نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳
http://jwfst.gau.ac.ir

بررسی اثر متقابل نوع پرکننده و عامل آهاردهی (AKD) بر ویژگی‌های کاغذ چاپ و تحریر

***کامل محمدزاده سقاواز[۱]، حسین رسالتی[۲] و احسان محرابی[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری گروه صنایع خمیر کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استاد گروه صنایع خمیر کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۳]دانش‌آموخته گروه صنایع خمیر کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲٦

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر عامل آهاردهی و پرکننده‌های مختلف بر ویژگی‌های کاغذ چاپ و تحریر انجام شد. از این‌رو عامل آهاردهی (AKD) در سطح ۰/۵ درصد و پرکننده‌های کربنات کلسیم رسوبی، کربنات کلسیم آسیابی و کائولین در سطوح ۳۰ درصد، بر اساس وزن خشک الیاف، در ترکیب سوسپانسیون خمیر با ۷۰ درصد خمیر CMP پهن برگان و ۳۰ درصد خمیر وارداتی کرافت رنگ‌بری شده سوزنی برگان مطابق استاندارد TAPPI اعمال شد. به‌منظور بررسی اثر عامل آهاردهی و پرکننده‌های مختلف از هر نوع تیمار، کاغذ دست‌ساز ٦۰ گرمی مطابق استاندارد TAPPI تهیه گردید. نتایج نشان داده است که نوع پرکننده در کاغذ بر ویژگی‌های کاغذ به‌طور قابل ملاحظه‌ای تأثیرگذار است. و عامل آهاردهی سبب تشدید تأثیر پرکننده‌های مختلف در کاغذ می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پرکننده، عامل آهاردهی، ویژگی‌های کاغذ، چاپ و تحریر

مقدمه

کاغذ ترکیبی از مواد لیگنوسلولزی و ترکیبات غیرآلی می‌باشد. ترکیبات غیرآلی شامل افزودنی‌های عاملی و کمک فرآیندی‌ها می‌باشند، که پرکننده‌های معدنی و عوامل آهار دهنده جزء افزودنی‌های

*مسئول مکاتبه: k.mohamadzade@yahoo.com

عاملی است. با توجه به کمبود ماده اولیه لیگنوسلولزی در صنایع کاغذسازی و توسعه روزافزون صنایع کاغذ در جهت افزایش مصرف مواد غیرلیفی در کاغذ، سبب گردیده که تولیدکنندگان کاغذ برای ساخت هر نوع کاغذ بنا به نیاز، از افزودنی‌های شیمیایی و معدنی استفاده کنند. از جمله ترکیبات معدنی مصرفی در کاغذ، پرکننده‌های معدنی است که مصرف پرکننده معدنی در کاغذ، سبب تولید کاغذی حجیم با ویژگی‌های مکانیکی پایین به‌دلیل کاهش سطح پیوند بین الیاف می‌گردد.

اولین تلاش‌ها را جهت مطالعه و بررسی اثر پرکننده در ویژگی‌های کاغذ از حدود چند دهه پیش توسط موقلتون[1] (۱۹٤۷) آغاز شده بود که الگوی افزودن پرکننده به سوسپانسیون خمیر عرضه شد. همچنین میلر و پالیول[2] (۱۹۸۵)، در بررسی میزان تخریب مقاومت مکانیکی کاغذها توسط انواع پرکننده‌ها را بیان داشتند که خاک رس، تالک و کربنات کلسیم آسیاب شده به‌ترتیب در افت مقاومت مکانیکی مؤثرتر هستند. میدلتون و اسکالن[3] (۱۹۸۹) دریافتند که کربنات کلسیم آسیاب شده و کربنات کلسیم رسوبی تأثیر مشابه‌ای در افت مقاومت مکانیکی کاغذ داشتند. همچنین در بررسی تأثیر اندازه ذرات پرکننده معدنی در افت مقاومت مکانیکی توسط بوان[4] (۱۹۹۸ و ۱۹۹۷) ابراز داشت که اندازه ذرات بسیار دارای اهمیت می‌باشد به‌طوری‌که با کاهش اندازه ذرات افت مقاومت مکانیکی کاغذ بیشتر می‌شود. و همچنین ویژگی‌های فیزیکی پرکننده‌ها (شکل هندسی، سطح ویژه ذرات) در تعیین ویژگی‌های کاغذ بسیار ضروری هستند. در پژوهش دیگر توسط بزلی و پتررییت[5] (۱۹۷۵)، که به بررسی تأثیر انواع پرکننده‌های معدنی بر ویژگی‌های کاغذ ابراز داشتند که انواع پرکننده اثرات متفاوتی برروی ویژگی‌های کاغذ دارد به‌این گونه که افت شاخص مقاومت به ترکیدن به‌ترتیب با افزودن کائولین، تالک و کربنات کلسیم آسیاب شده در یک مقدار مشخص خاکستر افزایش یافته و همچنین کربنات کلسیم آسیاب شده و رسوبی تأثیر مشابه‌ای نشان دادند. نتایج تحقیقات جنتیل[6] (۲۰۰۳)، که روی تأثیر کائولین، کائولین اصلاح شده، کربنات کلسیم آسیاب شده و کربنات کلسیم آسیاب شده اصلاح شده را بر ماتی و درجه روشنی کاغذ، نشان داد که درجه روشنی کاغذهای حاصل از کربنات

1- Muggleton
2- Miller and Paliwal
3- Middleton and Scallan
4- Bown
5- Beazley and Petereit
6- Gentile

کلسیم رسوبی اصلاح شده بیشترین درجه روشنی و ماتی را دارا می‌باشد و در کاغذهای دارای کائولین اصلاح شده، کربنات کلسیم رسوبی و کائولین به‌ترتیب درجه روشنی و ماتی کاهش یافتند. دنج و یوون[1] (۲۰۰۷)، که ویژگی‌های انواع پرکننده معدنی بررسی نمودند نشان داد که کائولین تکلیس از ضریب پخش نور بیشتری نسبت به کربنات کلسیم آسیاب شده و کربنات کلسیم رسوبی که از ضریب پخش نور یکسان و بیشتر از کائولین آبدار است. بیشترین درجه روشنی را کربنات کلسیم رسوبی و بعد از آن به‌ترتیب کائولین تکلیس شده، کربنات کلسیم آسیاب شده و کائولین آبدار دارا می‌باشند. همچنین نتایج ولهو[2] (۲۰۰۲)، که به بررسی اثرات تالک، کائولین آبدار، تکلیس شده و کربنات کلسیم سوزنی، چندوجهی بر کاغذسازی نشان داد که افت بالک به‌ترتیب در کائولن آبدار، کائولن تکلیس شده و تالک کاهش می‌یابد و کربنات کلسیم آسیاب شده و کربنات کلسیم رسوبی چند وجهی در میانه این طیف قرار دارند. همچنین کربنات کلسیم رسوبی سوزنی شکل بیشترین کاهش مقاومت کششی و کائولین کمتر کاهش را داشته است. همچنین بیشترین ماتی را کائولین دارد که پایین‌ترین درجه روشنی و بالاترین ضریب پراکنش نور را داراست. همچنین نتایج تحقیقات مالونی[3] و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داد که مصرف مقدار بالایی از پرکننده‌ها باعث بهبود خواص نوری و حجیمی کاغذ می‌شود. همچنین وقتی کربنات کلسیم از لحاظ ساختاری شکسته شود، تأثیر منفی شدیدی بر ویژگی‌های کاغذ دارد. اگر اندازه ذرات کربنات کلسیم با سنتز ذرات متراکم کاهش یابد دورویه‌گی افزایش یافته و حجیمی، مقاومت کششی و خواص نوری کاهش می‌یابد. که دلیل افت مقاومت کششی کاغذ را به کاهش اندازه ذرات کربنات کلسیم که منجربه افزایش مقدار کربنات کلسیم ما بین الیاف و کاهش سطح پیوند الیاف بیان کردند.

در نهایت با توجه به مسائلی از جمله هزینه تولید، حجم پساب و بار آلودگی پساب و افزایش سرعت تولید ماشین کاغذ و همچنین لزوم تولید کاغذ با شکل‌پذیری و کیفیت مناسب، لازم است اثرات متقابل افزودنی‌های مختلف در کاغذ بسته به کاربرد آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. بر همین اساس در این پژوهش به بررسی تأثیر متقابل استفاده از پرکننده‌های معدنی و عامل آهاردهی در ساخت کاغذ چاپ و تحریر مورد بررسی قرار گرفت.

1- Deng and Yoon
2- Velho
3- Maloney

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، خمیر CMP[1] و الیاف بلند وارداتی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه و برای ساخت و آزمون کاغذ، خمیرها با استفاده از پالایش‌گر PFI تا رسیدن به درجه‌های روانی مورد نظر (۴۰۰-۳۵۰ میلی‌لیتر در استاندارد کانادایی) پالایش شدند. سپس به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات مقاومتی بر اساس استاندارد T۲۰۲om-۸۸ آیین‌نامه TAPPI، ۱۲ عدد کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی به نسبت ۳۰:۷۰ خمیر CMP و الیاف بلند وارداتی و به نسبت ۳۰ و ۰/۵ درصد وزن الیاف، پرکننده معدنی و AKD براساس استاندارد TAPPI[2] در آزمایشگاه خمیرکاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ساخته شد. برای هر یک از تیمارها ویژگی‌های خمیرکاغذ و کاغذ دست‌ساز استاندارد بر اساس استانداردهای مربوطه از آیین‌نامه TAPPI تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱- استانداردهای تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ و کاغذ.

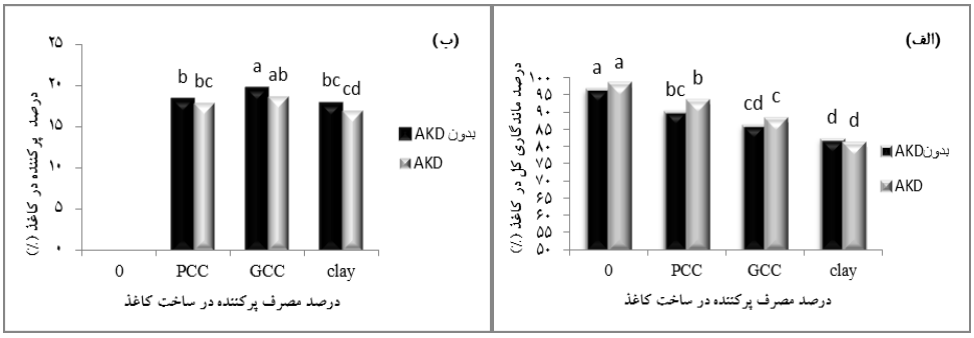
ویژگی‌ها	استاندارد
اندیس مقاومت کششی	T٤٩٤om-٨٨
اندیس مقاومت ترکیدن	T٤٠٣om-٩١
اندیس مقاومت پاره شدن	T٤١٤om-٨٨
درجه روشنی	T٤٥٢om-٩٨
ماتی	T٤٥٢om-٠١
مقاومت به عبور هوا	T٤٦٠om-٩٦
حجیمی کاغذ	T٤٢٦om-٧٠
پالایش خمیر کاغذ	T٢٤٨om-٨٨
درجه روانی	T٢٢٧om-٩٢
خاکستر کاغذ	T٤١٣om-٩٣
آزمون کاپ	T٤٤١om-٩٨

نتایج و بحث

اثر متقابل عامل آهاردهی، عامل ماندگاری در ماندگاری پرکننده‌ها در کاغذ: مقدار درصد پرکننده یا خاکستر موجود در کاغذ در یک مقدار مشخص، تابع نرخ مصرف و نوع پرکننده و درصد ماندگاری

1- Chemical Mechanical pulp
2- Technical Association of Pulp and Paper Industry

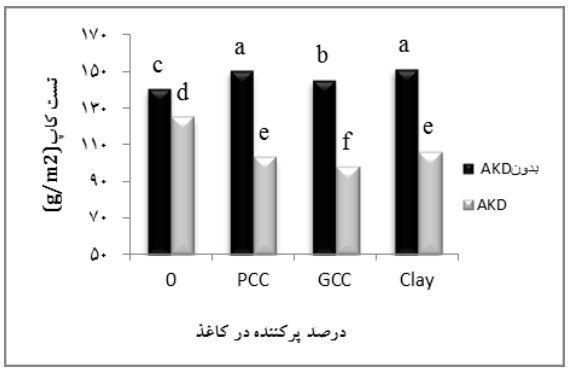
پرکننده است که با استفاده از پلیمرهای متنوع کمک نگه‌دارنده و با مکانیسم‌های متفاوت وصله‌زنی، پل‌زنی و غیره می‌توان آن را افزایش داد. هر چند با افزایش مصرف درصد پرکننده‌ها، مقدار پرکننده باقی‌مانده در کاغذ افزایش می‌یابد. اما درصد ماندگاری پرکننده‌ها بسته به نوع پرکننده و اندازه و مرفولژی پرکننده‌ها در کاغذ متفاوت است. با افزایش اندازه ذرات پرکننده ماندگاری پرکننده‌های معدنی کاهش می‌یابد و با توجه به اندازه متوسط ذرات کربنات کلسیم رسوبی، آسیاب شده و کائولین ماندگاری پرکننده‌ها به‌ترتیب کاهش می‌یابد. که علت این امر می‌تواند کاهش سطح ویژه ذرات و به‌دنبال آن کاهش اثرات عامل ماندگاری در دلمه کردن ذرات پرکننده در آماده‌سازی سوسپانسیون تهیه کاغذ دست‌ساز باشد (شکل ۱). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر میزان ماندگاری پرکننده‌ها در کاغذ در سطح ۱ درصد وجود دارد و این تیمارها بر اساس آزمون دانکن نیز در گروه‌های متفاوت دسته‌بندی شدند.



شکل ۱- رابطه درصد مصرف پرکننده در ساخت کاغذ با درصد ماندگاری کل (الف) درصد پرکننده باقی‌مانده در کاغذ (ب).

اثر متقابل عامل آهاردهی و پرکننده‌های معدنی در مقاومت به جذب آب: کاغذهای دارای پرکننده نسبت به کاغذ شاهد از مقاومت به جذب آب کمتری برخوردار هستند. در کاغذهای با تغییر پرکننده‌ها نیز مقاومت به جذب آب کاغذ تغییر یافته و این اختلاف نیز به لحاظ آماری و در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است (شکل ٦). علّت افزایش مقاومت به جذب آب را می‌توان به افزایش حجیمی کاغذ، افزایش خلل و فرج در کاغذ که در نتیجه آن افزایش سطح ویژه یا به‌عبارتی افزایش سطح تماس الیاف سلولزی با آب نسبت داد. عامل آهاردهی به‌طور کلی به‌منظور بهبود مقاومت به جذب آب در صنعت

استفاده می‌شود که نتایج هم نشان داد کاغذهای دارای عامل آهاردهی از مقاومت به جذب آب بیشتری برخوردار است (شکل ۲). به‌طور کلی تغییرات مقاومت به جذب آب در تقابل با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ، بسته به ساختار، اندازه ذرات پرکننده و تراکم آن‌ها در کاغذ مرتبط است. کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای نسبت به هر دو نوع کربنات کلسیم سبب گردیده که کاغذ حاصل نسبت به کاغذهای دارای پرکننده کربنات کلسیم، کاغذی چگالتری تشکیل می‌دهد از این‌رو بر مقاومت به جذب آب کاغذ نسبت به پرکننده‌های دیگر به‌طور مؤثر اثرات منفی کمتری دارد (شکل ۲).



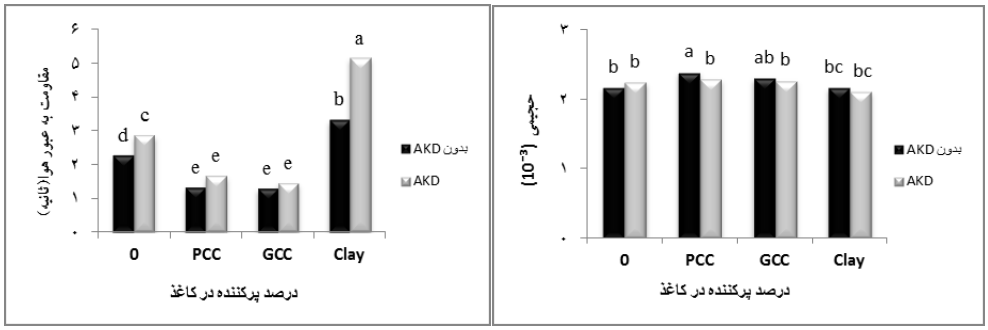
شکل ۲- تأثیر پرکننده‌های مختلف بر شاخص مقاومت به جذب آب.

اثر متقابل عامل آهاردهی و پرکننده‌های معدنی در ویژگی‌های فیزیکی کاغذ

حجیمی کاغذ: حجیمی حجم واحد وزن کاغذ است و کاغذهای حجیم‌تر معمولاً دارای مقاومت مکانیکی کمتری می‌باشند. حجیمی و مقاومت به عبور هوا به نوعی نشان دهنده ساختار داخلی کاغذ می‌باشد که تحت تأثیر کیفیت شکل‌گیری کاغذ و چگونگی توزیع الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌ها است و در یک ترکیب مشخص به نوعی عملکرد مواد کمک نگه‌دارنده در ایجاد لخته‌ها و چگونگی پراکنش آن‌ها را نشان می‌دهد. با افزودن پرکننده معدنی در کاغذ، حجیمی کاغذ نسبت به کاغذ شاهد افزایش یافته است اما اختلاف بین آن‌ها نیز به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. به‌طور کلی حجیمی کاغذ به مقدار پرکننده معدنی در کاغذ و اندازه، مورفولژی پرکننده‌های معدنی وابسته است. با توجه به شکل ۳ بین مقادیر حجیمی کاغذ دارای پرکننده‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد. هرچند ذرات پرکننده کائولین نسبت به کربنات کلسیم از اندازه متوسط بیشتری برخوردار هستند و توان افت سطح پیوند بین الیاف بیشتری دارند اما ذرات پرکننده کوچکتر نسبت به پرکننده با ذرات بزرگ‌تر بیشتر در بین

الیاف سلولزی متراکم می‌شوند و بر همین اساس کاغذهای دارای پرکننده کربنات کلسیم رسوبی نسبت به کاغذهای دارای کائولین از حجیمی بیشتری برخوردارند. تأثیر عامل آهاردهی بر حجیمی کاغذ به‌دلیل جذب عامل آهاردهی بر سطح پرکننده‌ها سبب افت در ماندگاری پرکننده‌های معدنی نسبت به کاغذهای کنترل که در نتیجه آن افت حجیمی می‌گردد، اما در کاغذهای شاهد تیمار شده با عامل آهاردهی به‌دلیل واکنش گروه‌های هیدروکسیل سلولزها با AKD و تشکیل پیوند بتا- کتو استر که سبب افت گروه‌های هیدروکسیل واکنش‌پذیر می‌شود، از حجیمی بیشتری برخوردار باشند. و این تیمارها بر اساس آزمون دانکن نیز در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۳).

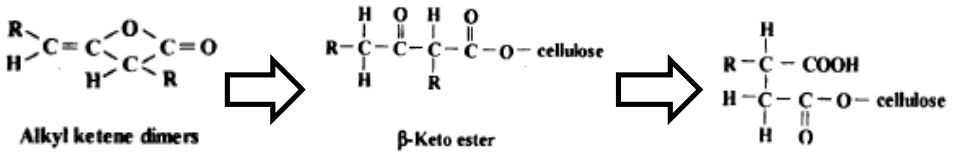
مقاومت به عبور هوا: مقاومت به عبور هوا در نمونه کاغذ شاهد بیشتر از کاغذهای دارای پرکننده‌ها معدنی است و اختلاف بین آن‌ها نیز به لحاظ آماری معنی‌دار است اما در بین کاغذهای دارای پرکننده کربنات کلسیم رسوبی و آسیاب شده معنی‌دار نبوده است. به‌طور کلی با افزودن پرکننده‌های معدنی در کاغذ، مقاومت به عبور هوای کاغذ کاهش می‌یابد (شکل ۲). پرکننده‌های مختلف به‌دلیل تفاوت در اندازه و مورفولژی در ساختار الیاف اثرات متفاوتی می‌گذارند. با توجه به شکل ۲ کاغذهای دارای پرکننده کربنات کلسیم رسوبی به‌دلیل تراکم بیشتر پرکننده در بین الیاف، از مقاومت به عبور هوای کمتری برخوردار است در حالی‌که کاغذهای دارای پرکننده کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای و اندازه ذرات سبب کاغذی چگال با حجیمی کمتر و مقاومت به عبور هوای بیشتری نسبت به دیگر کاغذهای دارای پرکننده‌های دیگر می‌شود. همچنین تأثیر عامل آهاردهی بر مقاومت به عبور هوا کاغذهای دارای پرکننده‌های مختلف تیمار شده با عامل آهاردهی به‌دلیل افت در ماندگاری پرکننده‌های معدنی نسبت به کاغذهای کنترل سبب می‌شود کاغذهای تیمار شده با عامل آهاردهی از مقاومت به عبور هوای بیشتری برخوردار باشند. و این تیمارها بر اساس آزمون دانکن نیز در گروه‌های مختلف قرار گرفتند.



شکل ۳- تأثیر پرکننده‌های مختلف بر حجیمی کاغذ (سمت راست)، مقاومت به عبور هوای کاغذ (سمت چپ).

اثر متقابل عامل آهاردهی و پرکننده‌های معدنی در ویژگی‌های مقاومتی کاغذ

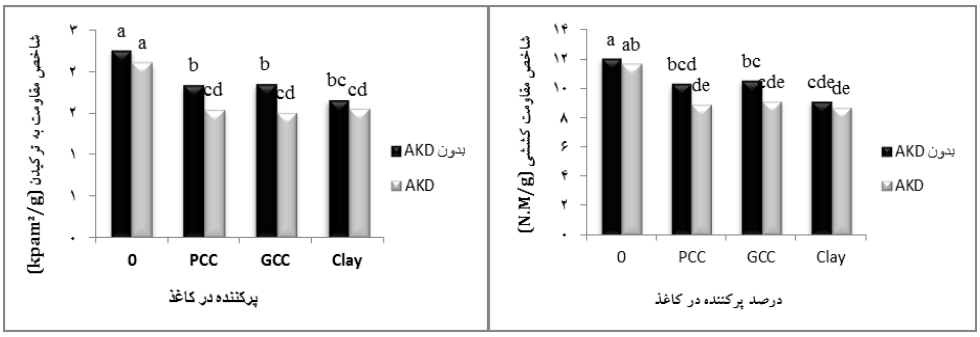
شاخص مقاومت به کشش: شاخص مقاومت به کشش کاغذ در نمونه کاغذ شاهد بیشتر از نمونه‌های دارای پرکننده‌ها است و اختلاف بین آن‌ها نیز به لحاظ آماری معنی‌دار است. به‌طور کلی پرکننده‌های معدنی و عامل آهاردهی بر شاخص کشش کاغذ اثر منفی دارند و با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ، به‌دلیل تفاوت در ساختار و اندازه ذرات پرکننده در افت مقاومت به کشش کاغذ اثرات تشدید کننده متفاوت داشته و اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است (شکل ۵). علت این امر را می‌توان به تفاوت در تراکم پرکننده‌ها و افت سطح پیوند بین الیاف نسبت داد، زیرا که پرکننده‌های مختلف توانائی تشکیل پیوند با الیاف سلولزی را ندارند و به‌علت محدودتر و ضعیف‌تر شدن پیوند بین الیاف مقاومت کششی کاغذ کاهش می‌یابد. از طرفی در کاغذهای آهاردهی شده با AKD به‌دلیل این‌که عامل آهاردهی هرچند سبب بهبود مقاومت به جذب آب در کاغذها می‌شود اما به‌دلیل افت ظرفیت پیوند هیدروژنی بین الیاف به‌دلیل واکنش گروه‌های هیدروکسیل سلولز و همی‌سلولزها با AKD و تشکیل پیوند بتا- کتو استر (شکل ٤)، سبب افت بیشتر شاخص مقاومت به کشش کاغذها نسبت به کاغذهای کنترل با سطوح کمتر پرکننده می‌شوند (١٤ و ٤). همچنین در بین پرکننده‌های مختلف در کاغذ، به‌دلیل تفاوت در ساختار و اندازه ذرات پرکننده در افت مقاومت به کشش کاغذ اثرات تشدید کننده متفاوت داشته به‌طوری که کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای بیشترین افت شاخص مقاومت به ترکیدن منجر می‌شود و اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است.



شکل ٤- واکنش AKD با سلولز در محیط آبی (١١).

شاخص مقاوت به ترکیدن: شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ در نمونه کاغذ شاهد بیشتر از کاغذهای حاوی پرکننده‌های معدنی مختلف و همچنین کاغذ آهاردهی شده با AKD است. به‌طور کلی با افزودن پرکننده معدنی به کاغذها به‌دلیل عدم توانایی تشکیل پیوند با الیاف و نیز تراکم پرکننده‌ها در بین الیاف

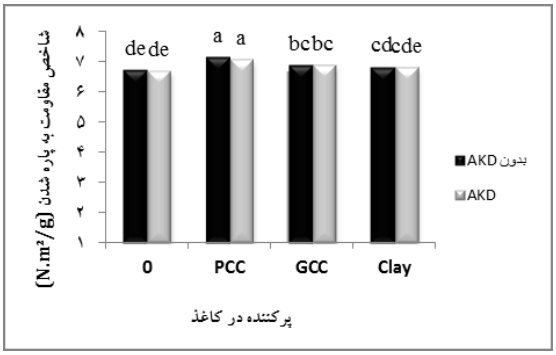
سلولزی سبب محدودتر و ضعیف‌تر شدن پیوند بین الیاف می‌شوند، از این‌رو به سبب افت سطح پیوند بین الیاف شاخص مقاومت به ترکیدن کاهش می‌یابد. از طرفی در کاغذهای آهاردهی شده با AKD به‌دلیل این‌که عامل آهاردهی ظرفیت پیوند هیدروژنی بین الیاف را به‌دلیل واکنش گروه‌های هیدروکسیل سلولز و همی‌سلولزها با AKD و تشکیل پیوند بتا- کتو استر (شکل ٤)، سبب افت بیشتر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذها نسبت به کاغذهای کنترل با سطوح کمتر پرکننده می‌شوند. (شکل ٥). همچنین در بین پرکننده‌های مختلف در کاغذ، به‌دلیل تفاوت در ساختار و اندازه ذرات پرکننده در افت مقاومت به ترکیدن کاغذ اثرات تشدید کننده متفاوت داشته به‌طوری که کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای بیشترین افت شاخص مقاومت به ترکیدن منجر می‌شود و اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است.



شکل ٥- تأثیر پرکننده‌های مختلف بر شاخص مقاومت به کشش (سمت راست)، مقاومت به ترکیدن کاغذ (سمت چپ).

شاخص مقاومت به پارگی: شاخص مقاومت به پارگی کاغذ در نمونه کاغذ شاهد بیشتر از کاغذهای دارای پرکننده‌های مختلف و همچنین کاغذ آهاردهی شده با AKD است (شکل ٦). به‌طورکلی با افزودن پرکننده معدنی به کاغذها به‌دلیل افزایش حجیمی کاغذ می‌گردد که در نتیجه آن سبب افزایش توزیع تنش حاصل از پارگی کاغذ می‌گردد، از این‌رو مقاومت به پارگی در کاغذهای با سطح پیوند کمتر کمی افزایش نشان می‌دهد. از طرفی در کاغذهای آهاردهی شده با AKD به‌دلیل این‌که عامل آهاردهی به سبب افت ظرفیت پیوند هیدروژنی بین الیاف به‌دلیل واکنش گروه‌های هیدروکسیل سلولز و همی‌سلولزها با AKD و تشکیل پیوند بتا- کتو استر، سبب افت بیشتر شاخص مقاومت به پارگی کاغذها نسبت به کاغذهای کنترل می‌شوند. (شکل ٤ و ٦). همچنین در بین پرکننده‌های مختلف در

کاغذ، به‌دلیل تفاوت در ساختار و اندازه ذرات پرکننده در افت مقاومت به پارگی کاغذ اثرات تشدید کننده متفاوت داشته به‌طوری که کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای بیشترین افت شاخص مقاومت به پارگی منجر می‌شود اما در کاغذهای دارای هر دو نوع پرکننده کربنات کلسیم در کاغذهای آهاردهی شده و نشده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما نسبت به کاغذ بدون پرکننده و دارای پرکننده کائولین اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است.



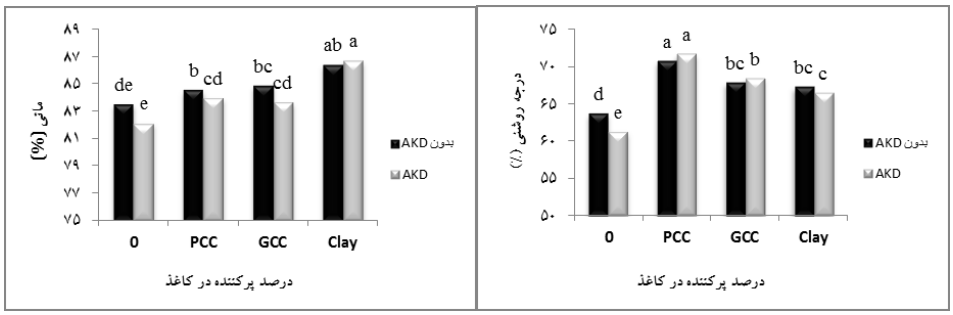
شکل ٦- تأثیر پرکننده‌های مختلف بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذ.

اثر متقابل عامل آهاردهی و پرکننده‌ها معدنی در ویژگی‌های نوری کاغذ

درجه روشنی و ماتی: درجه روشنی در نمونه کاغذ شاهد کمتر از نمونه‌های دارای پرکننده‌ها بود و اختلاف بین آن‌ها نیز به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. همچنین با تغییر نوع پرکننده در کاغذ، درجه روشنی کاغذ تغییر یافته و اختلاف بین آن‌ها نیز به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. با توجه به شکل ۷ عامل آهاردهی بر درجه روشنی کاغذ شاهد اثر منفی داشته که علت این امر می‌تواند تأثیر AKD بر ساختار کاغذ باشد که باعث شکل‌گیری کاغذی حجیم که از مقاومت به عبور هوای کمتر گردیده است (شکل ۳). به‌طور کلی تغییرات درجه روشنی کاغذ با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ، بسته به ساختار، اندازه ذرات پرکننده و تراکم آن‌ها در کاغذ مرتبط است. کربنات کلسیم رسوبی به‌دلیل اندازه متوسط کوچک‌تر از کربنات کلسیم آسیابی و کائولین که به‌ترتیب اندازه ذرات افزایش می‌یابد از ضریب انعکاس بیشتری برخوردار است بر همین اساس در افزایش درجه روشنی کاغذ نسبت به پرکننده‌های دیگر به‌طور مؤثر تأثیرگذار است (۱). عامل آهاردهی در کنار بهبود مقاومت به جذب آب

در کاغذها سبب کاهش ماندگاری پرکننده‌ها در کاغذ و همچنین ایجاد ساختاری حجیم در کاغذ می‌گردد که بر همین اساس سبب افت درجه روشنی کاغذها می‌گردد (شکل ۳ و ۷).

کاغذهای دارای پرکننده نسبت به کاغذ شاهد از ماتی بیشتری برخوردار هستند. در کاغذهای با تغییر پرکننده‌ها نیز ماتی کاغذ تغییر یافته و این اختلاف نیز به لحاظ آماری و در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است (شکل ۷). علت افزایش ماتی را می‌توان به افزایش حجیمی کاغذ، افزایش سطح ویژه و ضریب پراکنش نور با افزودن پرکننده‌ها در کاغذ نسبت داد. عامل آهاردهی بر ماتی کاغذ شاهد اثر مثبت داشته که علت این امر می‌تواند تأثیر AKD بر ساختار کاغذ باشد که باعث شکل‌گیری کاغذی حجیم که از مقاومت به عبور هوای کمتر برخوردار است، می‌گردد (شکل ۳). به‌طورکلی تغییرات ماتی کاغذ با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ، بسته به ساختار، اندازه ذرات پرکننده و تراکم آن‌ها در کاغذ مرتبط است. کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای و اندازه بزرگ‌تر نسبت به هر دو نوع کربنات کلسیم دارد و همچنین از ضریب انعکاس کمتری برخوردار است، کاغذی چگالتری تشکیل می‌دهد از این‌رو بر ماتی کاغذ نسبت به پرکننده‌های دیگر به‌طور مؤثر تأثیرگذار است (۱). عامل آهاردهی نیز به‌جز کاغذهای دارای کائولین در مابقیه کاغذها سبب افت ماتی کاغذها می‌گردد که دلیل این امر در دست بررسی می‌باشد. (شکل ۳ و ۷).



شکل ۷- تأثیر پرکننده‌های مختلف بر درجه روشنی (سمت راست)، و ماتی کاغذ (سمت چپ).

نتیجه‌گیری

با توجه به روند افزایش مصرف پرکننده و عوامل آفزودنی در صنایع کاغذ، تعیین اثرات مثبت و منفی عوامل غیر سلولزی در کاغذ بسته به نوع و کاربرد کاغذ حاصله بسیار دارای اهمیت است. بنابراین در این پژوهش تأثیر استفاده از عوامل آهاردهی و پرکننده‌های معدنی متداول مصرفی در

صنایع کاغذسازی بر ویژگی‌های کاغذ حاصل از ترکیب ۷۰ درصد خمیرکاغذ CMP و ۳۰ درصد خمیرکاغذ کرافت سوزنی برگان بررسی گردید. مهم‌ترین یافته‌های این پژوهش به شرح زیر آمده است:

۱- مصرف پرکننده معدنی مختلف در خمیرکاغذ:

- نوع پرکننده مصرفی بر باقی‌مانده پرکننده در کاغذ مؤثر است. بیشترین درصد ماندگاری در بین انواع پرکننده‌های مصرفی کربنات کلسیم آسیاب شده می‌باشد (بزلی و همکاران، ۱۹۷۵).
- افزودن AKD به سوسپانسیون خمیر و کاغذ اثر منفی بر ماندگاری پرکننده‌های معدنی داشت.

۲- تاثیر مصرف پرکننده معدنی مختلف و عامل آهاردهی در ویژگی‌های خمیرکاغذ در مقایسه با تیمار شاهد عاری از پرکننده:

با افزودن پرکننده‌های مختلف مقاومت به عبور هوا کاغذهای به‌جز کاغذهای دارای پرکننده کائولین نسبت به کاغذ شاهد کاهش یافته است و حجیمی کاغذ دارای پرکننده‌ها نسبت به کاغذ شاهد افزایش یافته و بیشترین حجیمی را کاغذهای دارای پرکننده کربنات کلسیم رسوبی برخوردار است. بیشترین مقاومت به عبور هوا و کمترین حجیمی در بین انواع پرکننده‌های مصرفی، کائولین دارا می‌باشد. عامل آهاردهی سبب بهبود مقاومت به عبور هوای و کاهش حجیمی کاغذها گردیده است که دلیل این امر می‌تواند به کاهش جزئی ماندگاری پرکننده‌های مختلف باشد (بزلی و پیتریت، ۱۹۷۵؛ بزلی و همکاران، ۱۹۷۵؛ لین و همکاران، ۲۰۱۰).

- شاخص‌های مقاومت به کشش و ترکیدگی کاغذهای دارای پرکننده در مقایسه با کاغذ شاهد کاهش یافت و این اختلاف‌ها در هر دو حالت به لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. بیشترین شاخص‌های مقاومتی در بین انواع پرکننده‌ها، کربنات کلسیم رسوبی دارا می‌باشد. در کاغذهای آهاردهی شده با AKD به‌دلیل این‌که عامل آهاردهی هرچند سبب بهبود مقاومت به جذب آب در کاغذها می‌شود اما به‌دلیل افت ظرفیت پیوند هیدروژنی بین الیاف به‌دلیل واکنش گروه‌های هیدروکسیل سلولز و همی‌سلولزها با AKD و تشکیل پیوند بتا-کتو استر که در نتیجه آن سبب افت بیشتر شاخص مقاومت به کشش، ترکیدگی و شاخص مقاومت به پارگی کاغذها نسبت به کاغذهای کنترل می‌شوند (بزلی و پیتریت، ۱۹۷۵؛ بزلی و همکاران، ۱۹۷۵).
- شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای شاهد کمتر از کاغذهای دارای پرکننده معدنی می‌باشد. به‌طور کلی با افزودن پرکننده معدنی به کاغذها به‌دلیل افزایش حجیمی کاغذ می‌گردد که در نتیجه آن سبب

افزایش توزیع تنش حاصل از پارگی کاغذ می‌گردد، از این‌رو مقاومت به پارگی در کاغذهای با سطح پیوند کمتر کمی افزایش نشان می‌دهد. از طرفی در کاغذهای آهاردهی شده با AKD سبب افت جزئی در شاخص مقاومت به پارگی کاغذها نسبت به کاغذهای کنترل می‌شوند اما اختلاف بین کاغذهای تیمار شده با عامل آهاردهی نسبت به کاغذهای تیمار نشده معنی‌دار نمی‌باشد (بزلی و پیتریت، ۱۹۷۵؛ بزلی و همکاران، ۱۹۷۵).

– به‌طور کلی تغییرات ویژگی‌های نوری کاغذ با افزودن پرکننده‌های مختلف به کاغذ، بسته به ساختار، اندازه ذرات پرکننده و تراکم آن‌ها در کاغذ مرتبط است. درجه روشنی کاغذهای دارای پرکننده نسبت به کاغذ عاری از پرکننده افزایش داشت و اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری در هر دو حالت معنی‌دار بوده است. بیشترین درجه روشنی در بین انواع پرکننده‌ها، کربنات کلسیم رسوبی دارا می‌باشد. درجه روشنی کاغذهای تیمار شده با عامل آهاردهی در مقایسه به نمونه شاهد کاهش داشت و اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری در هر دو حالت معنی‌دار بوده است. عامل آهاردهی هرچند سبب بهبود مقاومت به جذب آب در کاغذها می‌شود اما سبب کاهش ماندگاری پرکننده‌ها در کاغذ و همچنین ایجاد ساختاری حجیم در کاغذ می‌گردد که بر همین اساس سبب افت درجه روشنی کاغذها می‌گردد.

– عامل آهاردهی بر ماتی کاغذ شاهد اثر مثبت داشته که علت این امر می‌تواند تأثیر AKD بر ساختار کاغذ باشد که باعث شکل‌گیری کاغذی حجیم می‌گردد. کائولین به‌دلیل ساختار صفحه‌ای و اندازه بزرگ‌تر نسبت به هر دو نوع کربنات کلسیم دارد و همچنین از ضریب انعکاس کمتری برخوردار است (شن و همکاران، ۲۰۱۰)، کاغذی چگالتری تشکیل می‌دهد از این‌رو بر ماتی کاغذ نسبت به پرکننده‌های دیگر به‌طور مؤثر تأثیرگذار است. عامل آهاردهی نیز به‌جز کاغذهای دارای کائولین در مابقیه کاغذها سبب افت ماتی کاغذها می‌گردد که دلیل این امر در دست بررسی می‌باشد.

منابع

1.Afra, A. 2005. Fundamental of paper properties, Aiizz press, 1: 1. (In Persian)
2.Bown, R. 1997. Particle Size, Shape and Structure: Effects of Fillers on Paper. Proceedings of Pira International conference on use of minerals in papermaking, Pira publications, Manchester, UK, 6278.
3.Bown, R. 1996. Physical and Chemical Aspects of the use of Fillers in Paper. in Paper Chemistry, chapter 11, Roberts, J.C. (ed.), Backie academic and professional, 1996, 202229.

4.Cho, K., Chang, H., Sup Kil, D., Kim, B. and Jang, H. 2009. Synthesis of dispersed CaCO3 nanoparticles by the ultrafine grinding. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 15(2009): 243–246.
5.Fuente, D., Blanco, A., Negro, C., San Pío, I. and Tijero, J. 2003. Monitoring Flocculation of Fillers in Papermaking. Paper Technology, 2003. 44(8): 41-50.
6.Gentile, E. 2003. Clays as fillers and coatings for paper. Presented at Euro Clays Workshop, European Clay Minerals Group Meeting, Modena, Italy, June.
7.Hamze, Y., Rostampuor, A., Principales of Papermaking Chemistry, Tehran University Press, Tehran, 224p. (In Persian)
8.Beazley, K.M. and Petereit, H. 1975. Effect of China clay and calcium carbonate on paper properties. Wochenbl. Papierfabr. 103(4): 143–147.
9.Beazley, K.M., Dennison, S.R. and Taylor, J.H. 1975. The influence of mineral fillers on paper strength: Its mechanism and practical means of modification, Preprints ESPRA European Mtg., Maastricht, The Netherlands, Pp: 217–241.
10.Lin, T., Yin, X., Retulainen, E., Nazhad, M. and Esa, L. 2010. Increased Filler Content by Co-flocculation of Chemical Pulp Fines and Filler. Journal of the Technical Association of the Australian and New Zealand Pulp and Paper Industry, 63(4): 276-280.
11.Lopes velho, J. 2002. How Mineral Fillers Influence Paper Properties: Some Guidelnes, Iberoamerican Congress on Pulp and paper Research 2002.
12.Maloney, T., Ataide, J., Kekkonen, J., Fordsmand, H., Petersen, H. 2005. Changes to PCC Structre in Papermaking. In: Proceeding of XIX National Technicelpa Conference, 12-15 October 2010, Lisbon. Portugal.
13.MirShokraei, S. 1995. Wood and Paper Technology, Payam Noor University Press, Tehran, 1: 79. (In Persian)
14.Miller, M.L. and Paliwal, D.C. 1985. The Effect of Lumenloading on Strength and Optical Properties of Paper. Journal of Pulp Paper science., 11(3): 84-88.
15.Muggleton, G.D. 1947. Method of and Apparatus for Applying Pigment and other Materials to Paper. Pat. US 2, 426, 043, Combined Locks Paper Co., USA, 8p.
16.Middleton, S.R. and Scallan, A.M. 1989. The Lumenloading of Bleached Pulps. in The Proceedings of Proceedings of 75th Annual meeting of Technical section, CPPA, Montreal, Vol. A, 18.
17.Shen, J., Song, Z., Qian, X. and Yang, F. 2010. Carboxymethyl Cellulose/alum Modified Precipitated Calcium Carbonate Fillers: Preparation and Their use in Papermaking. Carbohydrate Polymers 81: 545–553
18.Roberts, J.C. 1996. The Chemistry of Paper. 208p.
19.Tappi Test Methood, 1999. Technical Association of Pulp and paper industry.
20.Yoon sy, Deng Y. 2007. Experimental and Modeling Study of the Strength Properties of Clay-starch Composite Filled Paper. Industrial and Engineering Chemistry Research. 46: 4883-4890.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 21 (2), 2014
http://jwfst.gau.ac.ir

Investigation on Effect of Filler Type and Sizing Agent (AKD) on Printing and Writing Paper

***K. Mohammadzade Saghavaz[1], H. Resalati[2] and E. Mehrabi[3]**
[1]Ph.D. Student, Dept. of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Ph.D. Dept. of Pulp and Paper Technology, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]M.Sc. of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 05/25/2013 ; Accepted: 10/18/2014

Abstract

This study was targeted on investigating effect of sizing agent and various fillers on properties of printing and writing paper. Therefore, sizing agent (AKD) in 0.5% level and fillers including precipitated calcium carbonate (PCC), ground calcium carbonate (GCC) and kaolin in 30% level were applied based on dry weight of fibres in furnish consisted of 70% chemical-mechanical pulp (CMP) of hardwood and 30% bleach softwood kraft pulp (BSKP) according to TAPPI Standard. In order to investigate the effect of sizing agent and various fillers, papers with 60 g/m^2 basis weight were produced from each treatment. Results were showed that filler type has significant effect on paper properties and sizing agent causes intensified various fillers effect in paper.

Keywords: Filler, Sizing Agent, Paper Properties, Printing and Writing

*Corresponding author: k.mohamadzade@yahoo.com