

بررسی تأثیر استفاده از نانو الیاف سلولزی و خمیر کاغذ شیمیایی وارداتی روی کاغذ بادوام ساخته شده از الیاف زیرشانه

یعقوب مامی زاده^۱ و جعفر ابراهیم پور کاسمانی^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

۲- نویسنده مسئول، گروه مهندسی چوب و کاغذ، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران، پست الکترونیک: jafar_kasmani@yahoo.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۷

چکیده

در صنعت نساجی الیاف زیرشانه از لحاظ طول و قطر در محدوده‌ای قرار دارند که در صنایع خمیرکاغذ و به‌ویژه ساخت کاغذهای بادوام به‌عنوان ماده اولیه مناسب می‌توان استفاده نمود؛ بنابراین این تحقیق به‌منظور بررسی بهبود ویژگی‌های کاغذ بادوام ساخته شده از الیاف زیرشانه با استفاده از نانو الیاف سلولزی انجام شد. در این بررسی خمیرکاغذ الیاف زیرشانه و خمیرکاغذ شیمیایی وارداتی از یکی از کارخانه‌های تهیه کاغذ بادوام تهیه و به آزمایشگاه انتقال یافت. نانو الیاف سلولزی از شرکت نانو نوین پلیمر تهیه و در چهار سطح ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد مصرف شد. پس از اختلاط خمیرکاغذ با نانو الیاف سلولزی در درصدهای مشخص، کاغذهای دست‌ساز ۹۰ گرمی ساخته شد و در نهایت خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذهای ساخته‌شده حاصل از خمیرکاغذهای مختلف ارزیابی گردید. نتایج نشان داد با افزایش نانو الیاف سلولزی تا ۰/۹ درصد شاخص مقاومت کششی، شاخص مقاومت به ترکیدن، شاخص مقاومت به پاره شدن و مقاومت به تا شدن نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۲۲/۷، ۳۸/۹، ۷/۷ و ۳۴۸ درصد افزایش یافت. با افزایش نانو الیاف سلولزی تا ۰/۹ درصد صافی سطح نسبت به نمونه شاهد ۷/۹ درصد افزایش و تخلخل و جذب آب نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۶۹ و ۷/۹ درصد کاهش یافت. نتایج SEM نیز نشان داد با افزایش درصد نانو الیاف سلولزی خلل و فرج بسیار کمی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: نانو الیاف سلولزی، خمیرکاغذ شیمیایی وارداتی، کاغذ بادوام، الیاف زیرشانه، خواص فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

کاغذ بادوام، کاغذی است که در شرایط استفاده، کیفیت اولیه‌اش را تا حدود زیادی حفظ نماید. دوام کاغذ وابستگی شدیدی به حفظ ساختار و طول میانگین ماکرومولکول‌های سلولز در کاغذ دارد. عوامل اصلی تخریب کاغذ را به دو دسته عوامل درونی و بیرونی تقسیم نموده‌اند. عوامل درونی شامل pH (اسیدی بودن کاغذ)، یون‌های فلزی، لیگنین باقیمانده، ترکیبات حاصل از تخریب، عوامل آهار دهنده، نوع و کیفیت الیاف و عوامل بیرونی شامل دما، رطوبت، اکسیژن، نور و آلاینده‌های جوی هستند. فرایندهای تخریبی

که در اثر عوامل ذکر شده در کاغذ به وجود می‌آیند شامل آبکافت (هیدرولیز اسیدی)، اکسایش و اکسایش نوری سلولز می‌باشد. بنابراین چنانچه عوامل به وجود آورنده آبکافت (هیدرولیز اسیدی)، اکسایش و اکسایش نوری سلولز از کاغذ حذف شوند و از الیاف بلند در ساخت کاغذ استفاده گردد، انتظار می‌رود کاغذ ساخته شده دارای دوام بیشتری باشد. نانو فناوری یکی از مهمترین عامل‌ها برای رشد اقتصاد جهانی و پیشرفت در سال‌های اخیر بوده و قابلیت‌های جدیدی برای مواد، ابزار و سامانه‌ها به وجود آورده و انقلابی در فناوری و صنایع ایجاد کرده است (Hubbe et

Lacani و Afra (۲۰۱۳) به بررسی اثر مدت زمان اختلاط خمیر کاغذ و سلولز نانو فیبریله شده بر خواص کاغذ پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش مدت زمان اختلاط تا حدود ۱ ساعت زمان آبگیری افزایش و نفوذپذیری به هوا کاهش یافته است. Yousefi و همکاران (۲۰۱۱) اثر نانو فیبر سلولزی را روی مقاومت مکانیکی کاغذ ساخته شده از ساقه کلزا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که خصوصیات مکانیکی نانو کاغذ در مقایسه با میکرو کاغذ توسعه یافت. علاوه بر این مقدار پیوند هیدروژنی و درگیری فیبرها با یکدیگر نیز افزایش می‌یابد.

در کارخانه‌های ریسندگی بعد از باز کردن عدل‌های پنبه و جدا نمودن دانه‌های آن، پنبه‌هایی که دارای طول الیاف بلند هستند معمولاً برای تهیه نخ‌های مرغوب به کار می‌روند؛ به همین دلیل آن را از مسیر چنگک‌های سوزنی عبور می‌دهند تا الیاف کوتاه و زبر از آن جدا شوند، به این عمل شانه کردن الیاف پنبه می‌گویند. این الیاف در صنعت نساجی به دلیل کوتاهی الیاف و زبری آن چندان مناسب نیستند و در مقایسه با الیاف بلند ارزش اقتصادی پایینی دارند. ولی از لحاظ طول (۲۵۰ تا ۳۰۰ میکرون) و قطر (۱۰ تا ۲۰ میکرون) در محدوده‌ای قرار دارند که در صنایع خمیر کاغذ و به‌ویژه ساخت خمیر کاغذهای بادوام به‌عنوان ماده اولیه مناسب می‌توان استفاده نمود. استفاده از الیاف زیرشانه علاوه بر اینکه اثرهای مخرب برداشت بیش از اندازه چوب را از جنگل‌ها کاهش می‌دهد؛ ولی با توجه به مقاومت ذاتی و تمیزی ظاهری الیاف آن موجب شده تا مورد توجه تولیدکنندگان کاغذهای خاص قرار گیرد. بنابراین هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از نانو الیاف سلولزی و خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند وارداتی روی کاغذ بادوام ساخته شده از الیاف زیرشانه است.

مواد و روش‌ها

خمیر کاغذ

در این بررسی خمیرالیاف زیرشانه پالایش شده و خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند وارداتی پالایش شده از یکی از

(al., 2008). کاربرد فناوری نانو در صنایع سلولزی یک عرصه در حال ظهور است. به دلیل خواص ویژه و زیست‌تخریب‌پذیر بودن این نانوبلورها، در سال‌های اخیر به صورت خالص یا به‌عنوان تقویت‌کننده ویژگی‌های مقاومت، ویژگی‌های ممانعتی و ویژگی‌های فیزیکی و اندودها در کاغذ استفاده شده‌اند (Gonzalez et al., 2012; Luu et al., 2011). نانو الیاف سلولزی در واقع همان واحدهای ساختاری سلولز متشکل از نانوفیبریل و فیبریل‌های اولیه‌اند که طی فرایندهای مختلف به صورت منفرد یا چسبیده به هم، نانو ساختارهایی به قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر را تشکیل می‌دهند (Lindgren, 2010). این ذرات پس از افزوده شدن به کاغذ سبب کاهش خلل و فرج آن شده و می‌تواند مقاومت کاغذ را افزایش دهد. البته توسعه اتصالات و تشکیل پیوندهای هیدروژن بیشتر به هنگام خشک کردن کاغذها می‌تواند عامل بروز این نتایج باشد (Yousefi & Mashkor, 2008). اضافه کردن نانو سلولز به کاغذ و مقواهای معمولی و تولید محصول لایه‌ای و پوشش‌دهی کاغذ با مواد نانو ساختار قابل انجام است. در این میان نانو مواد زیست‌پایه، به‌ویژه نانو مواد پایه سلولزی به سبب خواص ویژه مقاومتی و ایمنی در کاربرد به‌دلیل زیست‌تخریب‌پذیر بودن اهمیت خاصی دارد. هنریکسون^۱ و همکاران از نانو فیبریل‌های سلولزی چوب برای تولید نانو کاغذهای سلولزی متخلخل با سختی بالا استفاده کردند. آنان موفق به ساخت نوعی نانو کاغذ با مقاومت کششی ۲۱۴ مگاپاسکال شدند که این مقاومت از مقاومت کششی چدن بیشتر و در حد مقاومت کششی فولاد است. جداسازی و حذف الیاف بلند ذرات NFC و تأثیر آن بر مقاومت کششی کاغذ تولیدی از خمیر شیمیایی رنگ‌بری شده پهن‌برگ توسط Madani و همکاران (۲۰۱۱) ارزیابی شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که افزودن ذرات NFC بدون الیاف بلند در مقایسه با افزودن ذرات بدون تیمار NFC، مقاومت کششی کاغذ تولیدی را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد.

تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ

خواص فیزیکی (تخلخل، صافی سطح و جذب آب) و خواص مکانیکی (شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن، شاخص مقاومت به پاره شدن و مقاومت به تاشدن) کاغذ ساخته شده مطابق با استانداردهای TAPPI اندازه‌گیری گردید.

میکروسکوپ الکترونی روبشی

در این تحقیق از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل JXA-840، ساخت شرکت JEOL کشور ژاپن موجود در آزمایشگاه جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف برای تهیه تصاویر الکترونی از سطح کاغذ استفاده شد.

تجزیه و تحلیل

طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق، از نوع کاملاً تصادفی بوده و برای پردازش نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

در این بررسی خمیر کاغذ در چهار نوع مختلف (۱۰۰ درصد خمیر کاغذ شیمیایی، ۱۰۰ درصد خمیر کاغذ زیرشانه، ۴۵ درصد خمیر کاغذ زیرشانه-۵۵ درصد خمیر کاغذ شیمیایی، ۳۰ درصد خمیر کاغذ زیرشانه-۷۰ درصد خمیر کاغذ شیمیایی) و نانو الیاف سلولزی در چهار سطح ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد بررسی شد. مقدار F و سطح معنی‌داری در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر مستقل نوع خمیر کاغذ و نانو الیاف سلولزی بر صافی سطح، مقاومت به عبور هوا، جذب آب، شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به پاره شدن، شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به تاشدن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. تأثیر متقابل نوع خمیر کاغذ و نانو الیاف سلولزی بر صافی

کارخانه‌های تهیه کاغذ بادوام تهیه و به آزمایشگاه انتقال یافت. خمیر کاغذهای حاصل تا درصد خشکی ۱۵-۱۰ درصد آگیری شده و بعد درون کیسه‌های پلاستیکی در بسته قرار داده و تا موقع مصرف در داخل یخچال نگهداری شد.

نانو الیاف سلولزی

در این تحقیق از ژل ۳ درصد نانو الیاف سلولزی تولید شده توسط شرکت دانش‌بنیان نانو نوین پلیمر در ۴ سطح ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد نسبت به وزن خشک خمیر کاغذهای کاغذ استفاده شد. قطر متوسط نانو الیاف سلولزی کمتر از ۵۰ نانومتر بود.

پلی آکریل آمید

پلی آکریل آمید با وزن مولکولی ۳۵۹۱۸۸ g/mol در آزمایشگاه آماده‌سازی و استفاده شد. با توجه به نسبت بسیار کم مصرف پلی آکریل آمید و دشواری نمونه‌گیری از این ماده، محلول یک درصد تهیه شد. مقدار ۰/۳ درصد بر مبنای وزن خشک خمیر کاغذ از محلول یک درصدی پلی آکریل آمید به خمیر کاغذ آماده شده اضافه گردید.

تهیه کاغذ دست‌ساز

پس از تهیه خمیر کاغذ، نانو الیاف سلولزی در چهار سطح وزنی ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد با خمیر کاغذ شیمیایی و خمیر کاغذ زیرشانه به نسبت‌های (۱۰۰ درصد خمیر کاغذ شیمیایی، ۱۰۰ درصد خمیر کاغذ زیرشانه-۴۵ درصد خمیر کاغذ شیمیایی، ۳۰ درصد خمیر کاغذ زیرشانه-۷۰ درصد خمیر کاغذ شیمیایی) اضافه و مخلوط شد؛ این مخلوط‌سازی در حضور پلی آکریل آمید در سطح ۰/۳ درصد بر مبنای وزن خشک خمیر کاغذ از محلول یک درصدی پلی آکریل آمید به خمیر کاغذ انجام شد؛ اختلاط حاصل بر روی همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق همزنی شد. در نهایت برای هر تیمار تعداد ۶ عدد کاغذ دست‌ساز مطابق استاندارد (2006) TAPPI T205 sp-06 ساخته شد.

سطح، مقاومت به عبور هوا، جذب آب، شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به پاره شدن، شاخص مقاومت به

ترکیدن و مقاومت به تاشدن در سطح ۵ درصد معنی دار بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس (مقدار F و سطح معنی داری) نوع خمیر کاغذ و نانو الیاف سلولزی

شاخص مقاومت به تاشدن	شاخص مقاومت به ترکیدن	شاخص مقاومت به پاره شدن	شاخص مقاومت به کشش	جذب آب	تخلخل	صافی سطح	دانه بندی
*۲۴/۵۳۹	*۶۲/۵۹۵	*۶/۳۶۱	*۲۳/۹۶۲	*۱۱/۷۲۰	*۷۰/۰۸۳	*۵/۵۹۶	نانو الیاف سلولزی
*۹۲/۲۹۲	*۱۸۶/۰۵۴	*۷/۲۴۷	*۱۲۷/۶۱۶	*۳/۰۳۷	*۷۹/۵۱۱	*۶۲/۸۶۱	نوع خمیر کاغذ
*۱۱/۸۲۳	*۱۳/۷۰۸	*۶/۳۲۲	*۱۰/۲۱۴	*۱۰/۳۸۹	*۵/۳۲۶	*۱۷/۲۲۱	نوع خمیر کاغذ × نانو الیاف سلولزی

سطح معنی داری: *۹۵
NS: عدم معنی داری

بر مترمربع می باشد.

شکل ۲ (الف) نشان می دهد که بیشترین مقدار شاخص مقاومت کشش مربوط به خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد شیمیایی هنگام استفاده از ۰/۶ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۷۹/۵ نیوتن متر و کمترین مقدار در هنگام استفاده از خمیر کاغذ زیرشانه هنگام استفاده از صفر درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۳۶/۶ نیوتن متر می باشد.

شکل ۲ (ب) نشان می دهد که کمترین مقدار شاخص مقاومت به پاره شدن مربوط به خمیر کاغذ زیرشانه هنگام استفاده از ۰ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۹۵۰/۲ میلی نیوتن و بیشترین مقدار در هنگام استفاده ۳۰ درصد خمیر کاغذ زیرشانه هنگام استفاده از ۰/۹ نانو الیاف سلولزی برابر ۱۲۲۶/۵ میلی نیوتن می باشد.

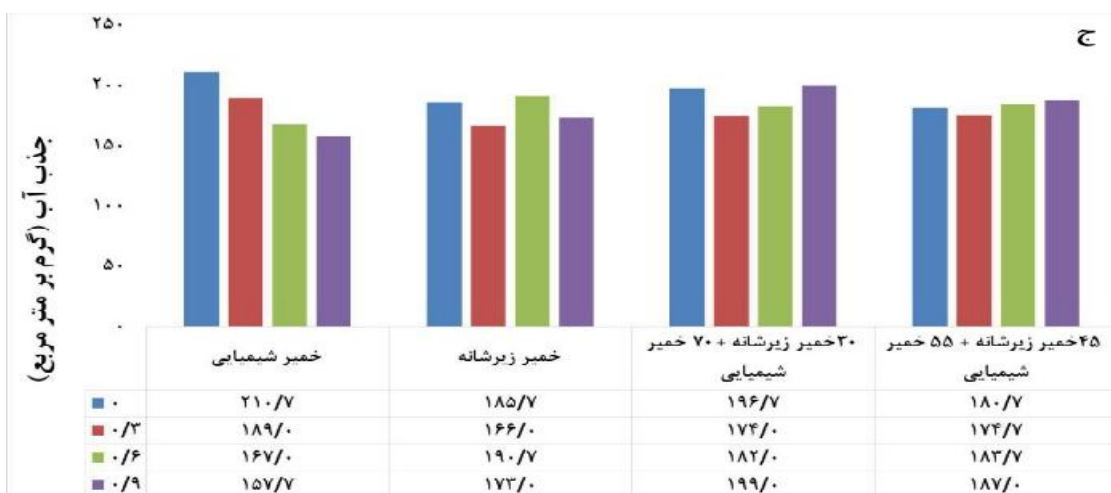
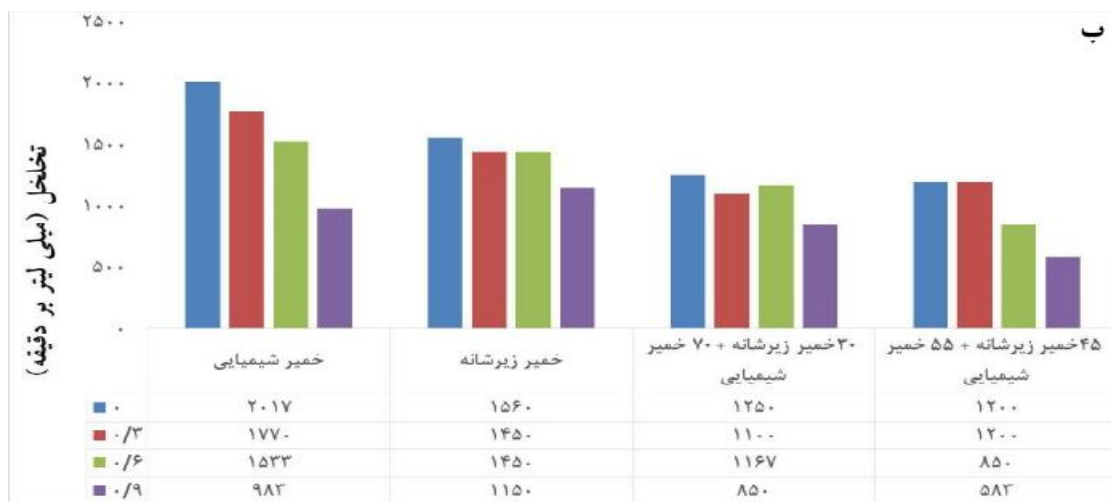
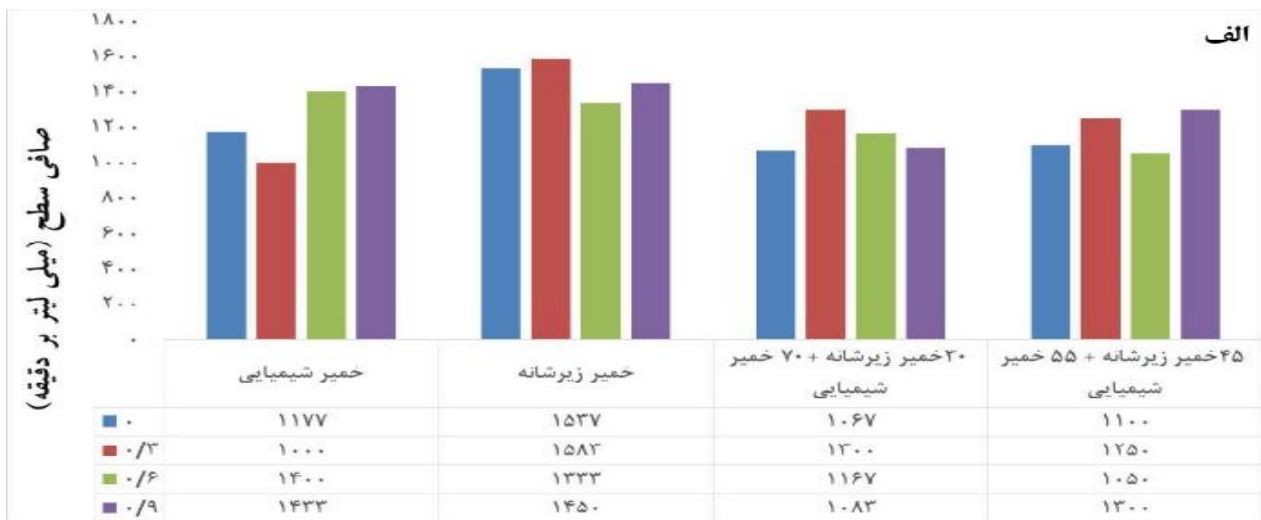
شکل ۲ (ج) نشان می دهد که بیشترین مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن مربوط به خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد شیمیایی هنگام استفاده از ۰/۹ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۴۵۵/۵ کیلو پاسکال و کمترین مقدار در هنگام استفاده از خمیر کاغذ زیرشانه هنگام استفاده از صفر درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۱۷۴/۷ کیلو پاسکال می باشد.

شکل های ۱ تا ۳ اثرهای نوع خمیر کاغذ و نانو الیاف سلولزی را بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز نشان می دهد.

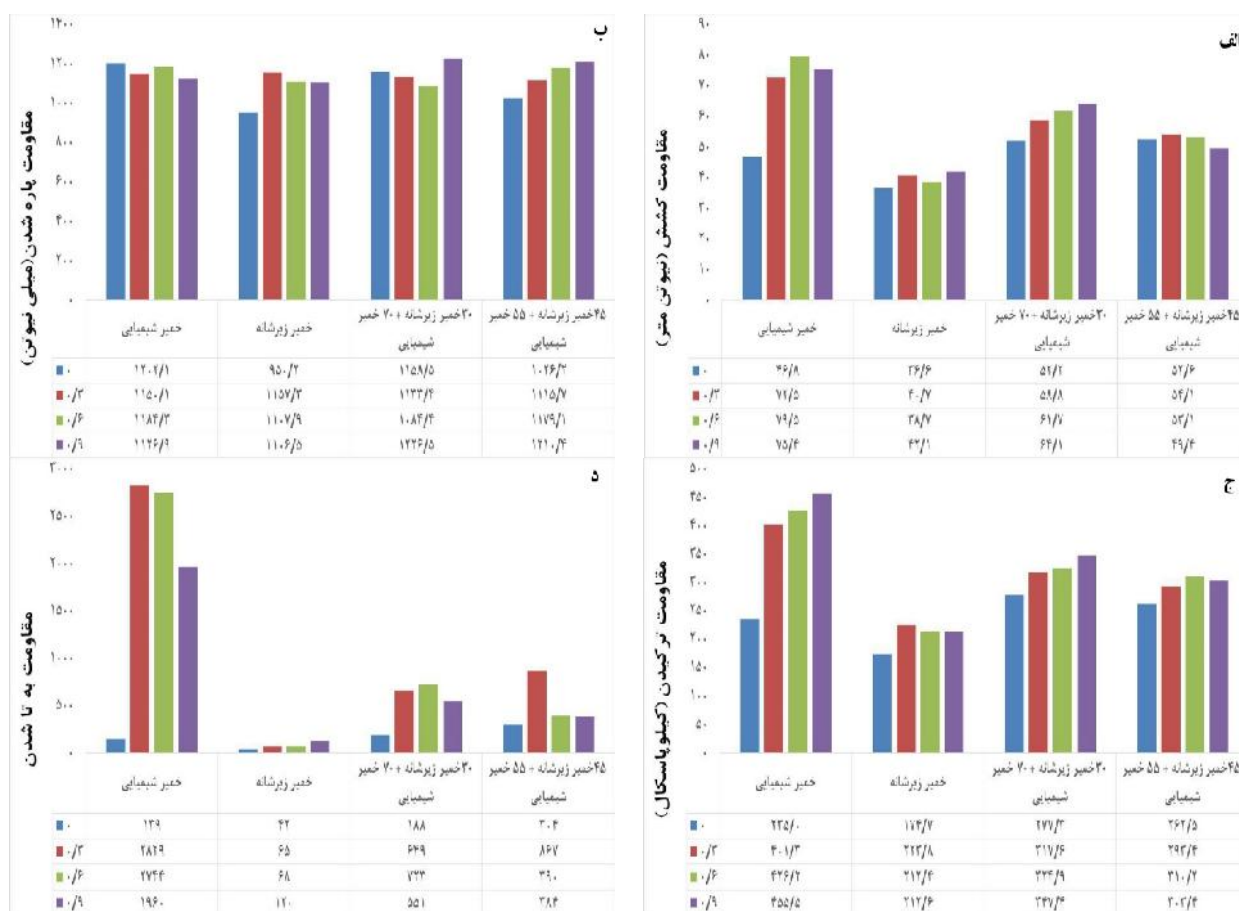
شکل ۱ (الف) نشان می دهد که کمترین مقدار صافی سطح مربوط به خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد شیمیایی هنگام استفاده از ۰/۳ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۱۰۰۰ میلی لیتر بر دقیقه و بیشترین مقدار در هنگام استفاده ۱۰۰ درصد خمیر کاغذ زیرشانه به همراه ۰/۳ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۱۵۸۳ میلی لیتر بر دقیقه می باشد.

شکل ۱ (ب) نشان می دهد که بیشترین مقدار تخلخل مربوط به خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد شیمیایی هنگام استفاده از صفر درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۲۰۱۷ میلی لیتر بر دقیقه و کمترین مقدار در هنگام استفاده از ۴۵ درصد خمیر کاغذ زیرشانه به همراه ۰/۹ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۵۸۳ میلی لیتر بر دقیقه می باشد.

شکل ۱ (ج) نشان می دهد که بیشترین مقدار جذب آب مربوط به خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد شیمیایی هنگام استفاده از صفر درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۲۱۰/۷ گرم بر مترمربع و کمترین مقدار در هنگام استفاده ۱۰۰ خمیر کاغذ شیمیایی هنگام استفاده از ۰/۹ نانو الیاف سلولزی برابر ۱۵۷/۷ گرم



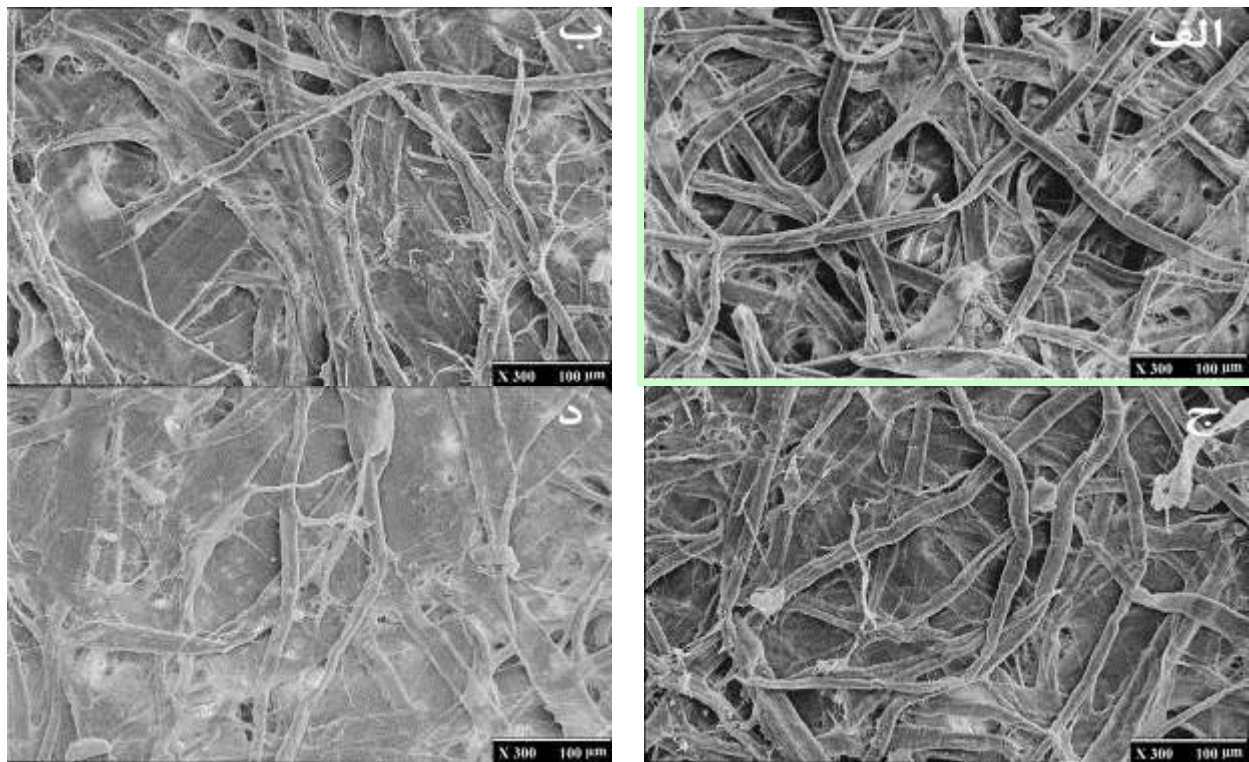
شکل ۱- تأثیر نانو الیاف سلولزی و نوع خمیر کاغذ بر: الف) صافی، ب) تخلخل، ج) جذب آب



شکل ۲- تأثیر نانو الیاف سلولزی و نوع خمیر کاغذ بر: (الف) شاخص مقاومت کششی، (ب) شاخص مقاومت پاره شدن، (ج) شاخص مقاومت ترکیدن، (د) مقاومت به تاشدن

دست ساز تیمار شده با نوع خمیر کاغذ و نانو الیاف سلولزی است. همان طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود نوع خمیر کاغذ تأثیری بر مورفولوژی سطح الیاف ندارد ولی با افزایش نانو الیاف سلولزی تاحدی سطح الیاف پوشش داده می‌شود؛ به نحوی که در هنگام استفاده از ۰/۹ درصد نانو الیاف سلولزی خلل و فرج بسیار کمی مشاهده می‌شود.

شکل ۲ (د) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مقاومت به تاشدن مربوط خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد شیمیایی هنگام استفاده از ۰/۳ درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۲۸۲۹ تا و کمترین مقدار در هنگام استفاده از خمیر کاغذ زیرشانه هنگام استفاده از صفر درصد نانو الیاف سلولزی برابر ۳۲ تا می‌باشد. شکل ۳ نشان دهنده مورفولوژی الیاف سطحی کاغذ



شکل ۳- سطح کاغذ حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی: الف) ۰٪ نانو الیاف سلولزی، ب) ۳٪ نانو الیاف سلولزی، ج) ۶٪ نانو الیاف سلولزی، د) ۹٪ نانو الیاف سلولزی

بحث

مقاومت به کشش شاخص مناسبی برای تمام پیوندهای بین الیاف است که در واقع ترکیبی از سایر مقاومت‌هاست (Kasmani *et al.*, 2013). مقاومت به کشش شاخصی از دوام پتانسیل کشش کاغذی می‌باشد که در اثر نوع مصرف تحت تنش کششی قرار می‌گیرد. مهمترین فاکتور مؤثر بر مقاومت به کشش کاغذ، تعداد و کیفیت اتصال الیاف به یکدیگر می‌باشد. البته افزایش اتصال الیاف به یکدیگر در اثر افزایش پالایش یا پرس تر و ... مقاومت به کشش کاغذ را افزایش خواهد داد. بر اثر کوچک تر شدن ابعاد تا مقیاس نانومتری سطح ویژه فایبرهای سلولزی افزایش می‌یابد. این به معنی قرار گرفتن تعداد بیشتر گروه‌های در دسترس هیدروکسیل در سطح نانو فایبرهاست که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را با نانو فایبرهای مجاور دارند و در نهایت سبب تشکیل شبکه‌ای از نانو فایبرها می‌شوند که موجب

افزایش این مقاومت می‌گردد (Yousefi *et al.*, 2011). Rezayati و همکاران (۲۰۱۳) اقدام به استفاده از نانو الیاف سلولزی در ساخت کاغذ کرده و گزارش نمودند که استفاده از ۶ درصد نانو الیاف سلولزی بهبود مقاومت کششی برابر استفاده از ۲۰ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند در ساخت کاغذ از خمیر کرافت پهن‌برگان فراهم می‌کند. در همین راستا Petroudy و همکاران (۲۰۱۴) اعلام نمودند با افزایش سطح اختلاط نانو الیاف سلولزی از ۱ تا ۵ درصد ویژگی‌های مکانیکی کاغذ از جمله مقاومت کششی بهبود می‌یابد.

شاخص مقاومت به ترکیدن از عواملی همانند مقاومت کششی کاغذ پیروی می‌کند. مقاومت به ترکیدن از جمله مقاومت‌هایی است که به طول فیبر و میزان پیوند بین الیاف بستگی دارد ولی بیشتر تحت تأثیر اتصال بین الیاف می‌باشد. البته هرچه الیاف نازک‌تر و انعطاف‌پذیرتر باشد به دلیل ایجاد

مقاومت به پارگی در کاغذهای ترکیبی نانو فیبر و خمیرکاغذ الیاف بلند صنعتی، تفاوت کاهش در مقاومت معنی دار بود (Hadilam, 2012). از سوی دیگر افزودن نانو الیاف سلولزی و استقرار آن در بین الیاف و ایجاد ممانعت در پیوند مستقیم الیاف با هم موجب کاهش مقاومت الیاف نسبت به تنش پارگی می شود (Alinia, 2011).

نتایج نشان می دهد که تأثیر نانو الیاف سلولزی در الیاف شیمیایی شدید می باشد و در حالت خمیرکاغذ ترکیبی در مقدار ۰/۳ درصد نانو بیشترین اثر را در مقاومت به تاشدن دارد که به علت افزایش سطح ویژه الیاف و مقاومت شبکه الیاف با ایجاد پیوندهای هیدروژنی می باشد. در واقع به دلیل افزایش سطح تماس و امکان پیوند بیشتر باعث افزایش مقاومت به تاخوردگی شده است.

یکی از ویژگی های مهم کاغذ توانایی آن در کنترل نفوذ مایع می باشد (Ashori & Raverty, 2013). نتایج حاصل از اندازه گیری انجام شده در این تحقیق نشان می دهد که نانو الیاف سلولزی جذب آب کاغذ را کاهش می دهد، به دلیل اینکه نانو الیاف سلولزی دارای جرم مولکولی بالاتر و گرانروی بیشتر است (Neo et al., 2012)؛ بنابراین سرعت نفوذ آب به درون کاغذ را کاهش می دهد؛ به طوری که کاهش جذب آب کاغذ ویژگی چاپ پذیری را بهبود می بخشد (Ashori et al., 2004).

در نهایت تداخل نیز یکی از مهمترین ویژگی های مؤثر در جذب مرکب است. مرکب با نیروی موئینگی در منافذ و فضاهای بین لیفی کاغذ نفوذ می کند و کاغذ اندود شده نفوذ مرکب به درون کاغذ را بیشتر از کاغذ اندود نشده کنترل می کند. به طوری که با فرایند پوشش دهی با نانو الیاف سلولزی منافذ کاغذ کاهش می یابد و با کاهش منافذ مقاومت در عبور هوا افزایش می یابد (Hamzeh et al., 2013).

سیاسگزاری

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان "بررسی تأثیرات استفاده از نانو سلولز و خمیرکاغذ شیمیایی

اتصالات هیدروژنی بیشتر، پیوندهای بین الیاف افزایش یافته، در نتیجه مقاومت به ترکیدن افزایش می یابد. به طوری که افزودن نانو الیاف سلولزی به دلیل افزایش سطح تماس و ایجاد پیوند بیشتر منجر به افزایش مقاومت به ترکیدن شده است. Nada و همکاران (۲۰۰۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده اند.

عوامل اصلی تأثیرگذار روی مقاومت به پارگی شامل میانگین طول و قطر الیاف و نیز مقاومت ذاتی الیاف بکار رفته در تولید کاغذ است که البته میزان پیوندیابی اجزا و نیز جهت یافتگی آنها در ساختار کاغذ نیز تأثیرگذار می باشند. در خمیرکاغذهایی با میزان پیوندیابی زیاد، ویژگی های ذاتی الیاف عامل تعیین کننده بوده، بنابراین انتظار می رود که وجود الیافی با میانگین طول و ضخامت بیشتر، افزایش این ویژگی را به همراه داشته باشد. البته با افزایش درصد نانو الیاف سلولزی مقاومت به پاره شدن افزایش یافت. در گزارشی کاهش مقاومت به پاره شدن در کاغذهای ترکیبی CMP و نانو فیبر سلولز گزارش شده است. در آن گزارش تغییرات در دو عامل مقاومت ذاتی الیاف و سطح پیوند هیدروژنی دلیل تغییرات و شدت این تغییرات در مقاومت به پارگی معرفی شده اند. در توجیه رفتار مقاومت به پاره شدن کاغذهای ترکیبی این طور استدلال می شود که نانو الیاف سلولزی با افزایش سطح پیوند بین کاغذها موجب افزایش مقاومت می شود. از سوی دیگر افزودن NFC و استقرار آن در بین الیاف و ایجاد ممانعت در پیوند مستقیم الیاف با هم موجب افزایش مقاومت شبکه الیاف نسبت به تنش پارگی می شود (Afra et al., 2013). گزارش های کمی در مورد کاغذهای ترکیبی و مقایسه آنها به ویژه بر اساس شاخص مقاومت به پارگی وجود دارد اما کلیت و مبانی کلی نتایج گزارش شده با یافته های این تحقیق مطابقت دارد. البته کاهش مقاومت به پارگی را پس از افزودن نانو الیاف سلولز به خمیرکاغذ باگاس Hassan و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده اند. آنان مقاومت به پارگی را به تعداد کل الیاف شرکت کننده در پارگی (گسیختگی)، طول الیاف، تعداد الیاف و قدرت اتصال الیاف به الیاف می دانند. در بررسی دیگری

- Bioresources 3(3), 929-980.
- Lacani, S. and Afra, E., 2013. Effect of mixing time Pulp and cellulose nano-fibrils on paper properties. In: Proceedings of First National Conference on Nanotechnology and its applications in agriculture and natural resources, May, Karaj.
- Lindgren, A., 2010. Preparation of Nanofibers from Pulp Fibers. Master Thesis.collaboration with Eka Chemicals AB.
- Luu, W.T., Bousfield, D.W. and Kettle, J., 2011. Application of nanofibrillated cellulose as a paper surface treatment for inkjet printing. In PaperCon Conference, 1152-1163.
- Madani, A., Kiiskinen, H. Olson, J.A. and Martinez, D. M., 2011. Fractionation of microfibrillated cellulose and its effects on tensile index and elongation of paper. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 26(3), 306-311.
- Nada, A.M.A. El-Sakhawy, K.S. and Eid, M.A.M., 2005. Effect of Chitosan and its derivatives on the mechanical and electrical properties of paper sheets. Egyptian Journal of Solids 28(2), 359-377.
- Neo, Y.P., Ray, S., Eastal, A.J., Nikolaidis, M.G. and Quek, S.Y., 2012. Influence of solution and processing parameters towards the fabrication of electrospun zein fibers with sub-micron diameter. Journal of Food Engineering 109(4), 645-651.
- Petroudy, S.R.D., Syverud, K., Chinga-Carrasco, G., Ghasemian, A. and Resalati, H., 2014. Effects of bagasse microfibrillated cellulose and cationic polyacrylamide on key properties of bagasse paper. Carbohydrate Polymers 99(2), 311-318.
- Rezayati Charani, P., Dehghani-Firouzabadi, M., Afra, E., Blademo, Å., Naderi, A. and Lindström, T., 2013. Production of microfibrillated cellulose from unbleached kraft pulp of Kenaf and Scotch Pine and its effect on the properties of hardwood kraft: microfibrillated cellulose paper. Cellulose 20(5), 2559-2567.
- Yousefi, H. and Mashkor, M., 2008. Cellulose Nanocrystalline, renewable and inexpensive industrial to produce nanocomposites, Nanotechnology monthly magazine, Seventh year, 131.
- Yousefi, H., Faezipour, M., Nishino, T., Ebrahimi, G. and Shakeri, A., 2011. All-cellulose composite and nanocomposite made from partially dissolved micro and nanofibers of canola straw. Polymer Journal, 43(6)
- وارداتی روی کاغذ بادوام ساخته شده از الیاف زیرشانه " استخراج شده است. نویسندگان از حمایت‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه تقدیر و تشکر می‌نمایند.
- منابع مورد استفاده**
- Afra, E., Alinia, S. and Yousefi, H., 2013. The Effect of Pulp Suspension And NFC Mixing Time on Reinforced Paper Properties. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 20(2), 151-160.
- Alinia, S. 2011. Comparative study on the properties of paper produced from chemimechanical pulp (CMP) reinforced with Nanofibrillated Cellulose (NFC) and Microcrystalline Cellulose (MCC). M.Sc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Ashori, A., Raverty, W.D. and Harun, J., 2005. Effect of chitosan addition on the surface properties of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) paper. Fibers and Polymers, 6(2), 174-179.
- Ashori, A. and Raverty, W. D., 2007. Printability of sized kenaf (*Hibiscus cannabinus*) papers. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 46(7), 683-687.
- Gonzalez, I., Boufi, S., Pèlach, M.A., Alcalà, M., Vilaseca, F. and Mutjé, P., 2012. Nanofibrillated cellulose as paper additive in eucalyptus pulps. BioResources, 7(4), 5167-5180.
- Hadilam, M.M. 2012. Production and evaluation of nanofibrillated cellulose (NFC) prepared from cellulose and comparative assessment of its using in chemical paper and bleached bagasse paper. M.Sc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Hamzeh, Y., Sabbaghi, S., Ashori, A., Abdulkhani, A. and Soltani, F., 2013. Improving wet and dry strength properties of recycled old corrugated carton (OCC) pulp using various polymers. Carbohydrate polymers, 94(1), 577-583.
- Hassan, E. A. Hassan, M. L. and Oksman, K., 2011. Improvement of paper sheets properties of bagasse pulp with microfibrillated cellulose isolated from xylanase-treated bagasse. Wood and Fiber Science 43(1), 1-7.
- Henriksson, M., Berglund, L.A., Laksson, P., Lindstrom, T. and Nishino, T., 2008. Cellulose nanopaper structures of high toughness, Biomacromolecules, 9(6), 1579-1585.
- Hubbe, M.A., Rojas, O.J., Lucia, L. and Sain, M., 2008. Cellulosic nanocomposites: A review,

The effect of using cellulosic nanofiber and imported chemical pulp on durable paper made using comb fibers

Y. Mamizadeh¹ and J. Ebrahimpour Kasmani^{2*}

1- Department of Wood and Paper Engineering, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

2*-Corresponding author, Department of Wood and Paper Engineering, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran, email: Jafar_kasmani@yahoo.com

Received: May, 2018

Accepted: Sep., 2018

Abstract

In textile industry, the bellow comb fibers are generated in a range length and diameter which can be used as appropriate raw material especially in durable paper production. Therefore, the present study investigate the improvement of durable paper's properties using cellulosic nanofibers in the paper furnish. The below comb fibers and imported chemical pulp were obtained from company which produces durable papers and were transferred to laboratory. Cellulosic nanofiber was purchase from Nano Novin Polymer Co. and it has been consumed at 4 levels of 0, 0.3, 0.6 and 0.9%. After mixing the pulps with cellulosic nanofiber at determined percentages, handmade at 90 g.m⁻¹ were made and physical and mechanical properties of these papers were evaluated. The results showed that the addition of cellulosic nanofibers up to 0.9% has led to enhancement of tensile strength, bursting resistance, tearing strength and folding strength comparing to control sample up to 22.7, 38.9, 7.7 and 384% respectively. Increasing the amount of cellulosic nanofibers up to 0.9%, the surface smoothness has increased up to 7.9% comparing to control. Moreover, water absorption and pores were reduced as 69 and 7.9% respectively. The SEM results showed that enhancement of cellulosic nanofiber percentage has led to the reduction of pores.

Keywords: Cellulosic nanofiber, imported chemical pulp, durable paper, bellow comb fibers, physical and mechanical properties.