Archive of SID

بررسی ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذهای تیمار شده با نانو مواد کریستال سلولز و اکسید روی

چکیده

در این پژوهش تأثیر تیمارهای مختلف نانو مواد کریستال سلولز (NCC) و اکسید روی (ZNO) بر روی خواص مقاومتی و نوری کاغذهای ساخته شده بررسی شد. برای این کار نانومواد با شرایط مشخص (نانو کریستال سلولز ۴ و۶ درصد و نانو اکسید روی ۳ درصد) در طی ساخت کاغذ به خمیر کاغذ افزوده شدند. از پلی اکریل آمید کاتیونی به عنوان کمک نگه دارنده نانو مواد در ساخت کاغذ استفاده شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که ویژگی‌های مقاومتی (شاخص مقاومت به کشش، ترکیدن و پارگی) کاغذهای تیمار شده افزایش یافته است؛ البته تأثیر افزایش درصد نانو کریستال سلولز بر افزایش مقاومت‌ها بارزتر بوده است. همچنین درجه روشنی کاغذهای تیمار شده نیز با افزودن نانو مواد افزایش یافته است که نانو اکسید روی بدلیل ویژگی ساختاری خود تأثیر بیشتری در افزایش درجه روشنی داشته است. درجه ماتی کاغذهای تیمار شده در ترکیب دوگانه نانو مواد با خمیر کاغذ نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است اما زمانی که نانو مواد به صورت تک به تک به خمیر کاغذ افزوده شدند، نانو اکسید روی عملکردی به مراتب بهتر از نانو کریستال سلولز داشته است.

واژگان کلیدی: نانو کریستال سلولز، نانو اکسید روی، بسته بندی، کاغذهای تیمار شده.

بردیا صدیفی[۱]
نورالدین نظرنژاد[۲*]
سید حسن شریفی[۳]

[۱] دانشجو کارشناسی ارشد گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۲] دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۳] استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

مسئول مکاتبات:
nazarnezhad91@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

مقدمه

گروهی از نانو مواد معروف به نانو مواد زیستی، منشأ زیستی دارند یعنی توسط گیاهان و موجودات زنده موجود در طبیعت ساخته می‌شوند و قابل برگشت به طبیعت هستند بنابراین می‌توان گفت این دسته از مواد زیست سازگار، زیست تخریب پذیر و تجدید پذیرند [۱]. از جمله مهمترین نانو مواد زیستی نانو کریستال سلولز (NCC[1]) می‌باشند که به دلیل ویژگی‌های ذاتی جالب، از جمله سطح ویژه زیاد، نسبت طول به قطر زیاد، فراوانی منابع، دانسیته کم، مقاومت مکانیکی بالا، قابلیت تجدید پذیری و زیست تخریب پذیری مورد توجه زیادی قرار گرفته اند [۲]. این ماده نوعی پلیمر طبیعی با خواص زیستی است. این پلیمر قوی‌تر از استیل بوده و سبک وزن و بادوام است و می‌تواند به عنوان عامل تقویت کننده برای بهبود خواص پلیمرها استفاده شود. به دلیل ویژگی‌های مکانیکی مطلوب و توانایی تشکیل شبکه و فیلم خوب، این ماده به عنوان

[1] nanocrystalline cellulose

www.SID.ir

Archive of SID

تقویت کننده عالی برای محصولات پلیمری مورد توجه قرار گرفته است [۳].

NCC در سطح خود دارای گروه‌های هیدروکسیل زیادی می‌باشد که این گروه‌ها در ابعاد نانو و با افزایش سطح ویژه در واحد حجم افزایش می‌یابند. بنابراین افزودن NCC به خمیر کاغذ باعث افزایش پیوندهای هیدروژنی میان الیاف خمیر و NCC می‌شود و متعاقب آن می‌تواند منجر به افزایش ویژگی‌های مقاومتی کاغذ تولیدی شود [۴].

در سال‌های اخیر توجهات زیادی به منظور استفاده از نانو مواد سلولزی در ساخت کاغذ وجود داشته است که از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به تحقیقات Silva و همکارانش در سال (۲۰۱۳)، Cha و همکارانش در سال (۲۰۱۴) و Hassan در سال (۲۰۱۴) اشاره کرد؛ که در تمامی این پژوهش‌ها NCC، به عنوان یکی از مهمترین عوامل تقویتی خواص مقاومتی کاغذهای دست ساز مطرح بوده است [۵ و۶ و۷].

Salam و همکارانش در سال (۲۰۱۳) نانو کامپوزیت NCCاصلاح شده با DTPA[1] را به همراه کیتوزان تولید کردند و به عنوان افزودنی مقاومت خشک به کاغذ گنگره‌ای کهنه بازیافتی (OCC[2]) اضافه کردند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های مکانیکی و براقیت کاغذهای بازیافتی افزایش و زیری و مقاومت به پارگی کاهش یافته است [۸].

افزودنی‌های فراوانی در پایانه تر کاغذ سازی معمولا در قسمت‌های متفاوتی، برای اهداف معین، استفاده می‌شوند. افزودنی‌هایی چون پلی اکریل آمید کاتیونی (CPAM[3]) [۹] به سبب ماهیت خود، معمولا به طور گسترده در فرآیند کاغذ سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همچنین نانو ذرات اکسید روی (ZnO[4]) از جمله نانو پر کننده‌هایی می‌باشد که در ساخت کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود[۱۰ و۱۱]. این ماده علاوه بر ارزانی و غیر سمی بودن، به دلیل قابلیت‌هایی همچون شفافیت در ناحیه مرئی، جذب نور مناسب، ضریب ثابت دی الکتریک پایین و خواص فیزیکی و شیمیایی پایدار به طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند [۱۲ و۱۳].

نکته بسیار مهم در استفاده از این مواد این است که اگر بتوان مقدار بیشتری از این مواد مقاومت دهنده را جذب سطح الیاف نمود، پیوند پذیری الیاف افزایش یافته و در نهایت مقاومت‌های کاغذ حاصله افزایش می‌یابد. اما به دلیل استفاده تک مرحله‌ای از آن‌ها در روش‌های متداول، امکان جذب مقدار بیشتری از این پلیمرها وجود ندارد [۱۴].

هدف از این پژوهش تولید کاغذ بسته بندی تقویت شده با نانو مواد NCC و ZnO و بررسی خواص مقاومتی (مقاومت‌های کششی، ترکیدگی و پارگی) و خواص نوری (روشنایی، ماتی) آن‌ها است.

مواد و روش‌ها

ZnO با اندازه ذرات متوسط ۲۵ نانومتر از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان خریداری شدند. اسید استیک به عنوان حلال با دانسیته ۱/۰۵۱۱ g/cm^3 در دمای ۲۰ °C، نقطه جوش ۱۱۸/۸- °C و ۱۱۸/۳ و درجه خلوص ۹۹٪ از شرکت کارلو آلبا فرانسه مورد استفاده قرار گرفت. آلفا سلولز حاصل از لینتر پنبه با خلوص ۹۵٪ و درجه پلیمریزاسیون ۱۹۰۰ از شرکت لینتر پاک بهشهر مازندران خریداری شده و NCC از آلفا سلولز با روش هیدرولیز اسیدی در آزمایشگاه ساخته شد. خمیر کاغذ مورد استفاده از نوع خمیر کرافت رنگبری شده الیاف بلند وارداتی است که از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. همچنین پلی اکریل امیدکاتیونی با وزن مولکولی هفت میلیون گرم بر مول و مقدار ماده جامد ۲۵٪ نیز از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد.

روش ساخت کاغذ با نانو مواد

کاغذهای دست ساز از خمیرهای کرافت رنگبری شده الیاف بلند وارداتی است که پالایش شده اند و با گراماژ ۱۲۰±۵ g/m^2، مطابق با استاندارد TAPPI T205 SP-95 ساخته شدند. لازم به ذکر است که از CPAM به مقدار ۰/۰۲٪ به عنوان کمک نگه دارنده استفاده شد. محلول سه درصد وزنی ZnO با حل نمودن آن در استیک اسید

[1] Diethylene triamine pentaacetic acid
[2] old corrugated container
[3] Cationic polyacrylamide
[4] zinc oxide nanoparticle

www.SID.ir

Archive of SID

۸۰٪ توسط دستگاه فرا صوت در مدت یک دقیقه به دست آمد. محلول ۴ و ۶ درصد وزنی NCC به مدت ۳ دقیقه در معرض امواج فرا صوت قرار گرفت تا محلول یکنواختی ایجاد شود (روش ساخت NCC مطابق با کار صورت گرفته در پژوهش پیشین می‌باشد) [۱۵].

تعیین مقاومت به کشش، ترکیدن و پارگی

برای تعیین ویژگی‌های کاغذ، نمونه‌ها در شرایط کلیما (رطوبت نسبی ۵۰±۲ °C و دمای ۲۳±۱ °C) به مدت ۴ ساعت مطابق با استاندارد TAPPI T 402 sp- 98 قرار گرفتند. اندازه گیری مقاومت به کشش نمونه‌های کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و شاهد با استاندارد TAPPI T 404 OM-98، مقاومت به ترکیدن با استاندارد TAPPI T403 om-02 و مقاومت به پارگی با استاندارد TAPPI T414 om-04 انجام گرفت.

تست‌های نوری

درجه روشنی براساس استاندارد TAPPI T452 om- 92 و درجه ماتی براساس استاندارد TAPPI T425 om- 91 اندازه گیری شدند.

روش آماری

تجزیه وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 16، از طرح کاملاً تصادفی با آنالیز واریانس یک طرفه و در نهایت، گروه بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن (در سطح ۵٪) انجام شد.

جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و نمونه شاهد

تیمار	کد تیمار	شاخص مقاومت به کشش* (N/m)	شاخص مقاومت به ترکیدن* ($Kpa.m^2/g$)	شاخص مقاومت به پارگی* ($N.m^3/g$)	درجه روشنی* (٪)	درجه ماتی* (٪)
شاهد (کاغذ بدون تیمار با نانو مواد)	۱	۱۹/۴۶	۲/۸۹	۹/۴۶	۷۲/۷۷	۸۹/۲۶
ZnO 3%	۱۲	۳۱/۷۹	۴/۷	۱۰/۵۵	۷۵/۱۴	۹۲/۶۹
NCC 4%	۱۳	۳۲/۳۸	۴/۷۳	۱۲/۳۵	۷۵/۰۴	۸۹/۱۴
NCC 6%	۱۴	۳۶/۹۷	۵/۲	۱۲/۵۷	۷۵/۰۸	۸۹/۲۳
NCC 4% - ZnO 3%	۱۵	۴۰/۶۹	۵/۳۵	۱۲/۲۶	۷۵/۲۳	۹۰/۰۲
NCC 6% - ZnO 3%	۱۶	۴۹/۱۸	۵/۵۱	۱۲/۳۹	۷۶/۹۸	۹۰/۴۲

* معنی داری در سطح خطای ۵٪

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به کشش، ترکیدن، پارگی، درجه روشنی و درجه ماتی کاغذهای ساخته شده با تیمارهای مختلف نانو مواد و نمونه شاهد (کاغذ ساخته شده از الیاف تیمار نشده با نانو مواد) را نشان می‌دهد. در سطح خطای ۵٪، بین سطوح مختلف تیمارها، اختلاف معنی دار آماری وجود دارد.

اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های مقاومت به کشش و ترکیدن

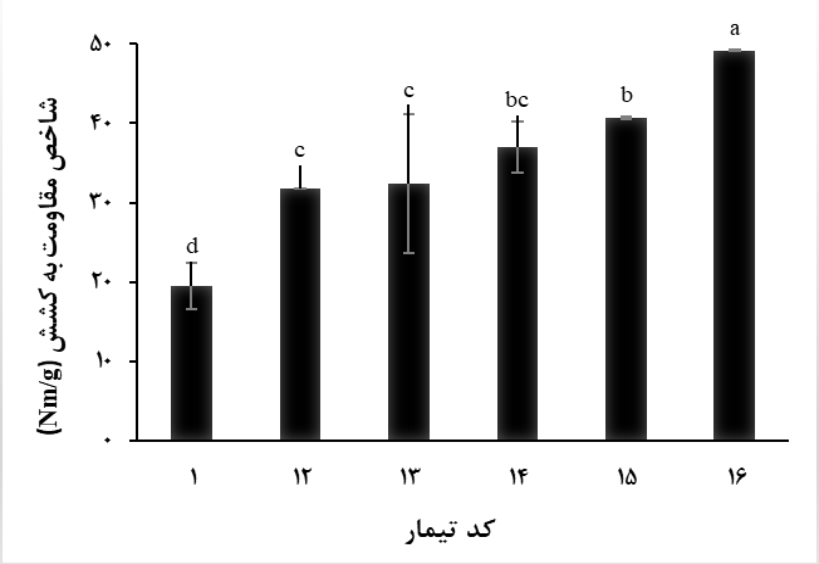
اثر افزودن مقادیر مختلف نانو مواد در حین ساخت کاغذ و تأثیر آن‌ها بر این شاخص‌ها را شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد. شاخص‌های مقاومت در برابر کشش و ترکیدن به طول الیاف، مقاومت الیاف و پیوند بین آن‌ها بستگی دارد [۱۶]. مهمترین فاکتور مؤثر بر شاخص مقاومت در برابر کشش شامل نوع و میزان اتصال الیاف با یکدیگر است و کاهش اتصالات الیاف با یکدیگر این مقاومت را کاهش می‌دهد. همچنین در شاخص مقاومت در برابر ترکیدن اگر چه با افزایش طول فیبر این مقاومت افزایش می‌یابد اما این مقاومت بیشتر به اتصال الیاف و میزان پیوند بین الیاف بستگی دارد [۱۶].

در هم‌رفتگی و حتی پیوند شیمیایی بین نانو مواد و CPAM و همچنین پیوند شیمیایی و در هم‌رفتگی مکانیکی آن‌ها با الیاف کاغذ منجر به بهبود و افزایش مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای شده است. از جمله پیوندهای هیدروژنی و کووالانسی بین گروه‌های

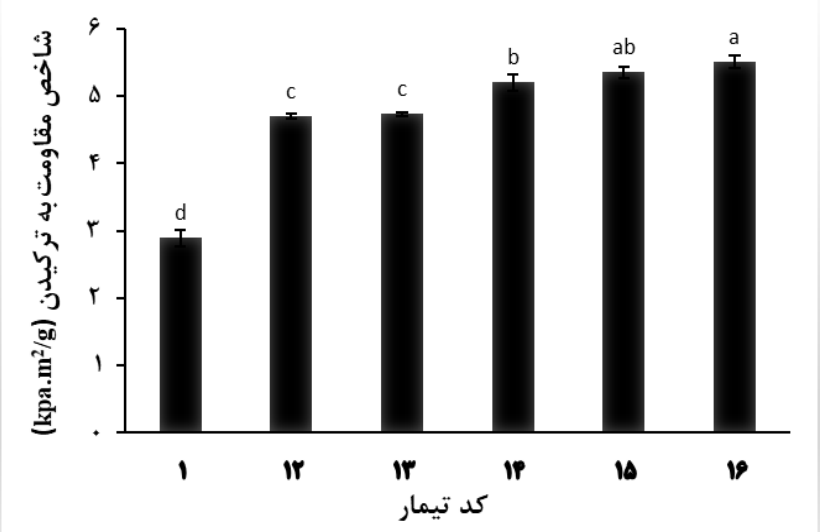
www.SID.ir

Archive of SID

هیدروکسیل خمیر کاغذ با ZnO که می‌تواند به مقداری اندک باعث بهبود پیوندهای بین مولکولی ما بین الیاف خمیر کاغذ و نانو ماده شود [۱۷]. به علاوه اینکه انعطاف پذیری بیشتر الیاف پالایش شده، باعث نفوذ بیشتر نانو مواد در ساختار کاغذ شده است تا مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای ساخته شده افزایش یابد [۱۸]؛ به علاوه NCC با پرکردن فضای بین سلولی باعث نزدیک شدن سلولزها به همدیگر شده و به دلیل استحکام کششی بالا بخاطر ساختار بلورین خود منجر به افزایش خواص مقاومتی کاغذ نهایی شده است [۱۹]. همان گونه که در جدول ۱ مشخص است با افزودن هر دو نانو ماده، افزایش همزمان پیوند پذیری بین ذرات NCC و ZnO از یک طرف و همچنین پیوند این ذرات با گروه‌های واکنش پذیر الیاف از طرف دیگر، مقاومت‌ها را افزایش داده است ولی بیشترین تأثیر در افزایش این مقاومت‌ها را می‌توان به اتصال الیاف – الیاف خمیر کاغذ به کمک CPAM نسبت داد. بالاترین مقدار شاخص مقاومت در برابر کشش و ترکیدن مربوط به تیمار NCC 6% - ZnO 3% به ترتیب به میزان ۴۹/۱۸ و ۵/۵۱ و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد به ترتیب به میزان ۱۹/۴۶ و ۲/۸۹ نیوتون متر بر گرم و کیلو پاسکال در متر مربع بر گرم می‌باشد.



شکل ۱- مقادیر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و شاهد



شکل ۲- مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و شاهد

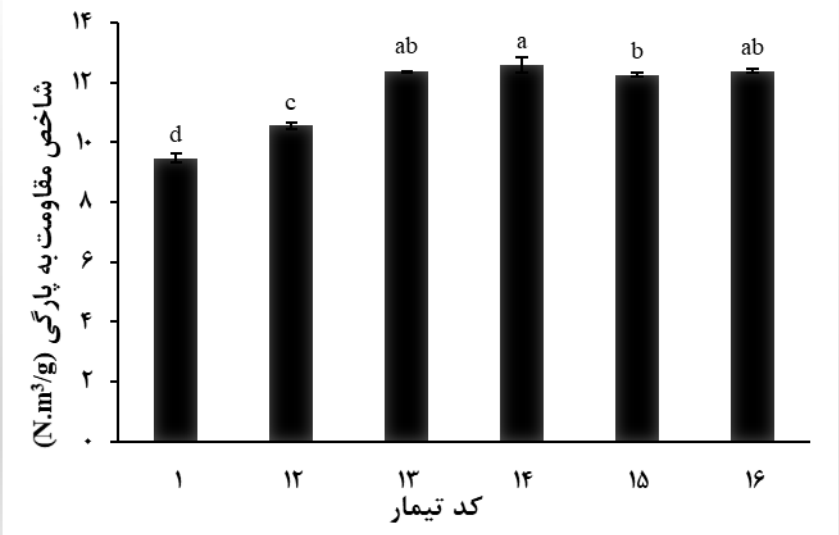
www.SID.ir

Archive of SID

اثر تیمارهای مختلف بر شاخص مقاومت به پارگی

اثر افزودن مقادیر مختلف نانو مواد در حین ساخت کاغذ و تأثیر آن‌ها بر شاخص مقاومت به پارگی را شکل ۳ نشان می‌دهد. مقاومت به پاره شدن در ارزیابی استحکام کاغذی که در مراحل تبدیلی در حین مصرف، در معرض تنش‌های پاره شدن قرار می‌گیرد از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. عوامل مؤثر بر پاره شدن کاغذ شامل طول الیاف، زبری الیاف، قطر الیاف، تعداد الیافی که در پاره شدن کاغذ دخالت دارند و تعداد اتصالات بین الیاف و مقاومت اتصالات می‌باشند [۱۶]. همچنین با افزودن نانومواد به دلیل قرار گرفتن بین الیاف، کاهش اتصال فیبری و همچنین کاهش درصد نسبی طول الیاف انتظار می‌رود که این مقاومت کاهش یابد ولی به دلیل وجود CPAM و پیوندهای شیمیایی اندک بین NCC و حتی ZnO با الیاف، اثر منفی نانو مواد بر کاهش این مقاومت ناچیز شده است که با نتایج Tanaka و همکاران (۲۰۰۹) و محمدزاده سقاواز و همکاران (۱۳۹۲) در تناقض می‌باشد [۲۰ و۲۱]. به علاوه اینکه انعطاف پذیری بیشتر الیاف پالایش شده، باعث نفوذ بیشتر نانو مواد و افزایش اتصال در ساختار کاغذ شده است تا مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای ساخته شده افزایش یابد [۱۸].

همچنین NCC با پر کردن فضای بین سلولی باعث نزدیک شدن سلولزها به همدیگر شده و به دلیل استحکام بالا بخاطر ساختار بلورین خود منجر به افزایش خواص مقاومتی کاغذ نهایی شده است [۱۹]. به همین دلیل تأثیر ZnO در افزایش این شاخص به مراتب کمتر از NCC بوده است. نتایج حاصل در جدول ۱ آورده شده است. استفاده همزمان هر دو نانو ماده با افزایش توامان پیوندپذیری اندک بین ذرات NCC و ZnO از یک طرف و همچنین پیوند اندک این ذرات با گروه‌های واکنش پذیر الیاف از طرف دیگر، مقاومت‌ها را افزایش داده است. بالاترین مقدار شاخص مقاومت در برابر پاره شدن مربوط به تیمار NCC 6% و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد به ترتیب به میزان ۱۲/۵۷ و ۹/۴۶ میلی نیوتون در متر - مربع بر گرم می‌باشد.



شکل ۳- مقادیر شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و شاهد

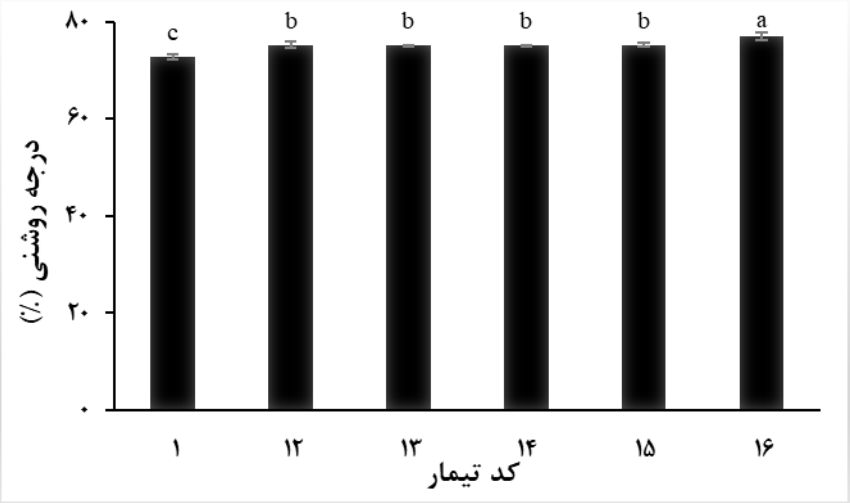
اثر تیمارهای مختلف بر درجه روشنی کاغذها

اثر افزودن مقادیر مختلف نانو مواد در حین ساخت کاغذ و تأثیر آن‌ها بر درجه روشنی را شکل ۴ نشان می‌دهد. به کارگیری نانو مواد سبب تغییر و بهبود ویژگی‌های نوری در انواع کاغذها می‌شود. درجه روشنی اولیه بیشتر و نیز سطح ویژه به مراتب بیشتر نانو مواد نسبت به الیاف را می‌توان به عنوان دلایل افزایش درجه روشنی کاغذها نام برد . همان طوری که در شکل ۴ مشاهده شد؛ با اضافه شدن NCC به شبکه کاغذ و تغییر ساختار کاغذ، در نتیجه پر شدن فضاهای بین سلولی و افزایش اتصال بین الیاف، عبور نور افزایش یافته و تا حدی درجه روشنی افزایش می‌یابد. با وجود اختلاف ناچیز درجه

www.SID.ir

Archive of SID

روشنی در بین تیمارهای مختلف ، از نظر آماری این اختلاف‌ها معنی دار می باشد. بررسی کاغذهای ساخته شده نشان داد که افزودن ZnO به ترکیب ساخت کاغذ تأثیر چشمگیری در افزایش درجه روشنی کاغذ داشته است. زیرا ZnO دارای ماهیتی با درجه روشنی بالایی است و به تنهایی درجه روشنی نمونه ساخته شده را بهبود بخشیده است. همچنین بیشترین مقدار درجه روشنی مربوط به NCC 6% - ZnO 3% و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد به ترتیب به میزان ۷۶/۹۸ و ۷۲/۷۷ درصد بوده است.



شکل ۴- مقادیر درجه روشنی کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و شاهد

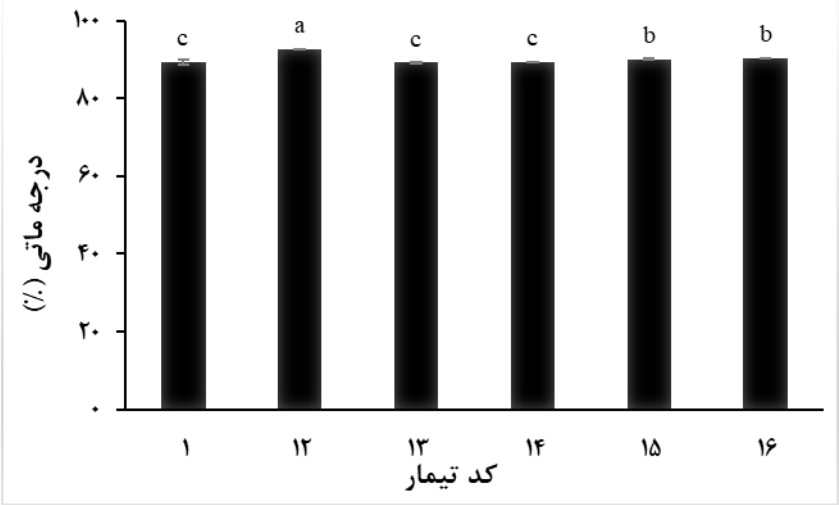
اثر تیمارهای مختلف بر درجه ماتی کاغذها

ماتی توان جذب نور کاغذ در یک طول موج معین یعنی ۴۵۷ نانومتر است. عوامل مؤثر بر ماتی شامل فاصله الیاف از یکدیگر، ساختار کاغذ، نوع الیاف، مقدار الیاف ریز و کوتاه و مقدار پر کننده است [۲۲]. شکل ۵ اثر افزودن مقادیر مختلف نانو مواد در حین ساخت کاغذ و تأثیر آن‌ها بر درجه ماتی را نشان می‌دهد. میزان تغییرات درجه ماتی متأثر از ساختار کاغذ، اندازه و سطح ویژه نانو مواد و حجیمی کاغذ است که در نهایت باعث پراکنش نور و افزایش درجه ماتی در کاغذ می‌شوند. مقدار پراکندگی نور هنگامی‌که نور از کاغذ عبور می‌کند با سطحی از الیاف که با هوا در تماس است؛ ارتباط مستقیم دارد. هرچه سطح اتصال بین الیاف کمتر باشد، سطح در تماس با هوا بیشتر بوده و این سطح پیوند نیافته درصد بیشتری از نور را پراکنده می‌سازد [۲۳].

در این پژوهش، افزودن پر کننده ZnO، ضریب پراکندگی نور در سطح کاغذ را افزایش داده و به مقدار زیادی منجر به افزایش درجه ماتی کاغذ شده است، اما با اضافه شدن NCC به شبکه کاغذ درجه ماتی نمونه‌ها نسبت به کاغذ شاهد بدلیل افزایش اتصال بین الیاف کمی کاهش داشت اما این اختلاف بسیار ناچیز می‌باشد. بنابراین تغیرات اندک و یا عدم تغییر این خواص می‌تواند فقط متأثر از افزایش پیوند بین الیاف در حضور NCC باشد. از این رو کاغذهای ساخته شده با ترکیب NCC – ZnO، باعث ایجاد درجه ماتی بیشتر شد و تأثیر ZnO در افزایش این ویژگی به مراتب بیشتر از NCC بوده است. بیشترین مقدار درجه ماتی مربوط به تیمار ZnO 3% و کمترین مقدار مربوط به تیمار NCC 4% به ترتیب به میزان ۹۲/۶۹ و ۸۹/۱۴ درصد بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقادیر درجه ماتی کاغذهای ساخته شده با تیمار نانو مواد و شاهد

نتیجه گیری

استفاده از نانو مواد زیست تخریب‌پذیر می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذهای ساخته شده با این مواد در کاغذهای بسته بندی شوند. این مواد جایگزینی مناسب برای مواد پلاستیکی و پلیمرهای سنتزی می‌باشند، چون قابلیت بازیافت دارند و اگر در محیط قرار بگیرند به آسانی تجزیه می‌شوند. در این پژوهش اثر کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت NCC و ZnO بر روی ویژگی‌های مقاومتی و نوری جهت استفاده در بسته بندی بررسی شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با حضور نانو مواد خصوصا افزایش درصد NCC این ویژگی‌ها بهبود یافته است که این افزایش را می‌توان به وجود CPAM در مرحله ساخت کاغذ نسبت داد که می‌تواند سبب اتصال الیاف و نرمه‌ها با هم شوند و هم به اتصال محدود نانو مواد بخصوص NCC با الیاف خمیر کاغذ دانست. به دلیل ماهیت نانو مواد و سطح ویژه بالاتر آن‌ها نسبت به الیاف کاغذ، درجه روشنی کاغذهای تیمار شده نسبت به کاغذ شاهد افزایش یافته است و بیشترین تأثیر در افزایش این ویژگی را ZnO داشته است. افزودن ZnO ضریب پراکندگی نور در سطح کاغذها را افزایش داده است و به مقدار زیادی منجر به افزایش درجه ماتی کاغذها شده است، اما با اضافه شدن NCC به شبکه کاغذ، تغییر ظاهری محسوسی در ویژگی‌های نوری کاغذ مشاهده نشد. بنابراین تغیرات اندک و یا عدم تغییر این خواص می‌تواند فقط متأثر از افزایش پیوند بین الیاف باشد. با توجه به نتایج فوق می‌توان این گونه بیان کرد که بیشترین تأثیر در افزایش ویژگی‌های نوری را نانو ماده ZnO، به دلیل ماهیت خود داشته است.

منابع

[1] Rezaei, Z. and Yousefi, H., 2014. Applications of nano-chitin and nano-chitosan. Nano Science and Technology Conference. Payame Noor University of Gorgan, 1-10. (In Persian).

[2] Irimia-Vladu, M., 2014. “Green” electronics: biodegradable and biocompatible materials and devices for sustainable future. Chemical Society Reviews, 43(2): 588-610.

[3] Tatari, A.A. and Shekarian, A., 2014. The Importance of Cellulose Derivatives in the Production of Biodegradable Films for Food Packaging. Journal of Applied Science and Technology, 5(19): 22-31.

[4] Xua, Q., Gaoa, Y., Qina, M., Wua, K., Fua, Y. and Zhaob, J., 2013. Nanocrystalline cellulose from aspen kraft pulp and its application in deinked pulp. International Journal of Biological Macromolecules, 60: 241-247.

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Silva, D., Almeida, J.M., Oliveira, R.C., Silva, J.C. and Neto, B.M., 2013. The use of polyelectrolyte with cellulose nanocrystals association as an alternative to improve paper strength. O Papel, 74(3): 51–56.

[6] Cha, R., Wang, C., Cheng, S., He, Z. and Jiang, X., 2014. Using carboxylated nanocrystalline cellulose as an additive in cellulosic paper and poly (vinyl alcohol) fiber paper. Carbohydrate Polymers, 110: 298–301.

[7] Hassan, M.L., 2014. Cellulose nanocrystals and carboxymethyl cellulose from olive stones and their use to improve paper sheets properties. Inernational Journal Nanoparticles, 7(3/4): 261-277.

[8] Salam, A., Lucia, L.A. and Jameel, H., 2013. A novel cellulose nanocrystals-based approach to improve the mechanical properties of recycled paper. ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 1(12): 1584–1592.

[9] Jalali, T.H., Zare, B.S., Ramezani, O. and Rudi, H., 2016. Effect of nano silica and cationic polyacrylamide on retention, drainage and strength properties of recycled paper from OCC. Forest and Wood Products, 68(4): 771-784. (In Persian)

[10] Elen, K., Murariu, M., Peeters, R, Dubois, Ph., Mullens, J., Hardy, A. and Van Bael, M. K., 2011. Towards high-performance biopackaging: barrier and mechanical properties of dual-action polycaprolactone/zinc oxide nanocomposites. Polymers Advanced Technologies, 23(10): 1422–1428.

[11] Noushirvani, N., Ghanbarzadeh, B. and Entezami, A.A., 2012. Effect of cellulose nanocrystal and polyvinyl alcohol on the physical properties of starch based bionanocomposite films. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 7(1): 63-74.

[12] Vaezi, Kh., Asadpour, G. and Sharifi, H., 2019. Effect of ZnO nanoparticles on the mechanical, barrier and optical properties of thermoplastic cationic starch/montmorillonite biodegradable films. International Journal of Biological Macromolecules, 124: 519-529.

[13] Vigneshwaran, N., Kumar, S., Kathe, A.A., Varadarajan, P.V. and Prasad, V., 2006. Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide soluble starch nano composites. Nanotechnology, 17(20): 5087-5095.

[14] Eriksson, M., Notley, S.M. and Wagberg, L.J., 2005. The influence on paper strength properties when building multilayers of weak polyelectrolytes onto wood fibres. Journal of Colloid and Interface Science. 292: 38-45.

[15] Sodeif, B., Nazarnezhad, N. and Sharifi, S.H., 2019. Investigation of mechanical and optical properties of papers coated with Polycaprolactone - Nanocrystalline cellulose - zinc oxide Nanoparticle. Wood and Paper science research, 34(1): 31-46.

[16] Mirshokraei, S.A., 2004. Pulp and paper technologists, 2th Ed., Ayig, Tehran, 501 p. (In Persian).

[17] Marvizadeh, M.M., Oladzadabbasabadi, N., Mohammadi Nafchi, A. and Jokar,M., 2017. Preparation and characterization of bionanocomposite film based on tapioca starch/bovine gelatin/nanorod zinc oxide. International Journal of Biological Macromolecules, 99: 1-7.

[18] Molaei, M., Azadfallah, M., Hamzeh, Y. and Khodaeian Chegini, F., 2015. The effect of chitosan – poly (vinyl alcohol) coatings on strength and barrier properties of packaging paper. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30(2): 330-340. (In Persian).

[19] Jamshidi Kaldakahi, N., Ghanbarzadeh, B., Dehghannia, J., Soti, M. and Entezami, A.A., 2014. Study of the mechanical, optical and surface hydrophilic properties of nanocomposites based on Modified Structure Nanocrystalline Cellulose-Titanium Dioxide Nanoparticles. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 10(3): 249-265. (In Persian).

[20] Tanaka, A.E., Hiltunen, A. and Niskanen, K., 2001. Inter-fiber bonding effects of beating, starch or filler. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 16(4): 306-312.

[21] Mohamadzadeh Saghavaz, K. and Resalati, H., 2013. Investigating the Effect of Using Ground Calcium Carbonate (GCC) and Clay Fillers on the Paper Properties. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(3): 111-124. (In Persian).

[22] Mirshokraei, S.A., 2007. paper chemistry, 2th Ed., Ayig, Tehran, 184 p. (In Persian).

[23] Hubbe, M., 2006. Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry-strength agent-A review. Bioresource, 1: 281-318.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of resistance and optical properties of the papers treated with cellulose nanocrystals and zinc oxide nanoparticles

Abstract

In this study, the effect of various treatments with cellulose nanocrystals (NCC) and zinc oxide nanoparticles (ZnO) on the resistance and optical properties of the handmade papers were investigated. The nanomaterials with a specific condition (NCC 4%, 6%, and ZnO 3%) were added to the paper pulp during the papermaking. Cationic polyacrylamide used as a nanomaterials preservative in the papermaking process. The experiments results showed that the resistance properties (tensile index, tear index and burst index) of the treated papers are increased and the effect of NCC% increment was clearer in the enhancement of the resistance properties. Also, the brightness of the treated papers was increased after nanomaterials loading and the effect of ZnO was clearer because of its structural property. The opacity of the treated papers was increased at the binary composition of nanomaterials in comparison with the control sample, but in single addition of the nanomaterials to the papers, ZnO had better function than NCC.

Keywords: cellulose nanocrystals, zinc oxide nanoparticles, packaging, treated papers.

B. Sodeifi[1]
N. Nazarnezhad[2*]
S. Sharifi[3]

[1] M.Sc. student, Wood and paper science department, Faculty of natural resources, Sari agricultural sciences and natural resource university Sari, Iran

[2] Professor, Wood and paper science department, Faculty of natural resources, Sari agricultural sciences and natural resource university Sari, Iran

[3] Assistant Prof., Wood and paper science department, Faculty of natural resources, Sari agricultural sciences and natural resource university Sari, Iran

Corresponding author:
nazarnezhad91@gmail.com

Received: 2019/05/08
Accepted: 2019/06/10

www.SID.ir