای هیدروژنی دور هم جمع شوند، نشاسته پخته شده می‌تواند دستخوش رسوب‌سازی^۸ شده و به هم‌پیوسته شوند و بنابراین توده‌های نامحلولی تشکیل می‌شوند. در محلول‌های رقیق، رسوب‌نهایی تشکیل می‌گردند که موجب کاهش گرانیوی می‌شود. تهنشینی تغییرات پراکنده‌ساز می‌توان از شفاف به کدر نیز مشاهده کرد. نشانه رسوب‌سازی را می‌توان در تغییرات گرانیوی یافت. در محلول‌های غلیظ، ممانعت فضایی مولکول‌ها از جهت‌یابی موازی مولکول‌ها نسبت به همدیگر جلوگیری می‌کند، اما قطعات کوتاه می‌توانند در شبکه‌هایی جمع شده و تشکیل ژل دهند که با افزایش متعاقب گرانیوی همراه باشد. فرآیند رسوب‌سازی به غلظت نشاسته، وزن مولکولی آن، زمان، دما، pH و حضور نمک وابسته است.

دمای ژلاتینی شدن برای نشاسته سیب زمینی در محدوده ۶۶-۵۶ درجه سانتی‌گراد است. تورم گرانول‌ها منجر به شکل‌گیری ذرات ژل^۲ و افزایش یافته بالای گرانیوی محلول می‌شود. به محض اینکه گرانول‌ها خرد (قطعه قطعه) می‌شوند، گرانیوی به تدریج کاهش می‌یابد. دما، فشار و زمان عوامل مهمی در فرآیند پخت هستند. هم‌زدن مکانیکی هم‌زمان، خرد شدن گرانول‌ها و پراکندگی زنجیر را آسان می‌کند. فرآیند ژلاتینی شدن به معنی انتقال از یک فاز منظم به یک فاز غیرمنظم است که شامل افت بلورینگی، جذب حرارت و آبدار شدن نشاسته است. دمای بالاتر، زمان پخت طولانی‌تر و هم‌زدن موجب گرانیوی پایین‌تر نشاسته پخته می‌شود [۱۲]. حداقل زمان پخت ۲۰ دقیقه در دمای

- 3- Overcooking
- 4- Amylopectin
- 5- Rheological
- 6- Amylose
- 7- Reorient
- 8- Retogradation

یک پراکنده‌ساز نشاسته در محدوده دمایی ۷۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد پایدار تلقی می‌شود [۲۸]. به واسطه ساختار شاخه‌ای جزء آمیلوپکتین بیشتر در مقابل به تراکم و توده‌ای شدن مقاوم است.

سرد کردن پراکنده‌سازهای نشاسته پخته شده با مقادیر بالای آمیلوز می‌تواند ژل‌های برگشت ناپذیر یا ماده با ذرات ریز کریستالی تشکیل دهد. احتمال شکل‌گیری رسوبات کریستالی آمیلوز در مقدار ماده جامد کم گرانروی پایین و شرایط پخت شدید بیشتر است. کریستال‌های آمیلوز می‌توانند از نوع I (کوچک) و یا نوع II (بزرگ) باشند. نوع دوم از مواد بلوری می‌تواند موجب خراش‌دهی در فرآیندها پوشش‌دهی شود. تبلور در دمای بحرانی در محدوده ۸۹-۶۷ درجه سانتی‌گراد اتفاق خواهد افتاد. جزء آمیلوز نسبت به جزء آمیلوپکتین بیشتر مستعد تشکیل ژل یا ته‌نشینی است [۱۴]. به محض اینکه ژل یا رسوب شکل گرفت، حرارت دادن تا 120°C به منظور حل دوباره آمیلوز نیاز است. جزء آمیلوپکتین پایداری ذخیره‌ای بالاتری حتی در دماهای پایین‌تر دارد.

ماکزیمم غلظت برای حل کردن چیتوزان در آب حدود ۱۰-۱٪ وزنی است، که بستگی به وزن مولکولی کیتوزان دارد. گرانروی خیلی سریع با افزایش غلظت افزایش می‌یابد، بنابراین قابلیت فرآوری را روی بعضی از اعمال‌کننده‌های پوشش محدود می‌کند. غلظت کم، کیتوزان را کمتر در فرآیندهای پوشش‌دهی بزرگ صنعتی قابل استفاده می‌سازد زیرا دستیابی به یک لایه پوشش به اندازه کافی ضخیم برای خواص ممانعتی مناسب دشوار است. هم‌چنین فرآیند پوشش‌دهی به سبب مقدار زیادی از آب که باید با تبخیر در قسمت‌های خشک‌کن خارج شود، گران است.

فیلم‌های HPC^۱ را می‌توان به عنوان پوشش‌های کاغذ و مقوا در پوشش‌دهی اکستروژنی و در قالب‌گیری‌های تزریقی، تحت فشار و دمشی به کار برد. HPC می‌تواند هم به عنوان ماده تشکیل‌دهنده فیلم و هم یک غلیظ‌کننده،

اتصال‌دهنده یا عامل معلق‌کننده، در پوشش‌ها و در مرکب‌های چاپ عمل کند. خاصیت گرمانرمی (ترموپلاستیسیته) آن را برای دوخت حرارتی مناسب می‌سازد. محلول‌های HPC کشش‌های سطحی و بین سطحی پایینی دارند و به طور مثال با لاتکس‌ها^۲ سازگار هستند.

PLA به وسیله اکستروژن در محدوده دمایی ۱۲۵-۶۰ درجه سانتی‌گراد به سهولت قابل فرآیند است. بسته به نسبت ایزومرهای L,D به وسیله افزودن نرم‌کننده‌ها که می‌تواند مونومرها یا لیگومرهای لاکتیک اسید باشد Tg^۳ را می‌توان کاهش داد. مقدار محدودکننده برای حل شدن PLA در کلروفرم^۴ برای محلول‌های پوشش‌دهی باید حداکثر ۵٪ وزنی باشد [۳۲].

۱۲- رشد باکتریایی و تخریب پلی‌مر در

پلی‌مرهای زیستی پراکنده شده

مواد زیستی در شکل پودری معمولاً برای یک مدت زمان طولانی پایدار هستند (نشاسته و مشتقات سلولز) به محض اینکه مواد زیست پایه در آب حل می‌شوند باید جهت اجتناب از آلودگی‌های میکروبی که می‌تواند سبب تخریب شوند، مراقبت انجام گیرد. به واسطه واکنش‌های آنزیمی، نشاسته یا سلولز به قندهای گلوکز و مالتوز^۵ تجزیه می‌شوند. هم‌چنین این فرآیند وابسپارش^۶ می‌تواند در حضور اسیدها پیش‌رانده شود و به دما و رطوبت وابسته است و ضروری است که این متغیرها به منظور جلوگیری از تجزیه ناخواسته کنترل شوند.

به هر حال محصولاتی با درجه جانشین بیشتر در برابر تخریب پایدارتر هستند. استفاده از ظرف‌های تمیز، خطر

2- Lactis

۳- دمای انتقال شیشه‌ای

4- Chloroform

5- Maltose

6- Vabsparsh

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

1- Hydroxypropylcellulose

آلودگی را کاهش می‌دهد. افزودن یک ماده حفاظتی مناسب بعضی وقت‌ها لازم است.

و غیره را در بسته‌بندی به وجود می‌آورد و به حفاظت غذا کمک می‌کند (جدول ۳).

۱۳- نتیجه گیری

پلی‌مرهای پایه زیستی باید اولین انتخاب در توسعه قابلیت‌های جدید مقوا باشند. در حالی که هنوز تحقیقات بیشتری به منظور رسیدن به مجموعه الزامات در همه انواع ویژگی‌های عملکردی و در دسترس‌پذیری مواد، قابلیت فرآیندی، مناسب بودن برای تماس با غذا و موارد دیگر، مورد نیاز است. اگر چه قیمت مواد و فرآوری با افزایش تغییر پلی‌مرهای زیستی افزایش خواهد یافت، کاهش قیمت نهایی برای هر بسته‌بندی به وسیله افزایش حجم تولید باید قابل وصول باشد. به هر حال، ماده شیمیایی ممانعتی فراگیری که همه پتانسیل کاربردها را پوشش دهد و در عین حال همه نیازمندی‌های ممکن را برآورده کند، وجود ندارد. تیمار سطحی صفحات کاغذی آینده به احتمال زیاد مستلزم پوشش‌های چند لایه‌ای خواهد بود که هر لایه منفرد آن سهم خاص خودش را از لحاظ بخشیدن خواص نهایی در قبال کل عملکرد محصولات پوشش‌دهی شده خواهد داشت. جابه‌جایی یک یا تعداد بیشتری از لایه‌های ممانعتی شامل فیلم پلاستیک یا آلومینیوم در تقاضای بسته‌بندی با پلی‌مرهای پایه زیستی یا پلی‌مرهای پراکنده شده از نقطه نظر محیط زیستی باید بیشتر طلب شوند.

به علاوه مقررات و استانداردهای جدید بر اساس کاربرد مواد زیست تخریب‌پذیر به توسعه و رشد بازار کمک می‌کنند. در میان دسته‌های مختلف مواد زیست تخریب‌پذیر به دست آمده از پلی‌مرهای گیاهی، اکثریت نیازمندی‌های پیشنهاد شده توسط صنایع بسته‌بندی را برآورده می‌سازد. منفعت استفاده از بیوپلاستیک‌های دیگر، بر اساس پلی‌ساکاریدهای طبیعی یا پروتئین‌ها به واسطه هزینه‌های پایین آن‌ها می‌باشد. اگرچه کیفیت و عملکرد پایین آن‌ها هنوز یک مشکل به حساب می‌آید. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، توانایی لازم برای کنترل بخار آب، اکسیژن، دی‌اکسید کربن

جدول ۳- مقایسه مواد زیستی با مواد غیر زیستی در

کاربردهای بسته‌بندی

مواد غیر زیستی (فویل)	مواد زیستی	موارد مقایسه
آلومینیوم، پلاستیک‌ها و غیره)		
هزینه بالا	ارزان	قیمت
غیرقابل بازیافت	قابل بازیافت	قابلیت بازیافت
غیر تخریب‌پذیر	تخریب‌پذیر	محیط زیست
غیر مطمئن	مطمئن	بهداشتی
کنترل بخار آب،		
کنترل زیاد	کنترل کم	اکسیژن، دی‌اکسید کربن و ...

۱۴- منابع

1. Imhoff, D., "Paper or plastic – searching for solutions to an overpackaged world". Sierra club books: san francisco, CA, 2005.
2. Coles, R. "Introduction in food packaging technology". Coles R, McDowell D, Kirwan MJ (eds). blackwell publishing Ltd., CRC press LLC: Boca Raton, FL, 1–31. 2003.
3. Brown, H., Williams, J. "Packaged product quality and shelf life". In Food packaging technology, coles R, McDowell D, Kirwan MJ (eds). blackwell publishing Ltd., CRC press LLC: Boca Raton, FL, 65–94. 2003.
4. ISO 535. "Paper and board–determination of water absorptiveness –cobb method". international organization for standardization: geneva, switzerland.
5. European commission. <http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/foodcontact/documents>

15. Stading, M., Rindlav-Westling, I., Gatenholm, P., "Humidity-induced structural transitions in amylase and amylopectin films". *Carbohydr. polym.* 45: 209–217. 2001.
16. Gällstedt, M., TQrnqvist, J., Hedenqvist, MS., "Properties of nitrocellulose-coated and polyethylenelaminated chitosan and whey films". *J. Polym. Sci. [B]: Polymer Physics*, 39: 985–992. 2001.
17. Kjellgren, H., Gällstedt, M., EngstrQm, G., JärnstrQm, L., "Barrier and surface properties of chitosan coated grease proof paper". *carbohydr. Polym.* 65: 453– 460. 2006.
18. Olabarrieta, I., ForsstrQm, D., Gedde, UW., Hedenqvist, MS., "Transport properties of chitosan and whey blended with poly(ϵ -caprolactone) assessed by standard permeability measurements and microcalorimetry". *Polymer* 42: 4401–4408. 2001.
19. Parris, N., Dickey, LC., Wiles, JL., Moreau, RA., Cooke, PH., "Enzymatic hydrolysis, grease permeation and water barrier properties of zein isolate coated paper". *J. Agric. food chem.* 48(3): 890–894. 2000.
20. Arvanitoyannis, I., Biliaderis, CG., Ogawa, H., Kawasaki, N., "Biodegradable films made from low-density polyethylene (LDPE), rice starch and potato starch for food packaging applications part 1. carbohydrat". *Polymer.* 36: 89–104. 1998.
21. Schuman, T., WikstrQm, M., Rigdahl, M. Dispersion coating with carboxylated and corss-linked styrenebutadiene latices". 1. Effect of some polymer characteristics on film properties. *Coat.* 51: 220–227. 2004.
6. Gällstedt, M., Brottman, A., Hedenqvist, MS., "Packaging- related properties of protein- andchitosan coated paper". *Packag. technol. Sci.* 18: 161–170. 2005.
7. TAPPI T 464. Water vapor transmission rate of paper and paperboard at high temperature and humidity. TAPPI press: atlanta, GA.
8. Aurela, B., Ohra-aho, T., SQderhjelm, L. "Migration of alkylbenzenes from packaging into food and Tenax". *Packag. technol. Sci.* 14: 71–77. 2001.
9. Buisman, GJH. Biodegradable binders and crosslinking agents from renewable resources. *surf. Coat. int.* 3: 127–130. 1999.
10. DIN 53116. Bestimmung der Fettdurchlässigkeit. DIN deutsches institut für normung e.V.:Berlin, Germany.
11. Robertson, GL., "Food packaging principles and practice". arcel Dekker Inc.: New York, 1993 weber CJ (ed.). *Biobased packaging materials for the food Industry – status and perspectives.* The royal veterinary and agricultural university: frederiksberg, denmark, 2000.
12. Jonhed, A., JärnstrQm, L. Phase and gelation behavior of 2-hydroxy-3-(N,N-dimethyl-N dodecylammonium propyloxy starches. *Starch /Stärke* 55(12): 569–575. 2003.
13. Andersson, C., JärnstrQm, L., Hellgren, A-C., "Effects of carboxylation and neutralizing agent on polymer interdiffusion and water vapor permeability in latexes". In TAPPI 2001 advanced coating fundamentals symposium Proceedings. TAPPI press: atlanta, GA, 135–149., 2001.
14. ENV 1186-1–13. Standard methods for determination of overall migration. committee of standardization: brussels, belgium. en.htm [accessed 12 April 2007].

paperboard by coating with poly(lactide)". Packag. technol. Sci. 20(6): 393–402. 2007.

آدرس نویسنده

گرگان- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
گرگان- گروه صنایع خمیر و کاغذ.

22. Kirwan, MJ. "Paper and paperboard packaging. in food packaging technology". Coles R, McDowell D, Kirwan MJ (eds). Blackwell publishing Ltd., CRC press LLC: Boca raton, FL, 241–281. 2003
23. Andersson, CM., Järnström, L. "Controlled penetration of starch and hydrophobic sizing agent in surface sizing of porous materials". Appita J. 59(3): 207–212. 2006.
24. ASTM E 96. "Standard test methods for water vapor transmission of materials". ASTM international: West Conshohocken, PA.
25. Ghosh, T. "Practical aspects of water based barrier coatings (WBBC's) for Paper/board applications". Pira second sustainPack Conference, barcelona, spain, 4–5 December 2006.
26. Linnonmaa, J., Trefz, M. "Pigment coating techniques. In pigment coating and surface sizing of paper, papermaking science and technology". book 11, Gullichsen J, Paulapuro H, Lehtinen E (eds). Fapet oy: Helsinki, Finland, 414–486. 2000.
27. Saari, J. "Coating of boards. In pigment coating and surface sizing of paper, papermaking science and technology". book 11, Gullichsen J, paulapuro H, Lehtinen E (eds). Fapet oy: helsinki, finland, 578–592. 2000.
28. kurary Europe GmbH <http://www.kuraray-kse.com> [accessed 12 April 2007].
29. Kimpimäki, T., "Dispersion coating and product applications". In paper and paperboard converting, papermaking science and technology, book 12.
30. Kuusipalo, J. "Characterization and converting of dispersion and extrusion coated high-density papers". <http://www.tappi.org>, 'the PLACE' [accessed May 2003].
31. Rhim, J-W., Lee, J-H., Hong, S-I. "Increase in water resistance of