

اثر پوشش‌دهی پاششی و فریز کردن کاغذ لاینر قهوه‌ای روی خواص فیزیکی و مکانیکی آن

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر پاشش با نانو پلی‌اورتان پخش شونده در آب و فریز کردن نمونه‌های پاشش شده بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ لاینر قهوه‌ای انجام شد. برای این منظور کاغذ لاینر ۱۲۷ گرمی تهیه و ویژگی‌های آن مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندود سطح کاغذ، ابتدا نانو پلی‌اورتان و با روش پاشش توسط یک اسپری به مقدار حدود ۱۵ گرم بر مترمربع برای هر سطح پاشیده می‌شود. سپس کاغذ پوشش‌دهی شده، برای خشک شدن در محیط و نیز آون (دمای حدود ۷۰ درجه سلسیوس) قرار می‌گیرد تا ماده پوششی بر سطح آن تثبیت شود. سپس نمونه‌ها در داخل فریزر به مدت دو و چهار ماه قرار گرفتند، قبل از آزمون‌های نمونه‌های شاهد و پوشش داده شده در شرایط محیطی استاندارد (دمای ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پاشش باعث افزایش ضخامت، کاهش جذب آب، و افزایش مقاومت به ترکیدن، افزایش مقاومت به پاره شدن شده است. همچنین تغییر خاصی در مقاومت به کشش و مقاومت به له شدن ایجاد نشده است. در نمونه‌های پاشش‌دهی شده و فریز شده، با افزایش ضخامت، جذب آب و مقاومت به کشش کاهش، مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پاره شدن شده نسبت به نمونه‌های شاهد فریز نشده، افزایش مشاهده شده است. مقاومت له شدن در برابر حلقه هم معنی‌دار نبوده است. نمونه‌های پاشش داده شده منافذ بسیار کمی را نشان داد. ضخامت و مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۸/۹۶٪ و ۲/۳ درصد افزایش را نشان داد. جذب آب، مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین و مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین، مقاومت در برابر ترکیدن و مقاومت له شدن در برابر حلقه در جهت ماشین کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۱۹/۵۳ و ۳/۸۳، ۱۷/۳۱، ۱۷/۱۷، ۰/۴ و ۳/۱۴ درصد کاهش را نشان داد.

واژگان کلیدی: پاشش‌دهی، نانو پلی‌اورتان، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

جعفر ابراهیم‌پور کاسمانی^{۱*}

احمد ثمریها^۲

^۱ دانشیار، گروه مهندسی چوب و کاغذ، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

^۲ استادیار، گروه صنایع چوب، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

مسئول مکاتبات:

jafar_kasmani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۰

مقدمه

فروش، کاهش موجودی انبار، به حداکثر رساندن سود شرکت‌های تولیدی و افزایش صادرات ایفا می‌کند [۱]. امروزه برای بسته‌بندی انعطاف‌پذیر محصولات مختلف از کاغذ و مقوا استفاده می‌شود. کاغذ به دلیل زیست

بسته‌بندی یکی از ابزارهای بازاریابی مهم و استراتژیک در سطوح ملی و بین‌المللی محسوب می‌شود که نقشی کلیدی در محافظت و افزایش کیفیت محصولات، افزایش

فیلم خوب، به عنوان تقویت‌کننده‌ای عالی برای محصولات پلیمری مورد توجه قرار گرفته است [۸]. نانو پلی‌اورتان پخش شونده در آب، مقاومت بسیار خوبی در مقابل گستره وسیعی از مواد شیمیایی و تنش‌های مکانیکی از خود نشان می‌دهند [۹]. استفاده از کارتن در صنایع بسته‌بندی محصولات سردخانه‌ای (مثل صادرات انواع میوه) و فریزری (مثل میگو و ماهی) در کشور دچار محدودیت بوده و باید تدابیر مناسبی به منظور ساخت کارتن‌هایی با کیفیت قابل قبول برای این مصارف به کار گرفته شود. این تحقیق با هدف بررسی اثر پاشش دادن سطح رویی کاغذ لاینر قهوه‌ای توسط نانو پلی‌اورتان انجام گرفته است. خواص آن در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت و مزایا و معایب ایجاد شده در ویژگی‌های کاربردی این نوع لاینرها در کارتن با تیمارهای موردنظر به صورت کمی مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق کاغذ لاینر قهوه‌ای مورد استفاده از شرکت پیشگامان با وزن پایه ۱۲۷ گرم بر مترمربع تهیه شد. محلول نانو پلی‌اورتان آنیونیک به رنگ زرد روشن، و ۳۳ درصد مواد جامد با ویسکوزیته ۳۷۸ mPa.s و اندازه ذرات ۱۰ تا ۷۰ نانومتر از شرکت دانش‌بنیان مواد مهندسی مکرر تهیه شد.

روش‌ها

پاشش‌دهی کاغذ پایه

به علت عدم دسترسی به فیلم‌کش استاندارد، وزن پایه مطلوب به صورت تجربی کنترل شد، ابتدا کاغذها روی یک تخته لایه مهار شده و توسط یک اسپری پاشش‌دهی، بر سطح رویی کاغذ انجام شد. پس از اعمال پاشش و تهیه نمونه‌های متعدد برای انجام آزمایش، کاغذهایی با وزن یکسان انتخاب شدند. از کاغذهایی با پوشش حدود ۱۵ گرم بر مترمربع برای آزمون‌ها استفاده شد. علاوه بر این، با توجه به لایه پاششی نسبتاً سنگین اعمال شده از عدم وجود هرگونه معایب نظیر سوراخ‌های

تخریب‌پذیر بودن، سبک بودن، خصوصیات مکانیکی خوب و همچنین قابلیت بازیافت، یک ماده عالی برای بسیاری از کاربردها مانند بسته‌بندی، محصولات خانگی و غیره است [۲]. مشخصات فیزیکی و مکانیکی نظیر سبکی و استحکام انواع کاغذ در بسته‌بندی مطلوب بوده و مشکل مقاومت تر کاغذ با افزایش زمان پالایش خمیر کاغذ و افزودن رزین‌های مخصوص، قابل دستیابی می‌باشد. اما در بسته‌بندی، قابلیت نفوذ هوا و بخار آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳ و ۴]. یکی از محدودیت‌های استفاده از کاغذ به‌ویژه در بسته‌بندی مواد غذایی، نفوذپذیری آن به آب و گاز است، کاغذ بسته‌بندی به آسانی می‌تواند آب را از محیط یا غذا جذب کند و ویژگی‌های آن تغییر یابد. به نحوی که انتقال رطوبت در کاغذ می‌تواند با پراکنش بخار آب در دیواره سلولی الیاف پدید آید [۵]. صنعت بسته‌بندی یکی از مهمترین صنایع در دنیای امروز است. به طوری که دو درصد از تولید ناخالص ملی کشورهای توسعه یافته را به خود اختصاص می‌دهد. در این میان بسته‌بندی صنایع غذایی بیش از ۵۰ درصد از این بازار را به خود اختصاص داده است. با توجه به برآوردهای انجام شده این رقم به طور دائم از نظر اهمیت و حجم بازار در حال افزایش است [۶]. پوشش‌دهی جهت بهینه سازی ویژگی‌های سطح کاغذ برای نیازهای خاص استفاده می‌شود. کاغذ بسته‌بندی برای حمل و نقل مواد پروتئینی فریز شده نظیر مرغ یا ماهی، اغلب به مقاومت زیادی در برابر آب احتیاج دارد. به طور سنتی، کارتن‌های کنگره‌دار با موم‌های بر پایه مواد نفتی پوشانده می‌شوند، عملی که در بسیاری از مواقع مناسب نیست، زیرا کارتن‌های حاوی موم به راحتی قابل بازیافت نیستند و برای دفع آن هزینه‌هایی باید پرداخت شود. لذا اخیراً راهکارهای جدیدی به تازگی مطرح شدند که شامل استفاده از پوشش‌های پلیمری بر پایه آب روی لاینر است [۱]. نانو پلی‌اورتان به دلیل ویژگی‌های ذاتی، جالب، از جمله سطح ویژه زیاد، نسبت طول به قطر زیاد، فراوانی منابع، دانسیته کم، مقاومت مکانیکی زیاد، قابلیت تجدید پذیری، زیست‌تخریب‌پذیری مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند [۷]. این ماده به عنوان عامل تقویت‌کننده برای بهبود خواص پلیمرها استفاده می‌شود. این ماده به دلیل ویژگی‌های مکانیکی مطلوب و توانایی تشکیل شبکه و

مدت ۲ و ۴ ماه قرار گرفته و در ادامه خواص آنها اندازه-گیری شد. شرایط کلی تیمارها در جدول ۱ آورده شده است.

ریز اطمینان حاصل شد. برای تثبیت ماده پاششی شده بر سطح کاغذ از دمای ۷۰ درجه سلسیوس استفاده شد. پس از تثبیت نانو پلی‌اورتان، نمونه‌ها در داخل فریزر به

جدول ۱. شرایط کلی تیمارهای انجام شده در این تحقیق

توضیح	کد	ردیف
کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد	b ₀	۱
کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد (۲ ماه فریز)	b ₂	۲
کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد (۴ ماه فریز)	b ₄	۳
کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده	c ₁₀	۴
کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده (۲ ماه فریز)	c ₁₂	۵
کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده (۴ ماه فریز)	c ₁₄	۶

Mira XMU انجام گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق، از نوع کاملاً تصادفی بوده و جهت پردازش نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) استفاده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

برای بررسی اختلاف آماری بین میانگین خواص مورد بررسی، از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. مقدار F به‌دست آمده از این آزمون و سطح معنی‌داری در جدول ۲ آورده شده است.

اندازه‌گیری و ارزیابی خواص کاغذ

خواص فیزیکی شامل ضخامت (T 411 om-21)، جذب آب (T 441 om-09)، خواص مکانیکی شامل مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین (T 404 om-22)، شاخص ترکیدن (T 403 om-22)، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین (T 404 om-21)، مقاومت در برابر له شدن در جهت ماشین (T 818 cm-18) کاغذهای ساخته شده مطابق با استانداردهای TAPPI اندازه‌گیری شد.

تصاویر میکروسکوپی FESEM در پژوهشگاه متالورژی رازی از سطح نمونه‌های شاهد و پوشش داده شده به‌وسیله دستگاه میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی مدل 3-

جدول ۲- تجزیه واریانس (مقدار F و سطح معنی‌داری) اثر متغیرهای ساخت بر خواص مورد آزمون کاغذ دست‌ساز

مقدار F	ویژگی
۶/۰۳۶*	ضخامت (μm)
۴۳۰۳۶۸۹/۸*	جذب آب (g/m ²)
۲۰/۷۴۲*	شاخص مقاومت در برابر ترکیدن (kPa.m ² /g)
۱۱/۳۳۴*	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین (mNm ² /g)
۱۱/۳۸۶*	مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین (mkN/m)
۰/۲۲۴ ^{ns}	مقاومت له شدن در برابر حلقه در جهت ماشین kN/m

*: اختلاف در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است

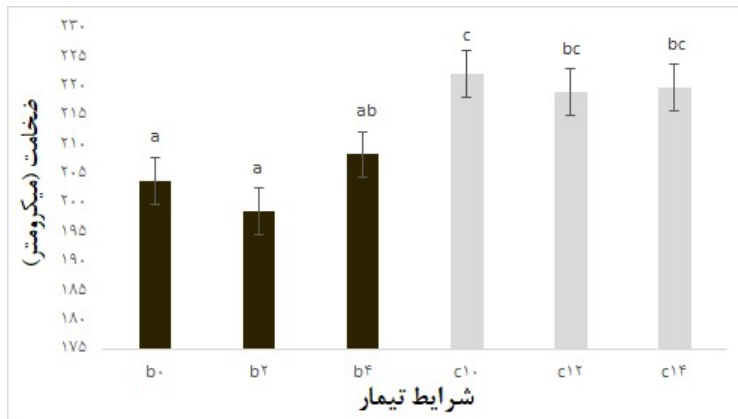
ns عدم اعتماد در سطح اعتماد ۹۵ درصد

ضخامت در سه گروه قرار گرفت. شکل یک نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ضخامت مربوط به کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش داده شده است و کمترین مقدار آن مربوط

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مقادیر ضخامت شش نوع کاغذ مورد بررسی در سطح اعتماد ۹۵٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقادیر

روی بستر کاغذ منجر به افزایش ضخامت شد. این رسوب موجب شکل‌گیری یک لایه پوشش می‌شود که ضخامت این لایه پوشش شکل‌گرفته تحت تأثیر طبیعت پلیمر و مقدار مواد جامد محلول پوشش می‌باشد.

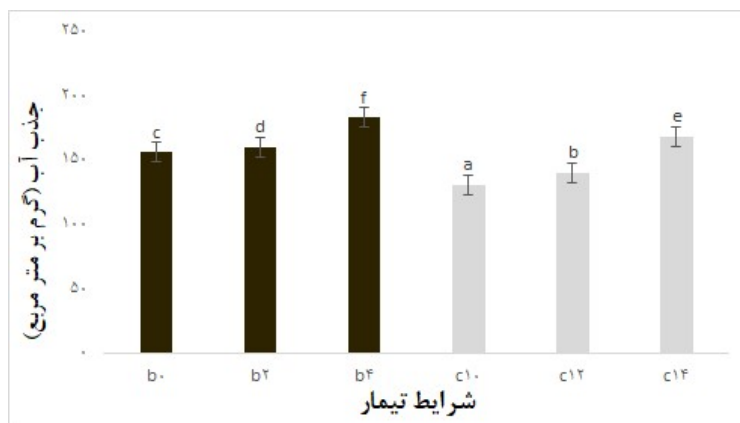
به نمونه‌های شاهد دو ماه فریز شده است. تقریباً در تمامی نمونه‌ها عملیات پوشش دهی مقدار ضخامت را افزایش داد، میانگین این نتایج نشان‌دهنده تأثیر پاشش‌دهی و فریز کردن بر ضخامت نمونه‌ها می‌باشد. رسوب پوشش



شکل ۱- مقایسه میانگین ضخامت کاغذهای مختلف

از ویژگی‌های مهم کاغذ توانایی آن در کنترل نفوذ مایع می‌باشد [۱۰]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری انجام شده در این تحقیق نشان می‌دهد که پاشش‌دهی، جذب آب کاغذ را کاهش می‌دهد، به دلیل اینکه محلول نانو پلی‌اورتان با جرم مولکولی و گرانشی بالا، آب‌دوستی کمتری دارد؛ به طوری که کاهش جذب آب کاغذ ویژگی چاپ پذیری را بهبود می‌بخشد [۱۱].

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مقادیر جذب آب شش نوع کاغذ مورد آزمون در سطح اعتماد ۹۵٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقادیر جذب آب در شش گروه قرار گرفت. شکل دو نشان می‌دهد که کمترین مقدار جذب آب مربوط به کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده است و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های شاهد چهار ماه فریز شده است. یکی



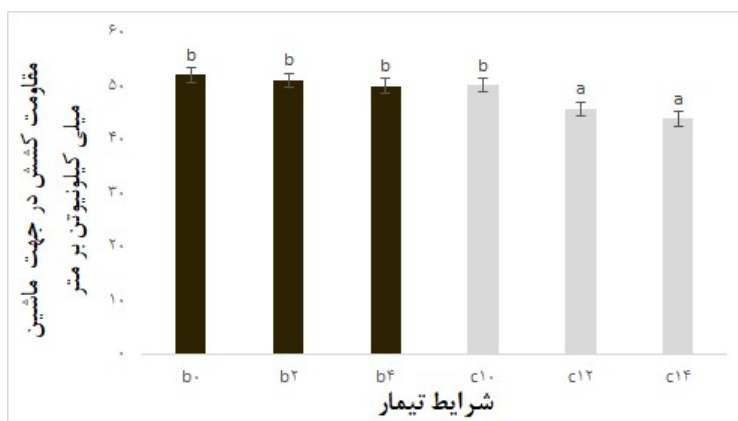
شکل ۲- مقایسه میانگین جذب آب کاغذهای مختلف

اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقادیر مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین در دو گروه قرار گرفت. شکل سه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مقاومت در برابر کشش

آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مقادیر مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین مربوط به شش نوع کاغذ مورد آزمون در سطح اعتماد ۹۵٪ از نظر آماری

دلیل نفوذ محلول پوشش در شبکه الیاف باشد که منجر به تورم الیاف سلولز و همچنین اختلال در اتصالات الیاف به الیاف می‌شود. به نظر می‌رسد افزایش سهم حلال (آب) موجب افزایش میزان نفوذ مواد پوشش به داخل شبکه الیاف و کاهش مقاومت کششی شده است. کاهش مقاومت کششی با نتایج مطالعه Schlordt و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد [۱۳]. Aloui و همکاران (۲۰۱۱) اثر گلیسرول و وزن پوشش را روی ویژگی‌های عملکردی کاغذ پوشش‌دهی شده با پلیمر زیستی بررسی نموده و نتایج نشان داد که افزایش وزن پوشش قابلیت نفوذ بخار آب را کاهش و باعث افزایش مدول و مقاومت کششی کاغذ پوشش داده شده می‌شود [۱۴].

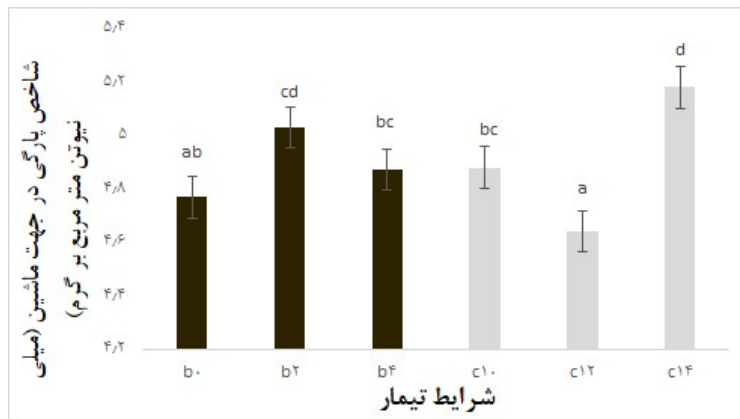
در جهت ماشین مربوط به کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد است و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های پاشش داده شده و چهار ماه فریز شده است. مقاومت کششی به دلیل افزایش ضخامت و گراماژ کاغذ، کاهش یافته است. مقاومت کششی توانایی کاغذ به مقاومت در مقابل شکست تحت کشش را نشان می‌دهد، که به مقاومت الیاف، و مقاومت پیوندهای بین آنها بستگی دارد [۱۲]. با توجه به نتایج، پاشش‌دهی، میزان مقاومت به کشش کاغذهای پایه را کاهش داده است. کاهش مقاومت کششی ممکن است به پایین بودن مقاومت پوشش پلی‌اورتان نسبت به کاغذ پایه، نفوذ ماده پاششی به ساختار کاغذ پایه و اختلال در اتصال بین الیاف باشد. کاهش مقاومت کششی ممکن است به



شکل ۳- مقایسه میانگین مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین کاغذهای مختلف

با انجام پوشش دهی و فریز کردن در برخی خواص مکانیکی مانند مقاومت‌ترکیدن و پارگی بهبود حاصل شد. Han and Krochta (۲۰۰۱)، ویژگی‌های مکانیکی و ممانعتی کاغذ پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که مقاومت پارگی کاغذ پوشش‌دهی با ۱۰ گرم بر مترمربع ۲۰ درصد کمتر از صفر گرم بر مترمربع است. در واقع، افزایش وزن پوشش، مقاومت پارگی را کاهش می‌دهد [۱۵].

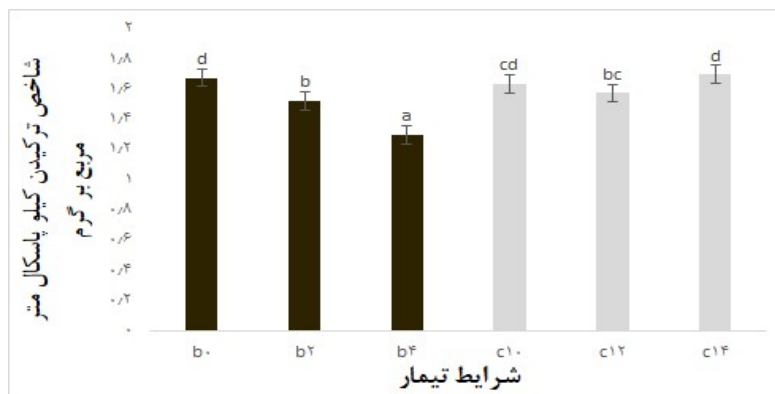
آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین شش نوع کاغذ مورد آزمون در سطح اعتماد ۹۵٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین در چهار گروه قرار گرفت. شکل چهار نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین مربوط به تیمارهای پاشش داده شده و چهار ماه فریز شده است و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های پاشش داده شده و دو ماه فریز شده است.



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در جهت ماشین کاغذهای مختلف

کاغذی در مقابل گسیختگی استفاده می‌شود. این ویژگی به شدت تابع مقدار مقاومت به کشش و همچنین میزان کشش پذیری یا کرنش ماده تحت آزمون است. افزایش غلظت نانو مواد نیز باعث افزایش مقدار شاخص مقاومت به ترکیب شده است. با توجه به کوچک بودن ابعاد نانو در نتیجه، ضخامت و سطح کاغذهای پاشش‌دهی شده با نانو یکنواخت‌تر می‌شود. این عمل سبب توزیع یکنواخت تنش در حین اعمال تنش، کمتر شدن تمرکز تنش در سطح کاغذ و بیشتر شدن مقاومت‌های کلی کاغذ می‌شود. از این رو، این عوامل سبب می‌شوند که شاخص مقاومت به ترکیب کاغذ در صورت استفاده از نانو پلی اورتان افزایش بیشتری داشته باشد.

آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن شش نوع کاغذ مورد آزمون در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن در چهار گروه قرار گرفت. شکل پنج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شاخص مقاومت در برابر ترکیدن مربوط به تیمارهای پاشش داده شده و چهار ماه فریز شده است و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های شاهد چهار ماه فریزر است. مقاومت به ترکیدن از جمله مقاومت‌هایی است که به طول الیاف و میزان پیوند بین آنها بستگی دارد ولی بیش‌تر تحت تأثیر اتصال بین الیاف است [۱۶]. به طور معمول از مقاومت به ترکیدن برای اندازه‌گیری استحکام فیلم‌های پلاستیکی یا بعضی از فرآورده‌های



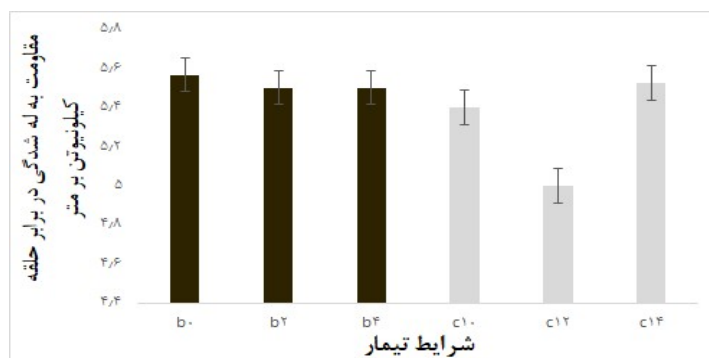
شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای مختلف

کاغذ مورد آزمون در سطح اعتماد ۹۵٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. شکل شش نشان می‌دهد که

آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مقادیر مقاومت له‌شدن در برابر حلقه در جهت ماشین شش نوع

آن مربوط به نمونه‌های پاشش داده شده و دو ماه فریز شده است.

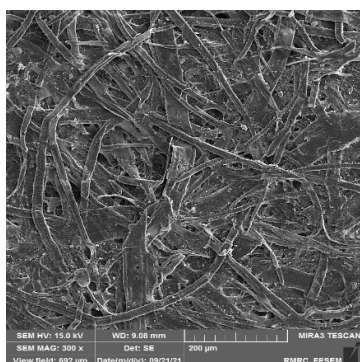
بیشترین مقدار مقاومت له شدن در برابر حلقه در جهت ماشین مربوط به تیمارهای شاهد است و کمترین مقدار



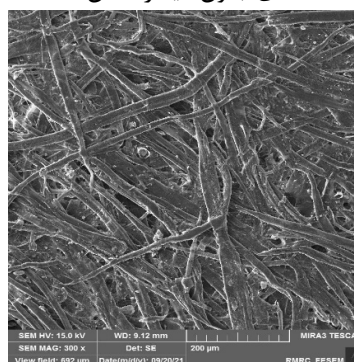
شکل ۶- مقایسه میانگین مقاومت له شدن در برابر حلقه در جهت ماشین کاغذهای مختلف

منافذ بوده ولی نمونه‌های پاشش داده شده منافذ بسیار کمی را نشان داد. ساختار میکروسکوپ الکترونی نشان داد در نمونه‌های پاشش داده شده منافذ و حفرات بین الیاف کاملاً پوشیده شده و پوشاندن این حفرات باعث یکنواختی و افزایش کیفیت چاپ خواهد شد.

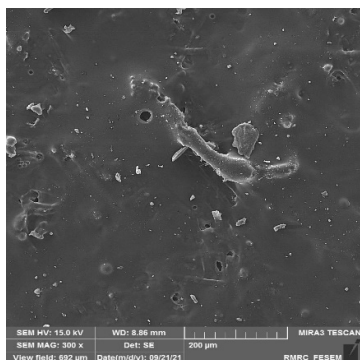
شکل هفت ریزنگار میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان (FE-SEM) برای سطوح کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد (نه الف)، کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد (چهار ماه فریز) (نه ب)، کاغذ لاینر قهوه‌ای پاشش‌دهی شده (نه ج)، کاغذ لاینر قهوه‌ای پاشش‌دهی شده (چهار ماه فریز) (نه د) نشان می‌دهد. کاغذهای بدون تیمار نشان داد که دارای



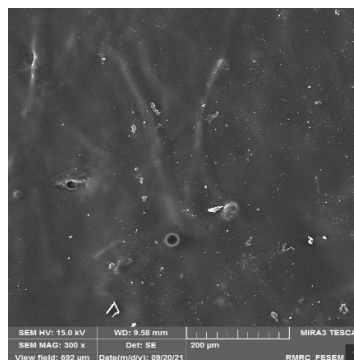
ب



الف



د



ج

شکل ۷- سطوح کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد (الف)، کاغذ لاینر قهوه‌ای شاهد (۴ ماه فریز) (ب)، کاغذ لاینر قهوه‌ای پاشش‌دهی شده (ج)، کاغذ لاینر قهوه‌ای پاشش‌دهی شده (۴ ماه فریز) (د)

نتیجه‌گیری

استفاده از نانو مواد و پلیمرهای زیستی به‌عنوان مواد پاشش‌دهی کاغذ، دارای مزایای زیادی دارد. این مواد جایگزین مناسبی برای مواد پلاستیکی می‌باشند، چون قابلیت بازیافت دارند و اگر در محیط قرار بگیرند به آسانی تجزیه می‌شوند. استفاده از این مواد به دلیل قابل بازیافت بودن و در نتیجه استفاده مجدد از مقواها باعث می‌شود نیاز کشور به واردات کاهش یابد. نتایج کلی پژوهش به طور خلاصه به شرح ذیل اشاره می‌شود:

۱. ضخامت کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد ۸/۹۶ درصد افزایش را نشان داد.
۲. جذب آب کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد ۱۹/۵۳ درصد کاهش را نشان داد.

۳. مقاومت در برابر کشش در جهت ماشین کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد ۳/۸۳ درصد کاهش را نشان داد.
۴. مقاومت در برابر پاره‌شدن در جهت ماشین کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد ۲/۳ درصد افزایش را نشان داد.
۵. مقاومت در برابر ترک‌شدن در جهت ماشین کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد ۲/۴ درصد کاهش را نشان داد.
۶. مقاومت له‌شدن در برابر حلقه در جهت ماشین کاغذ لاینر قهوه‌ای یک‌بار پاشش‌دهی شده نسبت به نمونه شاهد ۳/۱۴ درصد کاهش را نشان داد.
۷. نمونه‌های پاشش داده شده منافذ بسیار کمی را نشان داد.

منابع

- [1] Marzbani, P., Azadfallah, M., Yousefzadeh, M., Najafi, F. and Pourbabaee, A. A., 2020. A novel paper packaging coated with polyethylene wax based dispersion barrier coating for food packaging applications. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 11(1): 85-95. (In Persian).
- [2] Zaheri, S. and Asadpour, Q., 2018, investigating the feasibility of using various types of biopolymer coatings on paper packaging materials. *Journal of Packaging Science and Technology*, 10(38):18-27. (In Persian).
- [3] Asadi khansari, R. and Dehghani Firouzabadi, M., 2013. Introduce of new paper and cardboard in food packaging. *Journal of Packaging Science and Technology*, 16(4): 46-57. (In Persian).
- [4] Cha, D. S. and Chinnan, M. S., 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(4): 223-237.
- [5] Saraeyan, A., Heydari, S. and Shakeri, A., 2015. Effect of coating paper made from bagasse soda pulp using biodegradable polymer. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 31(2): 204-210. (In Persian).
- [6] Malinconico, M., Cerruti, P., Santagata, G. and Immirzi, B., 2014. Natural Polymers and Additives in Commodity and Specialty Applications: A Challenge for the Chemistry of Future. *Macromolecular Symposia*, 337(1): 124-133.
- [7] Irimia-Vladu, M., 2014. "Green" electronics: biodegradable and biocompatible materials and devices for sustainable future. *Chemical Society Reviews*, 43(2): 588 -610.
- [8] Tatari, A. A. and Shekarian, A., 2014. The Importance of Cellulose Derivatives in the Production of Biodegradable Films for Food Packaging. *Journal of Applied Science and Technology*, 5(19): 22-31. (In Persian).
- [9] Liu, K., Miao, S., Su, Z., Sun, L., Ma, G. and Zhang, S. 2016. Castor oil-based waterborne polyurethanes with tunable properties and excellent biocompatibility. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(10): 1512-1520.

- [10] Ashori, A. and Raverty, W. D., 2007. Printability of sized kenaf (*Hibiscus cannabinus*) papers. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 46(7): 683-687.
- [11] Ashori, A., Raverty, W. D. and Harun, J., 2005. Effect of chitosan addition on the surface properties of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) paper. *Fibers and Polymers*, 6(2): 174-179.
- [12] Ebrahimpour Kasmani, J. and Samariha, A., 2022. Effects of different levels of nanocellulose and chemical pulp on the optical and mechanical properties of money paper made with bottom combers pulp. *BioResources*, 17(2): 2667-2679.
- [13] Schlordt, T., Dermeik, B., Beil, V., Freihart, M., Hofenauer, A., Travitzky, N. and Greil, P., 2014. Influence of calendering on the properties of paper-derived alumina ceramics. *Ceramics International*, 40(3): 4917-4926.
- [14] Aloui, H., Khwaldia, K. and Slama, M., 2011. Effect of glycerol and coating weight on functional properties of biopolymer coated paper, carbohydrate polymers. 86(2): 1063 -1072.
- [15] Han, J. H. and Krochta, J. M. 2001. Physical properties and oil absorption of whey-protein-coated paper. *Journal of food science*, 66(2): 294-299.
- [16] Ebrahimpour Kasmani, J., Samariha, A. and Mahdavi, S., 2022. The effect of different additives on the properties of handsheet prepared from office waste paper. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 13(2): 119-131. (In Persian).

The Effect of spray coating and freezing of brown liner paper on its physical and mechanical properties

Abstract

This research was conducted with the aim of studying the effect of spraying with nano-polyurethane and freezing the treated samples on the physical and mechanical properties of brown liner paper. For this purpose, 128 g.m⁻² paper was prepared and its characteristics were evaluated. To coat the surface of the paper, nano-polyurethane is first sprayed using a sprayer in an amount of about 15 grams per square meter for each surface. Then, the coated paper is placed in the environment and the oven (temperature of about 70 °C) to dry, so that the coating material stabilizes on its surface. Then the samples were placed inside the freezer for two and four months, before the tests of the control and coated samples, they were placed in standard environmental conditions (temperature of 20 °C and relative humidity of 65 (%)). The results showed that spraying increased thickness, decreased water absorption, and increased burst strength, increased tear strength. Also, there was no specific change in tensile strength and ring crush test. In sprayed and frozen samples, with the increase in thickness, water absorption and tensile strength decrease, burst strength and tear strength compared to non-frozen control samples, an increase was observed. Ring crush test against the was also not significant. The sprayed samples showed very few pores. The thickness and tear strength in the machine direction of the one-time sprayed brown liner paper increased by 8.96% and 2.3%, respectively, compared to the control sample. water absorption, tensile strength and tear strength, burst strength and ring crush test against the ring in the machine direction of one-time sprayed brown liner paper compared to the control sample showed decreased as 19.53, 3.83, 2.4 and 3.14, respectively.

Keywords: Coating, Nano-polyurethane, Physical, Mechanical properties.

J. Ebrahimpour-Kasmani^{1*}
A. Samariha²

¹ Associate Prof, Department of Wood and Paper Science & Technology, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

² Department of Wood Industry, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

Corresponding author:
jafar_kasmani@yahoo.com

Received: 2023/01/05
Accepted: 2023/03/30