استفاده از پرکننده زئولیت به همراه بایوپلیمرکایتوزان در کاغذسازی

هما صیادی میلانی[۱]
مهدی رحمانی نیا[۲*]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، ایران

[۲] دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، ایران

مسئول مکاتبات:
rahmaninia@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۲

چکیده

به کارگیری مواد معدنی به‌جای الیاف بکر گران‌قیمت، یکی از روش‌های معمول برای کاهش هزینه‌های تولید در ساخت بعضی انواع کاغذ می‌باشد. اما حضور پرکننده‌ها سبب کاهش ویژگی‌های مقاومتی کاغذ می‌شود. در این مطالعه، امکان استفاده از زئولیت به‌عنوان یک ماده معدنی فراوان و در دسترس به‌عنوان پرکننده در کنار زیست پلیمر کایتوزان بررسی گردید. زئولیت در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد (بر اساس وزن خشک خمیرکاغذ) جایگزین الیاف بکر گردید. نتایج نشان داد که حضور ۱ درصد کایتوزان به‌عنوان افزودنی در خمیرکاغذ، سبب افزایش ماندگاری زئولیت در کاغذ چاپ و تحریر شد. اما حضور کایتوزان در کاغذهای حاوی پرکننده تأثیری بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ تولیدی نداشت. به نظر می‌رسد با افزایش میزان مصرف کایتوزان علاوه بر دستیابی به ماندگاری بیشتر، بتوان ویژگی‌های مقاومتی را نیز بهبود بخشید.

واژگان کلیدی: زئولیت، کایتوزان، پرکننده، ماندگاری، ویژگی‌های مقاومتی.

مقدمه

کاغذ یکی از مهم‌ترین ابزار ابداعی توسط بشر است که کاربردهای متعددی در جامعه بشری یافته است. به‌طور متداول می‌توان کاغذ را یک صفحه تشکیل یافته از سوسپانسیون حاوی الیاف سلولزی و آب تعریف کرد که همگام با تکنولوژی‌های روز توسعه‌یافته است. در تولید بعضی انواع کاغذ، به‌کارگیری پرکننده‌ها توانسته کمک ارزشمندی به کاهش هزینه‌های تولید نماید. در این راستا، رایج‌ترین پرکننده‌ها شامل کائولین، کربنات کلسیم و تالک می‌باشد [۱، ۲، ۳، ۴]؛ اما به‌طورکلی کاربرد پرکننده‌ها در صنعت کاغذسازی با مشکلاتی همراه است. اول اینکه افزودن پرکننده به سوسپانسیون خمیرکاغذ به دلیل اندازه کوچک پرکننده‌ها و بار منفی الیاف، به‌راحتی در داخل صفحه کاغذ هنگام شکل‌گیری ورقه کاغذ باقی نمی‌مانند. دوم اینکه وجود پرکننده‌ها سبب کاهش در پیونددهی بین الیاف شده و سبب افت مقاومت کششی کاغذها می‌گردند [۵، ۶]. اخیراً توجهات به سمت استفاده از پرکننده‌های رسی به‌ویژه زئولیت معطوف گشته است. زئولیت‌های طبیعی ازجمله میکرو ذرات آلومینوسیلیکات با ساختار سه‌بعدی می‌باشند که درواقع در این مواد اتم‌های سیلیسیوم و یا آلومینیوم با مولکول‌های اکسیژن در ارتباط می‌باشند و ارتباط شبکه‌ای بین این مولکول‌های اکسیژن سبب ایجاد یک شبکه سه‌بعدی می‌گردد. مولکول‌های آب به علت توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی این شبکه را هیدراته می‌کنند. به‌طورکلی بار این شبکه منفی بوده و جهت ایجاد تعادل باری مولکول‌های مثبتی نظیر سدیم، پتاسیم و ... در محیط آبی اطراف این شبکه قرار می‌گیرند [۷، ۸].

در راستای استفاده از زئولیت در صنایع سلولزی، در تحقیقی Rudi و همکاران (۲۰۱۷) در مورد به‌کارگیری

انواع پرکننده‌هایی به‌ویژه میکروزئولیت (در سطح ۲۵ درصد بر اساس وزن خشک کاغذ) به همراه عامل کمک نگهدارنده پلی اکریل آمید کاتیونی در حضور عامل آهاردهی روزین کاتیونی در کاغذسازی از الیاف شیمیایی-مکانیکی پهن برگان تحقیقی را انجام دادند. نتایج نشان داد که به هنگام افزودن پرکننده زئولیت مقاومت‌های کاغذ کاهش زیادی نشان دادند [۹]. همچنین در یک اختراع به تحقیقی در موردبررسی عملکرد زئولیت مصنوعی و دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان پرکننده بر خواص نوری کاغذ اشاره‌شده است [۱۰]. به‌علاوه در تحقیقی به استفاده از زئولیت در کاغذسازی کشور ژاپن اشاره‌شده است [۱]. Gregor-Svetec و همکاران در سال ۲۰۱۲، نیز به بررسی تأثیر زئولیت طبیعی به‌عنوان پرکننده در قابلیت چاپ پذیری و کیفیت چاپ کاغذ پرداختند. افزودن زئولیت طبیعی به‌عنوان پرکننده منجر به افزایش حجمی ورقه کاغذ و ساختار متخلخل آن شده است. همچنین زبری سطح نیز افزایش‌یافته و هنگامی‌که از این کاغذها در چاپگرهای جوهرافشان استفاده شد، مقدار افزایش زئولیت تأثیر مثبتی بر کیفیت چاپ داشته است [۱۱]. در تحقیقی دیگر استفاده از زئولیت در کاغذ روزنامه موردتوجه قرار گرفت. نتایج نشان داد زئولیت در مقایسه با کلسیم کربنات خواص فیزیکی و مکانیکی بهتری را از خود نشان داد [۱۲].

دراین‌بین تلاش می‌شود تا در کنار مواد معدنی از انواع مواد شیمیایی به‌ویژه ترکیبات طبیعی به‌منظور بهبود ویژگی‌های فرآیندی (به‌ویژه ماندگاری) یا ویژگی‌های کاغذ تولیدی (نظیر مقاومت نهایی) استفاده نمود [۱۳]. یکی از افزودنی‌های طبیعی که اخیراً به‌منظور تقویت ویژگی‌های مقاومتی در انواع کاغذها موردتوجه قرارگرفته، بایوپلیمر کایتوزان می‌باشد [۱۴، ۱۵، ۱۶]. کایتوزان یک کربوهیدرات خطی با وزن مولکولی بالا می‌باشد که از واحدهای وابسته به α(1→4)-linked 2-amino-2-deeoxy-ß-D-glucose مرتبط بوده و توسط هیدرولیز گروه‌های N-acetyl از پلیمر طبیعی کیتین (مانند پوسته خرچنگ) به دست می‌آید [۱۷، ۱۸، ۱۹]. کایتوزان با گروه‌های فعال خود مانند گروه‌های هیدروکسیل و آمینی می‌تواند یک عامل مقاومت خشک در صنعت کاغذسازی باشد [۲۰، ۲۱، ۲۲].

همان‌طور که بیان شد استفاده از پرکننده‌ها در کاغذسازی به دلایل نظیر کاهش قیمت تولید، ایجاد ویژگی‌های مثبت در محصول و ... متداول می‌باشد. زئولیت یک ماده معدنی فراوان، ارزان‌قیمت با ویژگی‌های ساختاری خاص (ساختار شبکه‌ای مجوف با ابعاد میکرونی، با بار منفی قابل‌توجه در سطح) است که در صنعت کاغذسازی مورد توجه بوده است. در این تحقیق سعی شد تا امکان استفاده از بایوپلیمرکایتوزان به‌عنوان افزودنی پایانه‌تر کاغذسازی به‌منظور دستیابی به ماندگاری بهتر پرکننده و همچنین امکان‌سنجی تقویت ویژگی‌های مقاومتی کاغذ نهایی دارای پرکننده زئولیت موردتوجه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پراکنده‌سازی و پالایش کاغذهای دارای الیاف بلند رنگبری شده سوزنی‌برگان، طبق استاندارد TAPPI **T 200 sp-01** با استفاده از کوبنده والی[1] در pH خنثی با درجه روانی ۱۵±۳۲۰ انجام گرفت [۲۳]. زئولیت بامش ۲۰۰ از شرکت افرازند سمنان خریداری و در آب مقطر به مدت ۲ ساعت، با غلظت ۱ درصد در دور همزن ۱۰۰۰rpm مخلوط و پراکنده شد. کایتوزان با وزن مولکولی متوسط (۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلودالتون) از شرکت sigma-aldrich خریداری و در اسید استیک ۱ درصد، با غلظت ۰/۵ درصد، به مدت ۲ ساعت حل شد تا محلول شفافی بدست آید. افزودن پودر زئولیت (با دور همزن ۸۰۰rpm) به‌عنوان پرکننده به دو صورت همراه با کایتوزان (با دور همزن ۱۰۰۰rpm) و بدون کایتوزان به خمیرکاغذ الیاف بلند پالایش‌شده در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد اضافه گردید (جدول ۱). درنهایت کاغذهای ۸۰ گرم بر مترمربع تهیه و اندازه‌گیری ویژگی مقاومت به کشش و مقاومت به پاره شدن به ترتیب طبق استانداردهای T 494 om-01 TAPPI و TAPPI T414 om-98 انجام شد [۲۴، ۲۵]. جهت بررسی پتانسیل بار زئولیت پراکنده‌شده در آب مقطر و کایتوزان حل‌شده در اسید استیک ۱٪ از دستگاه

[1] Valley beater

پراکندگی نور دینامیکی (DLS) ساخت شرکت Malvern انگلستان استفاده شد. بعلاوه جهت بررسی شکل زئولیت از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) مدل FE-SEM TESCAN MIRA3-XMU ساخت جمهوری چک اروپا استفاده شد. همچنین برای تعیین میزان ماندگاری پرکننده در کاغذ نهایی اندازه‌گیری درصد خاکستر بر اساس استاندارد TAPPIT 211 om-02 صورت گرفت [۲۶]. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج بر اساس روش تجزیه واریانس و طرح کاملاً تصادفی با مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

جدول ۱- تیمارهای تحقیق

ردیف	نوع تیمار		درصد مصرف کایتوزان (*)	درصد مصرف پرکننده زئولیت (*)
۱	شاهد		۰	۰
۲	پرکننده زئولیت (٪)	۱۰	۰	۱۰
۳		۲۰	۰	۲۰
۴		۳۰	۰	۳۰
۵	پرکننده زئولیت (٪) + کایتوزان +	۰	۱	۰
۶		۱۰	۱	۱۰
۷		۲۰	۱	۲۰
۸		۳۰	۱	۳۰

* درصد بر اساس وزن خشک خمیرکاغذ

نتایج و بحث

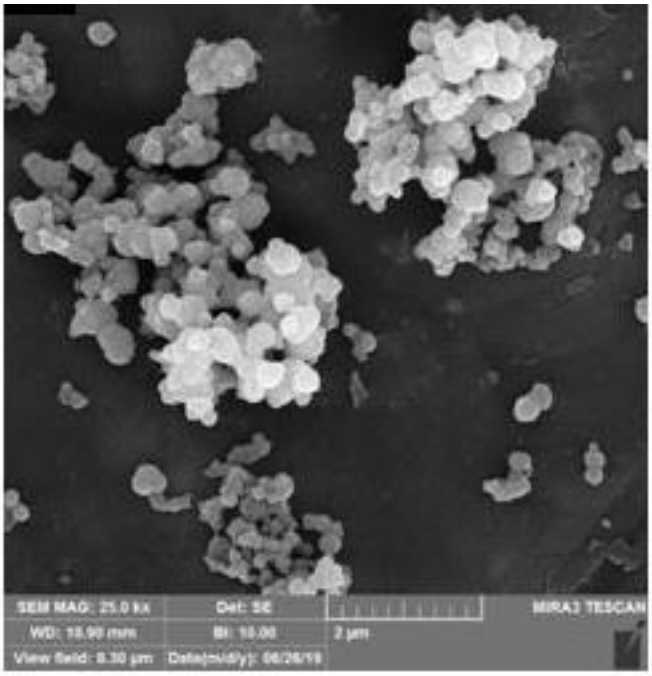
بررسی پتانسیل زتا زئولیت و بایو پلیمر کایتوزان

نتایج حاصل از آزمون پتانسیل زنا به کمک DLS، که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد، نشان داد که میکرو ذره زئولیت (در هدایت الکتریکی ۰/۱۰۳ ms/cm و ویسکوزیته ۰/۸۹۷ mpa.s) دارای بار منفی به میزان ۲۶/۸۰- mV می‌باشد.

همچنین نتایج بدست آمده از بررسی پتانسیل زتا کایتوزان انحلال یافته در اسید استیک ۱٪ (با ویسکوزیته ۱/۲۲ سانتی‌پواز و هدایت الکتریکی ۲/۳ میلی زیمنس بر سانتی‌متر) به کمک تکنیک DLS نشان داد که مثبت و به مقدار ۱۲۲۰ mV بوده است.

بررسی شکل و ساختار زئولیت به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی

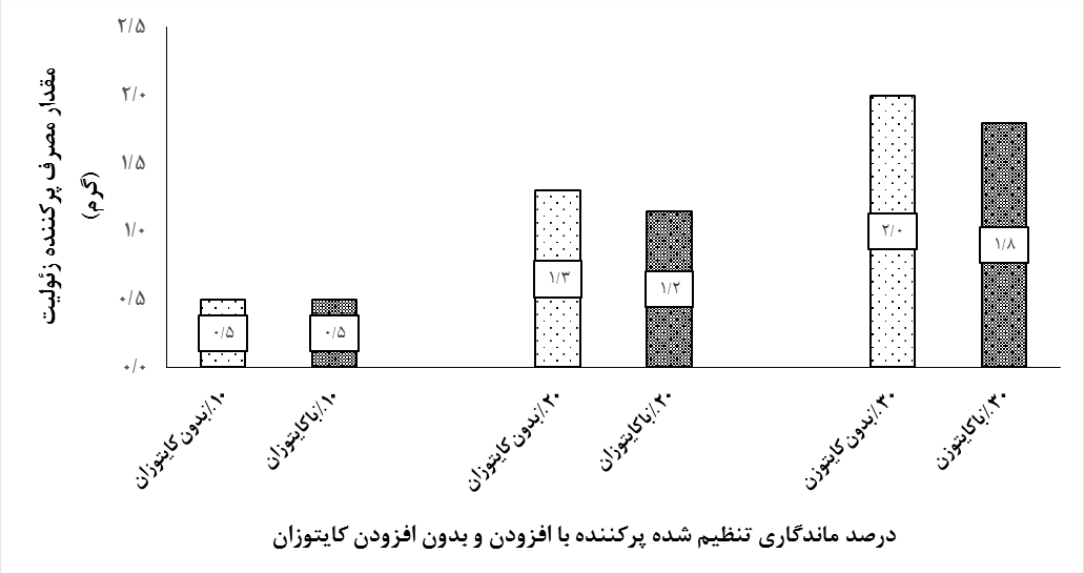
شکل ۱ تصاویر FE-SEM ذرات زئولیت را در سه بزرگنمایی ۲۵ هزار برابر نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصاویر قابل‌مشاهده است، کریستال‌های به‌هم‌پیوسته زئولیت با قطر حدود ۰/۲ میکرون ساختاری سه‌بعدی، متخلخل را شکل می‌دهند که منطبق با منابع گذشته است [۸، ۱۰].



شکل ۱- تصویر FE-SEM میکرو ذرات زئولیت. بزرگ‌نمایی ۲۵ هزار برابر

ماندگاری پرکننده

پرکننده زئولیت به دلیل اندازه ریز و میکرونی که دارد به‌راحتی از توری کاغذسازی عبور می‌کند. ازاین‌رو به هنگام کاغذسازی قسمتی از این پرکننده به‌راحتی به هنگام فرآیند خروج آب (به‌ویژه در ابتدای توری) از سیستم خارج می‌شود. لذا به‌منظور دستیابی به ماندگاری-های تعیین‌شده در تحقیق (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد)، نیاز است تا مقادیر بیشتری از پرکننده به سیستم وارد شود تا هدف نهایی سطح پرکننده در گراماژهای ثابت کاغذ حاصل شود. در این راستا با توجه به مشاهدات خود در روند آزمایش، وجود کایتوزان در تیمارهای سری دوم در مقایسه با سایر تیمارها (خمیرهای فاقد کایتوزان) میزان مصرف پرکننده زئولیت در دُزهای کمتری بود که در این بین کایتوزان به‌عنوان عامل ماندگار کننده عمل کرده است. به نظر می‌رسد کایتوزان به علت آنکه دارای بار مثبت زیاد در سطح خود می‌باشد (مراجعه به نتایج پتانسیل زتا)، توانسته با زنجیره با وزن مولکولی متوسط خود در ماندگاری ذرات زئولیت با بار منفی تا حدودی موفق عمل نماید. البته در سطح ۱۰ درصد پرکننده تفاوتی بین استفاده از کایتوزان و عدم استفاده از آن دیده نمی‌شود. احتمالاً در این سطح پایین پرکننده مصرفی، نرمه‌ها بیشتر توسط ماندگاری فیزیکی در بین الیاف حفظ‌شده‌اند؛ اما با افزایش سهم پرکننده نسبت به الیاف در سوسپانسیون خمیرکاغذ، فقط ماندگاری فیزیکی کافی نبوده و کایتوزان نیز بخشی از این سهم زیاد پرکننده را ماندگار نموده است. جدول ۲ و شکل ۲ خلاصه‌ای ازآنچه بیان شد را به‌صورت کمی نشان می‌دهد [۱۹].



شکل ۲- مقایسه تأثیر حضور یا عدم حضور کایتوزان بر میزان مصرف پرکننده زئولیت جهت دستیابی به سطح مشخصی از ماندگاری پرکننده

جدول ۲- میزان پرکننده محاسباتی و واقعی برای تهیه کاغذ با مقدار مشخص پرکننده

میزان پرکننده نهایی کاغذ (٪)	مصرف کایتوزان	میزان پرکننده‌ای که بر اساس محاسبات بایستی به خمیرکاغذ افزوده شود (گرم)	میزان پرکننده‌ای که بعد از تنظیم به خمیرکاغذ افزوده شد (گرم)
۱۰	بدون کایتوزان	۰/۱۶	۰/۵
	با کایتوزان	۰/۱۶	۰/۵
۲۰	بدون کایتوزان	۰/۳۲	۱/۳۰
	با کایتوزان	۰/۳۲	۱/۱۵
۳۰	بدون کایتوزان	۰/۴۸	۲
	با کایتوزان	۰/۴۸	۱/۸

دانسیته ظاهری

با توجه به جدول ۳، نتایج آزمون تجزیه واریانس مربوط به دانسیته ظاهری نشان می‌دهد که در سطح آماری ۹۹ درصد اطمینان اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای تعریف‌شده وجود دارد.

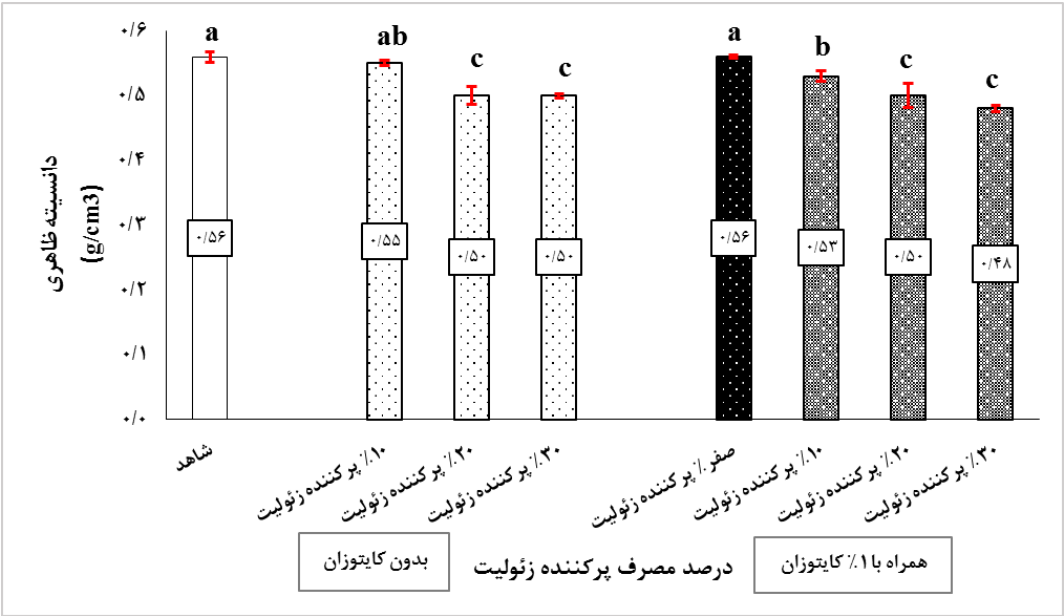
همچنین با توجه به شکل ۳ تفاوتی بین دانسیته ظاهری تیمار شاهد (۰/۵۶ گرم‌برسانتی‌متر مکعب) و تیمار دارای کایتوزان بدون استفاده از پرکننده وجود ندارد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش سطح مصرف پرکننده و حضور پرکننده بیشتر در ساختار کاغذ نهایی، دانسیته ظاهری روندی کاهشی (در هر دو سری آزمایش‌های با کایتوزان و بدون کایتوزان) را دارد. هرچند بین ۲۰ درصد و ۳۰ درصد حضور پرکننده این تفاوت معنی‌دار نبوده و کاهش اصلی با افزایش سطح پرکننده از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد با این افزایش، ابتدا پرکننده در فضاهای خالی ممکن مستقر می‌شود و در ادامه میان اجزاء لیفی کاغذ قرار می‌گیرد و بدین‌وسیله به ضخامت کاغذ می‌افزاید. ازآنجاکه گراماژ تمامی کاغذها ثابت در نظر گرفته‌شده‌اند؛ با افزایش ضخامت به‌طور منطقی دانسیته ظاهری کاهش می‌یابد. نتایج ضخامت که در جدول ۴ ارائه شده‌اند موید این مطلب می‌باشد.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس دانسیته ظاهری کاغذهای تهیه‌شده

ویژگی	F Value	Pr > F	معنی داری
دانسیته ظاهری (g/cm^3)	۳۴/۷۹	<۰/۰۰۱	**

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان

به‌علاوه نتایج نشان‌دهنده آن است که حضور و عدم حضور کایتوزان در کاغذ بر دانسیته ظاهری تأثیری نداشته است. همان‌طور که می‌دانیم دانسیته ظاهری از تقسیم گراماژ بر ضخامت بدست می‌آید و هر فاکتور تأثیرگذار بایستی برای ایجاد تغییر در دانسیته ظاهری یا بر گراماژ و یا بر ضخامت تأثیر داشته باشد. به نظر می‌رسد، همان‌طور که بیان شد در تیمارهای دارای پرکننده، کایتوزان افزوده‌شده ازیک‌طرف بااتصال پرکننده‌ها به الیاف در نقش کمک نگهدارنده پرکننده زئولیت عمل نموده و درنتیجه بر ساختار کاغذ و پیونددهی الیاف به یکدیگر (تأثیر بر ضخامت) نقشی ایفا ننموده است و از طرف دیگر چون گراماژ کاغذهای ساخته‌شده ثابت در نظر گرفته‌شده بر این ویژگی نیز تأثیری نداشته است.



شکل ۳- تغییرات دانسیته ظاهری کاغذهای ساخته‌شده تحت تیمارهای مختلف

جدول ۴- میانگین ضخامت کاغذهای ساخته‌شده

تیمار		میانگین ضخامت (mm)
شاهد		۰/۱۵۱
بدون کایتوزان + ٪ پرکننده زئولیت	٪۱۰	۰/۱۵۹
	٪۲۰	۰/۱۸۰
	۳۰٪	۰/۱۷۵
با کایتوزان + ٪ پرکننده زئولیت	۰٪	۰/۱۵۳
	٪۱۰	۰/۱۶۶
	٪۲۰	۰/۱۷۶
	۳۰٪	۰/۱۷۵

مقاومت به کشش

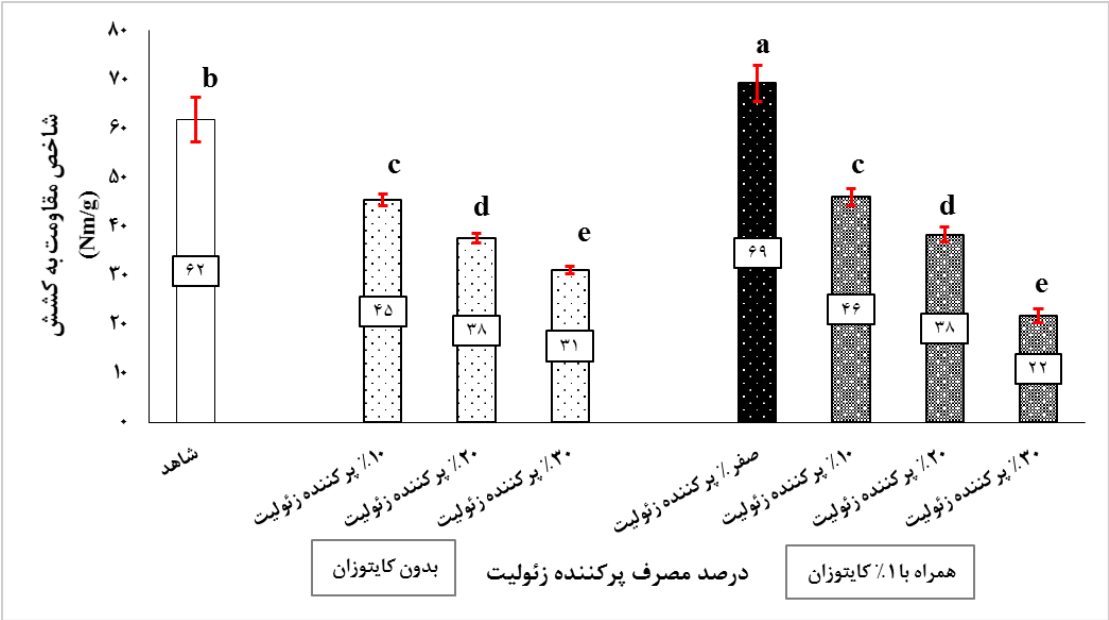
نتایج آزمون تجزیه واریانس مربوط به شاخص مقاومت به کشش در جدول ۵ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد اطمینان بین مقادیر بدست آمده وجود دارد.

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس شاخص مقاومت به کشش

ویژگی	F Value	Pr > F	معنی‌داری
شاخص مقاومت به کشش (Nm/g)	۱۱۷/۴۰	<./۰۰۱	**

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان

همان‌گونه که شکل ۴ نشان می‌دهد، افزودن کایتوزان به خمیرکاغذ بدون پرکننده زئولیت سبب افزایش مقاومت (۱۲ درصد) نسبت به تیمار شاهد گردیده است. به نظر می‌رسد کایتوزان به دلیل دارا بودن گروه‌های عاملی هیدروکسیلی و آمینی و قابلیت افزایش پیونددهی در ساختار کاغذ نهایی قادر به بهبود این مقاومت گردیده است که مطالعات پیشین نیز موید این را دراین‌باره تائید می‌کند [۲۰، ۲۷]. همچنین با افزایش میزان پرکننده (در کاغذهای حاوی کایتوزان و در کاغذهای فاقد کایتوزان) میزان مقاومت به کشش کاغذها کاهش‌یافته است؛ که به نظر می‌رسد دلیل آن وجود مواد پرکننده در بین الیاف و کاهش سطح پیوند بین الیاف می‌باشد. به‌علاوه با مقایسه نتایج تیمارهای حاوی کایتوزان با تیمارهای فاقد کایتوزان در کاغذهای دارای پرکننده، مشاهده می‌شود که کایتوزان هرچند در افزایش ماندگاری پرکننده موفق بوده اما نتوانسته به حفظ شاخص مقاومت به کشش یا افزایش آن کمکی نماید. به نظر می‌رسد سطح استفاده‌شده در کایتوزان (۱ درصد وزن خشک خمیرکاغذ) به مقداری نیست که بتواند در مقابل حضور پرکننده به جبران ویژگی مزبور بپردازد و عملاً درگیر با پرکننده فقط به بهبود ماندگاری آن منجر شده است. بر این اساس در تحقیقات آینده افزایش سطح این بایوپلیمر و بررسی اثر آن بر این مقاومت پیشنهاد می‌شود.



شکل ۴- تأثیر تیمارهای اعمال‌شده بر شاخص مقاومت به کشش در کاغذهای ساخته‌شده

شاخص مقاومت به پاره شدن

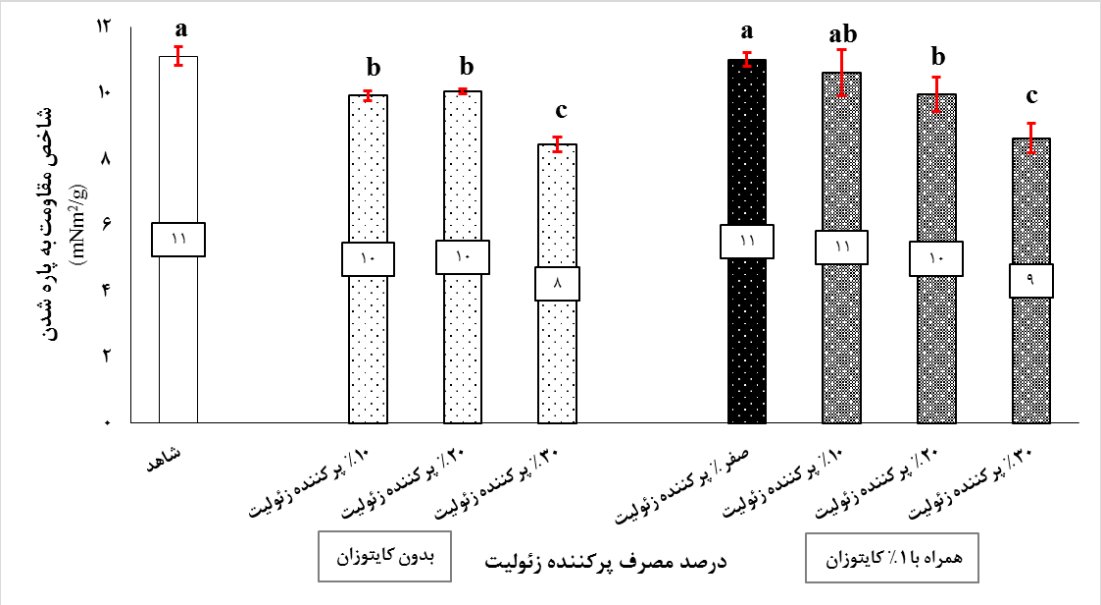
نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس در مورد ویژگی شاخص مقاومت به پاره شدن در جدول ۶ مشاهده می‌شود. بر این اساس تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصدی اطمینان بین تیمارهای اعمال‌شده وجود دارد.

جدول ۶- جدول تجزیه واریانس شاخص مقاومت به پاره شدن

ویژگی	F Value	Pr > F	معنی‌داری
شاخص مقاومت به پاره شدن (mNm^2/g)	۲۰/۶۹	<۰.۰۰۱	**

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان

همان‌طور که می‌دانیم فاکتورهای اصلی در این مقاومت شامل طول الیاف، مقاومت ذاتی تک‌تک الیاف و درنهایت تعداد اتصالات وابسته است [۲۸]. ازآنجاکه خمیرکاغذ مورداستفاده برای تمامی تیمارها ثابت می‌باشد، لذا طول الیاف و مقاومت ذاتی آن‌ها نیز ثابت خواهند بود و تغییرات احتمالی در این ویژگی بیشتر تحت تأثیر وضعیت پیوند یابی بین اجزای موجود در کاغذ نهایی می‌باشد. همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد در بین دو تیمار کنترل بدون کایتوزان و دارای کایتوزان ازنظر آماری تفاوتی مشاهده نمی‌شود. این بدان معناست که سطح مصرف کایتوزان به‌اندازه‌ای نبوده تا بتواند از طریق افزایش پیونددهی بر این ویژگی تأثیر مشخصی داشته باشد. با افزودن پرکننده در سطح مصرف ۱۰ درصد، کاهش معنی‌داری در این ویژگی نسبت به نمونه شاهد در حالت بدون مصرف کایتوزان روی‌داده است؛ اما در حالتی که به خمیرکاغذ کایتوزان افزوده‌شده است، تفاوت آماری بین نمونه دارای ۱۰ درصد زئولیت با نمونه شاهد دیده نمی‌شود. به‌علاوه بین سطوح ۱۰ درصد و ۲۰ درصد پرکننده چه در حالت دارای کایتوزان و چه بدون کایتوزان تفاوت اماری مشاهده نمی‌شود. به نظر می‌رسد نوع الیاف (الیاف بکر) در کنار حضور کایتوزان سبب شده است تا کاغذ نهایی مقاومت به پاره شدن خود را حتی با ۲۰ درصد پرکننده نسبت به سطح ۱۰ درصد زئولیت تا حدودی حفظ نماید؛ اما افزایش بیش از ۲۰ درصد کایتوزان در تیمارهای با و بدون کایتوزان کاهش آماری معنی‌داری نشان داده‌اند.



شکل ۵- تأثیر تیمارهای اعمال‌شده بر شاخص مقاومت به پاره شدن در کاغذهای ساخته‌شده

نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج نشان داد با به‌کارگیری کایتوزان، میزان افزودن پرکننده زئولیت به خمیرکاغذ جهت دستیابی به پرکننده ماندگار شده در کاغذ نهایی کاهش یافت. درواقع پرکننده به علت اندازه کوچک خود علاقه‌مند به خروج از ورقه الیاف به هنگام قرارگیری خمیرکاغذ روی توری ماشین کاغذ و فرآیند آبگیری است که حضور بایوپلیمر کاتیونی کایتوزان تا حدودی به ماندگاری آن کمک نموده است. همچنین نتایج مقاومتی نشان از افت مقاومت‌ها براثر حضور پرکننده زئولیت دارد و کایتوزان نیز نتوانسته از این کاهش جلوگیری نماید. به نظر می‌رسد احتمالاً سطوح مصرف بیشتر کایتوزان بتواند هم در حفظ مقاومت‌ها و همچنین افزایش هرچه بیشتر ماندگاری مؤثر باشند که می‌توان در مطالعات آینده بر آن تمرکز کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌بینند که از همکاری صمیمانه شرکت افرازند سمنان در تهیه پرکننده زئولیت جهت استفاده در این تحقیق کمال سپاسگزاری و امتنان را داشته باشند. همچنین از کارشناسان گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس به‌ویژه آقای دکتر اسدا...زاده جهت همکاری صمیمانه برای انجام آزمون‌های مقاومتی تشکر می‌گردد.

منابع

[1] Quanchang, Z., Mingdi, S., Changlu, D., Huarui, Y., Qixing, Z., & Zhiguo, Z. 1985. Use of clinoptilolite in paper industry as filler of paper. In *Studies in Surface Science and Catalysis* (Vol. 24, pp. 531-538). Elsevier.

[2] Mörseburg, K., & Chinga-Carrasco, G. 2009. Assessing the combined benefits of clay and nanofibrillated cellulose in layered TMP-based sheets. *Cellulose*, *16*(5), 795-806.

[3] Chauhan, I., Chattopadhyay, S., & Mohanty, P. 2013. Fabrication of titania nanowires incorporated paper sheets and study of their optical properties. *Materials Express*, *3*(4), 343-349.

[4] Qu, Z., & Liu, S. 2018. Effect of Filler on the Hue of Ink-jet Base Paper. In *Applied Sciences in Graphic Communication and Packaging* (pp. 617-622). Springer, Singapore.

[5] Manghooli, M. T., Asadpur, G. A., Nazarnejad, N., Zabihzadeh, S. M., 2016. The influence of type of calcium carbonate fillers on the performance AKD and mechanical properties of printing and writing paper. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7 (1), 69-77. (In Persian).

[6] Chen, X., Qian, X., & An, X. (2011). Using calcium carbonate whiskers as papermaking filler. BioResources, 6(3), 2435-2447.

[7] Ko, S., Pekarovic, J., Fleming, P. D., & Ari-Gur, P. 2010. High performance nano-titania photocatalytic paper composite. Part I: Experimental design study for TiO2 composite sheet using a natural zeolite microparticle system and its photocatalytic property. *Materials Science and Engineering: B*, *166*(2), 127-131.

[8] Jha, B., & Singh, D. N. 2016. Basics of zeolites. In *Fly Ash Zeolites* (pp. 5-31). Springer, Singapore.

[9] Rudi, H., Jalal Torshizi, H., Rasooly Garmaroudy, E., 2017. Comparison of the performance of filler type on paper properties in the presence of cationic rosin sizing agent. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 32 (2), 215-226. (In Persian).

[10] Klass, C. P., & Sikora, M. D. 2007. *U.S. Patent No. 7,201,826*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[11] Gregor-Svetec, D., Rozic, M., Muck, T., & Lozo, B. 2012. PRINTING. Natural zeolite as filler in base ink jet paper sheet. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, *27*(4), 721-728.

[12] Dehghani Firouzabadi, M. R., Vaziri, V., 2014. Effect of using of zeolite and calcium carbonate fillers on newsprint paper properties. Iranian Journal of Wood & Forest Science and Technology, 21 (4), 86-175. (In Persian).

[13] Khosravani, A., & Rahmaninia, M. 2013. The potential of nanosilica–cationic starch wet end system for applying higher filler content in fine paper. *BioResources*, *8*(2), 2234-2245.

[14] Hosseinian, Kh., Rahmaninia, M., Khosravani, A., 2016. Comparison of chitosan performance in a single or nanoparticle system as a wet end additive in recycled printing and writing papers. Journal of forest and wood products (jfwp) (iranian journal of natural resources), 68 (4), 815-827. (In Persian).

[15] Ashori, A., Cordeiro, N., Faria, M., & Hamzeh, Y. (2013). Effect of chitosan and cationic starch on the surface chemistry properties of bagasse paper. *International journal of biological macromolecules*, *58*, 343-348.

[16] Rahmaninia, M., Rohi, M., Hubbe, M. A., Zabihzadeh, S. M., & Ramezani, O. (2018). The performance of chitosan with bentonite microparticles as wet-end additive system for paper reinforcement. *Carbohydrate polymers*, *179*, 328-332.

[17] Nicu R. Bobu E. & Desbrieres J. 2011. Chitosan as cationic polyelectrolyte in wet-end papermaking systems. *Cellulose Chemistry and Technology*, *45*(1), 105.

[20] Rohi, M., Ramezani, O., Rahmaninia, M., Zabihzadeh, S. M., & Hubbe, M. A. 2016. Influence of pulp suspension pH on the performance of chitosan as a strength agent for hardwood CMP paper. *Cellul. Chem. Technol*, *50*, 873-878.

[21] Song Z. Li G. Guan F. & Liu W. 2018. Application of chitin/chitosan and their derivatives in the papermaking industry. *Polymers*, *10*(4), 389.

[22] Khantayanuwong, S., Khemarom, C., & Salaemae, S. (2017). Effects of shrimp chitosan on the physical properties of handsheets. Agriculture and Natural Resources, 51(1), 53-56.

[23] TAPPI T 200 sp-01, 2007. Laboratory beating of pulp (Valley beater method).

[24] TAPPI T 494 om-01, 2007. Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus).

[25] TAPPI T 414 om-04, 2007. Internal tearing resistance of paper.

[26] TAPPIT 211 om-02, 2007. Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C.

[27] Amiri, E., Rahmaninia, M., & Khosravani, A. 2019. Effect of Chitosan Molecular Weight on the Performance of Chitosan-silica Nanoparticle System in Recycled Pulp. *BioResources*, *14*(4), 7687-7701.

[28] Kermanian, H., Razmpour, Z., Ramezani, O., Mahdavi, S., Rahmaninia, M., & Ashtari, H. 2013. The influence of refining history of waste NSSC paper on its recyclability. *BioResources*, *8*(4), 5424-5434.

Using Zeolite as a Filler with Chitosan Biopolymer in Papermaking

Abstract

The use of minerals instead of expensive virgin fibers is one of the common ways to reduce production costs in papermaking. However, the presence of fillers reduces the mechanical properties of produced papers. In this study, the possibility of using zeolite (an abundant mineral) as a filler along with chitosan biopolymer was investigated. Zeolite was replaced by virgin fibers at three levels of 10, 20 and 30% (based on pulp dry weight). The results showed that the presence of 1% chitosan as an additive in pulp increased the zeolite retention in printing and writing paper but the presence of chitosan in the paper containing the filler had no effect on the mechanical properties. It seems that with increasing the amount of chitosan, the mechanical properties can be improved along with improving the fillers retention.

Keywords: Zeolite, Chitosan, Filler, Retention, Mechanical properties.

H. Sayadi Milani[1]
M. Rahmaninia[2]

[1] M.Sc. Student, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Wood and Paper Science and Technology Department, Iran

[2] Associate Professor, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources, Wood and Paper Science and Technology Department, Iran

Corresponding author:
rahmaninia@modares.ac.ir

Received: 2019/10/23
Accepted: 2020/02/11