

تأثیر پوشش دهی با کیتوزان بر ویژگی های مقاومتی و ممانعتی کاغذ لاینر

نورالدین نظرنژاد^{۱*}، مهین اورند^۲ و حسین رسالتی^۳

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه صنایع چوب و فراورده های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران،

پست الکترونیک: nazarnezhad91@gmail.com

۲- کارشناس ارشد، گروه صنایع چوب و فراورده های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

۳- استاد، بازنشسته گروه صنایع چوب و فراورده های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۰

چکیده

یکی از مشکلات استفاده از کاغذ و مقوا در صنایع بسته بندی، مقاومت ضعیف در برابر نفوذ آب، گاز و روغن است. امروزه برای برطرف کردن این مشکل پژوهش های زیادی در زمینه استفاده از فیلم ها و پوشش های زیست تخریب پذیر بر پایه پلی ساکاریدها انجام شده است. یکی از این پلی ساکاریدها که می توان به عنوان پوشش زیست تخریب پذیر در کاغذهای بسته بندی استفاده کرد، کیتوزان می باشد. در این تحقیق، تأثیر کیتوزان بر ویژگی های مقاومتی و ممانعتی کاغذ لاینر پوشش داده شده بررسی گردید. کیتوزان در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم بر لیتر اسید استیک (یک درصد) با دو نسبت نرم کننده (گلیسرول) ۰/۵ و ۱ بر پایه وزن خشک کیتوزان برای پوشش دهی کاغذ استفاده شد. ویژگی های مقاومتی شامل مقاومت کششی، ترکیدن و پارگی مقوا و ویژگی های ممانعتی شامل ممانعت در برابر جذب آب، هوا و روغن در نمونه های پوشش داده شده بررسی شد. نتایج تحلیل آماری نشان داد که خواص ممانعتی به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد. همچنین تأثیر افزایش غلظت نرم کننده در محلول پوشش بر روی خواص ممانعت به عبور هوا و روغن مثبت ولی برای جذب آب منفی بود. وزن پایه نمونه ها با افزایش وزن پوشش بیشتر و مقاومت به ترکیدن و پارگی در نمونه های پوشش داده شده افزایش یافت اما مقاومت به کشش کاهش پیدا کرد. همچنین افزایش غلظت نرم کننده در محلول پوشش تأثیر منفی در ویژگی های نمونه ها نشان داد. نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی تشکیل فیلم کیتوزان و افزایش یکنواختی سطوح کاغذ لاینر را به ویژه در مقادیر مصرف بیشتر نشان می داد.

واژه های کلیدی: پوشش زیست تخریب پذیر، خواص مقاومتی و ممانعتی، کاغذ لاینر، کیتوزان.

مقدمه

(*et al.*, 2020). استفاده از پلی مرهای مصنوعی به منظور بهبود ویژگی های ممانعتی کاغذ از نظر زیست محیطی مشکلاتی ایجاد می کند. همواره بشر در تلاش است تا از پوشش هایی استفاده کند که علاوه بر مقرون به صرفه بودن، از نظر زیست محیطی نیز مشکلاتی ایجاد نکند. پلی مرهای زیستی تجدیدشدنی به عنوان مواد پوشش دهنده کاغذ مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده از این پوشش های

کاغذ و ویژگی های ممانعتی مانند مقاومت به نفوذ بخار آب، گاز و روغن ضعیفی دارد. آب دوستی و تداخل کاغذ سبب عدم مقاومت آن نسبت به نفوذ رطوبت، گازها و روغن می شود. برای رفع این مشکلات، فیلم ها و پوشش هایی بر پایه پلی ساکاریدها، پروتئین ها، لیپیدها، یا ترکیبی از آنها وارد صنعت بسته بندی شده اند (Marzbarani

تشکیل امولسیون فیلم، می‌تواند این مقاومت را بهبود دهد. اسیدهای چرب مانند اسید استتاریک، اسید اولئیک و اسید لینولئیک تمایل ماتریس را برای جذب مولکول آب کاهش می‌دهند (Reis *et al.*, 2011). کیتوزان، پلیمری خطی و شامل گروه‌های آمین و هیدروکسیل فعال و قابل دسترس است. همچنین این ماده دارای ویژگی‌های کیلیت‌کنندگی یون‌های فلزی، خاصیت ضد ویروسی و ضد باکتری، عدم حلالیت در آب، قدرت بالا در جذب مواد رنگی و ابرجذب بودن است. مهمترین ویژگی‌های زیستی کیتوزان، زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیر و سمی نبودن می‌باشد (Rouhi, 2011). کیتوزان شبیه به سلولز است و ماده مناسبی برای پوشش‌دهی کاغذ محسوب می‌شود. کیتوزان به دلیل بار مثبت سطحی، روی سطح الیاف با بار منفی جذب شده و سبب افزایش ضخامت الیاف شده، در نتیجه با افزایش قدرت تک به تک الیاف سبب افزایش مقاومت‌ها در کاغذ می‌شود، به علاوه وجود گروه‌های آمینی در ساختار کیتوزان نیز موجب افزایش واکنش‌پذیری آن می‌شود (Nazarnezhad *et al.*, 2021). قابلیت و کاربردهای کیتوزان به طور مستقیم مربوط به خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آن می‌باشد. به این دلیل که چون از منابع مختلفی به دست می‌آید، فرایندهای مختلف استخراج، خالص‌سازی و غیره باعث ایجاد تغییراتی در درجه استیله شدن، ثبات حرارتی و سطح کریستالینته کیتوزان می‌شود (Dashtbani, 2012). کیتوزان به عنوان یک پلیمر نامحلول در آب، قبل از استفاده باید در یک اسید ضعیف (عمدتاً اسید استیک) حل شود. این انحلال باعث پروتون‌دار شدن گروه‌های NH_2 به NH_3^+ (برای نمونه، از غیر یونی به کاتیونی) و اتصال قوی کیتوزان با کاغذ پایه می‌شود (Andersson, 2008). Nazarnezhad و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی تأثیر پوشش‌دهی کیتوزان بر ویژگی‌های مقاومتی، ممانعتی و ضدباکتریایی کاغذ را بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش، افزایش ویژگی‌های ممانعتی و مقاومتی در کاغذهای تولید شده را نشان داد. Armand و

تجزیه‌پذیر تا حدود زیادی معایب ذکرشده را اصلاح می‌کند (Sedaghat, 2005). نگرانی‌های زیست‌محیطی همانند محدودیت‌های گازهای گلخانه‌ای و هزینه زیاد مواد شیمیایی در آینده، مواد تجدیدشونده را به عنوان جایگزینی مناسب برای این پلی‌مرها مورد توجه قرار داده است. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی برای جایگزینی مواد نفتی با مواد تجدید شونده و دوست‌دار محیط‌زیست انجام شده است (Vaezi & Asadpour, 2021). در این راستا، مواد تجزیه‌پذیر مانند انواع پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها و لیپیدها به علت ایجاد پیوند هیدروژنی زیاد، مورد توجه قرار گرفته‌اند. این پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر باعث تقویت خواص ممانعتی و مقاومتی کاغذ می‌شوند (Sedaghat, 2005 و Gallstedt *et al.*, 2005). صنعت بسته‌بندی همیشه به دنبال مواد جدیدی می‌باشد که کارایی و قابلیت سیستم بسته‌بندی را بهبود ببخشد. کیتوزان یکی از فراوان‌ترین پلی‌ساکارید طبیعی بعد از سلولز است که از سخت‌پوستان دریایی و از استیل‌زدایی کیتین به دست می‌آید. کیتین دومین پلی‌ساکارید طبیعی بعد از سلولز در طبیعت می‌باشد که از اتصال $\beta(1\rightarrow4)$ -linked 2-acetamido-2-deoxy- β -D-glucose تشکیل شده است که از نظر ساختاری شبیه سلولز بوده، با این تفاوت که کیتین دارای گروه‌های استامید (NHCOCH_3) در موقعیت کربن C_2 است. کیتین ماده‌ای بسیار نامحلول در آب با فعالیت شیمیایی پایین می‌باشد که دارای رنگ سفید، سخت و غیر منعطف که حاوی نیتروژن می‌باشد. کیتین به آسانی از خرچنگ دریایی، میگو و یک نوع قارچ به نام میسلیا بدست می‌آید.

کیتوزان به دلیل تجدیدپذیر بودن، زیست‌تخریب‌پذیر بودن و ظرفیت تشکیل فیلم الاستیک و انعطاف‌پذیر می‌تواند جایگزین خوبی برای پلیمرهای مصنوعی باشد. همچنین فیلم کیتوزان ممانعت به اکسیژن مؤثری را فراهم می‌کند. اما ممانعت به بخار آب آن ضعیف می‌باشد که اختلاط با یک ترکیب آب‌گریز (مانند اسید چرب) در

پوشش‌دهی نمونه‌ها با محلول کیتوزان

برای پوشش‌دهی کاغذ از دستگاه Auto Bar Coater استفاده گردید. برای پوشش‌دهی یک طرف کاغذ با ابعاد A4، ۶ میلی‌لیتر از محلول پوشش 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 ۲۴ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا خشک شوند.

آزمون نمونه‌ها

ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و ممانعتی کاغذ بر اساس آیین‌نامه TAPPI، شامل وزن پایه (استاندارد T494 om-88)، مقاومت کششی (استاندارد T410 om-88)، مقاومت به پارگی (T430 om-2)، مقاومت به پارگی (T414 om-98)، جذب آب (T441 om-04)، مقاومت به عبور هوا (T460 om-02) و نفوذ روغن (T507) اندازه‌گیری شد. همچنین سطح نمونه‌های پوشش داده شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل PC 2300 ساخت شرکت Pemtron بررسی گردید. در این پژوهش، داده‌های مربوط به تیمار شاهد، کاغذ با سه سطح کیتوزان و دو سطح نرم‌کننده با استفاده از آزمون تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

وزن پایه

اثر سطوح متفاوت کیتوزان در میزان وزن پایه کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. مقادیر وزن پایه در ۵ گروه قرار گرفته است. اثر سطوح مختلف کیتوزان بر وزن پایه مقواهای پوشش داده شده در شکل ۱ آورده شده است.

Ghasemiyan (۲۰۲۰) تأثیر پوشش‌دهی کیتوزان و پلی‌لاکتیک اسید را بر ویژگی‌های کاغذ بسته‌بندی مطالعه کردند. طبق نتایج، در نمونه‌های پوشش داده شده، بیشترین ممانعت به جذب آب و نفوذ هوا دیده شد. در این تحقیق کاغذ لاینر با پوشش زیست‌تخریب‌پذیر کیتوزان تولید 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 بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مواد

کاغذ لاینر با گراماژ ۱۲۰ گرم بر مترمربع ساخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. از گلیسرول ($C_3H_8O_3$) و جرم مولی ۹۲/۱۰ گرم بر مول و دانسیته (۱/۲۳۰-۱/۲۱۹)، کیتوزان (با وزن مولکولی متوسط، ساخت شرکت سیگما) و استیک اسید ($C_2H_4O_2$)، با جرم مولی ۶۰/۰۵ گرم بر مول، ساخت ایران) استفاده شد.

روش‌ها

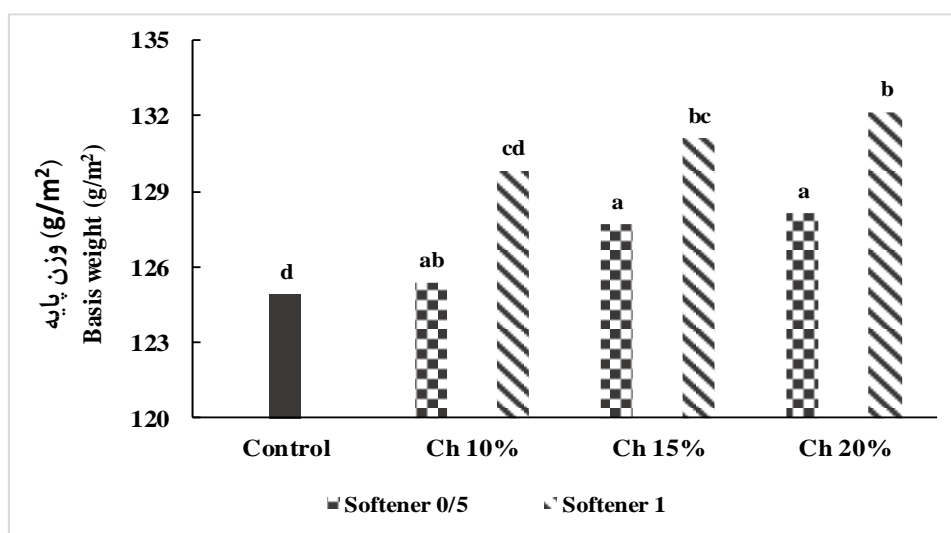
آماده‌سازی محلول پوشش‌دهی کیتوزان

محلول پوشش‌دهی در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی کیتوزان آماده شد. برای این کار، ابتدا استیک اسید ۹۹ درصد تا غلظت یک درصد با آب مقطر رقیق سازی شد. سپس ۱۰ گرم پودر کیتوزان به اسید رقیق شده اضافه گردید و در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد با دور ۳۵۰ در دقیقه به مدت ۲ ساعت به‌طور پیوسته هم زده شد. برای تهیه محلول با نسبت کیتوزان به نرم‌کننده برابر یک‌به‌یک، به محلول دارای حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر، ۱۰ گرم گلیسرول و برای تهیه محلول با نسبت کیتوزان به نرم‌کننده برابر دو به یک به محلول دارای حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر، ۵ گرم گلیسرول اضافه گردید و بعد محلول به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. برای تهیه محلول با سطح ۱۵ و ۲۰ گرم بر لیتر حلال نیز این مراحل تکرار گردید.

پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار بود. مقادیر شاخص کششی در ۵ گروه قرار گرفته است. همچنین مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن و پاره شدن به ترتیب در ۳ و ۴ گروه قرار گرفته است.

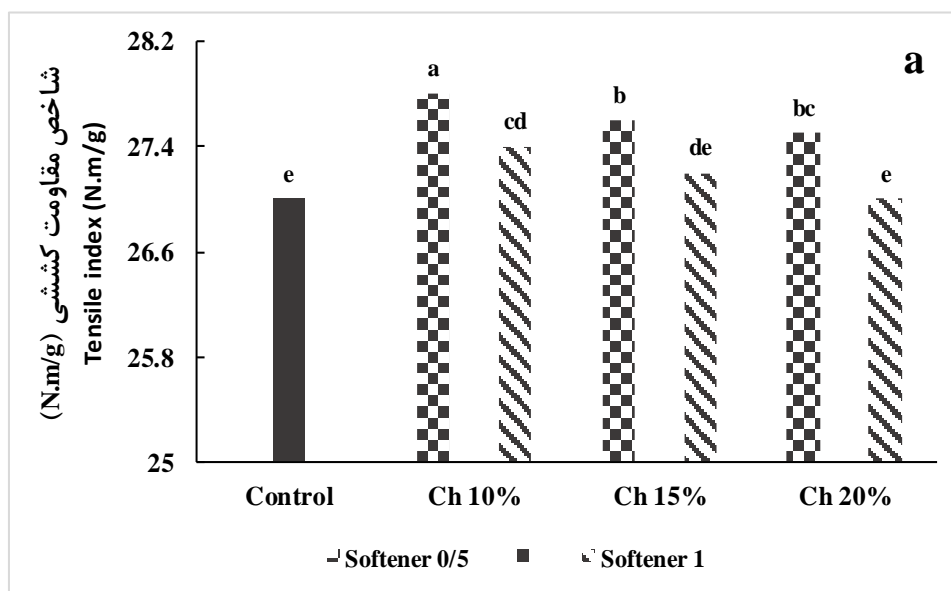
ویژگی‌های مقاومتی

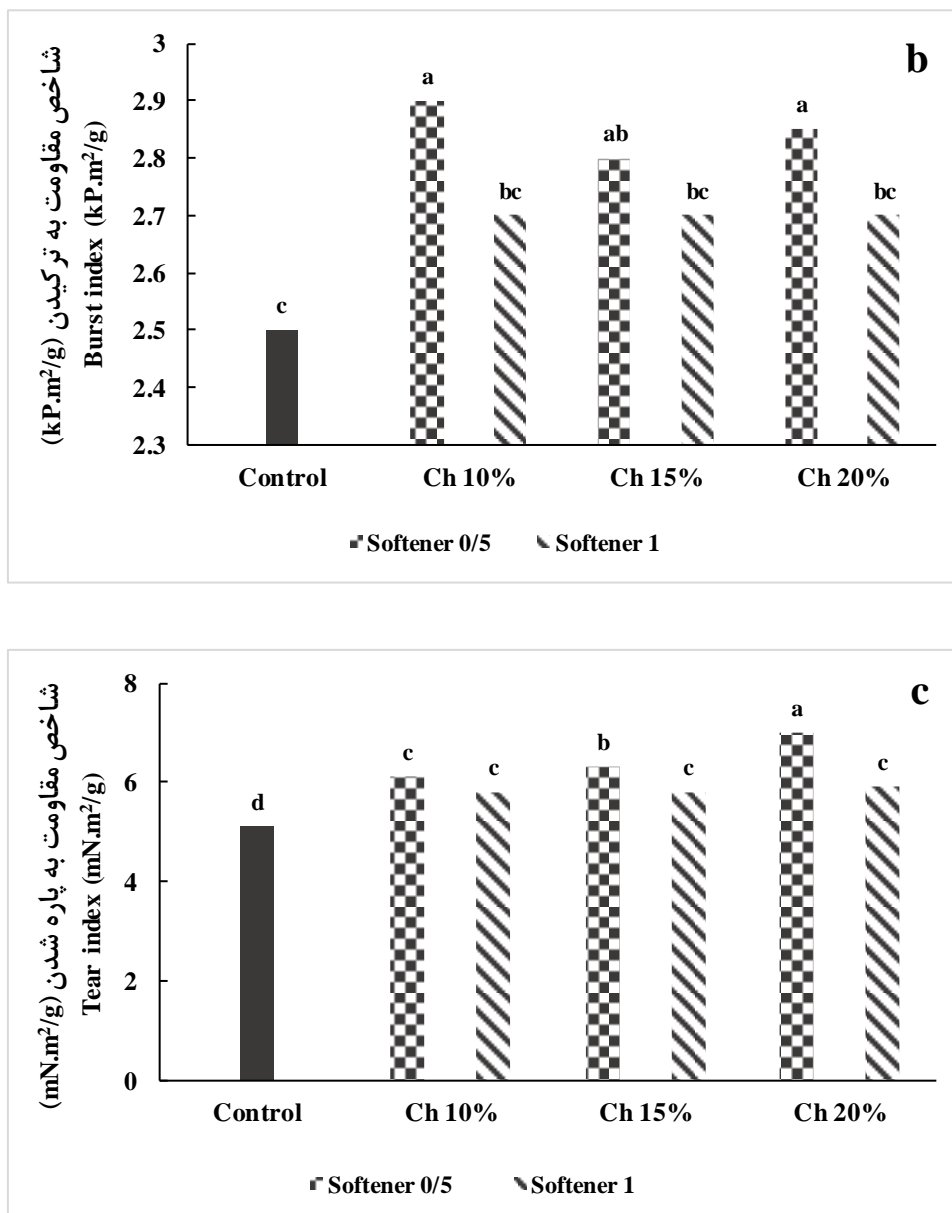
شکل ۲ (a, b و c) شاخص مقاومت به کشش، ترکیدن و پارگی را در نمونه‌های کاغذ لاینر پوشش داده شده نشان می‌دهد. اثر سطوح متفاوت کیتوزان در میزان شاخص مقاومت به کشش، ترکیدن و پاره شدن مقواهای



شکل ۱- اثرهای سطوح مختلف کیتوزان با دو نسبت نرم‌کننده بر روی وزن پایه

Figure 1. The effect of chitosan and two levels of the softener in basis weight



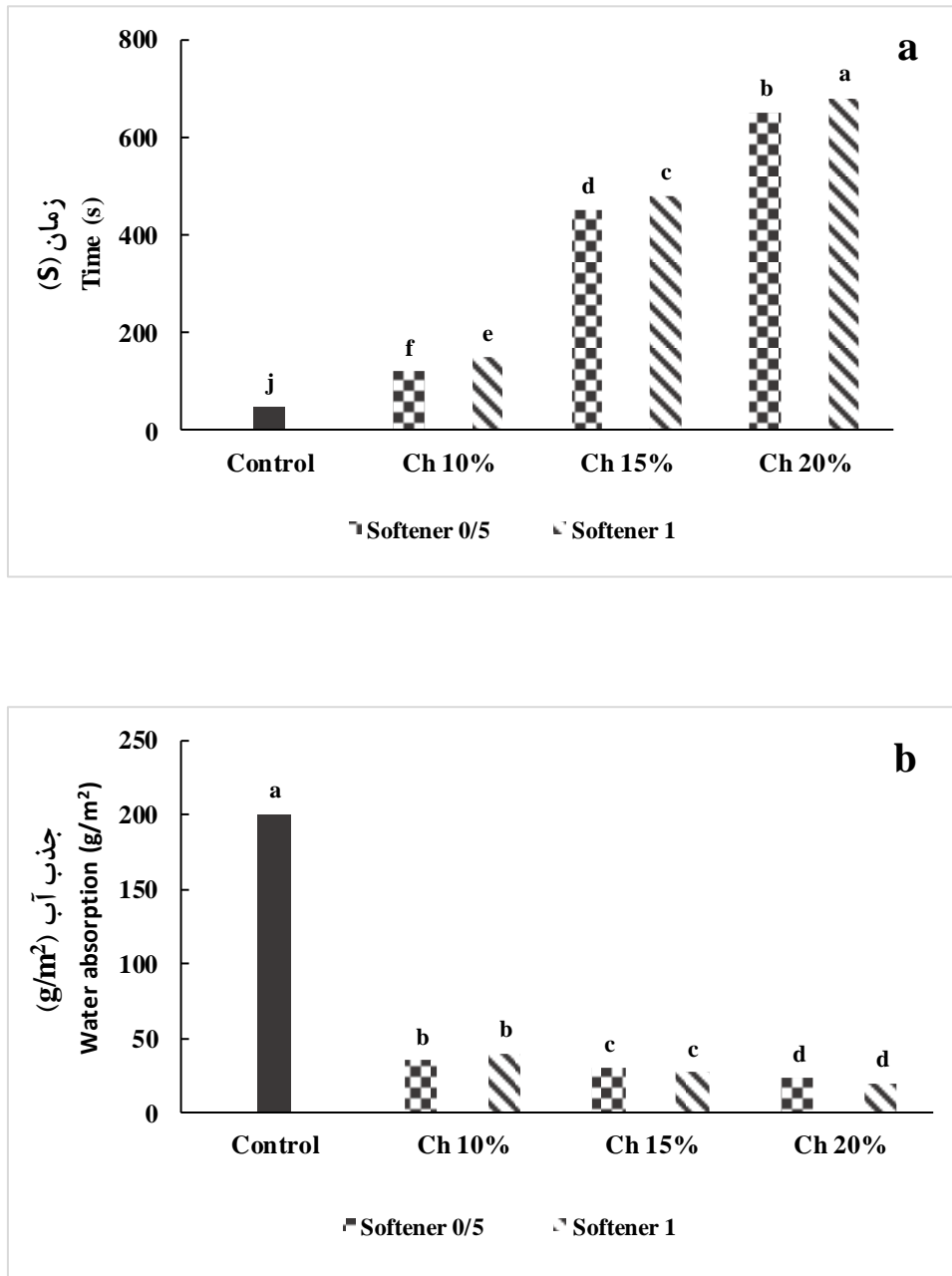


شکل ۲- اثرهای سطوح مختلف کیتوزان با دو نسبت نرم کننده بر شاخص مقاومت کششی (a)، مقاومت به ترکیدن (b) و مقاومت به پاره شدن (c)

Figure 2. The effect of chitosan and two levels of the softener in tensile index (a), burst index (b), and tear index (c) in samples

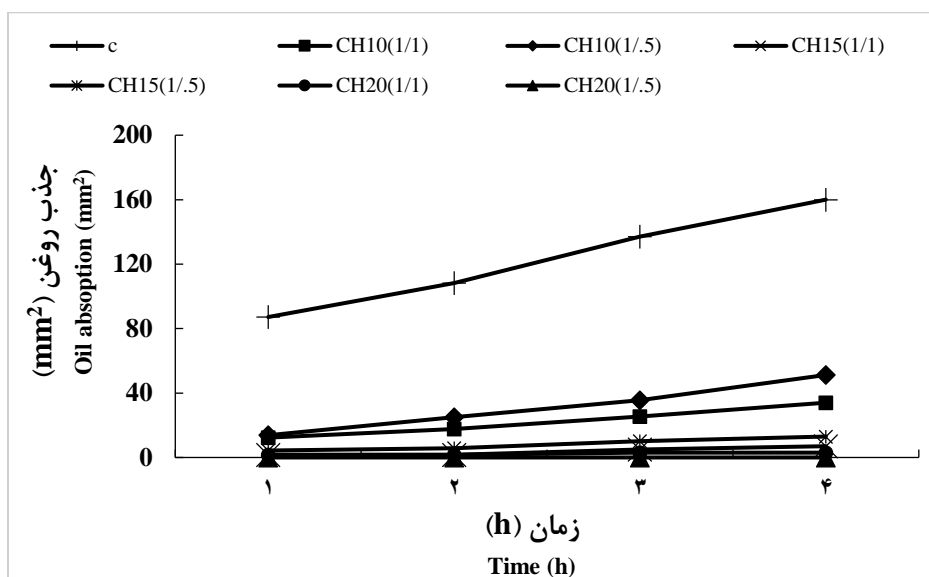
در مقاومت به عبور هوا و جذب آب کاغذهای پوشش داده شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است. براساس آزمون دانکن میانگین مقادیر مقاومت به عبور هوا و جذب آب به ترتیب در ۷ و ۴ گروه قرار گرفته است.

ویژگی های ممانعتی شکل ۳ (a و b) اثر سطوح مختلف کیتوزان و نرم کننده در مقاومت به عبور هوا و جذب آب در نمونه های کاغذ لاینر پوشش داده شده را نشان می دهد. اثر سطوح متفاوت کیتوزان



شکل ۳- اثر سطوح مختلف کیتوزان و نرم‌کننده بر مقاومت به عبور هوا (a) و جذب آب (b) در نمونه‌ها

Figure 3. The effect of chitosan and two levels of the softener in air resistance (a) and Water absorption (b) in samples



شکل ۴- اثر سطوح مختلف کیتوزان و نرم کننده بر جذب روغن در مدت ۴ ساعت

Figure 4. The effect of chitosan and the softener in oil absorption during 4 hours

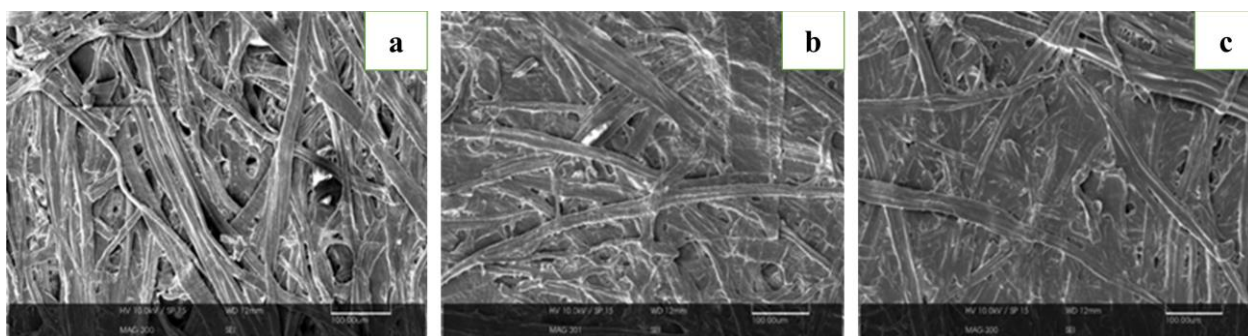
جذب روغن

اثر سطوح مختلف کیتوزان بر میزان نفوذ به روغن کاغذهای لاینر پوشش داده شده در شکل ۴ آورده شده است.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

برای مشاهده سطح کاغذ پوشش داده شده عکس برداری میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای سطح کیتوزان ۱۰ گرم بر لیتر (a)، ۱۵ گرم بر لیتر (b) و ۲۰ گرم بر لیتر (c) انجام شد. تأثیر پوشش کیتوزان روی کاغذ پوشش داده شده از طریق عکسهای میکروسکوپی به وضوح قابل مشاهده است. محلول کیتوزان روی سطح ناهمگن کاغذ به صورت یکنواخت پوشش داده شده و تشکیل یک لایه پلیمری داده

است. با رسوب محلول پوشش در سطح کاغذ، ساختار متخلخل پوشیده شده و یک سطح همگن تری ایجاد شده است. عدم یکنواختی پوشش در تصاویر الکترونی به دلیل عدم پوشش دهی یکنواخت نیست بلکه به دلیل تخلخل نایکنواخت سطح کاغذ در نقاط مختلف آن است که باعث شده در برخی مناطق نفوذ کیتوزان در داخل خلل و فرج بیشتر شود و سطح ناصاف تر و در برخی مناطق کمتر گردد که در نتیجه سطح صاف تری دیده می شود. همچنین با افزایش مقدار کیتوزان در پوشش دهی (شکل c)، سطح صاف تر و همگن تری را ایجاد کرده است. بنابراین این شکل ها، سطوح صاف و یکنواختی را بر روی کاغذهای تیمار شده به ویژه با مقادیر کمتر مصرف کیتوزان نشان نمی دهند که دلیل آن عدم یکنواختی تخلخل سطوح کاغذ در نقاط مختلف آن است.



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی در تیمارهای کیتوزان ۱۰ گرم بر لیتر (a)، کیتوزان ۱۵ گرم بر لیتر (b) و کیتوزان ۲۰ گرم بر لیتر (c)

Figure 5. The results of SEM in chitosan treatments 10 g/L (a), 15 g/L (b), and 20 g/L (c)

بحث

نتایج حاصل از اندازه گیری وزن پایه کاغذهای لایبر پوشش داده شده نشان داد که پوشش دهی کاغذ با کیتوزان باعث افزایش اندکی در وزن پایه کاغذ شد، به طوری که هر سه سطح در یک گروه قرار گرفتند. همچنین در هر سطح با افزایش غلظت نرم کننده وزن پایه کاغذ افزایش یافت. نتایج مربوط به آزمون مقاومت به عبور هوا نشان داد که استفاده از پوشش پلیمر کیتوزان، مقاومت به عبور هوا را به میزان قابل توجهی افزایش داد. این افزایش در سه سطح به طور واضح مشهود بود و در کاغذ پوشش داده شده با سطح ۲۰ درصد کیتوزان با نسبت نرم کننده یک بیشترین مقدار و کمترین مقدار در نمونه کاغذ بدون پوشش به ترتیب $683/66$ و $38/13$ ثانیه را نشان داد. مقاومت به عبور هوا به عنوان زمان لازم برای عبور یک حجم ثابت هوا از سطح کاغذ اندازه گیری می شود. به نظر می رسد این افزایش در مقاومت به عبور هوای کاغذ پوشش داده شده به دلیل نفوذ مولکول های کیتوزان به منافذ فیبری شبکه سلولزی باشد که منجر به تشکیل یک لایه نازک روی سطح مقاوم می شود. این لایه با خواص فیلم کیتوزان در ارتباط است تا ممانعت به عبور هوای مؤثری را فراهم کند (Reis *et al.*, 2011). همان طور که نتایج نشان می دهد افزایش سطح کیتوزان و افزایش نرم کننده در هر سطح باعث افزایش این مقاومت شد که می توان نتیجه گرفت که افزایش

وزن پوشش باعث افزایش مقاومت به عبور هوای کاغذ می شود (Ghasemian *et al.*, 2020). این با نتایج Kjellgren و همکاران (۲۰۰۶) و Asad Khansari و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت می کند.

افزایش غلظت نرم کننده باعث نفوذ بیشتر محلول پوشش به بستر سلولزی می شود. با نفوذ بیشتر محلول پوشش خلل و فرج بیشتری پر می شود (McHugh & Krochta, 1994) که پس از خشک شدن کاغذ محلول پوشش، تشکیل فیلم یا لایه پلیمری یکنواختی سطح کاغذ را می پوشاند. این لایه پلیمری یکنواخت موجب افزایش مقاومت به عبور هوای کاغذ می شود. تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نیز بر این نتایج تأکید می کند.

از جمله ویژگی های کاغذهای بسته بندی مورد استفاده در صنایع بسته بندی و برخی مصارف دیگر، ویژگی مانعیتی در برابر مایعات گوناگون مانند آب است. جذب آب، مقاومت به آب کاغذهای پوشش داده شده را که در تماس مستقیم با آب هستند نشان می دهد. در این تحقیق استفاده از پوشش کیتوزان موجب کاهش قابل توجه جذب آب کاغذ شد که کمترین مقدار جذب در سطح ۲۰ درصد کیتوزان و بیشترین جذب در نمونه شاهد به ترتیب با مقدار ۲۹ و $200/33$ گرم بر متر مربع بدست آمد. در اینجا به دلیل آبدوست نبودن کیتوزان نیست که کاهش جذب آب کاغذ پس از پوشش دهی به پر شدن منافذ

می‌دهد (Han & Krochta, 2005). نرم‌کننده‌ها پیوند هیدروژنی داخلی را کاهش و فاصله بین مولکولی را افزایش می‌دهند، در نتیجه باعث کاهش شکنندگی، افزایش انعطاف-پذیری و نفوذ مواد فیلم می‌شوند (McHugh & Krochta, 1994). طبق نتایج، غلظت نرم‌کننده در پوشش اثر منفی روی شاخص مقاومت به کشش داشته، به طوری که غلظت نیم درصد در هر سطح بهتر از غلظت یک درصد عمل کرده است. به دلیل اینکه غلظت یک درصد باعث افزایش انعطاف‌پذیری فیلم شده، در نتیجه افزایش انعطاف‌پذیری مقاومت کششی مقوا کاهش یافته است.

شاخص مقاومت به ترکیدن یکی دیگر از مقاومت‌ها است که تابع مقاومت ذاتی الیاف و پیوند بین الیاف می‌باشد (Hamzeh, 2011). مطابق با نتایج بدست آمده از پوشش‌دهی با محلول کیتوزان، شاخص مقاومت به ترکیدن را نسبت به نمونه شاهد افزایش ولی با افزایش سطح کیتوزان به مقدار اندک کاهش داده است و هر سه سطح کیتوزان در یک گروه قرار گرفته‌اند. ولی افزایش غلظت نرم‌کننده در هر سطح تأثیر منفی در این شاخص داشته است. در اینجا نیز افزایش نرم‌کننده در محلول پوشش، باعث کاهش مقاومت شده است. نرم‌کننده‌ها باعث بهبود انعطاف‌پذیری، طول‌شدگی و قابلیت نفوذ فیلم‌ها و پوشش‌ها می‌شود. در نتیجه نفوذ بیشتر محلول پوشش باعث کاهش مقاومت می‌شود (McHugh & Krochta, 1994).

شاخص مقاومت به پارگی عبارت است از: کار لازم برای پاره کردن کاغذ در یک فاصله ثابت بعد از شروع پارگی (Afra, 2012). نتایج پوشش‌دهی با کیتوزان نشان داد که این پلی‌ساکارید با تشکیل یک لایه پلیمری در سطح کاغذ باعث افزایش شاخص مقاومت به پارگی شده است. همچنین با افزایش سطح پوشش مقاومت به پارگی افزایش یافته است. به طوری که بالاترین مقاومت برای سطح ۲۰ درصد کیتوزان و کمترین در نمونه شاهد به ترتیب به مقدار ۵/۹۲ و ۵/۰۵ نانومتر در مترمربع بر گرم مشاهده شد. قرار گرفتن یک لایه کیتوزان بر روی الیاف باعث افزایش ضخامت تک به تک الیاف و در نتیجه باعث افزایش مقاومت به پارگی کاغذ می‌شود. همچنین غلظت نرم‌کننده نیم درصد تأثیر بهتری نسبت

و تشکیل فیلم کیتوزان و در نتیجه کاهش سرعت نفوذ نسبت داده می‌شود؛ بلکه در نتیجه پوشش کیتوزان با تشکیل یک لایه پلیمری سطح کاغذ باعث افزایش مقاومت به جذب آب شد که با نتایج الوی و همکاران (۲۰۱۱) و Reis و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت.

با توجه به نتایج بالاترین میزان مقاومت به نفوذ چربی مربوط به تیمار ۲۰ درصد کیتوزان بود که هیچ چربی را از خود عبور نداد و کمترین مقاومت مربوط به نمونه شاهد بود که در همان لحظات ابتدای آغشته‌سازی بیشترین چربی را از خود عبور داد و در عمل هیچ مقاومتی به نفوذ چربی را از خود نشان نداد. طبق نتایج بدست آمده از پوشش‌دهی کاغذ، با پلیمر کیتوزان مشاهده شد که با افزایش سطح کیتوزان مقاومت به چربی آن نیز افزایش پیدا کرد. بنابراین می‌توان گفت که مقاومت به نفوذ چربی و نفوذپذیری به هوا در کاغذهای پوشش داده شده ارتباط دارد. به همان نسبت که مقاومت به نفوذپذیری هوای کاغذهای پوشش داده شده افزایش می‌یابد مقاومت به چربی کاغذ نیز افزایش می‌یابد. دلیل این روند یکسان در هر دو فاکتور را می‌توان به پوشش-دهی کاغذ نسبت داد. در کاغذهای پوشش داده شده با تشکیل یک لایه فیلم روی سطح کاغذ، به میزان زیادی از منافذ سطح کاغذ کاسته شده و مقاومت آن را نسبت به نفوذ هوا و چربی می‌کاهد (Molaei et al., 2015).

شاخص مقاومت در برابر کشش، به مقاومت بین الیاف و پیوند بین آنها بستگی دارد. مهمترین فاکتور مؤثر بر آن، نوع و میزان اتصال الیاف با یکدیگر است (Hamzeh, 2011). کاهش اتصالات الیاف با یکدیگر مقاومت کششی را کاهش می‌دهد. طبق نتایج بدست آمده، پوشش‌دهی سطح کاغذ با محلول کیتوزان باعث افزایش مقاومت به کشش کاغذ نسبت به نمونه شاهد شده است. اما با افزایش سطح کیتوزان مقاومت به کشش تا حدی کاهش یافته است. کمترین میزان مقاومت کششی مربوط به نمونه شاهد و بالاترین مقدار مربوط به سطح ۱۰ درصد با نسبت نرم‌کننده یک می‌باشد. کیتوزان در شرایط اسیدی یک فیلم شکننده ایجاد می‌کند و زمانی که درصد آن در محلول پوشش افزایش یابد مقاومت به کشش را کاهش

- nano-chitosan complexes. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 34(4): 507 – 519. (In Persian).
- Hamze, Y., 2011. Water and wastewater management in pulp and paper industry. Jahad Daneshgahi publication, 455p.
- 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.
- Kjellgren, H., Gallstedt, M., Engstrom, G. and Jarnstrom, L., 2006. Barrier and surface properties of chitosan-coated greaseproof paper. Carbohydrate Polymers, 65: 453 – 60.
- Marzbani, P., Azadfallah, M., Yousefzadeh, M., Najafi, F. and Pourbaeae, 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).
- 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.
- Molaei, M., Azadfallah, M., Hamzeh, Y. and Khodaieian, F., 2015. The effect of chitosan – poly (vinyl alcohol) coatings on strength and barrier properties of packaging paper. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30(2): 330 – 340. (In Persian).
- Nazarnezhad, N., Mohammadi, E., Rezanezhad, Sh. and Asadpour, Gh., 2021. Evaluation of Strength, Optical and Antibacterial Properties of Treated Papers by Chitosan and Nano Zinc Oxide. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 12(1): 145 – 162. (In Persian).
- Reis, B. R., Yoshida, C. M. P., Reis, A. P. and Franco, T. T., 2011. Application of chitosan emulsion as a coating on kraft paper. Polymer International, 60(6): 963 – 969.
- Rouhi, M. (2011). Use of anionic nanoparticles to increase chitosan performance. Master Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, 100p (In Persian).
- Sedaghat, N. 2005. Food packaging technology. Frontier of Knowledge, Tehran, 368p (In Persian).
- Vaezi, Kh. And Asadpour, Gh., 2021. Preparation and characterization of the cellulose nanocrystal from recycled papers and its application as a reinforcement agent in the hydroxypropyl methyl cellulose/cationic starch nanocomposite for use in food packaging industries. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 36(3): 243 – 255. (In Persian).
- به غلظت یک درصد نشان داده است.
- یکی از مشکلات استفاده از کاغذ و مقوا در صنایع بسته‌بندی، مقاومت ضعیف در برابر نفوذ آب، گاز و روغن است. در این پژوهش، کاغذ لاینر با پوشش کیتوزان تهیه و تأثیر کیتوزان بر ویژگی‌های مقاومتی و ممانعتی آن بررسی شد. نتایج تحلیل آماری نشان داد که خواص ممانعتی به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد. وزن پایه نمونه‌ها با افزایش وزن پوشش بیشتر و مقاومت به ترکیدن و پارگی در نمونه‌های پوشش داده شده افزایش داشته اما مقاومت به کشش کاهش پیدا کرد. همچنین افزایش غلظت نرم‌کننده در محلول پوشش تأثیر منفی در ویژگی‌های نمونه‌ها نشان داد.

منابع مورد استفاده

- Afra, E., 2012. Properties of paper: an introduction. Aeezh publication, Tehran, 338p (In Persian).
- 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.
- Andersson, C., 2008. New ways to enhance the functionality of paperboard by surface treatment-a review. Packaging Technology Science 21(6): 339 – 373.
- Armand, Kh. 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. (In Persian).
- Asadi Khansari, R., Dehghani Firouzabadi, M. and Resalati, H., 2015. The effect of biodegradable coatings on the barrier properties of papers. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(1): 91 – 101.
- Dashtbani, R., Resalati, H. and Afra, A., 2012. Investigation of improvement of antimicrobial and resistance properties of packaging paper using chitosan. Scientific-Extension Quarterly of Packaging Science and Technology, 4(13): 68 – 77.
- 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.
- Ghasemian, A., Armand, KH., Afra, E., Saraeian, A. R. and Salari, M. 2020. Effect of coating packing paper with polylactic acid-chitosan and polylactic acid-

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

N. Nazarnezhad^{1*}, M. Orand² and H. Resalati³

1- Corresponding Author, Associated professor, wood and cellulose product department, Sari agricultural and natural resources university, Iran, E-mail: nazarnezhad91@gmail.com

2- Master degree, wood and cellulose product department, Sari agricultural and natural resources university, Iran

3- Retired Professor, wood and cellulose product department, Sari agricultural and natural resources university, Iran

Received: Nov., 2021

Accepted: Aug., 2022

Abstract

One of the problems of papers and cardboards in the packaging industry is the poor resistance to water, gas, and oil penetration. Nowadays, many researches have been done on the use of biodegradable films and coatings based on polysaccharides to solve this problem. Chitosan is one of these polysaccharides that can be used as a biodegradable coating in packaging papers. In this study, the effect of chitosan on the strength and barrier properties of coated liner paper was investigated. Chitosan was used in three levels of 10, 15, and 20 g/L acetic acid (1%) and with two softener ratios (glycerol) of 0.5 and 1 (based on dry weight of chitosan) for papers coating. Strength properties including tensile, burst and tear index and barrier properties including water absorption, air resistance, and oil absorption in the coated samples were investigated. The statistical analysis of results showed that the barrier properties increased significantly. Also, the effect of increasing the concentration of softener in the coating solution on the properties of air resistance and oil absorption was positive but negative for water absorption. The basis weight, burst and tear index of the coated samples increased with increasing coating weight. On the other hand, the tensile strength decreased. Moreover, increasing the concentration of softener in the coating solution showed a negative effect on the properties of the samples. The scanning electron microscope images showed the formation of chitosan film and increase in the uniformity of the liner paper surfaces, especially in higher consumption volume.

Keywords: Biodegradable coating, strength and barrier properties, liner paper, chitosan.