جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶
ص ۱۵۷-۱۶۵

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

توسعهٔ مقاومت‌های خمیرکاغذ کرافت صنوبر با نانوفیبر سلولزی تهیه‌شده از ساقهٔ برنج

صالح قهرمانی[۱]، سحاب حجازی[۲*]، سعید مهدوی[۳]

۱. کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۸

چکیده

این تحقیق با هدف توسعهٔ مقاومت‌های خمیرکاغذ کرافت‌لاینر با نانوفیبر سلولزی تهیه‌شده از ساقهٔ برنج انجام گرفت. در این تحقیق، چوب صنوبر دلتوئیدس (*P. deltoides*) رقم ۵۵-۶۹ به‌عنوان گونه‌ای موفق، تندرشد و زودبازده برای تولید خمیرکاغذ انتخاب شد. عوامل متغیر پخت کرافت شامل سولفیدیته، قلیا، درجهٔ حرارت و مدت زمان، هر کدام در سه سطح و نسبت مایع پخت به مادهٔ چوبی ۴ به ۱ در نظر گرفته شد. پخت بهینه براساس عدد کاپای ۱۷/۲ و بازده ۵۳/۹۴ درصد خمیرکاغذ با شرایط زیر شامل سولفیدیتهٔ ۲۳ درصد، قلیای فعال ۱۸ درصد، زمان ۱۸۰ دقیقه و دمای ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد انتخاب شد. سپس این خمیرکاغذ برای دستیابی به درجهٔ روانی ۳۳۳ میلی‌لیتر درجهٔ کانادایی پالایش شد و از آن کاغذهای دست‌ساز با جرم پایهٔ ۶۰ گرم بر سانتی‌متر مربع ساخته شد. افزودن نانوفیبر با سوسپانسیون خمیرکاغذ در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد براساس وزن خشک خمیرکاغذ انجام گرفت و در مدت زمان ۵ دقیقه هم‌زده شد، سپس از خمیرهای تیمارشده، کاغذهای دست‌ساز با جرم پایهٔ مذکور تهیه شد. نتایج نشان داد که همهٔ مقاومت‌های کاغذ کرافت با افزایش مصرف نانوفیبرسلولزی افزایش یافت. با افزودن ۱۵ درصد نانوفیبر سلولزی به سوسپانسیون خمیرکاغذ، شاخص کشش ۲۶/۳۱ درصد، شاخص ترکیدن ۲۰/۰۸ درصد، شاخص پارگی ۱۰/۰۷ درصد، مقدار سفتی خمشی ۲۴/۴۸ درصد و مقاومت به لهیدگی حلقوی ۵۲/۳۸ درصد افزایش یافت. نتایج کلی، حاکی از تأثیر مثبت افزودن نانوفیبر سلولزی به خمیرکاغذ کرافت صنوبر دلتوئیدس، در بهبود مقاومت‌های کاغذ کرافت‌لاینر است.

واژگان کلیدی: خمیرکاغذ کرافت، صنوبر دلتوئیدس، کرافت‌لاینر، مقاومت‌های کاغذ، نانوفیبر سلولزی.

مقدمه

امروزه دامنهٔ استفاده از کاغذ و مقوا به‌حدی گسترش یافته که در مقیاس وسیع برای بسته‌بندی مواد و فراورده‌های مختلف از آنها استفاده می‌کنند [۱]. امروزه بسیاری از کالاها در پوششی از جنس سلولز قرار می‌گیرند که این خود بیانگر توجه و اهمیت به این بخش از صنایع سلولزی است [۲].

همچنین کاغذ به‌صورت‌های بسیار متنوعی تولید می‌شود تا امکان رقابت با سایر فراورده‌ها را داشته باشد و به تقاضای روزافزون خود پاسخ دهد [۳]. یکی از روش‌های پاسخگویی به این تقاضای روزافزون، توجه به استفاده از چوب گونه‌های تندرشد از قبیل صنوبر در صنایع تهیهٔ خمیرکاغذ و کاغذسازی است [۴]. بسته‌بندی کاغذی و مقوایی، علاوه بر اهمیت و مزایای فراوان، معایبی نیز دارد که از آن جمله می‌توان به استحکام کم، حساسیت به حرارت، آب و غیره

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳.۴۴
Email: shedjazi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

اشاره کرد. یکی از راه‌های اصلاح این معایب، استفاده از فرایندهای تولید خمیرکاغذ مقاوم مثل کرافت، و استفاده از فناوری نانو به‌منظور افزایش مقاومت‌ها و بهبود ویژگی‌هاست. کاغذ کرافت‌لاینر نوعی کاغذ محکم است که از طریق فرایند کرافت تهیه می‌شود. از این کاغذ در تولید کیسه‌های کاغذی، پاکت و جعبه‌های بسته‌بندی استفاده می‌کنند [۵]. در چند سال اخیر، نانوفیبر سلولز به‌عنوان مادهٔ اولیهٔ بسیار مهم برای استفاده در چندسازه‌های طبیعی و سازگار با محیط زیست مطرح شده است [۶]. نانوفیبرهای سلولزی با ویژگی‌هایی نظیر دسترس‌پذیری، تنوع زیاد مادهٔ اولیه، چگالی کم، واکنش‌پذیری بسیار زیاد سطح، سازگاری با محیط زیست و تجدیدپذیری کاربردهای گسترده‌ای دارند [۷]. ایدهٔ استفاده از نانوفیبر سلولزی به‌منظور بهبود عملکرد کاغذ و مقوا، تمام محدودهٔ ویژگی‌های کاربردی کاغذ، از بهبود خواص نوری گرفته تا تقویت خواص ممانعتی نسبت به رطوبت و تقویت خواص مقاومتی را پوشش می‌دهد [۸]. بهبود خواص کاغذ با استفاده از نانوفیبری‌های سلولزی به‌روش‌های گوناگون، مثل افزودن فیبرهای سلولزی در ابعاد نانو به سوسپانسیون خمیرکاغذ، تهیهٔ نانوکاغذ (فیلم متشکل از صددرصد نانوفیبرهای سلولزی)، اضافه کردن نانوفیبر به کاغذ و مقواهای معمول، تولید محصولات لایه‌ای با لایه‌های متشکل از نانوفیبر (کاغذهای چندلایه) و پوشش‌دهی کاغذ با مواد نانوساختار و غیره انجام‌پذیر است. دراین بین، نانومواد زیست‌پایه، به‌ویژه نانومواد بر پایهٔ سلولز، به‌سبب خواص ویژه مقاومتی و ایمنی در کاربرد به‌واسطهٔ زیست‌تخریب‌پذیر بودن، اهمیت خاصی دارند [۹]. هنریکسون و همکاران (۲۰۰۸) از نانوفیبریل‌های سلولزی چوب برای تولید نانوکاغذهای سلولزی متخلخل با سختی زیاد استفاده کردند و موفق به ساخت نوعی نانوکاغذ با مقاومت کششی ۲۱۴MP شدند [۱۰]. در سال ۲۰۰۹ در گزارش گروهی از محققان اشاره شد که استفاده از نانوفیبرهای سلولزی به‌عنوان لایهٔ سطحی روی کاغذ پایه، مقاومت ورقه‌های کاغذی را به‌طور معنی‌داری افزایش، و نفوذپذیری به هوا را کاهش داد [۱۱]. یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) اثر افزودن نانوالیاف سلولزی بر مقاومت مکانیکی کاغذ ساخته‌شده از ساقهٔ کلزا را بررسی کردند. مقدار تنش حداکثر (σ_{max})، مدول الاستیسیته (E) و کرنش (ε_{max}) نانوکاغذ بیشتر از کاغذ ساخته‌شده از ساقهٔ کلزا بود [۱۲]. هادیلام و همکاران (۲۰۱۳) اثر استفاده از نانوفیبرهای سلولزی بر خواص کاغذ باگاس را بررسی کردند و به‌این نتیجه رسیدند که با افزودن نانوفیبر سلولز به خمیرکاغذ، روشنی و دانسیتهٔ کاغذ افزایش و در مقابل ضخامت آن کاهش یافته است. از طرفی، با افزودن این ماده به کاغذ، مقاومت کششی افزایش و مقاومت به پارگی کاهش یافت [۱۳]. با توجه به مزایای استفاده از چوب صنوبر و خواص جالب نانوفیبرسلولز، همچنین اهمیت و جایگاه کاغذ کرافت‌لاینر در صنایع کاغذ و بسته‌بندی، هدف از این تحقیق، ارزیابی تقویت خمیرکاغذ کرافت صنوبر با نانوفیبرسلولزی ساقهٔ برنج برای ساخت کاغذ کرافت‌لاینر و بررسی تأثیر افزودن سطوح مختلف این نانوفیبرسلولزی بر خواص کرافت‌لاینر حاصل از خمیرکاغذ صنوبر دلتوئیدس به‌منظور جبران ضعف‌های عمومی فیبر این خمیرکاغذ در ایجاد شبکهٔ لیفی مستحکم در ساختار کاغذ است. تأثیر استفاده از نانوفیبر سلولز برای ویژگی‌های مکانیکی و مقاومتی نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ مادهٔ اولیه

چوب صنوبر دلتوئیدس رقم ۶۹/۵۵ از مرکز تحقیقات البرز کرج تهیه و توسط دستگاه خردکن آزمایشگاهی پالمن[1] به خرده‌چوب تبدیل شد. سپس خرده‌چوب‌های با اندازهٔ مناسب جداسازی شد. بعد از رسیدن به رطوبت تعادل و تعیین مقدار رطوبت، برای جلوگیری از تبادل رطوبتی، نمونه‌ها داخل کیسه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلنی قرار داده شدند.

1. Pallmann

Archive of SID

www.SID.ir

تهیهٔ خمیرکاغذ کرافت

خمیر کاغذسازی کرافت با شرایط ثابت نسبت مایع پخت به مادهٔ چوبی ۴ به۱ تهیه شد. عوامل متغیر پخت کرافت شامل سولفیدیته در سه سطح (۲۰، ۲۳ و ۲۵ درصد)، قلیاییت فعال در سه سطح (۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد) برمبنای Na_2O، درجهٔ حرارت در سه سطح (۱۶۰، ۱۶۵ و ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد)، و مدت زمان در سه سطح (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) بود. خرده‌چوب‌های صنوبر در داخل محفظهٔ پخت تحت آغشتگی کامل با مایع پخت قرار گرفت، محفظه‌ها در داخل گلیسرین در دیگ پخت قرار داده شد و عملیات پخت آغاز شد. پس از پایان هر پخت، محفظه‌ها از دستگاه خارج و محتویات محفظه بر روی غربال ۲۰۰ مش تخلیه شده و مایع پخت با آب سرد از خرده‌چوب‌ها جدا شد. پس از تعیین بازده کل و عدد کاپای ۱۲ حالت پخت، در نهایت براساس بازده و عدد کاپا، پخت با بازده کل ۵۳/۹۴ و عدد کاپای ۱۷/۲ به‌عنوان پخت بهینه انتخاب شد.

نانوفیبر سلولزی[1]

در این پژوهش، از نانوفیبرسلولزی تولیدی شرکت Masakuژاپن استفاده شد که از ساقهٔ برنج با روش سوپرآسیاب دیسکی مدل MKCA۶-۳ ساخته می‌شود.

پالایش خمیرکاغذ

پالایش خمیرکاغذ بهینهٔ کرافت براساس استاندارد SCAN آیین‌نامهٔ شمارهٔ C.۷ انجام گرفت. به‌این منظور، ۲± ۳۰ گرم خمیرکاغذ (براساس وزن خشک) با درصد خشکی ۱۰ درصد و فاصلهٔ تیغه‌ها ۰/۲ میلی‌متر تا درجهٔ روانی کانادایی ۳۳۳ میلی‌لیتر توسط یک کوبندهٔ آزمایشگاهی PFI mill پالایش شد.

ساخت کاغذ دست‌ساز

با استفاده از دستگاه کاغذساز آزمایشگاهی، که دارای توری آزمایشگاهی با مش ۲۰۰ است از خمیرکاغذ پالایش‌شده، کاغذهای دست‌ساز با گراماژ ۶۰ براساس استاندارد TAPPI T205 om-88 تهیه شد.

ساخت کاغذ تقویت‌شده با نانوفیبرسلولزی

قبل از اضافه کردن نانوفیبرسلولزی به سوسپانسیون خمیرکاغذ، به‌منظور پراکندگی کامل نانوفیبرسلولزی، نانوفیبرها به‌مدت دو دقیقه در مقداری آب هم زده شد. سپس نانوفیبرسلولزی تهیه‌شده از کلش برنج در سه سطح (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) براساس وزن خشک خمیرکاغذ به سوسپانسیون خمیرکاغذهای پالایش‌شده کرافت اضافه شد و به‌مدت ۵ دقیقه هم زده شد. سپس با استفاده از توری مخصوص با مش ۱۴۵۰ و با استفاده از کاغذساز آزمایشگاهی، کاغذ تقویت‌شده با نانوفیبرسلولزی تهیه شد.

اندازه‌گیری مقاومت‌های کاغذ

این مرحله شامل اندازه‌گیری مقاومت کششی، ترکیدن و پاره شدن کاغذ بود که به‌ترتیب براساس استاندارد ایزو شمارهٔ ۲-۱۹۲۴ (۲۰۰۸)[2] و آیین‌نامه‌های ۰۱- T ۴۹۴ om و ۰۴- T ۴۱۴ om استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شدند. همچنین آزمون سفتی‌خمشی کاغذ با استفاده از دستگاه تبر[3] مطابق با استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲-۷۸۸۰ و مقاومت به لهیدگی حلقوی با استفاده از استاندارد ISO شمارهٔ ۱۲۱۹۲ (۲۰۰۲) انجام گرفت.

تهیهٔ عکس میکروسکوپی

تهیهٔ عکس‌های میکروسکوپی از کاغذهای شاهد و تقویت‌شده به‌وسیلهٔ یک دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان[4] مدل S۴۱۶۰ ساخت شرکت هیتاچی ژاپن انجام گرفت.

1. Nano fiber cellulose

2. TAPPI-T 494 om-06
3. Taber stiffness tester
4. FE-SEM

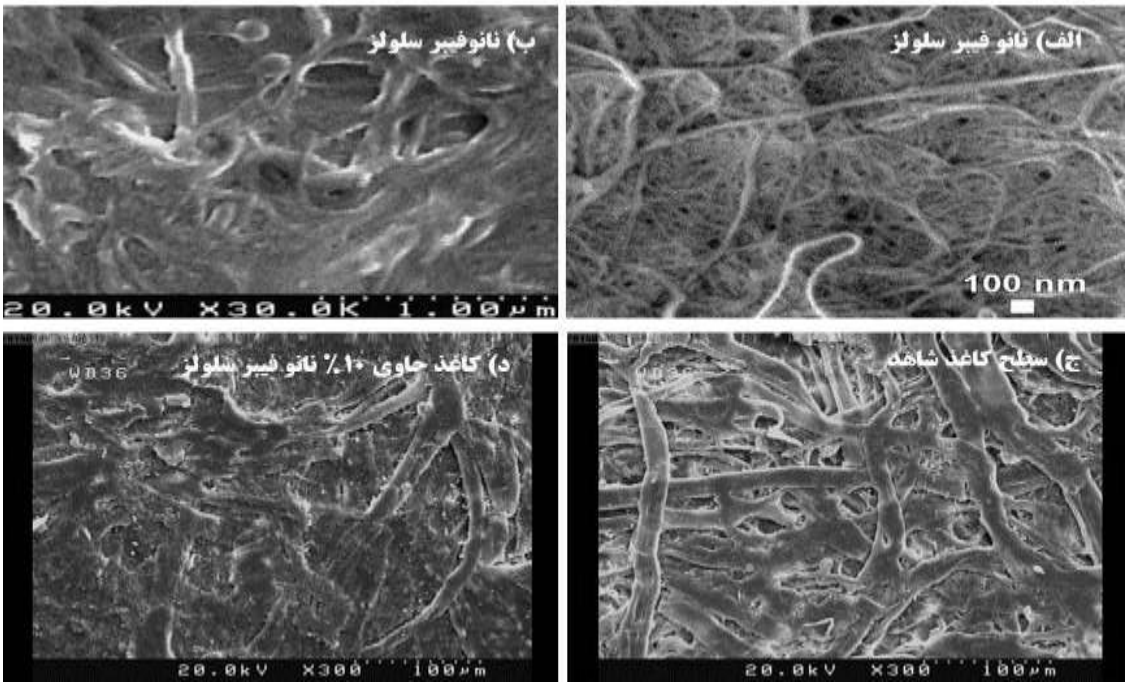
Archive of SID
www.SID.ir

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و به‌وسیلهٔ آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. تحلیل نتایج مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی با تکنیک تجزیهٔ واریانس یکطرفه انجام گرفت. گروه‌بندی میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذ با آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

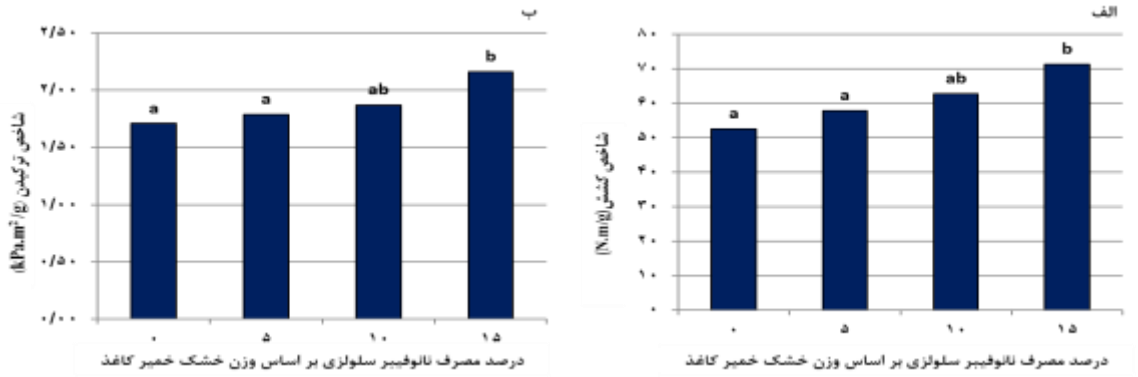
نتایج و بحث

نتایج پخت کرافت چوب صنوبر شامل مقدار بازده کل، عدد کاپا و درصد وازده خمیرکاغذ با شرایط مختلف پخت بررسی شد و در نهایت از بین ۱۲ حالت پخت برای تولید کاغذ کرافت‌لاینر، پخت با بازده ۵۳/۹۴ و عدد کاپای ۱۷/۲ به‌عنوان پخت بهینه انتخاب شد. تجزیه‌وتحلیل آماری میانگین نتایج مربوط به بازده کل و عدد کاپا نشان داد که ترکیب شرایط متفاوت پخت، در سطح اعتماد ۹۵ درصد موجب بروز تفاوت معنی‌داری شده است. شکل ۱ عکس‌های میکروسکوپی نانوفیبر سلولزی ساقهٔ برنج (الف و ب) با بزرگنمایی‌های متفاوت، کاغذ کرافت‌لاینر شاهد و تقویت‌شده با ۱۰ درصد نانوفیبرسلولزی ساقهٔ برنج (ج و د) را نشان می‌دهد. قطر متوسط فیبر ساقهٔ برنج ۸/۰۲ میکرون بود که بر اثر فرایند آسیاب‌دیسکی به‌مقدار ۵۰ نانومتر کاهش می‌یابد [۱۲]. بر اثر افزودن ۱۰ درصد نانوفیبر سلولزی ساقهٔ برنج سطح کاغذ هموارتر شده و منافذ به‌طور نسبی پر می‌شوند که با یافته‌های دیگر محققان مثل حسن جان‌زاده [۷] و هادیلام مطابقت دارد [۱۳]. همچنین پر کردن منافذ بین فیبرها سبب ایجاد شبکهٔ پیوسته نانوفیبر به فیبر شده است [۱۴].



شکل ۱. تصاویر میکروسکوپ الکترونی: الف و ب) نانو فیبرسلولزی ساقهٔ برنج با بزرگنمایی‌های متفاوت، ج) سطح کاغذ شاهد، د) سطح کاغذ کرافت‌لاینر تقویت‌شده با ۱۰ درصد نانوفیبر سلولز

www.SID.ir



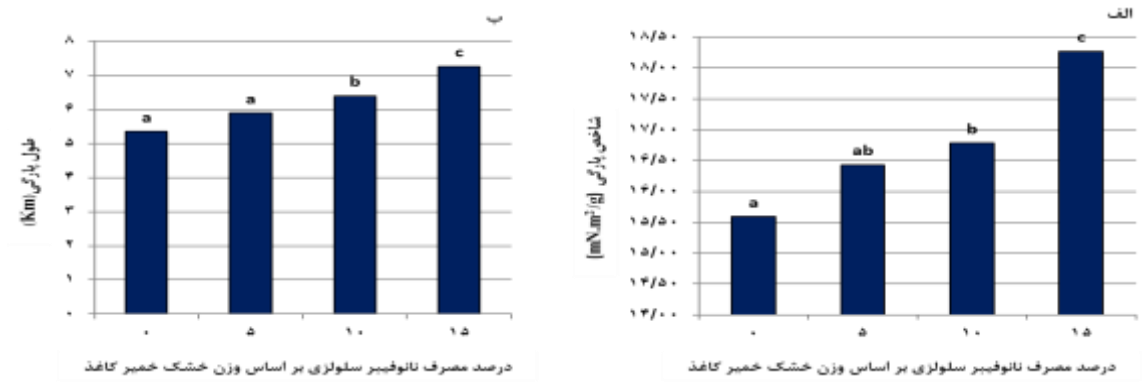
شکل ۲. اثر نانوفیبرسلولزی بر شاخص کشش (الف) و شاخص ترکیدن کاغذ کرافت (ب)

شکل ۲ روند افزایشی شاخص کششی و ترکیدن را با توجه به مقدار افزودن نانوفیبرسلولزی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص کشش کاغذ شاهد با افزودن ۱۵ درصد نانوفیبرسلولزی، از (N.m/g) ۵۲/۵۰، به (N.m/g) ۷۱/۲۵، یعنی به‌مقدار ۲۶/۳۱ درصد افزایش یافته است. همچنین شاخص ترکیدن کاغذ شاهد نیز با افزایش ۱۵ درصد نانوفیبر سلولزی از ($kPa.m^2$ /g) ۱/۷۱، به ($kPa.m^2$ /g) ۲/۱۶، یعنی ۲۰/۸ درصد افزایش یافته است. با افزودن مقدار نانوفیبرسلولزی، تعداد پیوند هیدروژنی بین لیفی افزایش می‌یابد و مقاومت کششی و ترکیدن کاغذ به‌طور معنی‌داری بهبود می‌یابد، به‌طوری که میانگین آنها در گروه مستقل b قرار می‌گیرد. بر اثر کوچک‌تر شدن ابعاد تا مقیاس نانومتری، سطح ویژهٔ فیبرهای‌سلولزی افزایش می‌یابد. این به‌معنای قرار گرفتن تعداد بیشتر گروه‌های در دسترس هیدروکسیل در سطح نانوفیبرهاست که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی را با نانوفیبرهای مجاور دارند و در نهایت سبب تشکیل شبکه‌ای از نانوفیبرها می‌شوند. درهم‌رفتگی فیبرها بر خواص کاغذ به‌ویژه خواص مکانیکی آن اثر معنی‌داری دارد. نتایج حاصل از افزایش این مقاومت‌ها در اثر افزودن نانوفیبرسلولزی، همسو با یافته‌های دیگر محققان چون هادیلام و علی‌نیا بود [۱۳، ۱۸].

در شکل ۳، مقایسهٔ میانگین شاخص پارگی کاغذها و همچنین طول پارگی آنها آورده شده است. مقاومت به پاره شدن و طول پارگی در ارزیابی استحکام کاغذ و مقواهایی که در مراحل تبدیلی و در حین مصرف در معرض تنش‌های پاره شدن قرار می‌گیرند، از اهمیت خاصی برخوردار است [۱۵]. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، کمترین و بیشترین شاخص پارگی و طول پارگی به‌ترتیب مربوط به کاغذ شاهد و کاغذ تقویت‌شده با ۱۵ درصد نانوفیبر سلولزی است. نانوفیبر سلولزی با افزایش پیوند بین الیاف، قدرت شبکه الیاف را افزایش می‌دهد و مانع از لغزش الیاف شده و در نتیجه به استحکام شبکه و مقاومت پارگی بیشتر منجر می‌شود. همچنین نانوفیبرهای سلولزی با افزایش اتصال‌ها و نیز مقاومت آنها، مقاومت به پارگی کاغذ را افزایش می‌دهند [۱۹]. نتایج گزارش‌شدهٔ محققانی مثل هادیلام و همکاران [۱۳] و علی‌نیا و همکاران [۱۶] با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. شاید تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با یافته‌های محققان ذکرشده را بتوان به فرایند مورد استفاده برای ساخت خمیرکاغذ، مقدار پالایش و عدد کاپای خمیرکاغذ مربوط دانست. زیرا در فرایند کرافت به‌دلیل تیمار شیمیایی و گرمایی قوی‌تر در مقایسه با فرایندهای با تیمار شیمیایی و گرمایی ضعیف‌تر، آسیب‌های واردشده به فیبر در مرحلهٔ لیفی شدن کمتر است و بنابر این خواص مقاومتی بیشتری دارند [۵].

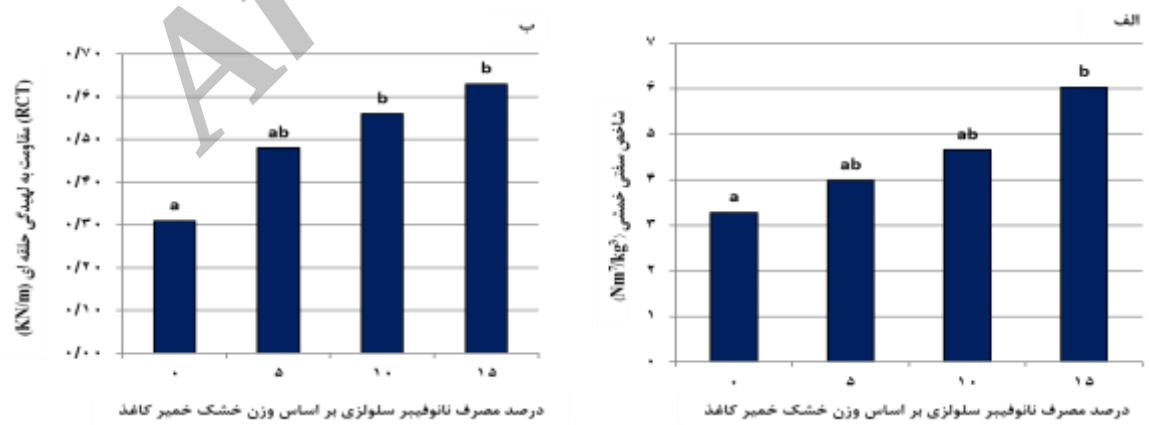
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. اثر نانوفیبرسلولزی بر شاخص پارگی (الف) و طول پارگی کاغذ کرافت (ب)

مقایسهٔ میانگین شاخص سفتی خمشی[1] کاغذ معمولی و کاغذ تقویت‌شده در شکل ۴ آورده شده است. سفتی، خاصیتی مهم در بسیاری از کاربردهای کاغذ محسوب می‌شود [۵]. پوشه‌ها، کارت‌های راهنما، کارت‌های بازی، پوسترها، فنجان‌ها و ظروف مقوایی از مثال‌هایی هستند که باید در هنگام مصرف، سفتی مناسبی داشته باشند. چند عامل بر سفتی کاغذ مؤثرند. به‌طور عمده ضخامت، الاستیسیتهٔ (مدول یانگ) خمیرکاغذ، فشار مهارکنندهٔ نوار کاغذ در زمان خشک کردن، رطوبت و تیمارهای سطحی، بر سفتی اثر دارند [۵]. همان‌طور که در شکل ۴ الف مشاهده می‌شود، شاخص سفتی خمشی در کاغذ شاهد با افزودن ۱۵ درصد نانوفیبرسلولزی، ۲۴/۴۸ درصد افزایش یافته است. همچنین مقاومت به لهیدگی حلقوی (شکل ۴ ب) با افزودن ۱۵ درصد نانوفیبرسلولزی به‌مقدار ۵۲/۳۸ درصد افزایش یافته است. با ماندگاری نانوالیاف سلولزی به‌دلیل داشتن سطح ویژهٔ بالا، خواص مقاومتی کاغذ با افزایش پیوند هیدروژنی بهبود پیدا می‌کند [۱۹] و در نتیجه، مقدار سفتی افزایش می‌یابد [۵]. در زمینهٔ تغییرات شاخص سفتی خمشی و مقاومت به لهیدگی حلقوی (RCT)[2] بر اثر افزودن نانوفیبرسلولزی، تحقیقات کمی صورت گرفته است؛ ولی با توجه به جایگاه صنعت بسته‌بندی پیش‌بینی می‌شود در آینده‌ای نه‌چندان دور تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.



شکل ۴. اثر نانوفیبرسلولزی بر شاخص سفتی‌خمشی (الف) و مقاومت به لهیدگی حلقوی کاغذ کرافت (ب)

1. Bending stiffness
2. Ring crush test

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

خمیرکاغذ کرافت‌پربازده برای تولید کاغذ کرافت‌لاینر، مهم‌ترین منبع لیگنوسلولزی برای مصارف بسته‌بندی است. نانوفیبرهای سلولزی به‌علت ساختار ویژهٔ خود، مقاومت‌های مکانیکی چشمگیری در کاغذ به‌وجود می‌آورند. این مواد علاوه بر مقاومت ذاتی، از سطح ویژهٔ بسیار گسترده‌ای برخوردارند که در اثر استفاده به‌عنوان افزودنی در حین شکل‌گیری کاغذ، پیوندهای هیدروژنی وسیعی را با الیاف شبکهٔ کاغذ ایجاد می‌کند و مقاومت‌های کاغذ را بهبود می‌بخشد. نتایج این تحقیق حاکی از موفقیت در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذ با افزودن نانوفیبرسلولزی به‌عنوان تقویت‌کننده است. با افزودن ۱۵ درصد نانوفیبر سلولزی به سوسپانسیون خمیر-کاغذ کرافت، شاخص مقاومت کششی کرافت‌لاینر ساخته‌شده ۲۶/۳۱ درصد، شاخص ترکیدن ۲۰/۰۸ درصد، شاخص پارگی ۱۰/۰۷ درصد، سفتی خمشی ۲۴/۴۸ درصد، و مقاومت به لهیدگی حلقوی کاغذ ۵۲/۳۸ درصد افزایش یافت. کاغذهای بسته‌بندی از قبیل کیسهٔ کاغذی، کاغذهای ساک، کاغذهای کرافت‌لاینر و مقوای پوششی به مقاومت به ترکیدن، کشش، پارگی، سفتی خمشی و مقاومت در برابر له‌شدگی حلقوی به‌نسبت زیادی نیاز دارند. بنابراین، با توجه به‌نتایج این پژوهش می‌توان تقویت کاغذهای بسته‌بندی با نانوفیبر سلولزی را در کنار معایب آن شامل افزایش هزینه و مدت زمان جدا کردن آب در دو کفهٔ ترازو داشت که با پیشرفت فناوری تولید کاغذ در آینده، باید دید کدام کفه از نظر فنی- اقتصادی ارجح خواهد بود.

References

[1]. Malmirchegini, Kh., Talaeipoor, M., and Pourmousa, Sh. (2011). Effects of ink and paper characteristics on print quality in board-packaging industries based on print density index. Iranian journal of Wood and Paper Science, 26 (1): 39-57.

[2]. Talaeipoor, M., Khademi islam, H., and Malmirchegini, Kh. (2009). Effect of ink and paper characteristics on optical properties of packaging papers.Part II:Viscosity of ink 50-55. Iranian Journal of Wood and Paper Science, 24(2): 325-340.

[3]. Hemasi, A., Sabour, M., Talaei pour, M., and Azadfallah, M. (2012). Effect of xylanase treatment on properties of alkaline peroxide mechanical pulp from poplar (Populus nigra) wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science, 27(1): 156-166.

[4]. Bosia, A. (1963). Pulping and papermaking properties of fast growing plantation wood species, The FAO Technical Papers, 19/1. Vol. 1, Rome.

[5]. Scot, W. (2005). The fundamentals of paper properties, Translated in Persian by Afra, A., Aeej Publication, Tehran, Iran.

[6]. Siro, I., and Plackett, D. (2010). Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. Cellulose, 17(3): 459-494.

[7]. Hasanjanzadeh, H., Hedjazi, S., Yousefi, H., Mahdavi, S., and Abdolkhani, A. (2014). The effect of using cellulose nanofibers and cationic starch on the properties of soda-AQ pulp from rice straw. Journal of Forest and Wood Products, Iranian Journal of Natural Resources, 67(1): 105-117.

[8]. Ramsden, J. (2004). Nanotechnology in Coatings, Inks and Adhesives, Pira International Ltd. Leatherhead. UK.

[9]. Hadilam, M.M. (2012). Production and evaluation of nanofibrillated cellulose (NFC) prepared from α-cellulose and comparative assessment of it›s using in chemical paper and bleached bagasse paper. M.Sc. thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

[10]. Henriksson, M., Berglund, L.A., Isaksson, P., Lindström, T., and Nishino, T. (2008). Cellulose Nanopaper Structures of High Toughness. BioMacromolecules, 9(6): 1579-1585.

Archive of SID

www.SID.ir

[11] Syverud, K., and Stenius, P. (2009). Strength and barrier properties of MFC films. Cellulose, 16: 75-85.

[12]. Yousefi, H., Nishino, T., Faezipour, M., Ebrahimi, G., and Shakeri, A. (2011). Direct fabrication of all-cellulose nanocomposite from cellulose microfibers using ionic liquid-based nanowelding. Biomacromolecules, 12: 4080-4085.

[13]. Hadilam, M.M., Afra, E., and Yousefi, H. (201۳). Effect of Cellulose Nanofibers on the Properties of Bagasse Paper. Journal of Forest and Wood Products, 66(3): 351-366.

[14]. Hadilam, M.M., Afra, E., Ghasemian, A., and Yousefi, H. (2013). Preparation and properties of ground cellulose nanofibers. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(2): 139-149.

[15]. Khalili, A., Ghasemian, A., Saraeian, A.R., Dahmardeh galehnow, M., and Manzorolajdad, S.M. (2009). Study on the mechanical and optical properties of kraft liner paper produced from mixing of OCC and virgin hardwoods kraft pulp. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(2): 264-274.

[16]. Alinia, A., Afra, A., Resalati, H., and Yousefi, H. (2013). Effect of Mixing Temperature of CMP (Chemi-mechanical) Pulp and Cellulose Nanofiber on Paper Properties. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 3(2): 77-89.

[17]. Yousefi, H., Faezipour, M., Nishino, T., Shakeri, A., and Ebrahimi, G. (2011). All-cellulose composite and nanocomposite made from partially dissolved micro and nanofibers of canola straw. Polymer Journal, 43: 559-564.

[18]. Hasanjanzadeh, H., Hedjazi, S., and Mahdavi, S. (2014). The effect of polyelectrolyte on rice straw soda-AQ pulp drainage and of rice straw. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(1): 170-181.

[19]. Lindgren, A. (2010). Preparation of Nanofibers from Pulp Fibers. Master Thesis. collaboration with Eka Chemicals AB.

Archive of SID

www.SID.ir

Development of poplar Kraft pulp strengths with cellulose nano fiber of rice straw

S. Ghahramani; M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

S. Hedjazi*; Assoc. Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

S. Mahdavi; Assoc. Prof., Wood and Forest Product Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Karaj, I.R., Iran

(Received: 5 April 2015, Accepted: 8 March 2016)

ABSTRACT

This study was carried out to make cellulose nanofiber reinforced Kraft liner paper from rice straw. In this regard, *P.deltoides* clone 69-55 as a fast growth and high yield biomass species was selected for pulp production. Variable factors of Kraft pulping process including sulfidity, active alkali, temperature and time were applied in three levels and liquor to wood ratio of 4:1. Optimum conditions of Kraft cooking were found as 23% sulfidity, 18% active alkali, 170 °C, and 180 min. cooking temperature and time, respectively. The pulping yield and kappa number of control pulp were measured as 53.94% and 17.2, respectively. Then, the pulp was refined to achieve freeness degree of 333 ml.CSF. Nano-cellulose fiber of rice straw was added to improve the strength of control kraft pulp. The nanofibers at 5, 10 and 15% loadings were mixed with pulp suspension and 60 g/m^2 handsheets were manufactured by means of a laboratory handsheet maker. It was found that all the strength characteristics of prepared papers were improved by addition of nanofibers in different levels. Tensile, burst, and tear indices increased up to 26.31%, 20.08%, and 10.07%, respectively by addition of 15% cellulose nanofibers to the control pulp suspension. Moreover, bending stiffness and RCT improved to 24.48%, and 52.38%, respectively. The overall results indicated that incorporation of cellulose nanofibers had a positive effect on kraft liner pulp produced from *P.deltoides.*

Keywords: Kraft pulp, Deltoeidos poplar, Kraft liner, Cellulose nanofiber, Paper strength.

Archive of SID

* Corresponding Author: Email: shedjazi@ut.ac.ir, Tel: +98-2632223044

www.SID.ir