Archive of SID

مجموعه مقالات نخستین همایش ملّی چوب و فرآورده های لیگنوسلولزی
۱۷ اردیبهشت، ۱۳۹۴، دانشگاه گنبد کاووس

نانوسلولز و کاربردهای آن در صنایع کاغذسازی

طاهره علی‌خواه[۱]، الیاس افرا[۲]، احمدرضا سرائیان[۳]، علی قاسمیان[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲]استادیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۳]دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*مسئول مکاتبات: t.alikhah@yahoo.com

چکیده

در سال‌های اخیر کاغذسازان با افزودن مواد شیمیایی مختلف در پایانه‌تر ماشین کاغذ به بهبود در ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی، نوری و عملیات فرآیند تولید کاغذ دست یافته‌اند، با این حال در ازای بهبود خواص کاغذ، با چالش‌های ویژه‌ای نیز مواجه هستند. یکی از راه‌کارهای اساسی برای غلبه بر این چالش‌ها استفاده از افزودنی‌های شیمیایی موثرتر در پایانه‌تر ماشین کاغذ می‌باشد. امروزه بهره‌گیری از نانوذرات، نانوساختارها و تجهیزات آزمایشگاهی مرتبط با فناوری نانو توسعه فراوانی پیدا کرده است. این فناوری در صنعت کاغذسازی نیز جایگاه ویژه‌ای یافته و روز به روز نوآوری‌ها و کاربردهای مرتبط با آن گسترش می‌یابد، به‌گونه‌ای که امروزه استفاده از نانوذرات به عنوان افزودنی در بخش پایانه‌تر ماشین‌های کاغذ به یکی از جدیدترین و مهم‌ترین بخش‌های تحقیقات در صنعت خمیر و کاغذ تبدیل شده است. در این تحقیق به بررسی نانوذرات سلولزی بهبود دهنده ویژگی‌های مقاومتی و ممانعتی کاغذ پرداخته شده است. این افزودنی‌ها در ۲ گروه، نانوکریستال سلولز و سلولز میکروفیبریله شده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: نانوکریستال سلولز، فناوری نانو، پایانه‌تر، افزودنی‌های شیمیایی، کاغذسازی

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

تمایل به استفاده ازموادی که قابلیت برگشت به طبیعت را داشته باشند، به دلیل مسائل زیست محیطی رو بـه گسـترش اسـت. سلولز که از اعضای خانواده پلی‌ساکاریدهاست فراوان‌ترین بیوپلی‌مر طبیعی است که میلیون‌ها سال در طبیعـت تولیـد شـده و حاوی دسته‌جات رشته رشته مانندی به نام میکروفیبریل با قطر ۳ تا ۳۰ نانومتر است لذا جزو نانوفیبرها دسته‌بنـدی مـی‌شـوند. نانوالیاف سلولز یکی از نازک‌ترین و ظریف‌ترین فیبرها در طبیعت است که سـاختار دیـواره سـلول گیـاهی را تشـکیل داده و سبب استحکام آن می‌شوند. نانوذرات سلولزی به دلیل داشتن خواص منحصر به‌فردی چون سطح ویـژه[۱]، بلـورینگی[۲]، مـدول الاستیسیته[۳] و مقاومت ویژه[۴] بسیار زیاد و همچنین زیست تخریب‌پذیر بودن مورد توجـه ویـژه محققـان حـوزه‌هـای علـوم و تکنولوژی نانوکامپوزیت‌ها و خمیر و کاغذ قرار گرفته است (یوسفی، ۱۳۸۷). پیشرفت‌های اخیر در زمینـه نـانوفنـاوری نشـان می‌دهد که با افزودن نانوذرات سلولزی به بافت کامپوزیت‌ها ویژگی‌های مقاومتی و خواص فیزیکی و ممانعتی آن بهبـود مـی-یابد (Henriksson و همکاران، ۲۰۰۸).

به‌طور کلی نانوکامپوزیت‌ها به عنوان پلی‌مرهای (سنتزی و طبیعی) حاوی پرکننده‌هایی با داشتن حداقل یک بعـد کوچـک‌تـر از ۱۰۰ نانومتر تعریف می‌شوند. استفاده از نانوپرکننده‌های سلولزی در کامپوزیت‌ها منجر به غلبه بر محـدودیت‌هـای اسـتفاده از پرکننده‌های سنتی با مقیاس میکرو می‌شود. استفاده از نانوذرات سلولزی (سلولز میکروفیبریله شده یا نانوکریستال‌های سـلولز) به عنوان عامل تقویت کننده نانوکامپوزیت‌ها، علاوه بر هزینه کم مواد خام، مزایایی از جملـه دانسـیته کـم، تجدیدپـذیر بـودن، زیست تخریب‌پذیر بودن، سایندگی نسبتا کم در طی فرآوری و امکان دسترسی نامحدود را به همراه دارند. برای دست‌یابی بـه خواص مکانیکی زیاد در نانوکامپوزیت‌ها نیازی به مقادیر زیاد نانوذرات به عنوان پرکننده نمی‌باشـد (Siqueira و همکـاران، ۲۰۱۰).

۲- انواع نانوذرات سلولزی

برای تولید نانوذرات عمدتا از دو روش بالا به پایین و پایین به بالا استفاده می‌شود. نانوذرات سلولزی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و از طریق یکی از دو روش فوق‌الذکر تولید می‌شوند. در روش بالا به پایین با استفاده از یک سری ابزارها، مواد از جسم حجیم جدا شده و کوچک می‌شوند تا به اندازه‌های نانومتری برسند. اما روش پایین به بالا درست در جهت مخالف روش بالا به پایین است. در این روش نانومواد با استفاده از به هم پیوستن بلوک‌های سازنده مانند اتم‌ها و مولکول‌ها و قراردادن آن‌ها در کنار یکدیگر تولید می‌شوند. در تولید نانوذرات سلولزی روش‌های آسیاب‌کردن[۵]، همگـن‌سـازی[۶] و هیـدرولیز[۷] اسـیدی جـزو روش‌های بالا به پایین و روش‌هایی مانند سنتز باکتریایی و الکتروریسی[۸] جزو روش‌های پایین به بالا می‌باشـند (Dufresne، ۲۰۰۸).

1- Specific Surface
2- Crystallite
3- Elastic Modulus
4- Specific Strength
5- Grinding
6- Homogenization
7- Hydrolysis
8- Electrospining

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۱- نانوکریستال سلولز (NCC)

نانوکریستال سلولز از هیدرولیز اسیدی الیاف سلولزی تولید می‌شود. سلولز بکر شامل نواحی کریستالی و آمورف می‌باشد که نواحی آمورف در مقایسه با نواحی کریستالی دانسیته کمتری دارند. وقتی الیاف سلولزی در معرض تیمار اسیدی شدید قرار می گیرند، نواحی آمورف حل شده و نواحی کریستالی رها می‌شوند، در واقع نانوکریستال‌های سلولزی واحدهای ساختمانی کوچکی هستند که توسط هیدرولیز اسیدی از الیاف سلولزی بکر جدا می‌شوند. نانوکریستال‌های سلولز بسته به نوع منبع سلولزی، زمان و دمای واکنش و نوع اسید مورد استفاده، خواص ریخت‌شناسی متفاوتی داشته که به‌منظور مشخص کردن این خواص؛ از جمله اندازه و شکل آنها؛ انواع مختلفی از تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yu و همکاران، ۲۰۱۲). نانوکریستال‌های سلولزی، کریستال‌های صلب میله‌ای شکل با قطری در حدود ۲۰-۱۰ نانومتر و طولی در حدود ۱۰۰ نانومتر می‌باشند. به این ترتیب، ویژگی نانو متری بودن در سه بعد آن رعایت شده است. مهم‌ترین کاربرد نانوکریستال‌های سلولزی تقویت ماتریس پلی‌مری (سنتزی و طبیعی) مواد نانوکامپوزیتی می‌باشد (Huq و همکاران، ۲۰۱۲).

۲-۲- سلولز نانوفیبریله شده (NFC)

اصطلاح سلولز میکروفیبریله شده برای اولین بار در سال ۱۹۸۳ مطرح شد؛ در این زمان نانوفناوری به خوبی شناخته نشده بود، درنتیجه آقای توربک که سلولز با ابعاد نانو را از طریق همگن‌سازی ابداع کرد، آن را سلولز میکروفیبریله شده نامید که در حال حاضر بیشتر با عنوان سلولز نانو فیبریله شده شناخته می شوند. سلولز میکروفیبریله شده برخلاف نانوکریستال‌های سلولزی که به شکل میله‌های صلب می‌باشند، نانو ذراتی بلند و انعطاف پذیر بوده که از میکروفیبریل‌های سلولزی تشکیل شده‌اند. ابعاد عرضی آنها در حدود ۱۰۰-۱۰ نانومتر و طول‌شان به طور کلی در مقیاس میکرومتری می‌باشد در نتیجه دارای ۲ بعد نانومتری و یک بعد میکرومتری می‌باشد و به‌طور متناوب از نواحی کریستالی و آمورف تشکیل شده‌اند. تفاوت عمده دیگر بین این دو نوع از نانوذرات سلولزی، ساختار شبکه مانند سلولز میکروفیبریله شده می‌باشد. با توجه به خواص بی‌نظیر سلولز میکروفیبریله شده از آن در گستره وسیعی از کاربردهای تجاری از جمله در غذاها، لوازم آرایشی و بهداشتی، رنگ‌ها، کاغذ و مواد دارویی استفاده می‌شود. همچنین اخیرا با توجه به خواص مقاومتی و انعطاف‌پذیری زیاد و ضریب لاغری زیاد سلولز میکروفیبریله شده گروه‌های تحقیقاتی مختلفی توجه‌شان را به استفاده از آن به عنوان یک فاز تقویت کننده در نانوکامپوزیت‌ها معطوف ساخته‌اند (Soderberg، ۲۰۱۱؛ Siro و Plackett، ۲۰۱۰).

۳- فرایند کلی روش بالا به پایین تولید نانوسلولز

برای تولید نانوذرات، ابتدا مواد سلولزی (ترجیحا با لیگنین کم‌تر) توسط فرآیندهای خمیرسازی مثل کرافت یا سولفیت اسیدی تا عدد کاپای پایین (خمیر قابل رنگبری) لیگنین‌زدایی می‌شود؛ سپس در توالی‌های رنگبری مختلف به خمیر آلفا سلولز تبدیل می‌شود. سپس تیمار قلیایی با استفاده از ۴ درصد هیدروکسید سدیم (NaOH) بر مبنای وزن‌تر و در دمای ۸۰ċ و واکنش رنگبری با حضور بافر استات در دمای ۸۰ċ و pH= ۴/۸ انجام می‌شود. به‌واسطه این فرآیندها لیگنین و همی‌سلولزهای الیاف حذف شده و نیمه مولکول‌های[۱] سلولزی باقی می‌مانند. بعد از رنگبری با کلریت سدیم الیاف رنگبری شده بسته به نوع نانوذرات تولیدی در معرض هیدرولیز (تیمار هیدرولیز اسیدی) و یا از هم گسیختگی (نیروهای برش مکانیکی در فشار

www.SID.ir

Archive of SID

زیاد) قرار می‌گیرند (Siqueira و همکاران، ۲۰۱۰). نانو ذرات سلولزی عمدتا به دو گروه نانوکریستال سلولز[1] (NCC) و سلولز نانوفیبریله شده[2] (NFC) تقسیم می‌شوند (Dufresne، ۲۰۰۸).

۴- تاثیرات نانوذرات سلولزی بر ویژگی‌های کاغذ

یکی از موادی که امروزه در بهبود خواص مواد گوناگون و اخیرا کاغذ به کار می‌رود، نانوذرات سلولزی می‌باشند. استفاده از نانوذرات به عنوان فرصتی ایده‌آل برای توسعه کامپوزیت‌های چند منظوره با عملکرد زیاد محسوب می‌شوند و در عین حال امکان طراحی و ساخت مواد و ساختارهای جدید با انعطاف‌پذیری و خصوصیات فیزیکی بی‌نظیر را ارائه می‌دهند. نانوذرات سلولزی دارای خواص منحصربه‌فردی چون سطح ویژه، بلورینگی، مدول یانگ و مقاومت ویژه بسیار زیاد بوده و زیست-تخریب‌پذیر می‌باشند. پیشرفت‌های اخیر در زمینه نانوفن‌آوری نشان می‌دهد که با افزودن نانوذرات سلولزی به بافت کاغذ ویژگی‌های مقاومتی و خواص فیزیکی و ممانعتی آن بهبود می‌یابد (Henriksson و Berglund، ۲۰۰۷). ایده استفاده از مواد در اندازه نانو به منظور افزایش عملکرد محصولات سلولزی در تمامی کاربردها از بهبود خواص نوری، مقاومت به خراشیدن، تا تقویت خواص ممانعتی، مکانیکی و مقاومتی را پوشش می‌دهد. عقیده بر این است که یکی از مهم ترین خطوط توسعه راهبردی در صنایع سلولزی در سال‌های پیش رو، نانوتکنولوژی خواهد بود (Ramsden، ۲۰۰۴).

با استفاده از ریزساختارهای سلولزی مانند سلولز نانوفیبریله شده می‌توان از مزایای سطح پیوند زیاد این مواد در بهبود ویژگی-های مقاومتی و با جایگزینی بخشی از مواد افزودنی و پرکننده معدنی با این ساختار، هم از افت مقاومت‌ها جلوگیری کرده و هم ساختار کاغذ را بهبود بخشیده و با توجه به خواص ذاتی این مواد می‌توان مقاومت‌ها و یکنواختی کاغذ را افزایش داده و تخلخل آن را نیز کاهش دهیم. با کنترل ساختار تخلخلی کاغذ چه در سطح و چه در بافت درونی کاغذ، ویژگی‌های ممانعتی و سطحی بهبود یافته و جنبه‌های کاربردی آن در صنایع چاپ و بسته بندی توسعه می‌یابد. از آنجایی که نانوذرات سلولزی به دلیل سیستم‌های فعلی تولید به صورت صنعتی قابل استفاده نمی‌باشند؛ بدین منظور به منظور استفاده از این مواد و بهبود حداکثری خواص کاغذ، این مواد را به صورت پوشش‌دهی(اندود) بر روی کاغذ اعمال می‌کنند که به مراتب کارایی آن نسبت به سیستم پایانه تر بیشتر می‌باشد (Klemm و همکاران، ۲۰۱۱).

۵- ویژگی‌های نانو سلولز

نانوفیبریل‌های سلولزی نسبت سطح به حجم بسیار زیادی دارند. افزایش سطح ویژه نانوفیبریل‌های سلولزی به این معناست که تعداد گروه‌های هیدروکسیل که در سطح قرار می‌گیرند و آماده تشکیل پیوند هیدروژنی با گروه هیدروکسیلی سطح مجاور خود هستند، بیشتر می‌شود، از طرفی سلولز میکروفیبریله شده با داشتن مساحت سطحی زیاد و به‌واسطه افزایش پیوندها، خواص مقاومتی کاغذ را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد (Henriksson و همکاران، ۲۰۰۸). از عوامل دیگری که موجب اثر تقویت‌کنندگی زیاد نانوفیبریل‌های سلولزی می‌شود داشتن ضریب لاغری زیاد این نانوماده است. با افزایش ضریب لاغری، درگیری نانوفیبریل‌ها و تعداد نقاط اتصال آن‌ها به یکدیگر بیشتر می‌شود. در واقع تعداد بیش‌تری از نانوذرات به هم-دیگر متصل می‌شوند و لذا یک شبکه بسیار مستحکم به وجود می‌آید (یوسفی، ۱۳۸۷). برای دست‌یابی به اتصالات بین فیبری مستقیم، الیاف سلولزی باید با پالایش و کوبیده شدن در آب فیبریله شوند. ماهیت فرآیند فیبریله شدن جدا شدن دسته-

1- Nanocrystalline Cellulose
2- Microfibrillated Cellulose

www.SID.ir

Archive of SID

جات نانوفیبریل از سطح فیبر است. تشکیل دسته‌جات نانوفیبریل سلولزی در حین فرآیند کوبیدن الیاف یک نیاز ضروری برای ایجاد بافتی چگال و مقاوم برای بسیاری از کاغذها می‌باشد. پیشرفت‌های اخیر در زمینه نانوفناوری نشان می‌دهد که امکان افزایش مقاومت‌های کاغذ با افزودن ذرات نانوسلولز (سلولز نانوفیبریله شده) به بافت کاغذ وجود دارد (Iolovich، ۲۰۰۸).

مدول کششی نانو کریستال سلولز حدود ۱۵۰ GPa است که بیشتر از مقدار متوسط مدول کششی فولاد (۱۳۰ GPa) و آلومینیوم (۷۰ GPa) می‌باشد (یوسفی، ۱۳۸۷). به طور کلی نانو کریستال سلولز ۳۰-۲۵ درصد مقاومت نانو لوله های کربنی را دارد. محققین مدول کششی بالای شبکه سلولز را به دانسیته و سختی پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای سلولز مربوط دانسته‌اند. پیوندهای هیدروژنی به عنوان عامل پایدار کننده در شبکه سلولز (از لحاظ کمیت و کیفیت) بسیاری از رفتارهای آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند و دلایل منطقی در جهت توجیه اثرات رطوبت، دما و زمان بر مدول الاستیک و رفتار شبکه‌های سلولز نسبت به این عوامل را ارایه می‌دهند (Nissan و Higgins، ۱۹۵۹).

۶- چالش‌های استفاده از نانوذرات سلولزی

عمده‌ترین چالش‌ها در زمینه استفاده از نانوذرات سلولزی به منظور بهبود ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و ممانعتی کاغذ، کاهش سرعت آبگیری سوسپانسیون خمیر و ماندگاری ضعیف آنها در حین فرآیند شکل‌گیری کاغذ می‌باشد.

چالش‌های مشخصی نیز در ارتباط با نانوپرکننده‌ها مثل هزینه زیاد، مشکل در ساختار و کنترل ساخت آنها، قابلیت پراکنش و ماندگاری ضعیف، اثرات منفی شدید احتمالی بر مقاومت کاغذ، امکان برهم کنش‌های منفی بین نانوپرکننده‌ها با بعضی از افزودنی‌های پایانه تر و محدودیت‌های صنعتی آنها وجود دارد (اکبرپور و مشکور، ۱۳۹۰).

۷- استراتژی‌های لازم برای غلبه بر چالش‌های استفاده از نانوذرات سلولزی

۷-۱-کاهش زمان آب‌گیری

می‌توان با انتخاب نوع و مقدار بهینه سلولز نانوفیبریله و همچنین با استفاده از یک پلی الکترولیت کاتیونی با وزن مولکولی زیاد و دانسیته شارژ کم که با مکانیسم‌های خنثی‌سازی و پل‌زنی باعث تثبیت سلولز میکروفیبریله شده بر روی الیاف می‌شود و همچنین کنترل شرایط فرآیندی، افزایش خواص مقاومتی کاغذ را بدون کاهش قابل توجه در سرعت آبگیری تامین کرد [۱۵].

۷-۲- افزایش ماندگاری نانوذرات سلولزی

برای تثبیت سلولز میکروفیبریله شده بر روی الیاف از مواد کمک‌ماندگاری کاتیونی با وزن مولکولی متوسط و زیاد استفاده می‌شود. عوامل کمک‌ماندگاری کاتیونی باعث جذب سطحی سلولز میکرو فیبریله شده بر روی الیاف می‌شوند که در این صورت این ذرات به همراه الیاف بر روی توری باقی می‌مانند. جذب سطحی باید پایدار باشد، یعنی این قابلیت را داشته باشد که در برابر نیروهای بالای تلاطم مقاومت کند. عمده‌ترین پلی‌مرهای کاتیونی که برای تثبیت سلولز میکروفیبریله شده استفاده می‌شوند، نشاسته و پلی‌اکریل‌آمید که به عنوان عوامل بهبود دهنده ماندگاری، تمایل زیادی به جذب سطحی و لخته‌شدگی با ذرات باردار آنیونی در سوسپانسیون آبی را دارند (Taipale **و همکاران**، ۲۰۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

مزیت‌های قابل ملاحظه‌ای در زمینه استفاده از نانوفناوری و ذرات نانو در پایانه‌تر ماشین کاغذ قابل دستیابی است. نانوذرات سلولزی با داشتن خواص منحصر به‌فردی از جمله، سطح ویژه، بلورینگی، مدول الاستیسیته و مقاومت ویژه بسیار زیاد و همچنین زیست تخریب‌پذیر بودن باعث بهبود خواص مقاومتی و ممانعتی کاغذ می‌شوند. چگونگی رسیدن به چنین مزیت-هایی در گرو کنترل شیمی پایانه‌تر ماشین کاغذ می‌باشد، چرا که با پیچیده شدن مواد شیمیایی مورد استفاده در پایانه‌تر ماشین کاغذ کنترل شیمی پایانه‌تر نیز بیش از پیش پیچیده شده و لذا نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه احساس می‌شود. هر چند با ظهور نانوفناوری در صنعت کاغذسازی و استفاده از نانوذرات در پایانه‌تر ماشین کاغذ، افزودنی‌های شیمیایی موثرتری در اختیار داشته که به طبع استفاده از آنها ویژگی‌های کاغذ بهبود می‌یابد، اما برای انتخاب بهترین سیستم مواد شیمیایی بایستی در ابتدا به کمک روش‌های ارزیابی مناسب، پیچیدگی‌های سیستم، وضعیت ماندگاری و آب‌گیری از آنها را بررسی نماییم تا بتوانیم نوع نیازها را شناسایی کرده و سیستم‌های مناسب با آن نیازها را معرفی کنیم و درنهایت با مدنظر قراردادن فاکتورهایی نظیر وضعیت شیمی پایانه‌تر، طرز عملکرد ماشین کاغذ و ویژگی‌های مورد انتظار از محصول نهایی بهترین انتخاب را انجام دهیم.

منابع

۱. اکبرپور، مشکور، م. (۱۳۹۰). کاربرد و چالش‌های نانوفیلر در پایانه تر کاغذسازی، ماهنامه تخصصی صنایع چوب، مبلمان و کاغذ ایران، ۱۱(۶۵): ۵۵-۵۳.

۲. یوسفی، ح. (۱۳۸۷). نانوسلولز شکل جدیدی از ماده اولیه لیگنوسلولزی و محصولی از فناوری نانو. اولین کنفرانس ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم کشاورزی و منابع طبیعی(دانشگاه آزاد رشت، اسفند ۸۷).

3. Dufresne, A. (2008). Cellulose-based composites and nanocomposites. In Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources, 1st ed.; Gandini, A., Belgacem, M.N., Eds.; Elsevier: Oxford, UK; pp. 401-418.
4. Henriksson, M., Berglund, L.A., Isaksson, P., Lindstrom, T., Nishino, T. (2008). Cellulose nanopaper structures of high toughness. Biomoleculares 9. 1579-1585.
5. Henriksson, M., and Berglund, L. A. (2007). Structure and properties of cellulose nanocomposite films containing melamine formaldehyde. Journal of Applied Polymer Science, 106: 2817–2824.
6. Huq, T., Salmieri, S., Khan, A., Khan, R.A., Tien, C.L., Riedl, B., Fraschini, C., Bouchard, J., Calderon, J.U., Kamal, M.R., and Lacroix, M. (2012). Nanocrystalline cellulose (NCC) reinforced alginate based biodegradable nanocomposite film, Carbohydrate Polymers, 90:1757-1763.
7. Iolovich, M. (2008). Cellulose as an nanostructured polymer: a short review. BioResources 3(4), 1403-1418.
8. Klemm, D., Kramer, F., Mortiz, S., Lindstrom, T., Ankerfors, M., Gray, D., and Dorris, A. (2011). Nanocelluloses: A new family of nature-based material, Angew.Chem.Int,Ed., 50:5438-5466.
9. Nissan, A. H., and Higgins, H. G. (1959). Moleculant approach to the problem of viscoelasticity. Nature, 184: 1477-1478.
10. Ramsden, J. (2004). Nanotechnology in coatings, Ink and Adhesives Pira International LTD. Leatherhead. UK.Pp 69.

www.SID.ir

Archive of SID

11. Siro, I., and Plackett, D. (2010). Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review, Cellulose, 17:459-494.
12. Siqueira, G., Bras, J., Dufresne, A. (2010). Cellulosic Bionanocomposites: A Review of Preparation, Properties and Applications. Polymers, 2(4):728-765.
13. Soderberg, D. (2011). Fluid dynamic challenges of future nano cellulose fiber processes, Paper con., Northern Kentucky Convention Center.
14. Taipale, T., sterberg, M. O., Nykanen, A., Ruokolainen, J., Laine, J. (2010). Effect of microfibrillated cellulose and fines on the drainage of kraft pulp suspension and paper strength. Springer Science Business Media B.V.
15. Yu, M., Yang, R., Huang, L., Cao, X., Yang, F., and Liu, D. (2012). Preparation and characterization of bamboo nanocrystalline cellulose, BioResources, 7(2):1802-1812.

Nanocellulose and its application in papermaking industries

[*1]Tahere Alikhah, [2]Elyas Afra, [3]Ahmadreza Saraeyan, and [3]Ali Ghasemian
[1]M.Sc. Student in pulp and paper industry, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
[2]Assistant Professor in pulp and paper industry, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
[3]Associate Professor in pulp and paper industry, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
***Corresponding Author:** t.alikhah@yahoo.com

Abstract
In recent years, papermakers are adding different chemicals in wet -end paper machine to improve the physical properties, mechanical, optical and operations. Therefore, for improving the properties of paper, with the special challenges are faced. One of the main way to overcome these challenges in a more effective is use of chemical additives would be wet-end paper machine. The use of nanoparticles, nanostructures and laboratory equipment related to nanotechnology has been great development. This technology in papermaking are given special status and through put will expand on the novel process and it related applications, so that use as an additive in the wet end Inserts paper machines into one of the newest and most important sections of research in the pulp and paper industry has become. The objective of this study was to investigation the cellulose nanoparticles as improvement strength and barrier properties of paper. This additives in the two groups included Nanocrystalline cellulose and microfibrilated cellulose have been studied.

Keywords: Nanocrystalline cellulose, Nanotechnology, Wet-end, Chemical additive, Papermaking

www.SID.ir