تأثیر پوشش‌دهی با زئین ذرت بر ویژگیهای مقاومتی و ممانعتی کاغذ لاینر

نورالدین نظرنژاد[۱]
مهین اورند[۲]
حسین رسالتی[۳]
شقایق رضانژاد[۴]

[۱] دانشیار، گروه صنایع چوب و فرآورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۲] کارشناس ارشد، گروه صنایع چوب و فرآورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۳] استاد بازنشسته گروه صنایع چوب و فرآورده های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۴] فارغ التحصیل مقطع دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

مسئول مکاتبات:
nazarnezhad91@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

چکیده

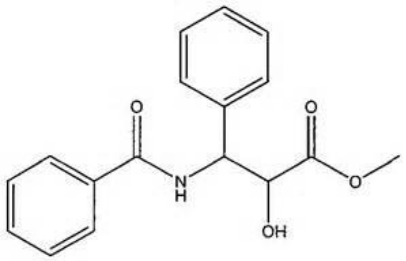
زئین یکی از پروتئین‌های مهمی است که از منابع مختلفی قابل تهیه می‌باشد. در این تحقیق تأثیر افزودن عامل پوشش‌دهی زئین بر ویژگی‌های مقاومتی و ممانعتی مقوای لاینر مورد بررسی قرار گرفت. زئین در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم بر لیتر اسید اتانول (۹۵ درصد) و با دو نسبت نرم‌کننده (گلیسرول) ۰/۵ و ۱ درصد (بر پایه وزن خشک زئین) برای پوشش دهی کاغذ لاینر استفاده شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت نرم‌کننده در محلول پوشش بر روی مقاومت به عبور هوا و روغن تأثیر مثبت داشت، اما اثر آن بر میزان جذب آب منفی بود. با افزایش وزن ماده پوشش، شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن افزایش یافته ولی مقاومت به پارگی کاهش داشته است. همچنین افزایش غلظت نرم‌کننده در محلول پوشش بر وزن پایه و مقاومت به پارگی تأثیر مثبت داشته؛ ولی روی مقاومت به کشش و ترکیدن تأثیر منفی نشان داده است.

واژگان کلیدی: پوشش¬ زیست تخریب پذیر، خواص مقاومتی و ممـانعتی، زئـین، مقوای بسته‌بندی.

مقدمه

کاغذها به علت ویژگی‌هایی مانند قابلیت بازیافت، چاپ‌پذیری و زیست‌تجزیه‌پذیر بودن، بیش‌ترین استفاده را در بسیاری از صنایع دارند. این ماده به‌دلیل سبک بودن از نظر اقتصادی و تجزیه‌پذیر بودن از نظر زیستی در مقایسه با مواد پلاستیکی کاربرد گسترده‌تری در صنعت بسته‌بندی دارد. ویژگی‌های ممانعتی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در بسته‌بندی محسوب می‌شود. برای بهبود ویژگی‌های ممانعتی کاغذ بسته‌بندی، استفاده از پلیمرهای مصنوعی مثل پل اتیلن، لاتکس و پلی‌ونیل الکل به دلیل عدم بازیافت و تجزیه مؤثر از نظر زیستی مشکلاتی ایجاد می‌کند [۱]. امروزه آلودگی‌های ناشی از مواد پلیمری بر پایه ترکیبات نفتی باعث توجه به تولید پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر شده است. عمده‌ترین پلیمرهای تجاری تولید شده شامل مواد بر پایه پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها و یا ترکیبی از آنها می‌باشد. درصنایع غذایی، مواد کشاورزی جایگزین بسته‌بندی‌های پلی‌اولفینی شده است که این موضوع فرصت خوبی را برای تقویت اقتصاد کشاورزی و کاهش وابستگی به محصولات نفتی فراهم می‌کند. مخلوط زئین- موم و مخلوط زئین- لیپید می‌تواند به‌عنوان موم و یا جایگزین‌های پلی‌اولفین‌ها استفاده شوند. البته در حال حاضر محصولات کاغذی مومی بازیافت

نمی‌شوند، زیرا ذرات موم را نمی‌توان طی خمیرسازی مکانیکی از الیاف جدا کرد [۲]. انواع پروتئین‌ها، پلی-ساکاریدها و لیپیدها به‌علت ایجاد پیوند هیدروژنی زیاد، از نظر زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این پوشش-های زیست‌تخریب‌پذیر باعث تقویت خواص ممانعتی و مقاومتی کاغذ می‌گردند [۳ و ۴]. مهم‌ترین مزیت این نوع از پوشش، جدایی آسان از سطح کاغذ و مقوا در فرآیندهای شیمیایی یا آنزیمی است و این موضوع، امکان بازیافت بیشتر را فراهم می‌کند [۵، ۶ و ۷]. پوشش زئین ذرت به‌عنوان ممانعت‌کننده از اکسیژن، رطوبت و چربی برای آجیل، شکلات و دیگر مواد غذایی استفاده می‌شود. فیلم زئین در شرایط خشک (رطوبت نسبی صفر درصد) ضریب نفوذپذیری به اکسیژن پایین‌تری نسبت به بسیاری از فیلم‌های پلیمری تجاری از جمله پلی‌اتیلن دانسیته بالا و پایین، پلی‌پروپیلن و نایلون دارد. کاغذهای پوشش داده شده با زئین اثر ممانعتی بیشتری به چربی و روغن نسبت به لایه‌های پلی‌اتیلن ایجاد می‌کند که برای تهیه سریع بسته‌بندی ساندویچ در رستوران‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. همچنین پوشش‌های زئین با بازیافت کاغذ تداخل ندارد و نیازی به جدا کردن پروتئین و لایه‌های کاغذ نیست و می‌تواند جایگزین پلی‌اولفین‌ها باشد [۱]. زئین یک پروتئین ذخیره‌ای در ذرت بوده که ۴۵ تا ۵۰ درصد از پروتئین ذرت را تشکیل می‌دهد، تقریباً تمام زئین در آندوسپرم ذرت می‌باشد. زئین یک دسته از محصولات بر پایه پروتئین پرولامین با خواص بسیار آب‌گریز و خواص ممانعتی می‌باشد که این آبگریزی به مقدار گروه‌های غیر قطبی آمینواسیدها برمی‌گردد. سختی، براقیت، پوشش‌دهندگی، مقاومت در برابر چربی و آب، و مقاومت آن در برابر حمله میکروبی از مزایای تجاری زئین و رزین‌های آن می‌باشد. زئین دارای کاربردهای مختلفی از قبیل استفاده در الیاف، چسب، پوشش‌دهنده، سرامیک، جوهر، لوازم آرایشی و بهداشتی، نساجی، آدامس و پلاستیک زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشد [۸]. از نظر ترکیب اسید آمینه، زئین حاوی اسید آمینه غیر قطبی زیاد مانند لوسین، آلانین و پرولین می‌باشد [۹]. به‌همین دلیل زئین در آب نامحلول است. همچنین میزان اسید آمینه گلوتامین در آن زیاد است که این اسید آمینه می‌تواند باعث افزایش بیش از حد پیوندهای هیدروژنی بین زنجیری و کاهش حلالیت زئین در آب گردد. اما این ماده در غلظت زیاد اوره یا مواد قلیایی، پاک‌کننده‌های آنیونی و اصلاحات آنزیمی در آب محلول می‌گردد [۱۰]. شکل ۱ ساختار زئین را نشان می‌دهد. زئین از یک بخش آب‌دوست (گروهای هیدروکسیلی و آمینی) و یک بخش آب‌گریز (حلقه) تشکیل شده است.



شکل ۱- ساختار شیمیایی زئین ذرت

محلول‌های زئینی بسیار ناپایدار هستند و به سرعت بین مولکول‌ها بر هم‌کنش‌های دی‌سولفید، هیدروژنی و آب‌گریز ایجاد شده و ژل تشکیل داده و ویسکوزیته محلول زیاد می‌شود. سرعت ژله‌ای شدن محلول‌های الکلی زئین در غلظت‌های کمتر از ۱۰ درصد (w/w) بسیار کم‌تر است اما با افزایش غلظت، سرعت تشکیل ژل افزایش می‌یابد [۸]. عوامل مؤثر بر سرعت ژله‌ای شدن زئین شامل نوع و غلظت حلال، دما، هم‌زدن، حضور عوامل بازدارنده و غلظت زئین می‌باشد. با افزایش گروه‌های (گروه‌های جانبی) تشکیل دهندهٔ پیوندهای آب‌گریز در یک پروتئین، میزان بازدارندگی نسبت به رطوبت افزایش می‌یابد. فیلم‌های زئینی در مقایسه با سایر فیلم‌های خوراکی ، به دلیل داشتن مقادیر اسیدهای آمینه غیر قطبی بیشتر، قابلیت بازدارندگی بهتری را نسبت به بخار آب دارند. البته چون بخشی از اسیدهای آمینه تشکیل‌دهندهٔ پروتئین نامحلول در آب، آب‌دوست هستند، بازدارندگی آن‌ها نسبت به بخار

آب محدود است [۱۱]. میزان نفوذپذیری در برابر رطوبت در فیلم‌های زئینی تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند غلظت نرم‌کننده‌ها و اتصال‌دهنده‌ها، نوع حلال، روش تولید، رطوبت نسبی و دما قرار می‌گیرد. نفوذپذیری پوشش‌های زئینی کم‌تر از پوشش‌های پلی‌ساکاریدی و ترکیب پلی-ساکارید - لیپید گزارش شده است. اما مقدار آن نسبت به پوشش‌های گلوتنی و کلاژنی بیش‌تر است [۱۲]. در این تحقیق کاغذ لاینر با پوشش زیست تخریب‌پذیر پروتئین زئین تولید شد. تأثیر زئین بر ویژگی‌های مقاومتی و ممانعتی کاغذ لاینر پوشش داده شده مورد بررسی قرار گرفت. کیتوزان در سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم بر لیتر اتانول و با دو نسبت نرم‌کننده (گلیسرول) ۰/۵ و ۱ درصد بر پایه وزن خشک زئین برای پوشش‌دهی کاغذ استفاده شد. ویژگی‌های مقاومتی شامل مقاومت کششی، ترکیدن و پارگی مقوا و ویژگی‌های ممانعتی شامل ممانعت در برابر جذب آب، هوا و روغن در نمونه‌های پوشش داده شده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

کاغذ لاینر با گراماژ ۱۲۰ گرم بر متر مربع ساخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد، گلیسرول ($C_3H_8O_3$) و جرم مولی ۹۲/۱ گرم بر مول و دانسیته ۱/۲۱۹-۱/۲۳۰)، زئین ذرت (ساخت شرکت سیگما آلدریچ) و الکل اتیلیک (C_2H_5OH، دانسیته ۰/۷۹۰۴، غلظت۹۹/۷٪، ساخت شرکت صنایع شیمیایی و دارویی هامون طب مرکزی) مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۱ مشخصات ماده زئین آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات ماده زئین

شکل ماده	رنگ	نقطه ذوب (سانتی‌گراد)	حل شوندگی در آب	دما نگهداری (سانتی‌گراد)
پودری	زرد تیره	۲۸۳ - ۲۶۶	نامحلول	۲۴ - ۲۲

روش‌ها

آماده‌سازی محلول پوشش‌دهی زئین

محلول پوشش‌دهی زئین در ۳ سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم بر لیتر اتانول آماده شد. برای این کار ابتدا الکل اتیلیک تا غلظت ۹۵ درصد با آب مقطر رقیق‌سازی شد. سپس ۵۰ گرم پودر زئین اضافه و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و با دور ۴۵۰ در دقیقه به مدت ۱ ساعت روی هیتر هم‌زده شد. برای تهیه محلول با نسبت زئین به نرم-کننده برابر یک به یک، به محلول دارای حجم ۱۰۰۰میلی لیتر ۵۰ گرم گلیسرول و برای تهیه محلول با نسبت پروتئین به نرم‌کننده برابر دو به یک به محلول دارای ۱۰۰۰میلی لیتر، ۲۵ گرم گلیسرول اضافه گردید و محلول به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد. برای تهیه محلول زئین با سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم بر لیتر حلال نیز این مراحل تکرار گردید.

پوشش‌دهی نمونه‌ها با محلول زئین

برای پوشش‌دهی کاغذ از دستگاه Auto Bar Coater استفاده گردید. برای پوشش‌دهی یک طرف کاغذ با ابعاد A_4، ۶ میلی‌لیتر از محلول پوشش‌دهی با استفاده از سرنگ به ابتدای کاغذ نزدیک میله پوشش‌دهی ریخته شد. سپس محلول توسط میله (RDS30) با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر ثانیه روی کاغذ پخش گردید. پس از پوشش‌دهی، به منظور جلوگیری از ایجاد چروک، کاغذ بر روی قاب قرار گرفت و توسط گیره مهار شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ساعت در دمای محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا خشک گردند.

آزمون نمونه‌ها

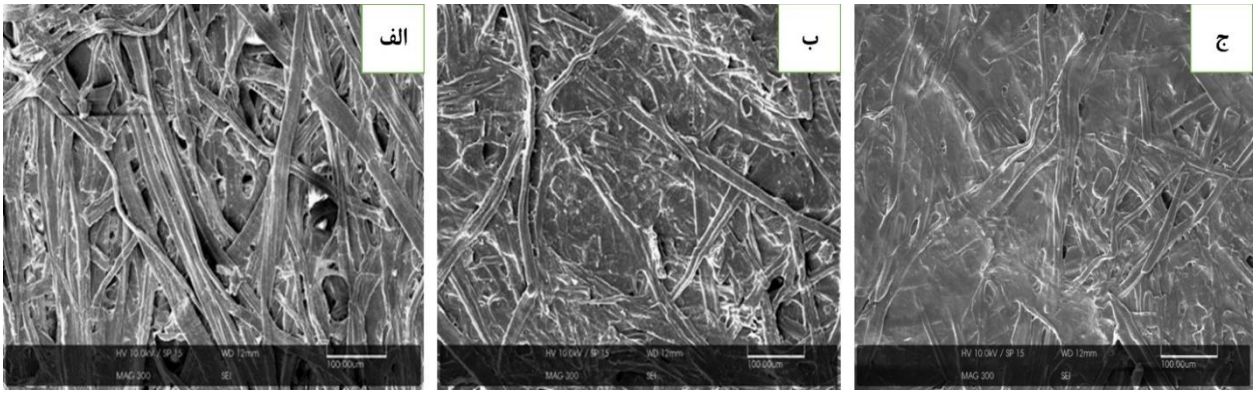
ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و ممانعتی کاغذ بر اساس آیین‌نامه TAPPI، شامل وزن پایه (استاندارد T410 om-88)، مقاومت کششی (استاندارد T494 om-98)، مقاومت به ترکیدن (T430 om-02)، مقاومت به پارگی (T414 om-98)، جذب آب (T441 om-04)، مقاومت به عبور هوا (T460 om-02) و نفوذ روغن (T507) اندازه-گیری شد. همچنین سطح نمونه‌های پوشش داده شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل PC 2300 ساخت شرکت Pemtron مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، داده‌های مربوط به تیمار شاهد، مقوا با سه سطح زئین و

دو سطح نرم کننده با استفاده از آزمون تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین-ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

ریزنگار میکروسکوپ الکترونی روبشی

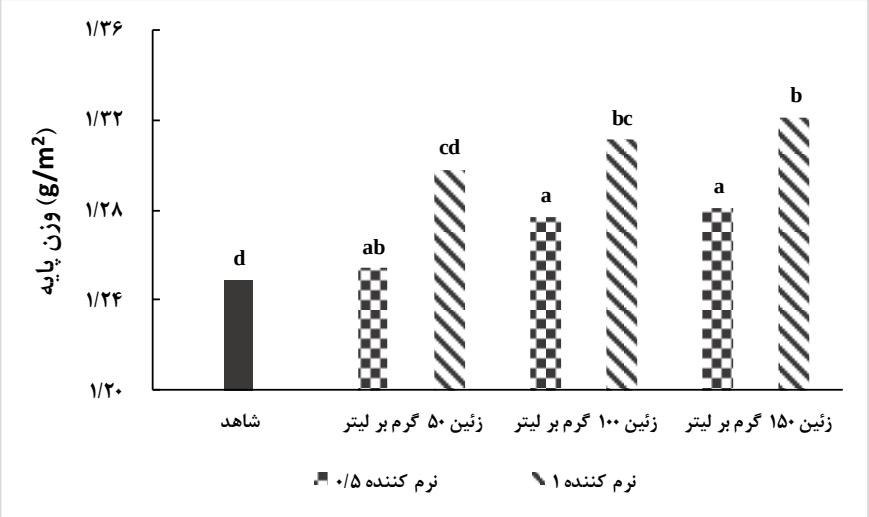
سطح مقوای پوشش‌داده شده با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی برای سطح زئین ۵۰ گرم بر لیتر اتانول (الف)، ۱۰۰ گرم بر لیتر اتانول (ب) و ۱۵۰ گرم بر لیتر اتانول (ج) مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح کاغذها نشان داد که محلول پوشش زئین، بر روی کاغذ پوشش داده شده و تشکیل یک لایه پلیمری را داده است. این لایه پلیمری باعث پر شدن منافذ و کاهش میزان تخلخل کاغذ شده است. عدم یکنواختی پوشش در تصاویر الکترونی بدلیل عدم پوشش دهی یکنواخت نیست بلکه بدلیل تخلخل نایکنواخت سطح کاغذ در نقاط مختلف آن است که باعث شده در برخی مناطق نفوذ زئین در داخل خلل و فرج بیشتر بوده و سطح ناصافتر و در برخی مناطق کمتر بوده که در نتیجه سطح صافتر دیده می‌شوند. همچنین مقایسه تصاویر در سطوح مختلف زئین نشان داد که افزایش وزن پوشش باعث صاف و همگن‌تر شدن سطح کاغذ پوشش داده شده خواهد شد.



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی رویشی زئین ۵۰ گرم بر لیتر (الف)، ۱۰۰ گرم بر لیتر (ب) و ۱۵۰ گرم بر لیتر (ج)

وزن پایه

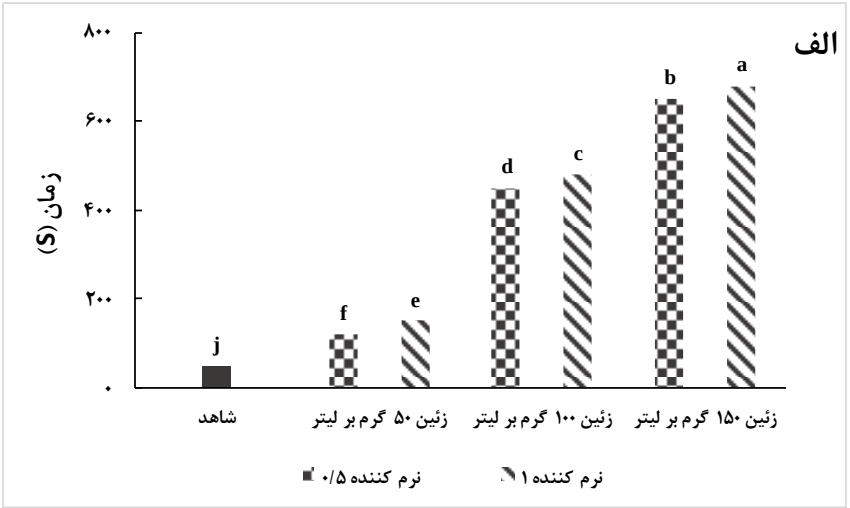
اثر سطوح متفاوت زئین بر میزان وزن پایه کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و مقادیر وزن پایه در ۴ گروه مجزا قرار گرفته‌اند. اثر سطوح مختلف زئین بر وزن پایه کاغذهای پوشش داده شده در شکل ۳ آورده شده است. رسوب محلول آبی پوشش روی بستر سلولزی منجر به افزایش ضخامت شد. این رسوب موجب شکل‌گیری یک لایه پوشش می‌شود که ضخامت این لایه پوشش شکل گرفته تحت تأثیر طبیعت پلیمر و مقدار مواد جامد محلول پوشش می‌باشد [۱۳]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن‌پایه کاغذهای پوشش داده شده نشان داد که با افزایش غلظت زئین ذرت، وزن پایه کاغذ لاینر افزایش یافته‌است. همچنین افزایش غلظت نرم‌کننده منجر به افزایش سطح پوشش بیشتر بر روی کاغذ می‌شود. حداکثر وزن پایه مربوط به تیمار زئین با سطح ۱۵۰ گرم بر لیتر اتانول با نسبت نرم‌کننده یک و حداقل مقدار مربوط به نمونه کاغذ بدون پوشش با مقادیر به ترتیب ۱/۳۳۲ و ۱/۲۴۹ گرم بر متر مربع بوده است.

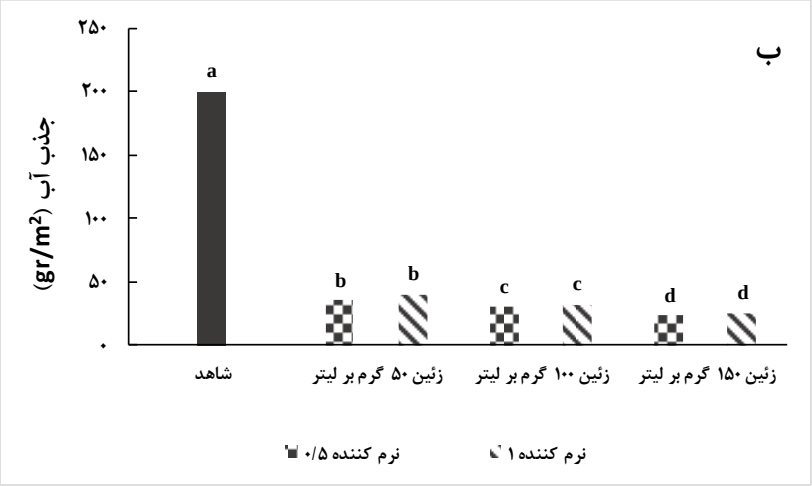


شکل ۳- اثر سطوح مختلف زئین با دو نسبت نرم‌کننده بر وزن پایه

ویژگی‌های ممانعتی

اثر سطوح متفاوت زئین بر مقاومت به عبور هوای کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. براساس نتایج آزمون دانکن، میانگین مقادیر مقاومت به عبور هوا در ۷ گروه مجزا قرار گرفته است. اثر سطوح مختلف زئین بر مقاومت به عبور هوای کاغذهای پوشش داده شده در شکل ۴ (الف) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از پوشش زئین مقاومت به عبور هوا را به میزان قابل توجهی افزایش داد. این افزایش درهر سه سطح قابل مشاهده بود و در سطح ۱۵۰ گرم بر لیتر اتانول با نسبت پروتئین به نرم-کننده یک بیش‌ترین مقدار و در نمونه شاهد کمترین مقدار به ترتیب ۴۰۱/۸۳ و ۳۸/۱۳ ثانیه بوده است. با افزایش وزن پوشش و غلظت نرم‌کننده مقاومت به عبور هوای کاغذ افزایش یافت. افزایش غلظت نرم‌کننده باعث ایجاد مقاومت به عبور هوای بیشتر کاغذ شد. با توجه به اینکه نقش نرم‌کننده‌ها در محلول پوشش ایجاد یک فیلم یکنواخت‌تر می‌باشد در نتیجه با افزایش مقدار آن در محلول پوشش ضمن ایجاد یک فیلم یکنواخت و انعطاف پذیر مقاومت به عبور هوای بهتری را ایجاد می‌کنند [۱۴]. در نتیجه کاغذ پوشش داده شده با زئین با نسبت نرم-کننده بیشتر موجب افزایش مقاومت به عبور هوای کاغذ شد. تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی رویشی نیز این نتایج را تأیید می‌کند. همچنین تیمن لایگلو (۲۰۱۰) در پژوهشی بر کاغذ پوشش داده شده با زئین و نرم کننده به نتیجه مشابهی دست یافتند [۱۵].

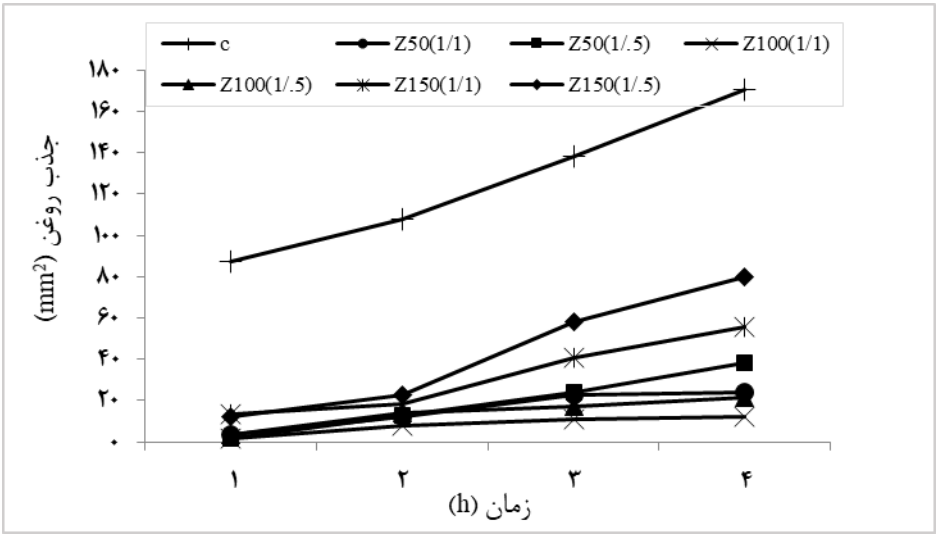




شکل ۴- اثر سطوح مختلف زئین با دو نسبت نرم‌کننده بر مقاومت به عبور هوا (الف) و جذب آب (ب)

اثر سطوح مختلف زئین بر جذب آب کاغذهای پوشش داده شده در شکل ۴ (ب) آورده شده است. اثر سطوح متفاوت زئین در میزان جذب آب کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. براساس نتایج آزمون دانکن، میانگین مقادیر جذب آب در ۶ گروه مجزا قرار گرفته است. مطابق با نتایج به‌دست آمده، بیشترین میزان جذب آب مربوط به نمونه بدون پوشش و کم‌ترین آن مربوط به پوشش ۱۵۰ گرم بر لیتر زئین با نسبت نرم کننده ۰/۵ به ترتیب به مقدار ۲۰۰/۳۳ و ۲۶/۳ گرم بر متر مربع بوده است. با افزایش سطح پوشش، جذب آب کاغذ کاهش یافت. همچنین در هر سطح نسبت نرم کننده ۰/۵ منجر به کاهش جذب شده است. فاکتور وزن پوشش مهمترین تأثیر را بر روی کاغذهای پوشش‌دهی شده دارد. با افزایش وزن پوشش، نفوذپذیری به آب کاهش می‌یابد. در شبکه کاغذی، مولکول‌های آب تنها از طریق الیاف جذب نمی‌شوند، بلکه حفره‌های بین الیاف و منافذ کاغذ هم در جذب آب تاثیر دارند. پوشش‌های پلیمری، ساختار کاغذ را آغشته و منافذ و حفره‌ها را پر می‌کنند و تشکیل یک لایه روی کاغذ یا مقوا می‌دهند. در نتیجه این لایه یا فیلم موجب کاهش جذب آب می‌شود [۱۶]. از طرف دیگر جذب آب برای دو نرم کننده اختلاف زیادی نداشتند ولی جذب آب نرم-کننده یک درصد کمی بیشتر از نیم درصد می‌باشد زیرا گلیسرول یک ماده آب‌دوست است هرچند که افزایش آن در محلول پوشش مقاومت به عبور هوای بهتری ایجاد می‌کند اما وقتی در معرض آب قرار گیرد تمایل آن به جذب آب بیشتر می‌شود. در نتیجه وقتی مقدار نرم‌کننده در محلول پوشش افزایش یابد به دلیل اینکه خودش آب-دوست می‌باشد جذب آب را کمی افزایش می‌دهد [۱۷]. اثر سطوح مختلف زئین بر جذب روغن کاغذهای پوشش داده شده در شکل ۵ آورده شده است. اثر سطوح متفاوت زئین در میزان جذب روغن کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. جذب روغن کاغذها بعد از اعمال پوشش‌دهی، برای هر یک از تیمارها در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بالاترین میزان مقاومت به نفوذ چربی مربوط به پوشش زئین ۱۰۰ گرم بر لیتر اتانول با نسبت نرم کننده یک و کم‌ترین آن مربوط به نمونه شاهد به ترتیب به میزان ۱۷۰/۸۳ mm^2 و ۱۲ mm^2 بود. با افزایش وزن پوشش زئین تا سطح ۱۰۰ گرم بر لیتر اتانول بیشترین مقاومت به نفوذ روغن مشاهده شد. با اضافه شدن بیشتر وزن پوشش از مقاومت کاسته شد. این کاهش به این دلیل می‌تواند باشد که ما با پوشش‌دهی سطح کاغذ، یک سطح غیر آبدوست با پوشش زئین ایجاد کردیم مسلما سطحی که غیر آبدوست باشد روغن بیشتری را نیز جذب خواهد کرد. در نتیجه افزایش غلظت زئین آبدوستی سطح را کاهش و جذب روغن را افزایش داد. همچنین خواص ممانعت به چربی تحت تاثیر غلظت نرم‌کننده نیز می‌باشد. با افزایش نرم‌کننده در محلول پوشش زئین جذب روغن کاهش یافت. چون گلیسرول خاصیت آبدوستی دارد زمانی که غلظت آن در

محلول پوشش افزایش یابد جذب آب را افزایش می‌دهد. در نتیجه افزایش جذب آب کاهش جذب روغن را در پی خواهد داشت [۱۸]. در نتیجه غلظت نرم کننده در محلول پوشش برای مقاومت به چربی تاثیر مثبتی را نشان داد. با افزایش زمان، مساحت نقاط چربی برای هر سه سطح افزایش پیدا کرد و برای نمونه‌های بدون پوشش در همان مراحل ابتدایی شروع آزمایش بیشترین مقدار روغن را جذب کرده و کاملا در برابر روغن نفوذپذیر بودند. کاغذ پوشش داده شده با زئین در ۲ ساعت اول آغشته سازی حدود ۱۰ میلی‌متر مربع بود که این نفوذ احتمالا می‌تواند به دلیل وجود منافذ، بخش‌های نازک و یا ناپیوستگی در پوشش رخ داده باشد از طرفی در تیمار ۱۵٪ پروتئین مقدار جذب روغن تا حدودی نسبت به تیمار ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر اتانول پروتئین افزایش یافته است. علت این امر می‌تواند مرتبط با وزن مولکولی پروتئین باشد و نفوذ چربی افزایش می‌یابد [۱۹].

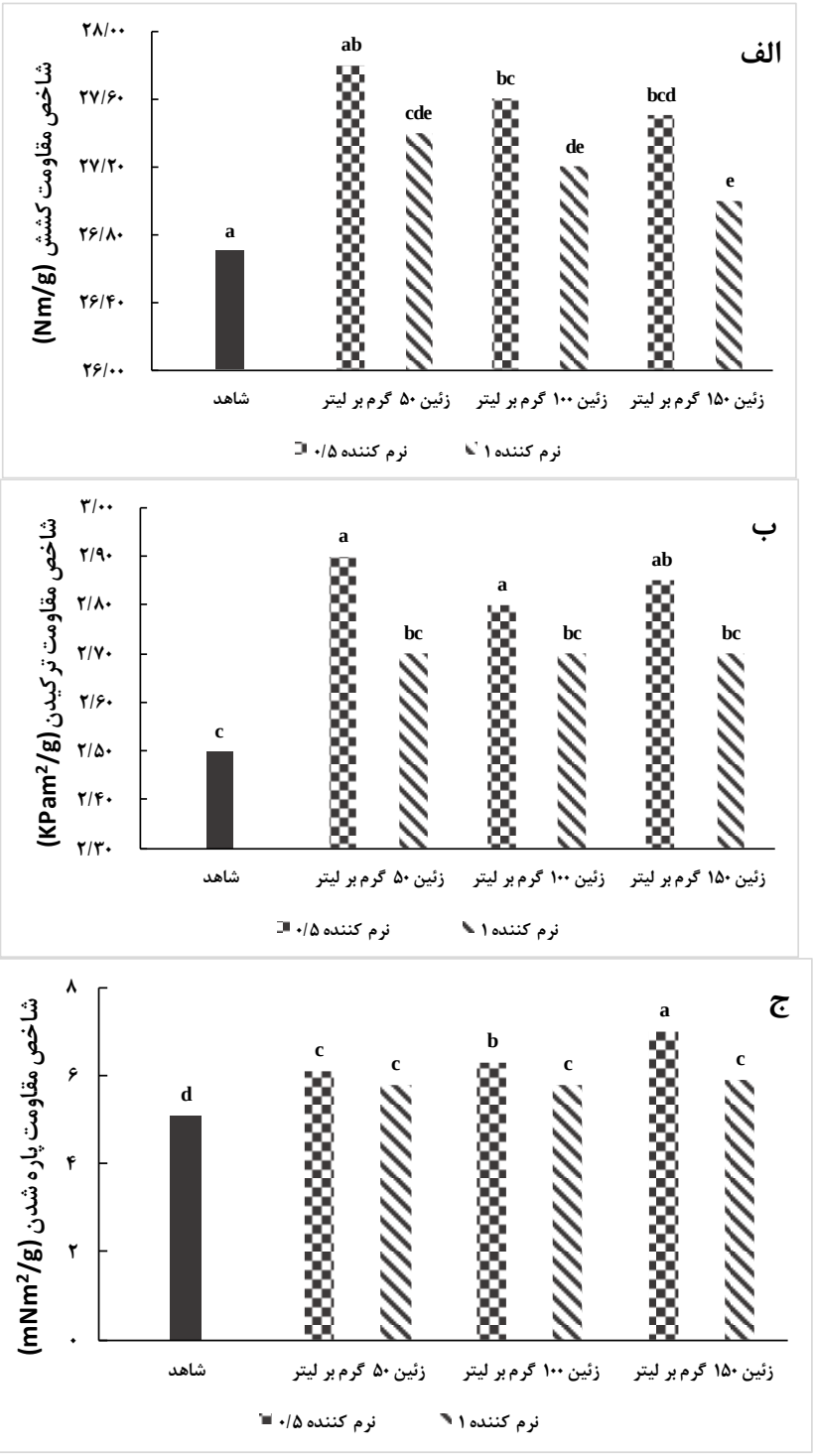


شکل ۵- اثر سطوح مختلف زئین با دو نسبت نرم‌کننده بر جذب روغن شاهد (c)، زئین ۵۰ گرم بر لیتر با نسبت نرم کننده ۱ و ۰/۵ (Z50)، زئین ۱۰۰ گرم بر لیتر با نسبت نرم کننده ۱ و ۰/۵ (Z100) و زئین ۱۵۰ گرم بر لیتر با نسبت نرم کننده ۱ و ۰/۵ (Z150)

ویژگی‌های مقاومتی

نتایج آزمون شاخص مقاومت کششی در شکل ۶ (الف) نشان داده شده است. اثر سطوح متفاوت زئین در میزان شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن در کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و مطابق با نتایج آزمون دانکن، مقادیر شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن به ترتین در ۵ و ۴ گروه مجزا قرار گرفته است. اثر سطوح مختلف زئین بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای پوشش داده شده در شکل ۶ (ب) نشان داده شده است. بالاترین شاخص مقاومت به کشش مربوط به تیمار زئین با سطح ۱۵۰ گرم بر لیتر با نسبت نرم کننده ۰/۵ به میزان ۹/۰۹ نیوتن‌متر بر گرم و کم‌ترین مربوط به نمونه مقوای بدون پوشش به مقدار ۸/۰۲ نیوتن-متر بر گرم بوده است. استفاده از زئین ذرت و افزایش سطح آن به عنوان ترکیب پوشش‌دهی باعث افزایش شاخص مقاومت به کشش شده است. پوشش زئین به دلیل تشکیل یک لایه پلیمری در سطح کاغذ و ایجاد اتصال با الیاف سطح کاغذ و همچنین افزایش ضخامت و و زن پایه کاغذ منجر به افزایش مقاومت کاغذ می‌گردد [۴]. غلظت نرم‌کننده در محلول پوشش روی خواص مکانیکی کاغذ و مقوای پوشش داده شده تأثیر می‌گذارد. افزایش مقدار نرم‌کننده در هر سطح پوشش منجر به کاهش مقاومت کششی شد. چنانچه مقدار گلیسرول در پوشش افزایش یابد مقاومت کششی را کاهش می‌دهد و سفتی را افزایش می‌دهد [۱۹ و ۱۴]. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شاخص مقاومت در برابر ترکیدن ۲/۲۶ و ۲/۹۹ کیلوپاسکال در مترمربع بر گرم، به ترتیب در سطوح کاغذ بدون پوشش و تیمارشده با ۱۰۰ گرم بر لیتر اتانول با

نسبت نرم‌کننده ۰/۵ درصد تعیین شد. شاخص مقاومت به ترکیدن در نمونه‌های تیمارشده تا سطح ۱۰درصد افزایش و سپس کاهش یافته است. به نظر می‌آید محلول پوشش جذب کاغذ شده وخواص فیلم را تا یک سطح معین تقویت کرده اما پس از آن، افزایش به بیش از یک سطح بحرانی، خواص مکانیکی تضعیف می‌شود. تأثیر غلظت نرم کننده بر روی مقاومت به ترکیدن منفی بوده است. افزایش مقدار نرم کننده درهر سطح، کاهش در مقاومت به ترکیدن را نشان داد [۱۹].



شکل ۶- اثرات سطوح مختلف زئین با دو نسبت نرم‌کننده بر شاخص مقاومت کششی (الف)، ترکیدن (ب) و پاره شدن (ج) در نمونه‌ها

اثر سطوح متفاوت زئین بر میزان شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. مقادیر وزن پایه در ۴ گروه مجزا (مطابق با آزمون دانکن) قرار گرفته است. اثر سطوح مختلف زئین بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای پوشش داده داده شده در شکل ۶ (ج) آورده شده است. اتصال بین الیاف بستگی به سطح تماس بین الیاف در کاغذ و ترکیبات موجود در خمیرکاغذ دارد. اما در مورد مقاومت ذاتی الیاف وضع به گونه دیگری خواهد بود، مقاومت ذاتی الیاف، مقاومت یک فیبر به تنهایی می‌باشد و بسته به نوع ماده اولیه مصرفی متفاوت است. به طوری‌که با افزایش ضخامت دیواره و قطر الیاف افزایش می‌یابد [۲۰]. حداکثر مقادیر مقاومت به پاره شدن مربوط به تیمار زئین با سطح ۱۵۰ گرم بر لیتر اتانول و نسبت نرم کننده ۰/۵ درصد و کم‌ترین مقدار مربوط به نمونه شاهد به ترتیب به میزان ۷/۶۲ و ۵/۰۵ میلی نیوتن متر مربع بر گرم بوده است. با افزایش سطح زئین شاخص مقاومت به پاره شدن افزایش یافته است. همچنین مقادیر نسبت نرم‌کننده یک و نیم در هر سطح در یک گروه قرار گرفتند.

نتیجه گیری

استفاده از پلیمرهای زیستی و تجدیدپذیر به‌عنوان مواد پوشش‌دهی برای کاغذ، دارای مزیت‌های فراوانی است. این مواد به دلیل قابلیت بازیافت و تجزیه پذیری آسان، جایگزین مناسبی برای مواد پلاستیکی مثل پلی-اتیلن‌گلیکول می‌باشند. در این پژوهش با استفاده از پروتئین زئین ذرت که ماده‌ای زیستی محسوب شده، کاغذ لاینر پوشش‌دهی شده تهیه شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که با پوشش‌دهی کاغذ به ماده زئین می‌توان خواص ممانعتی (جذب آب، عبور هوا و جذب روغن) در کاغذ را به طور قابل توجهی افزایش داد. نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپ الکترونی رویشی نشان داد که محلول پوشش‌دهی موجب تشکیل یک لایه یا فیلم نازک بر روی کاغذ می‌شود و شکل‌گیری این لایه روی خواص ممانعتی و مقاومتی کاغذ لاینر تأثیر می‌گذارد. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش می‌توان گفت که پروتئین زئین قابلیت ایجاد پوشش در کاغذهای لاینر جهت تولید کاغذهای بسته‌بندی با ویژگی‌های ممانعتی مناسب را دارد.

منابع

[1] Trezza, T.A. and Vergano, P.J., 1994. Grease Resistance of corn zein Coated paper. Journal of Food Science, 59:912-915.

[2] Parris, N., Sykes, M., Dickey, L.C., Wiles, J.L., Urbanik, T.J. and Cooke, P.H., 2002. Recyclable zein-coated kraft paper and linerboard. Progress in Paper Recycling, 11(3):24-29.

[3] Sedaghat, N. 2005. Food packaging technology. Frontier of Knowledge, Tehran, 368p. (In Persian).

[4] Gällstedt, M., Brottman, A. and Hedenqvist, M. S., 2005. Packaging related properties of protein and chitosan-coated paper. Packaging Technology and Science, 18(4):161-170.

[5] Chandra, R. and Rustgi, R., 1998. Biodegradable polymers. Progressive Polymer, 23:1273–1335.

[6] Reddy, C.S.K., Ghai, R. and Rashmi, V.C., 2003. Poly hydroxy alkanoates: an overview. Bioresource Technology, 87:137–146.

[7] Cutter, C.N., 2006. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. Meat Science, 74(1):131-42.

[8] Shukla, R. and Cheryan, M., 2001. Zein: the industrial protein from corn. Industrial Crops and Products, 13(3):171-192.

[9] Landry, J., 1997. Comparison of extraction methods for evaluating zein content of maize grain. Cereal Chemistry, 77(6):724-730.

[10] Ghanbarzadeh, B., Almasi, H. and Zahedi, Y., 2008. Biodegradable and edible biopolymers in food and pharmaceutical packaging, Amirkabir University of Technology Press, Tehran, 529p. (In Persian).

[11] We, Q., Sakabe, H. and Isobe, S., 2003. Studies on the toughness and water resistance of zein based polymer by modification. Polymers, 44:3901-3908.

[12] Krotcha, J.M., 2002. Protein as raw materials for films and coating: Definitions, current Status and opportunities. CRC Press LLC, Florida, 672p.

[13] Guillaumem, C., Pinte, J., Gontard, N. and Gastaldi, N., 2010. Wheat gluten-coated paper for bio-based food packaging: Structure, surface and transfer properties. Food Research International, 1395-1401.

[14] McHugh, T.H. and Krochta, J.M., 1994. Plasticized whey protein edible films: water vapor permeability properties. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 59(2):416–419.

[15] Tihminlioglu, F., Atik, I.D. and Özen, B., 2010. Water vapor and oxygen- barrier performance of corn-zein coated polypropylene films. Journal of Food Engineering, 96(3):342-347.

[16] Armand, K. and Ghasemiyan, A., 2020. Effect of coating of packaging paper using chitosan and modified polylactic acid. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 35(4):321-331.

[17] Aloui, H., Khwaldia, K., Ben Slama, M. and Hamdi, M., 2011. Effect of glycerol and coating weight on functional properties of biopolymer-coated paper. Carbohydrate Polymers, 86:1063–1072.

[18] Park, H.J., Bunn, J.M., Weller, C.L., Vergano, P.J. and Testin, R.F., 1994. Water vapor permeability and mechanical properties of grain protein-based films as affected by mixtures of poly ethylene glycol and glycerin plasticizers, Trans. ASAE, 37:1281–1285.

[19] Park, H.J., Kim, S.H., Lim, S.T., Shin, D.H., Choi, S.Y. and Hwang, K.T., 2000. Grease resistance and mechanical properties of isolated soy protein-coated paper. Journal of the American Oil Chemists' Society, 77:269–273.

[20] Subirade, M., Kelly, I., Gueguen, J. and Pezolet, M., 1998. Molecular basis of formation from a soybean protein: Comparison between the conformation of glycerin in aqueous solution and in films. International Journal of Biological Macromolecules, 23:241-249.

The effect of corn zein coating on the strength and barrier properties of liner paper

Abstract

Zein is one of the important proteins that can be used as a biodegradable coating in packaging cardboards. In this study, the effect of coated zein on the strength and barrier properties of liner cardboard was investigated. Zein was used in three levels of 50, 100, and 150 g/L in ethanol acid (95%) with two softener (glycerol) ratios of 0.5 and 1 (based on the dry weight of the zein) to coat cardboards. The results showed that the increasing of softener concentration in the coating solution had a positive effect on the air resistance and oil absorption but it had negative effect on water absorption. The basis weight, tensile and burst index of the coated samples were enhanced with increasing coating weight while the tear strength decreased. Moreover, the effect of increasing the softener concentration in the coating solution on the basis weight and tear index was positive but negative for tensile and burst indices and the results showed positive effect on the air and oil.

Keywords: Biodegradable coating, Strength and barrier properties, Zein, Packaging cardboard.

N. Nazarnezhad[1*]
M. Orand[2]
H. Resalati[3]
Sh. Rezanezhad[4]

[1] Associated professor, wood and cellulose product department, Sari agricultural and natural resources university

[2] Master degree, wood and cellulose product department, Sari agricultural and natural resources university

[3] Retired Professor, Department of Wood and Cellulose Products, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

[4] Graduated from Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, PhD in pulp and Paper Industries

Corresponding author:
nazarnezhad91@gmail.com

Received: 2022/04/30
Accepted: 2022/07/11