جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
ص ۳۴۷-۳۵۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳

تأثیر pH بر عملکرد افزودنی مقاومت خشک کایتوزان- نانوبنتونیت در خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی پهن‌برگان

❖ **مهدی رحمانی‌نیا*؛** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
❖ **مصطفی روحی؛** کارشناس ارشد، دانشکدهٔ مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، زیراب، ایران
❖ **امید رمضانی؛** استادیار گروه فناوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکدهٔ مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، زیراب، ایران
❖ **سید مجید ذبیح‌زاده؛** دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

در این تحقیق تأثیر pH بر عملکرد سیستم نانوذرهٔ حاوی کایتوزان- بنتونیت، به منزلهٔ افزودنی مقاومت خشک، در خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی پهن‌برگان بررسی شد. به این منظور سه سطح pH، شامل ۵٫۵ و ۷ و ۸٫۵، همراه سه سطح ۰٫۷۵ و ۱٫۲۵ و ۲ درصد (بر اساس وزن خشک خمیرکاغذ) کایتوزان در سطح ثابت ۰٫۳ درصد (بر اساس وزن خشک خمیرکاغذ) نانوذرهٔ بنتونیت به کار رفت. تصویر حاصل از میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) مؤید نانوبودن بنتونیت در بعد ضخامت در محدودهٔ ۲۲٫۳ -۱ نانومتر بود. نتایج نشان داد سیستم کایتوزان- نانوبنتونیت در همهٔ سطوح pH سبب بهبود عددی شاخص‌های مقاومت به کشش، ترکیدن، پاره‌شدن، و همچنین دانسیتهٔ ظاهری نسبت به نمونهٔ شاهد می‌شود. هرچند از نظر آماری تأثیر متقابل دو متغیر بررسی‌شده (مصرف کایتوزان و سطوح pH) بر ویژگی‌های مورد نظر معنادار بود، در گروه‌بندی دانکن بیشتر تیمارهای بررسی‌شده در گروه‌بندی‌های مشابه آماری قرار گرفتند. در این پژوهش، تیمار دارای ۱٫۲۵ درصد کایتوزان در سطح ثابت نانوبنتونیت ۰٫۳ درصد در pH قلیایی بهترین نتایج را در ویژگی‌های ذکرشده نشان داد؛ به طوری که از نظر آماری نیز تفاوت معناداری با سایر تیمارها داشت. بنابراین این تیمار تیمارِ منتخب معرفی شد. به نظر می‌رسد نسبت کایتوزان به نانوآنیون بنتونیت در عملکرد سیستم نانوذره تأثیری بسزا دارد. همچنین نتایج نشان داد عملکرد این سیستم به pH تعلیق (سوسپانسیون) خمیرکاغذ بستگی دارد و بهترین نتایج در تیمارهای قلیایی (pH=۸٫۵) حاصل شد.

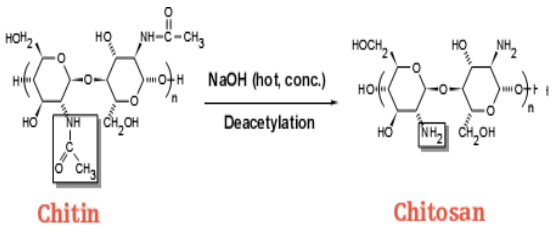
واژگان کلیدی: بنتونیت، خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی، شیمی پایانهٔ تر، کاغذسازی، کایتوزان، ویژگی‌های مقاومتی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن همراه: ۰۹۱۵۳۰۱۰۲۱۹، تلفن ثابت: ۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱
Email: rahmaninia@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

امروزه در صنعت کاغذسازی از مواد افزودنی گوناگونی جهت بهبود مقاومت تر و خشک کاغذ استفاده می‌شود. متأسفانه بسیاری از این بسپارها سنتزی‌اند و زیست‌تخریب‌پذیر نیستند. به همین دلیل سبب مشکلات زیست‌محیطی می‌شوند [۱]. کایتوزان یک زیست‌بسپار خطی با ویژگی‌های منحصربه‌فرد ـ مانند وزن مولکولی زیاد، دانسیتهٔ بار مثبت زیاد، غیر سمّی، زیست‌تخریب‌پذیر، زیست‌سازگار، ضد باکتری، ضد قارچ ـ است که از منابع تجدیدشونده، نظیر سخت‌پوستان دریایی تهیه می‌شود. این ماده از استیل‌زدایی کیتین، که بعد از سلولز دومین پلی ساکارید طبیعی فراوان در طبیعت است، به دست می‌آید [۱ـ ۵]. حضور گروه‌های آمینی در هر حلقهٔ گلوکزی کایتوزان سبب می‌شود این ماده به مثابهٔ یک افزودنی مقاومت خشک منحصربه‌فرد مطرح باشد [۶]. شکل ۱ نحوهٔ تشکیل کایتوزان از کتین را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نحوهٔ تشکیل کایتوزان از کیتین

امروزه نانوفناوری به منزلهٔ یک فناوری جدید با کارایی بالا در همهٔ سطوح زندگی بشر رسوخ کرده است. در این میان صنعت کاغذسازی نیز از این فناوری نو بی‌بهره نمانده است و کاغذسازها همیشه پیشگامان استفاده از نانوفناوری بوده‌اند. از نانوفناوری در تصفیهٔ آب و پساب صنعت کاغذسازی، شیمی پایانهٔ تر، حسگرها در خط تولید، همچنین پوشش‌دهی محصول نهایی، حتی تجهیزات تولید، و بسیاری موارد دیگر استفاده می‌شود [۷ و ۸].

نانوذرات در شیمی پایانهٔ تر کاغذسازی استفاده‌های فراوان یافته‌اند. این ذرات، به علت داشتن سطح آزاد زیاد و اندازهٔ در حد زیر ۱۰۰ نانومتر، قابلیت‌های فراوانی دارند؛ از جمله افزایش واکنش‌پذیری با سایر مواد شیمیایی و الیاف سلولزی موجود در خمیرکاغذ. از نانوذرات مختلف جهت دستیابی به اهدافی مانند بهبود فرایند کاغذسازی (نظیر افزایش ماندگاری ذرات موجود در خمیرکاغذ، بهبود آبگیری ماشین کاغذ، افزایش سرعت ماشین کاغذ و افزایش تولید کاغذ، کاهش مصرف انرژی، و غیره) یا افزایش کیفیت محصول تولیدی (مانند شکل‌گیری ورقهٔ کاغذ، بهبود مقاومت‌های تر و خشک کاغذ، بهبود ویژگی‌های سطحی کاغذ، و غیره) استفاده می‌شود. یکی از این نانوذرات نانوذرهٔ بنتونیت است که کارایی فراوانی دارد و در ایران فراوان یافت می‌شود. نانوبنتونیت به طور عمده از مونتمورولونیت با ذرات سیلیکا، کوارتز، و سایر مواد رسی تشکیل می‌شود. ساختار این ماده به گونه‌ای است که در مجاورت آب متورم می‌شود و پس از جذب آب سطحِ ویژه و بار منفی زیاد تولید می‌کند. این ویژگی‌ها سبب شده این ماده در صنعت کاغذسازی ارزش فراوانی داشته باشد. تصفیهٔ پساب، حذف مواد چسبناک، افزایش کیفیت چاپ‌پذیری، کمک به تشکیل کلوخه‌های مناسب، و بهبود آبگیری در ماشین کاغذسازی از این موارد است [۸ ـ ۱۰]. در این تحقیق تلاش شد عملکرد سیستم نانوذرهٔ دارای کایتوزان‌ـ بنتونیت سدیمی در زمینهٔ ویژگی‌های

Archive of SID
www.SID.ir

مقاومتی خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی پهن‌برگان در سیستم‌های کاغذسازی اسیدی و خنثی و قلیایی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

نانوذرهٔ بنتونیت سدیمی استفاده‌شده از استان خراسان رضوی و کایتوزان مورد استفاده از شرکت سی‌فرش[1] کشور تایلند تهیه شد. این کایتوزان وزن مولکولی متوسط ۲۷۰ کیلودالتون و درجهٔ استیل‌زدایی ۹۳ درصد داشت. همچنین خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی استفاده‌شده از کارخانهٔ چوب و کاغذ مازندران در شهرستان ساری تهیه شد.

آماده‌سازی مواد اولیه

خمیرکاغذ

خمیرکاغذ ابتدا به مدت بیست و چهار ساعت در آب شهر خیسانده و سپس فرایند پراکنده‌سازی به وسیلهٔ دستگاه Valley Beater بر اساس استاندارد TAPPI T-200 به مدت سی دقیقه انجام شد. در ادامه و بر اساس همین استاندارد، با بیست دقیقه پالایش، درجهٔ روانی خمیرکاغذ به حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر بر اساس درجهٔ روانی کانادایی (CSF) رسید.

مواد شیمیایی

محلول کایتوزان از انحلال این ماده داخل اسید استیک ۱ درصد به مدت دو ساعت در دمای اتاق تهیه شد. سوسپانسیون نانوذرهٔ بنتونیت از اختلاط این ماده با آب مقطر به مدت دو ساعت در دمای اتاق به‌دست آمد. در این تحقیق از سطوح ۰٫۷۵ و ۱٫۲۵ و ۲ درصد کایتوزان همراه سطح ثابت ۰٫۳ درصد نانوذرهٔ بنتونیت (که به کمک پیش‌تست تعیین شد) در pHهای ۵٫۵ و ۷ و ۸٫۵ بر اساس وزن خشک کاغذ استفاده شد.

کاغذ دست‌ساز

کاغذ دست‌ساز مطابق استاندارد T 205 sp-02 ساخته شد. برای تهیهٔ کاغذ ۶۰ گرمی ابتدا ۱٫۲ گرم خمیرکاغذ پالایش‌شده (بر مبنای وزن خشک) با مقادیر مشخص آب به درصد خشکی ۱ رسانده و سپس مواد افزودنی به آن اضافه شد. مدت زمان اختلاط کایتوزان و بنتونیت با خمیرکاغذ به ترتیب ۳۰ و ۱۰ ثانیه با ۲۲۰ دور در دقیقه در نظر گرفته شد. ویژگی‌های مقاومتی شاخص مقاومت کشش، مقاومت به ترکیدن، و مقاومت به پاره‌شدن نمونه‌های کاغذ ساخته‌شده به‌ترتیب بر اساس استانداردهای T494OM-01، T403OM-02، و T414OM-04 اندازه‌گیری شد. دانسیتهٔ ظاهری نیز بر اساس تقسیم وزن پایه بر ضخامت کاغذ به دست آمد. همچنین، دامنهٔ اندازهٔ نانوذرهٔ بنتونیت سدیمی به کمک دستگاه تصویربرداری AFM بررسی شد.

تجزیه و تحلیل آماری

پایهٔ این تحقیق طرح کاملاً تصادفی متعادل بود و از آزمون فاکتوریل برای بررسی‌ها استفاده شد. داده‌ها به کمک نرم‌افزار مینی‌تب[2] از نظر نرمال‌بودن ارزیابی شدند. میان ویژگی‌های بررسی‌شده داده‌های دانسیتهٔ ظاهری وضعیتی نرمال داشتند. اما ویژگی‌های شاخص مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن، و

1. Sea Fresh

2. Minitab

Archive of SID
www.SID.ir

مقاومت به پاره‌شدن این‌گونه نبودند. از آنجا که تجزیهٔ واریانس منوط به نرمال‌بودن داده‌هاست، به کمک روش‌های نرم‌افزاری و مینی‌تب نرمال‌سازی داده‌ها صورت گرفت. در این زمینه دو ویژگی شاخص مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن با گرفتن لگاریتم طبیعی (ln[1]) از اعداد اصلی و ویژگی شاخص مقاومت به پاره‌شدن با گرفتن ریشهٔ دوم (جذر) نرمال شدند. پس از کسب نتایج تجزیهٔ واریانس، به کمک نرم‌افزار سس[2] و اطمینان از معناداری تفاوت بین تیمارها در سطح ۱ درصد خطا، میانگین‌ها به کمک همین نرم‌افزار برای همهٔ ویژگی‌ها مقایسه شد.

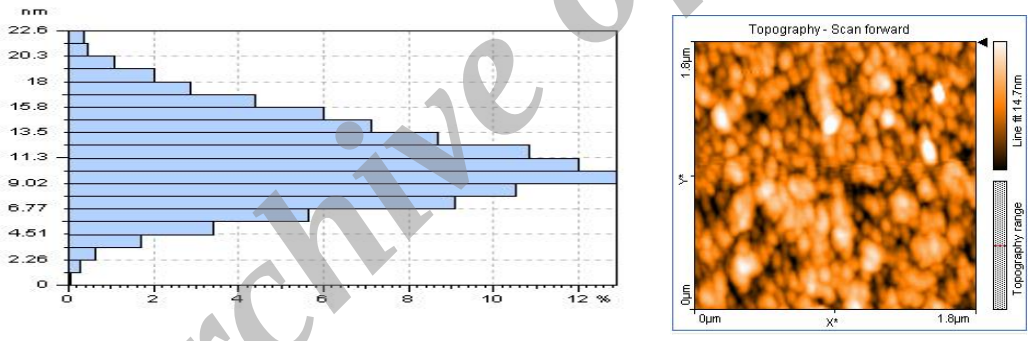
یافته‌ها و بحث

دامنهٔ اندازهٔ ذرات نانوبنتونیت

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، دامنهٔ اندازهٔ ذرات بنتونیت بین ۱ تا ۲۲ نانومتر است. همچنین، حداکثر فراوانی اندازهٔ ذرات در محدودهٔ ۹ تا ۱۲ نانومتر مشاهده می‌شود.

دانسیتهٔ ظاهری کاغذ دست‌ساز

جدول ۱ نتیجهٔ تجزیه واریانس دانسیتهٔ ظاهری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، از نظر آماری اثر متقابل دو متغیر مدّنظر (مصرف کایتوزان و سطوح pH) در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنادار است.



شکل ۲. تصویر حاصل از میکروسکوپ نیروی اتمی و دامنهٔ ضخامت نانوذرات بنتونیت

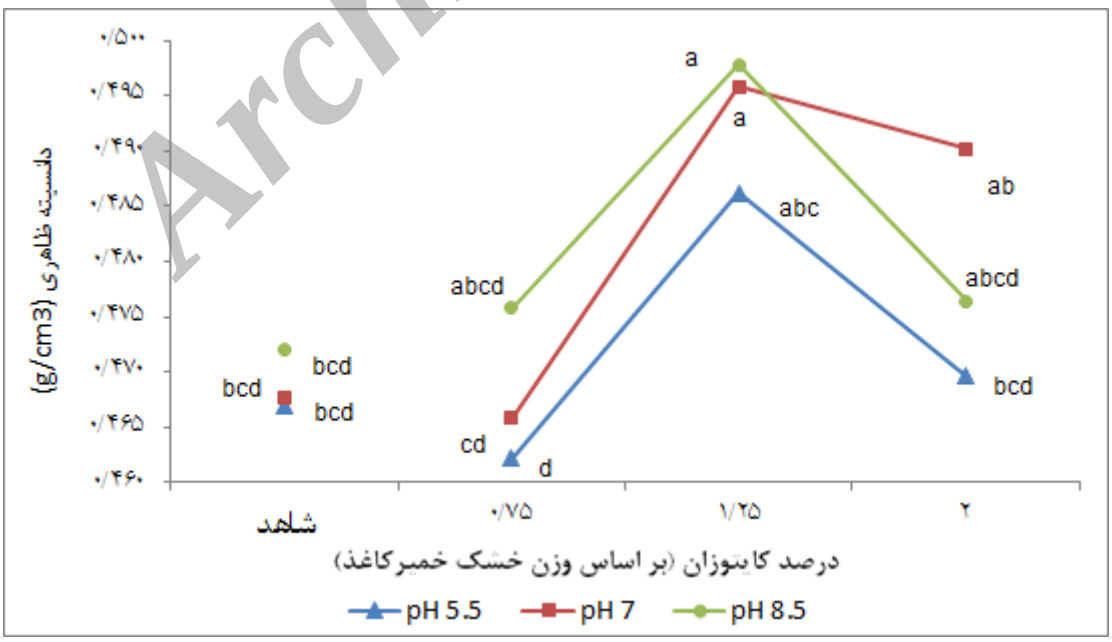
جدول ۱. تجزیهٔ واریانس دانسیتهٔ ظاهری

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	Pr>F
متغیر	۱۱	۰٫۰۰۸۲	۰٫۰۰۰۷۵	۵٫۰۲	۰٫۰۰۰۱
خطا	۴۸	۰٫۰۰۷۲	۰٫۰۰۰۱۵		
کل	۵۹	۰٫۰۱۵۵			
ضریب تغییرات			ضریب تعیین (R^2)		
۲٫۵۶۸			۰٫۵۳۴		

1. Natural Logarithm
2. SAS

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳ اثر متقابل سطوح مختلف کایتوزان و pH را بر عملکرد سیستم کایتوزان- بنتونیت، در زمینهٔ دانسیتهٔ ظاهری نمونه‌ها، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سیستم نانوی مزبور در همهٔ سطوح pH نسبت به نمونهٔ شاهد سبب افزایش عددی دانسیتهٔ ظاهری شده است؛ هرچند این افزایش جز در دو تیمار دارای ۱٫۲۵ درصد کایتوزان در شرایط قلیایی و خنثی، که بیشترین مقادیر را دارند، از نظر آماری، معنادار نیست. در واقع کاغذ تهیه‌شده از خمیرکاغذ با pH قلیایی و خنثی بالاترین دانسیتهٔ ظاهری را نسبت به شرایط اسیدی داشته‌اند. تعدادی از تحقیقات بر عملکرد مناسب کایتوزان در محیط قلیایی به عللی نظیر رسوب آن روی الیاف و احتمال پیونددهی مناسب‌تر اشاره دارند [۱، ۱۱، ۱۲]. بنابراین، احتمال می‌رود رسوب کایتوزان بر الیاف در این شرایط محیطی و همراه‌شدن با سطح مناسب مصرف نانو آنیون بنتونیت از یک طرف سبب تشکیل کلوخهٔ متراکم و در نتیجه شکل‌گیری مناسب شود (کاهش فاکتور ضخامت ورقه) و از طرف دیگر به افزایش احتمالی نرمه (افزایش وزن پایهٔ ورقه) و در کل افزایش دانسیتهٔ ظاهری نسبت به سایر تیمارها بینجامد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، نسبت مصرف نانوآنیون و بسپارکاتیونی (کایتوزان) فاکتور مهمی در عملکرد کلی سیستم در شرایط مختلف است؛ به طوری که احتمال می‌رود افزایش مصرف کایتوزان بیش از ۱٫۲۵ درصد باعث برهم‌خوردن تعادل الکتروستاتیکی بین آنیون و کاتیون شود و در نتیجه شرایط بهینهٔ بیان‌شده دستخوش آثار منفی آن، نظیر برهم‌خوردن وضعیت تشکیل کلوخه و شکل‌گیری و ماندگاری، شود. سایر محققان نیز دیدگاه‌هایی مشابه دارند [۱۳].



شکل ۳. اثر pH بر دانسیتهٔ ظاهری کاغذ دست‌ساز

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص مقاومت به کشش

جدول ۲ نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس را در زمینهٔ شاخص مقاومت به کشش نشان می‌دهد. بر این اساس، اثر متقابل دو متغیر مورد نظر بر این ویژگی از نظر آماری در سطح ۹۹ درصد اطمینان معنادار است.

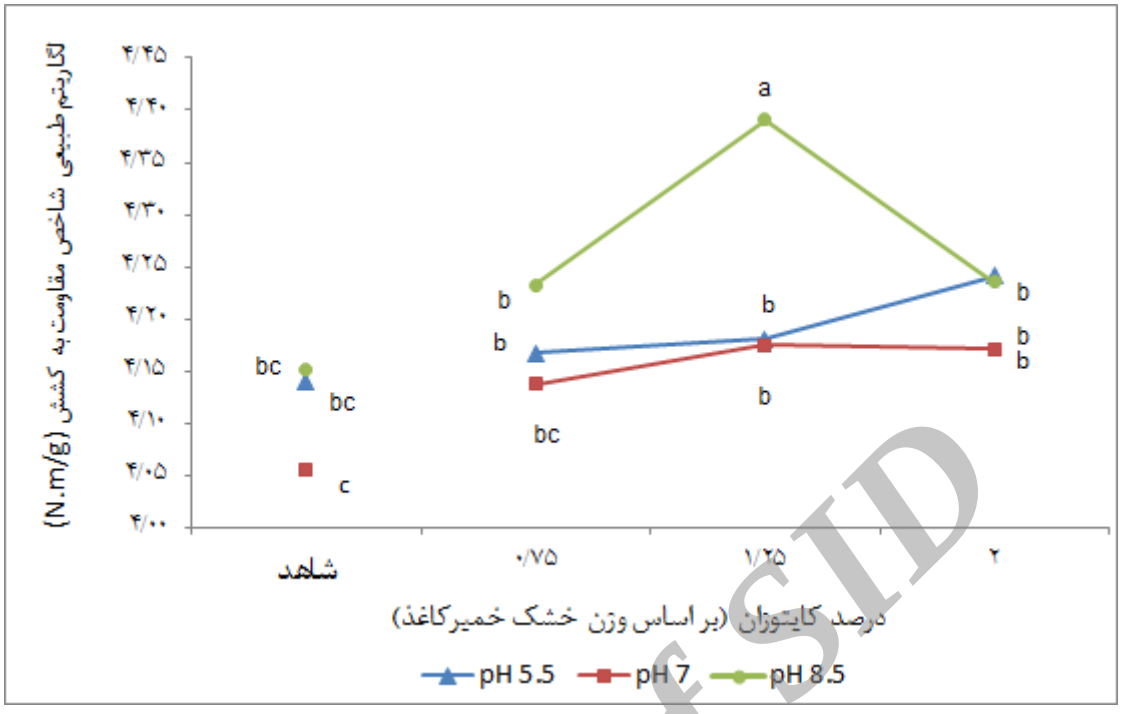
شکل ۴ اثر متقابل سطوح مختلف مصرف کایتوزان و pH را بر عملکرد سیستم کایتوزان- بنتونیت در زمینهٔ شاخص مقاومت به کشش نمونه‌ها نشان می‌دهد. نتایج بیان‌کنندهٔ آن است که سیستم دوتایی نانوبنتونیت- کایتوزان در همهٔ سطوح pH سبب افزایش شاخص مقاومت به کشش نسبت به نمونهٔ شاهد می‌شود. البته، این افزایش جز دربارهٔ تیمار قلیایی دارای ۱٫۲۵ درصد کایتوزان در سایر تیمارها از نظر آماری معنادار نبود. مقایسهٔ سطوح مختلف pH نشان‌دهندهٔ عملکرد بهتر سیستم در محیط قلیایی است. این نتیجه با نتایج دانسیتهٔ ظاهری همخوانی مناسبی دارد. همان‌طور که بیان شد، به نظر می‌رسد رسوب کایتوزان در محیط قلیایی روی الیاف و امکان واکنش‌دهی مناسب آن، از یک طرف با سطح الیاف سلولزی و از طرف دیگر با نانوآنیون استفاده‌شده، سبب بهبود ماندگاری بیشتر نرمه و شکل‌گیری بهتر ورقه و در نتیجه تولید کاغذی با دانسیتهٔ بهتر می‌شود. احتمالاً وقوع این اتفاقات مقاومت به کشش ورقهٔ کاغذ را تحت تأثیر تیمار مزبور بهبود می‌بخشد. همان‌طور که در ویژگی قبل نیز اشاره شد، نباید از تأثیر نسبت مصرف کایتوزان و نانوآنیون بر عملکرد سیستم نانوذره غافل بود [۱۳]. در تأیید این نتایج، تحقیقی قوی‌ترین واکنش بین گروهای آنیونی سلولز و گروهای کاتیونی کایتوزان را در محدودهٔ pH قلیایی نشان داد [۱۴]. تحقیقی دیگر ثابت کرد کایتوزان به‌تنهایی می‌تواند در pH بالا سبب بهبود مقاومت خشک شود؛ زیرا به صورت کلوییدی روی الیاف سلولزی رسوب می‌کند و جذب می‌شود. همچنین، در این زمینه به دلایل دیگر، نظیر افزایش جذب کایتوزان به علت افزایش کاتیون‌خواهی الیاف، که ناشی از افزایش بار منفی سطح الیاف در pH قلیایی‌تر است، اشاره شد [۱].

جدول ۲. نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس شاخص مقاومت به کشش

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	Pr>F
متغیر	۱۱	۰٫۳۶۴	۰٫۰۰۳۳	۱۱٫۱۶	۰٫۰۰۰۱
خطا	۴۸	۰٫۱۴۲	۰٫۰۰۲۹		
کل	۵۹	۰٫۵۰۶			
ضریب تغییرات			ضریب تعیین (R^2)		
۱٫۳			۰٫۷۱۸		

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴. اثر pH بر شاخص مقاومت به کشش کاغذ دست‌ساز

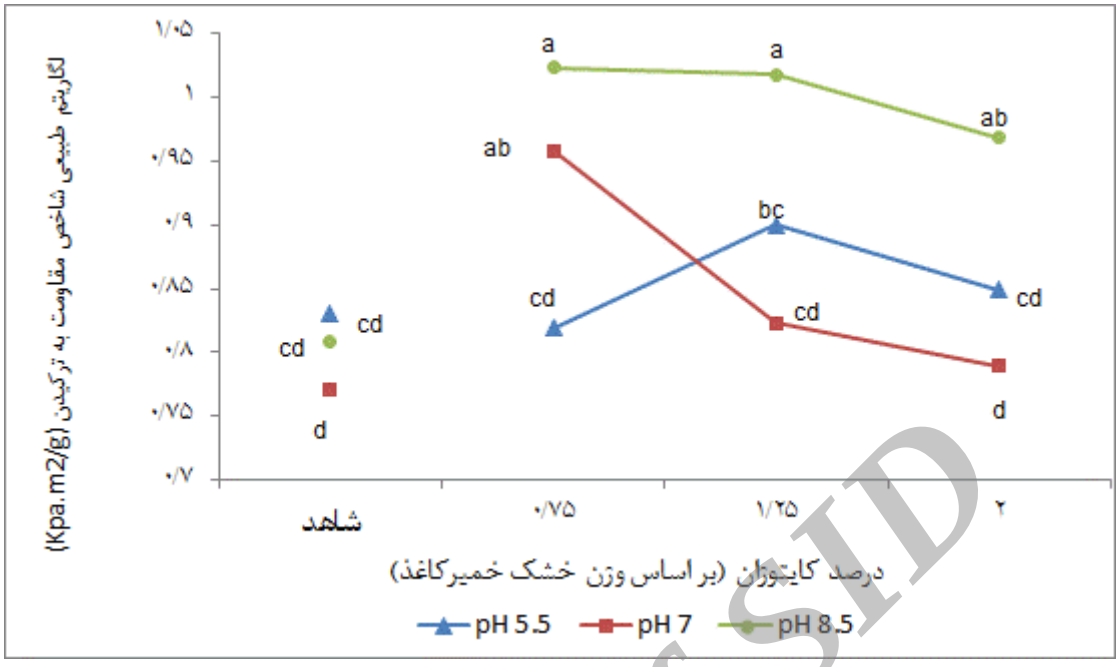
شاخص مقاومت به ترکیدن

جدول ۳ نتایج تجزیهٔ واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، از نظر آماری بین تیمارها در سطح ۹۹ درصد اطمینان تفاوتی معنادار وجود دارد. شکل ۵ نیز اثر متقابل دو متغیر میزان مصرف کایتوزان و pH مختلف را بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ دست‌ساز نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این نتایج با نتایج شاخص مقاومت به کشش و دانسیتهٔ ظاهری همخوانی مناسبی دارد. همان‌طور که می‌دانیم، این ویژگی همراه شاخص مقاومت به کشش به‌شدت تحت تأثیر پیونددهی اجزای فیبری است.

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	Pr>F
متغیر	۱۱	۰/۴۴۶	۰/۰۴۰۶	۱۲/۳۵	۰/۰۰۰۱
خطا	۴۸	۰/۱۵۷	۰/۰۰۳۲		
کل	۵۹	۰/۶۰۴			
ضریب تغییرات			ضریب تعیین (R^2)		
۶/۵			۰/۷۳۸		

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. اثر pH بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ دست‌ساز

با توجه به نتایج، مشاهده می‌شود میان سطوح مختلف pH شرایط قلیایی بهترین وضعیت را دارد. همچنین، مانند دو ویژگی قبلی تیمار ۱٫۲۵ درصد کایتوزان، از نظر عددی و آماری، بهترین نتایج را دارد. غیر از تیمارهای دارای ۰٫۷۵ درصد کایتوزان در محیط خنثی و ۱٫۲۵ درصد کایتوزان در شرایط قلیایی و خنثی، که بهترین شرایط را اخذ کرده‌اند و تغییرات آن‌ها معنادار بوده، در سایر تیمارها تفاوت چندانی دیده نمی‌شود. علت حصول این نتایج مشابه همان علتی است که دربارهٔ شاخص مقاومت به کشش بیان شد.

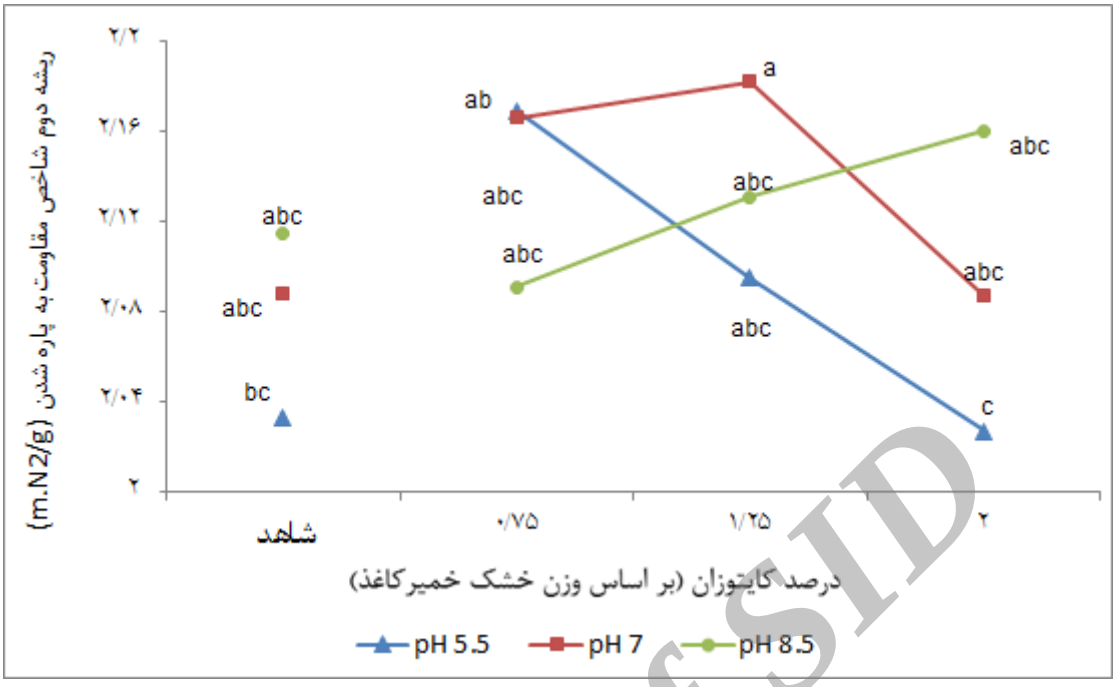
مقاومت به پاره‌شدن

جدول ۴ نشان‌دهندهٔ نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس شاخص مقاومت به پاره‌شدن است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، همانند سایر ویژگی‌ها در این ویژگی نیز تیمارها در سطح ۹۹ درصد اطمینان تفاوت معنادار دارند.

جدول ۴. نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس مقایسهٔ میانگین تیمارهای مختلف در زمینهٔ شاخص مقاومت به پاره‌شدن

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	Pr>F
متغیر	۱۱	۰٫۱۴۴	۰٫۰۱۳۱	۲٫۵۸	۰٫۰۰۰۱
خطا	۴۸	۰٫۲۴۳	۰٫۰۰۵۰		
کل	۵۹	۰٫۳۸۸			
ضریب تغییرات			ضریب تعیین (R^2)		
۰٫۳۷			۰٫۳۷۱		

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۶. اثر pH بر شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ دست‌ساز

شکل ۶ اثر متقابل دو متغیر بررسی‌شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هرچند از نظر عددی تیمارها توانسته‌اند باعث افزایش این ویژگی نسبت به نمونه‌های شاهد شوند، این افزایش از نظر آماری معنادار نیست. تأثیرات سطوح pH نیز از نظر آماری چندان ملموس نیست. بیشترین مقدار عددی مربوط به تیمار دارای ۱٫۲۵ درصد کایتوزان در شرایط محیطی خنثی و حداقل این ویژگی در تیمار حاوی ۲ درصد کایتوزان در محیط اسیدی است که بین شرایط بیشینه و کمینه از نظر آماری تفاوتی معنادار مشاهده می‌شود. عدم تفوق سیستم نانوذرهٔ کایتوزان- بنتونیت در تأثیر مثبت قابل توجه بر این ویژگی احتمالاً به ذات شاخص مقاومت به پاره‌شدن مربوط می‌شود. این ویژگی بسیار زیاد تحت تأثیر طول الیاف و مقاومت ذاتی الیاف است که سیستم استفاده‌شده تأثیر چندانی بر آن‌ها ندارد. البته از آنجا که در شرایط ثابت طول و مقاومت ذاتی الیاف، پیونددهی الیاف می‌تواند بر این ویژگی مؤثر باشد، می‌توان تا حدودی تأثیر مثبت یا منفی این سیستم (تیمارهای ذکرشده) را بر این ویژگی مشاهده کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد pH قلیایی به نسبت شرایط خنثی و اسیدی در سیستم دوتایی کایتوزان- نانوبنتونیت تأثیری مثبت‌تر بر ویژگی‌های بررسی‌شده دارد. همچنین به نظر می‌رسد تعامل الکتروستاتیکی بین بسپارکاتیونی کایتوزان و نانوآنیون بنتونیت بر عملکرد سیستم تأثیری معنادار دارد؛ به طوری که تیمار دارای ۱٫۲۵ درصد کایتوزان در همراهی با ۰٫۳ درصد نانوذرهٔ بنتونیت بهترین نتایج را در این تحقیق رقم زد. به نظر می‌رسد رسوب کایتوزان بر الیاف در

Archive of SID
www.SID.ir

مواجهه با مقدار مناسب نانوآنیون از یک طرف و افزایش بار آنیونی اجزای لیفی از طرف دیگر سبب ایجاد شرایط الکتروستاتیکی مناسب در خمیرکاغذ جهت عملکرد بهتر سیستم نانوذرهٔ مزبور شده باشد. در نهایت، احتمال می‌رود بهبود عملکرد این سیستم منجر به تشکیل کلوخه‌های متراکم‌تر، شکل‌گیری بهتر ورقه، ماندگاری بهتر نرمه، و در نهایت ورقه‌ای یکنواخت با دانسیتهٔ ظاهری و پیوندیابی بهتر و در نتیجه بهبود شاخص‌های مقاومت به کشش و ترکیدن شده باشد. همچنین، تأثیر کلی تیمارها بر شاخص مقاومت به پاره‌شدن چندان زیاد نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1]. Myllyti, P., Salmi, J., and Laine, J. (2009). The Influence of pH on the Adsorption and Interaction of Chitosan with Cellulose.Bioresources, 4: 1647-1662.

[2]. Htwe, H., Lwin, M., and Oo, M. (2008). Preparation of Chitosan Application in Recycled Paper. In: Proceeding of GMSARN International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospect for the Gms, pp. 1-5.

[3]. Li, H., Du, Y., and Xu, Y. (2004). Interaction of cationizedchitiosan with components in a chemical pulp suspension. Carbohydrate Polymers Journal,58: 205-214.

[4]. Dutta, P., Dutta, J., and Tripathi, V. (2004). Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. Journal of Scientific and Industrial Research, 63: 20-31.

[5]. Ravi Kumar, M. (2000). Areview of chitin and chitosan applications.Reactive and Functional Polymers Journal, 46: 1-27.

[6]. Ashori, A., Harun, J., Zin, W., and NorMohdYusoff, M. (2006). Enhancing dry-strength properties of kenaf (hibiscus cannabinus)paper through chitosan. Polymer-Plastic Technology Engineering Journal, 45: 125-129.

[7]. Hubbe, M. A. (2005). Micro and Nanoparticles in Papermaking, J. M. Rodriguez (ed.), TAPPI Press, Atlanta, GA, USA, pp. 197.

[8]. Vasara, P. (2004). Review of Opportunities for Utilizing Nanotechnology in Reduction of Emissions in the Paper Industy. ERSCP-Bilbao, pp. 1-26.

[9]. Simola, A. (2009). CharacterizationofMicroparticle Retention Systems with Retention Process Analyzer. M. Sc. Thesis, Lappeenranta University of Technology, Department of Chemical Technology, pp. 14-16.

[10]. Decher, A. (2005). S and B Industrial MineralsGmbh Specialty Bentonites.Altonit-Bentonite Products for the Paper Industry, 12: 1-4.

[11]. Laleg, M., and Pikulik, L. L. (1992). Strengthening of mechanical pulp webs by chitosan.Nordic Pulp & Paper Research Journal, 7(4): 174-180.

[12]. Nikolaeva, M. (2010). Measurement and Improvement of Wet Paper Web Strength, Master Degree Program in Chemical and Process Engineering.Lappeenranta University of Technology, pp. 38-40.

[13]. Rahmaninia, M., Mirshokraei, S. A., Ebrahimi, Gh., and Mohammad Nazhad, M. (2011). Effect of cationic starch-nanosilica system on retention and drainage of washed OCC pulp.Journal of Forest and Wood Products, 1(64): 15-22.

[14]. SarwarJahan, M., Noori, A., Ahsan, L., Chowdhury, D. A., and Nasima, M. A. (2009). Effects of chitosan as dry and wet strength additive in bamboo and acacia pulp.IPPTA Journal, 2(21): 85-88.

Archive of SID

www.SID.ir