جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٩، شماره ٣، پاییز ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/١٢/١٤
تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/٠٤/٢٥

ص ٦٠٣-٦١٤

بهبود طول پارگی کاغذ با نانو الیاف سلولزی در خمیر کاغذ باگاس

❖ **محمد هادی مرادیان***؛ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
❖ **پژمان رضایتی چرانی؛** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
❖ **محمد علی سعادت‌نیا؛** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

چکیده

کارخانه کاغذ پارس به‌منظور بهبود مقاومت کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ باگاس، خمیرکاغذ الیاف بلند وارداتی سوزنی‌برگ به‌عنوان تقویت کننده استفاده کرده و این هزینه‌های زیادی را به کارخانه تحمیل می‌کند. این تحقیق با هدف بررسی جایگزین سیستم‌های افزودنی نشاسته کاتیونی- بنتونیت، نانوالیاف سلولز- نشاسته کاتیونی، و نانوالیاف سلولزی- پلی اکریل آمید کاتیونی، با خمیر کاغذ الیاف بلند برای بهبود طول پارگی کاغذ حاصل از خمیرکاغذ باگاس انجام شد. نتایج نشان داد با افزودن ١ درصد نشاسته کاتیونی، طول پارگی کاغذ حاصل معادل کاغذ باگاس تقویت شده با ١٥ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی به‌دست می‌آید اما به دلیل مشکلات فرآیندی احتمالی، تیمار ترکیبی با مقدار نشاسته کمتر (٠/٧٥ درصد) همراه با ٣ درصد نانو الیاف سلولزی نیز بررسی شد که توانست طول پارگی معادل را ایجاد کند. همچنین با افزودن ٧/٥ درصد نانو الیاف سلولزی و ٠/٠٣ درصد پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به خمیر کاغذ باگاس بدون استفاده از نشاسته نیز طول پارگی معادل افزودن ١٥ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند حاصل شد. افزودن بنتونیت به همراه نشاسته کاتیونی به خمیر کاغذ باگاس موجب بهبود جزئی آب‌گیری خمیر کاغذ شد.

واژگان کلیدی: باگاس، خمیر کاغذ، طول پارگی، نانو الیاف سلولزی، نشاسته کاتیونی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ٠٦١٥٢٧٣١٦٦٢، فکس: ٠٦١٥٢٧٣١٦٦٢
Email: moradian_h@yahoo.com

مقدمه

رشد مصرف کاغذ و رقابت برای تولید با کیفیت و هزینه کم‌تر سبب شده محققین و تولیدکنندگان این صنعت به دنبال راهکارهای مختلف باشند که برخی از آنها عبارتند از: استفاده از الیاف لیگنوسلولزی غیرچوبی همانند تفاله نیشکر (باگاس) [۱]، کاه و کلش گندم [۲] و برنج [۳]، کاشت درختان دست‌کاشت و سریع الرشد [٤]، توسعه استفاده از الیاف بازیافتی [۵] و افزودنی‌های جدید [٦].

معمولا از باگاس در بسیاری از کشورها مانند استرالیا، مالزی، چین و ایران برای تولید خمیر کاغذ استفاده می‌شود. در ایران کارخانه کاغذ پارس واقع در هفت تپه خوزستان (از توابع شهرستان شوش) براساس استفاده از این ماده ارزشمند در سال ۱۳٤٦ تأسیس شده است. از آنجایی که این کارخانه از طرفی همانند بسیاری از کارخانه‌های مشابه، جهت افزایش کیفیت محصولات تولیدی نیازمند افزودن الیاف بلند وارداتی می‌باشد و از طرف دیگر هزینه‌های زیاد تهیه این خمیر کاغذ الیاف بلند یک عامل محدود کننده است، از این‌رو به‌نظر می‌رسد استفاده از جایگزین‌های ارزان قیمت به‌ویژه ترکیبات دوست‌دار محیط‌زیست امری قابل تامل باشد. مثل مواد افزودنی که برای تقویت ویژگی‌های مکانیکی کاغذ چاپ تحریر در بخش تر کاغذسازی استفاده می‌شود می توان به نشاسته [۷]، بنتونیت و پلی‌اکریل‌آمید [۸] و نانو الیاف سلولزی [۹] اشاره کرد.

نشاسته به دلیل قیمت به‌نسبت کم و قابلیت بهبود مقاومت‌های مکانیکی کاغذ به‌طور سنتی در بخش تر کاغذسازی استفاده می‌شود. اعتقاد بر این است که نشاسته در فرایند بخش تر، جذب الیاف سلولزی می‌شود و در نتیجه امکان تشکیل پیوند هیدروزنی را تقویت می‌کند. همچنین یون و همکاران گزارش داده‌اند که بهبود استحکام کاغذ در حالت خشک در صورت استفاده از نشاسته مربوط به افزایش استحکام برشی در واحد سطح اتصال است [۱۰]. اگر چه استفاده از نشاسته استحکام کاغذ را بهبود می‌بخشد، اما مصرف زیاد آن می‌تواند سبب بروز مشکلاتی در بخش تر فرآیند کاغذسازی شود [۱۱]. مثلاً مصرف نشاسته کاتیونی به مقدار زیاد می‌تواند سبب کلوخه‌ای شدن الیاف و در نتیجه افزایش بار کاتیونی سیستم شود. کلوخه شدن الیاف نیز به نوبه خود می‌تواند موجب شکل‌گیری ضعیف کاغذ نهایی شود [۸]. همچنین اگر ماندگاری نشاسته کنترل نشود، نشاسته جذب نشده می‌تواند در آب سفید فرایندی تجمع یابد و تولید لجن، گل، و مشکلات چسبندگی نماید [۱۲]. بر اساس گزارشات رابرت مصرف ۱ تا ۲ درصد نشاسته کاتیونی می‌تواند سبب بهبود قابل توجه استحکام کاغذ نهایی شود ولی این مقادیر از طرف دیگر مشکلات فرآیندی را به شدت تشدید خواهد ساخت [۸].

استفاده از نانو الیاف سلولزی در چند سال اخیر به عنوان یکی از مواد افزودنی جدید جهت بهبود مقاومت کاغذ مورد توجه زیادی قرار گرفته است [۱۳-۱۵]. بر پایه این تحقیقات، به‌کارگیری نانو الیاف سلولزی با کمک‌نگه‌دارنده پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی سبب تقویت فرآورده‌های کاغذی می شود؛ اگر چه مقدار این تقویت کنندگی با توجه به نوع نانو الیاف سلولزی به‌کار گرفته شده متفاوت است. به‌طور کلی نانو الیاف سلولزی در کاغذسازی در هر دو بخش تر و خشک می‌تواند به‌کار گرفته شود. به‌دلیل سطح ویژه زیاد (۱۸۲/۷۹ متر مربع بر گرم) و نسبت طول به قطر

زیاد [١٦]، استفاده از نانو الیاف سلولزی به‌عنوان تقویت‌کننده در بخش تر سبب افزایش مقاومت تر [١٤] و کاهش قابلیت آب‌گیری و جذب آب خمیر کاغذ می‌شود. در رابطه با استفاده از نانو الیاف سلولزی به‌نظر می‌رسد این مواد می‌توانند با قرارگیری در فواصل بین الیاف خمیر کاغذ به‌عنوان یک پل ارتباطی عمل کنند [١٧]. همچنین به دلیل امکان ایجاد شبکه درهم تنیده الیاف (به‌صورت مکانیکی) سبب افزایش مقاومت‌های کاغذ می شود. البته با توجه به ضخامت بسیار کم نانو الیاف سلولزی در مقایسه با الیاف خمیر کاغذ سطح نهایی صاف‌تری را نیز می‌توان انتظار داشت که می‌تواند سبب بهبود کیفیت چاپ و کاهش تخلخل کاغذ گردد.

امکان جایگزینی خمیر کاغذ الیاف بلند سوزنی برگان با نانوالیاف سلولزی برای بهبود مقاومت‌های کششی کاغذ حاصل از پهن برگان مورد ارزیابی قرار گرفته است[٩]. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌جای افزودن ٣٠ درصد خمیر کاغذ کرافت کاج، برای رسیدن به یک مقدار معین از شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن، می توان به ترتیب از حدود یک چهارم (٧ درصد) و یک‌پنجم (٦ درصد) نانو الیاف سلولزی استفاده کرد. تحقیقات دیگر نشان داد که زمان آب گیری، درجه روشنی، مقاومت کششی و دانسیته کاغذ پس از افزودن نانو الیاف سلولزی به خمیر پایه افزایش می یابد اما ضخامت کاغذها کاهش پیدا کرده است. به رغم خواص مثبت تقویت کنندگی نانو الیاف سلولزی در مقاومت کششی، با افزودن نانو الیاف سلولزی مقاومت به پارگی کاغذها اندکی کاهش یافته است [١٣]. تحقیقات اخیر در زمینه تولید نانو الیاف سلولزی حاصل از خمیر کاغذ باگاس با استفاده از ١ درصد آن، همراه با ٠/١ درصد کمک نگهدارنده پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، برای استفاده در ساخت کاغذ از خمیر کاغذ باگاس، دلالت بر بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ بدون تاثیر معنی داری در افزایش زمان آب‌گیری داشته است [١٣]. با بررسی این تحقیقات یکی از محدودیت‌های استفاده از نانوالیاف سلولزی در بخش تر کاهش مقدار آب‌گیری گزارش شده است. برای تسهیل آب‌گیری اگرچه پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به عنوان کمک نگهدارنده نانوالیاف سلولزی می‌تواند مفید باشد ولی همواره استفاده از آنها باید در کمترین مقدار مجاز باشد تا منجر به دیگر مشکلات فرایندی نشود [١٨].

بنتونیت یکی دیگر از موادی است که در صنایع کاغذسازی بعضاً برای تسهیل آب‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد [١٩]. بنتونیت به‌طور عمده از مونت‌موریلونیت[1] با ذرات سیلیکا، کوارتز و دیگر مواد رسی تشکیل شده است. بعضی از ویژگی‌های خاص بنتونیت شامل تورم، جذب آب، تشکیل فلاک، بهبود آب‌گیری خمیر کاغذ و ماتی کاغذ سبب شده تا بنتونیت به‌عنوان یک ماده با ارزش، کاربرد وسیعی داشته باشد [١٩].

در این تحقیق عملکرد سیستم‌های نشاسته کاتیونی– بنتونیت، نشاسته کاتیونی– نانو الیاف سلولزی و نانو الیاف سلولزی–پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به عنوان سیستم‌های دوست‌دار محیط زیست و ارزان در مقایسه با استفاده از خمیر کاغذ الیاف بلند برای بهبود طول پارگی کاغذ دست‌ساز با استفاده از خمیر کاغذ باگاسبا هدف جایگزینی بخشی یا تمام خمیر

1. Montmorillonite

کاغذ الیاف بلند با سیستم‌های فوق در کارخانه کاغذ پارس با حفظ طول پارگی کاغذبررسی شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از خمیر کاغذ سودای باگاس کارخانه کاغذ پارس، رنگ‌بری شده با هیپوکلریت سدیم استفاده شد. قبل از مخلوط شدن این خمیر کاغذ با خمیر کاغذ برگشتی و خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی در مخزن مخلوط‌سازی[1] از آن به‌طور تصادفی نمونه برداری انجام شد. همچنین از خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی نیز به‌صورت سوسپانسیون قبل از مخلوط شدن با خمیر کاغذ باگاس به‌صورت تصادفی نمونه برداری شد. نانو الیاف سلولزی تهیه شده به روش سوپر آسیاب[2] از آلفا سلولز سوزنی برگان از شرکت تعاونی دانش بنیان نانو نوین پلیمر تهیه شد. بنتونیت نیز از شرکت اراک پودر و نشاسته کاتیونی از شرکت گلوکوزان خریداری شد.

روش ها

روش آماده‌سازی بنتونیت

برای تهیه محلول ۰/۵ درصد غلظت (قابل تغییر) بنتونیت مقدار مورد نیاز بنتونیت را برداشته و در داخل آب مقطر به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق توسط هم‌زن حل شد. سوسپانسیون بنتونیت تهیه شده بلافاصله بعد از برداشتن از روی همزن رسوب کرد. از این‌رو جهت برداشتن نمونه بنتونیت، این عمل در ضمن هم خوردن سوسپانسیون بنتونیت به کمک هم‌زن مغناطیسی صورت گرفت تا از یکنواختی سوسپانسیون اطمینان حاصل شود.

روش آماده‌سازی نشاسته کاتیونی

نشاسته کاتیونی مورد استفاده در این دارای pH حدود ٦، درجه استخلاف [3] (D.S.) حدود ۰/۰۳۵ mol/mol ، مقدار پروتئین ۱/۵ درصد، نیتروژن ۰/۲۵ درصد، خاکستر ۲ درصد و رطوبت نیز حدود ۱۱ درصد بر اساس وزن مرطوب بود. برای استفاده از این نشاسته باید از قبل آماده‌سازی و یا به اصطلاح پخته شود. برای تهیه محلول نشاسته با غلظت gr/c ۰/۵٪ (یعنی ۰/۵ گرم نشاسته خالص در ۱۰۰ سی سی محلول آب و نشاسته)، مقدار نشاسته ناخالص مورد نیاز با در نظر گرفتن درصد رطوبت و درصد خاکستر (۰/٦٢٤ درصد) تعیین شد. مقدار ناخالص تعیین شده در یک ارلن ریخته شد و حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰ رسید. پس از هم زدن کافی، دما درون ارلن با یک دماسنج کنترل شد و روی درب ارلن نیز یک ورقه فویل برای جلوگیری از تبخیر آب قرار داده شد. با قرار دادن ارلن روی هیتر در مدت ۳۰ دقیقه و به آرامی دما به ۹۰ درجه سانتیگراد رسانده شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در این دما نگهداری گردید. محلول نشاسته حاصل هر روز به صورت تازه آماده و مورد مصرف قرار گرفت تا از تغییرات ویسکوزیته و غلظت ناشی از اثرها محیطی جلوگیری شود.

روش آماده‌سازی پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی (cPAM)[4]

آماده‌سازی پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به روش چرانی (۲۰۱۳) صورت گرفت[۹]. بدین منظور ابتدا ۰/۱۲۵ گرم از پلی‌مر پلی‌اکریل‌آمید (با نام تجاری PL 15 20 و دارای وزن مولکولی ۷ میلیون گرم بر مول و ۲۰٪ دانسیته شارژ مولکولی گروهای کاتیونی) که جزء گروه

1. Mixing Tank
2. Super Grinder
3. Degree of substitution
4. Cationic Polyacrylamide

پلی‌مرهای با وزن ملکولی زیاد و شارژ الکتریکی کم محسوب می‌شود، درون یک بالون ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول به آن اضافه شد و پس از ۲ دقیقه، ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به داخل بالن اضافه و به‌مدت ۲ دقیقه با دست تکان داده شد. محتویات بالن با کمک یک مگنت صاف به‌مدت ۳ ساعت هم زده شد. بالن حاوی پلی‌مر حدود ٢٤ ساعت در یخچال نگه‌داری شد. سپس هنگام استفاده، محتویات بالن با آب مقطر به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده و به‌مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. محلول پلی‌مر ساخته شده که دارای غلظت ۰/۰۵درصد بود، برای ماندگاری نانو الیاف در سوسپانسیون خمیر کاغذ جهت ساخت کاغذ دست‌ساز مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه سوسپانسیون خمیر کاغذ و ترتیب افزودن مواد

برای تهیه کاغذهای ترکیبی با افزودن نانو الیاف و نشاسته کاتیونی، ابتدا سوسپانسیون خمیر کاغذ با ۰/۳ درصد خشکی با دستگاه هم‌زن با ۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ٦٠ ثانیه هم زده شد. سپس سوسپانسیون نانو الیاف با همان درصد خشکی (۰/۳ درصد) که از قبل آماده شده بود، به مقدار لازم به سوسپانسیون خمیر کاغذ اضافه شد و به مدت ۳۰ ثانیه دیگر سوسپانسیون حاصل (با همان دور) هم زده شد. در ادامه نشاسته کاتیونی به سوسپانسیون خمیر کاغذ و نانو الیاف اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه دیگر سوسپانسیون حاصل با همان دور هم زده شد و سپس در داخل محفظه سیستم ساخت کاغذ دست‌ساز ریخته شد.

برای تهیه کاغذهای ترکیبی با افزودن بنتونیت و نشاسته کاتیونی، مانند بالا عمل شد فقط به‌جای نانو الیاف از بنتونیت با درصد خشکی ۰/۳ درصد استفاده شد. همچنین برای تهیه کاغذهای ترکیبی با افزودن نانو الیاف و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، پس از اضافه کردن نانو الیاف به روش بالا، پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به سوسپانسیون اضافه شد و سپس سرعت چرخش هم‌زن به۱۵۰۰ دور در دقیقه افزایش یافت و پس از ۱ دقیقه هم‌زدن، سوسپانسیون حاصل به داخل محفظه سیستم ساخت کاغذ دست‌ساز ریخته شد.

مطابق با استانداردهای آیین نامه TAPPI[1] اندازه‌گیری درجه روانی خمیر کاغذ (T 227 om-04)، و ساخت کاغذ دست‌ساز (T 205 sp-02)، ضخامت (T 411 om-05)، گراماژ (T 410 om-02)، ویژگی‌های کششی (T 404 cm-92) و ماتی کاغذ (T 425 om-01) انجام شد.

نتایج و بحث

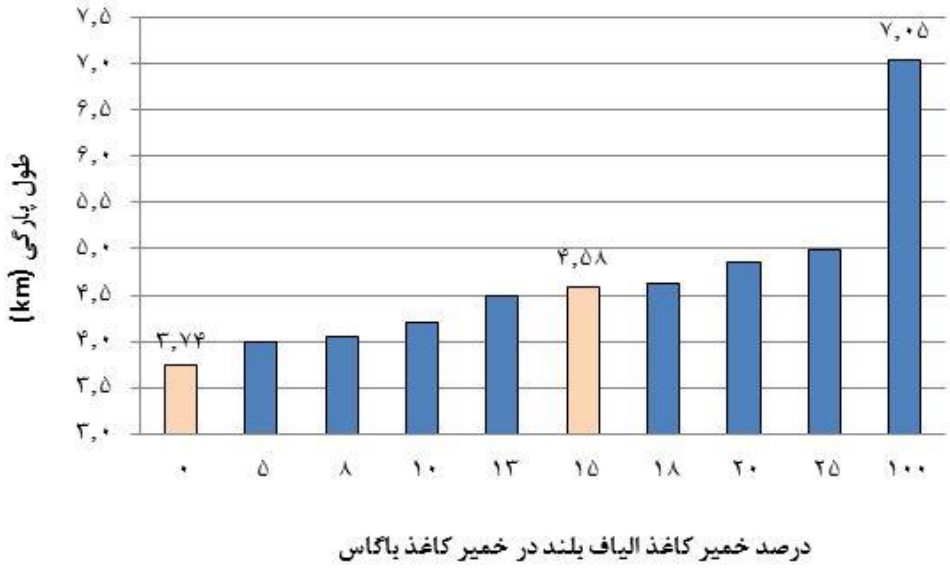
تاثیر افزودن خمیر کاغذ الیاف‌بلند بر طول پارگی

با توجه به شکل ۱ با افزایش درصد خمیر کاغذ الیاف بلند در ترکیب خمیر کاغذ باگاس، طول پارگی از ٣/٧٤ تا ۷/۰۵ کیلومتر تغییر کرده است. با توجه به اینکه برای جبران طول پارگی کاغذ تولیدی در کارخانه کاغذ پارس معمولاً ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند به خمیر کاغذ باگاس اضافه می‌شود طول پارگی ٤/٥٨ کیلومتر که حاصل افزودن این مقدار خمیر کاغذ الیاف بلند است به عنوان سطح قابل قبول از طول پارگی در نظر گرفته خواهد شد که در این تحقیق دست یافتن به این سطح با استفاده از افزودنی‌های دیگر بررسی شده است.

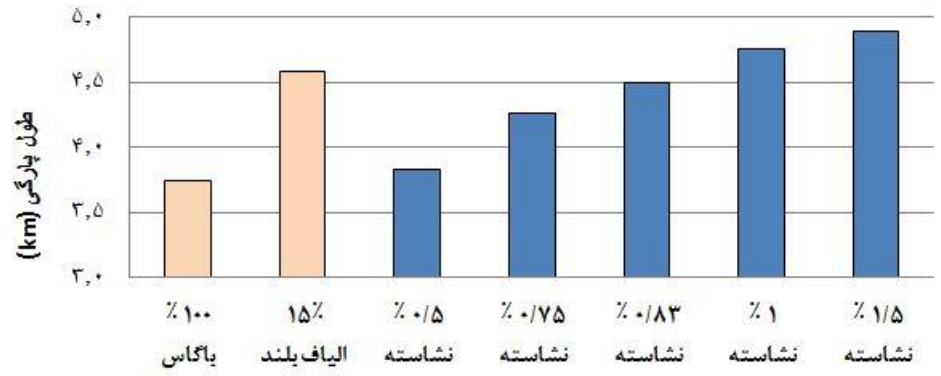
1. Technical Association of Pulp and Paper Industry

تاثیر افزودن نشاسته کاتیونی و بنتونیت بر طول پارگی

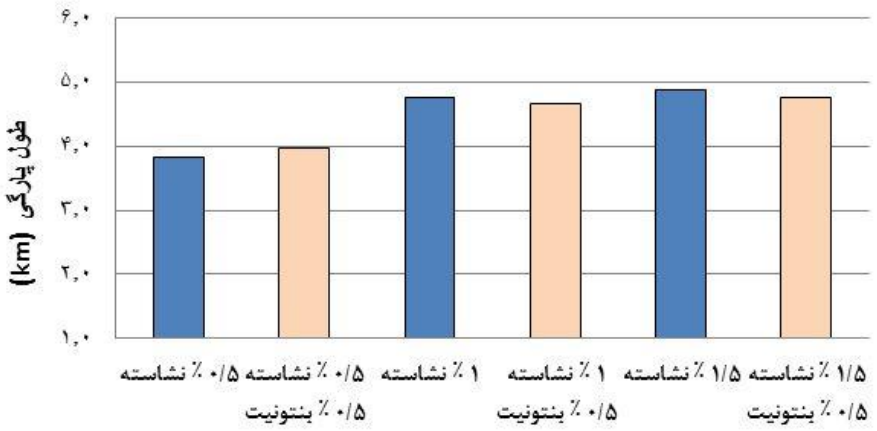
در شکل ۲ مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار نشاسته طول پارگی افزایش می‌یابد. به‌طوریکه در اثر افزودن ۱ درصد نشاسته کاتیونی به سوسپانسیون، طول پارگی به ٤/٧٥ کیلومتر و با افزودن ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند طول پارگی به ٤/٥٨ کیلومتر افزایش یافت. بنابراین افزودن ۱ درصد نشاسته کاتیونی، طول پارگی را بیش‌تر از ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف‌بلند بهبود داده است. اما با توجه به شکل ۳ افزودن بنتونیت به همراه نشاسته کاتیونی تاثیر چندانی بر طول پارگی کاغذ حاصله نداشت. نتایج تحقیقات جلالی (۲۰۱٤) نیز نشان می‌دهد که بنتونیت بیشتر عامل افزایش سرعت آب‌گیری سوسپانسیون خمیر کاغذ است تا مقاومت دهنده کاغذ [۱۹].



شکل ۱. تاثیر درصدهای مختلف اختلاط خمیر کاغذ الیاف بلند با باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز



شکل ۲. تاثیر افزودن درصدهای مختلف نشاسته کاتیونی به خمیر کاغذ باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز



شکل ۳. تاثیر افزودن نشاسته کاتیونی و بنتونیت به خمیر کاغذ باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز

لازم به ذکر است که در کارخانه کاغذ پارس افزودن ۱ درصد نشاسته کاتیونی به سوسپانسیون خمیر کاغذ به مدت یک روز قبلا تجربه شده اما به دلیل مشکلات فرآیندی ایجاد شده در ماشین کاغذ مثل چسبندگی و رسوبات نشاسته در هدباکس و ایجاد حباب نشاسته در بخش پایانه مرطوب و نهایتا سوراخ شدن کاغذ و پارگی آن متوقف شده است. در ادامه امکان کم کردن مقدار نشاسته یا جایگزینی کامل آن با افزودنی‌های دیگر بررسی شد.

تاثیر افزودن نانو الیاف سلولزی به همراه نشاسته کاتیونی بر طول پارگی

با توجه به شکل ٤ افزودن نانو الیاف سلولزی به همراه نشاسته کاتیونی سبب افزایش طول پارگی کاغذ شد. بر اساس این نتایج، مقدار تقریبا ۳ درصد نانو الیاف سلولزی به همراه ۰/۷۵ درصد نشاسته کاتیونی قابلیت جایگزینی با خمیر کاغذ الیاف‌بلند در ساخت کاغذ برای دست‌یابی به طول پارگی معادل را داشت. لازم به ذکر است با توجه به شکل ۲ مقدار ۰/۷۵ درصد نشاسته کاتیونی به تنهایی طول پارگی کاغذ را تا حد ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند بهبود نمی‌دهد درحالی‌که به همراه ۳ درصد نانو الیاف سلولزی از آن پیشی گرفته است. این بهبود در طول پارگی کاغذ دلالت بر اثرها متقابل مثبت نشاسته و نانو الیاف سلولزی می‌تواند داشته باشد. همچنین افزودن نانو الیاف سلولزی کمتر (۱ و ۲ درصد) نیز نتوانست با ۰/۷۵ درصد نشاسته کاتیونی به طول پارگی معادل افزودن ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند برسد.

تاثیر افزودن نانو الیاف سلولزی و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی بر طول پارگی

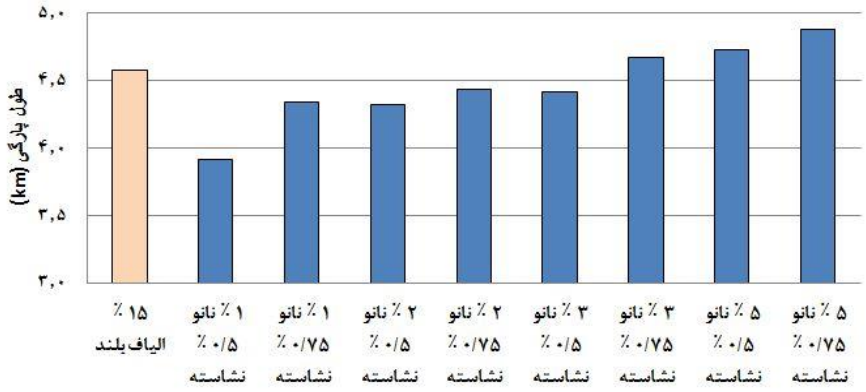
افزودن ۳ درصد نانو الیاف سلولزی به همراه پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی

با توجه به شکل ۵ افزودن ۳ درصد نانو الیاف سلولزی موجب بهبود طول پارگی کاغذ حاصله در مقایسه با کاغذ ساخته شده از ۱۰۰ درصد خمیر کاغذ باگاس می‌شود و افزودن کم پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، به دلیل نگهداشتن بیشتر نانو الیاف سلولزی و نرمه‌ها و افزایش پیوندهای ممکن طول پارگی کاغذ را بهبود می‌دهد. با

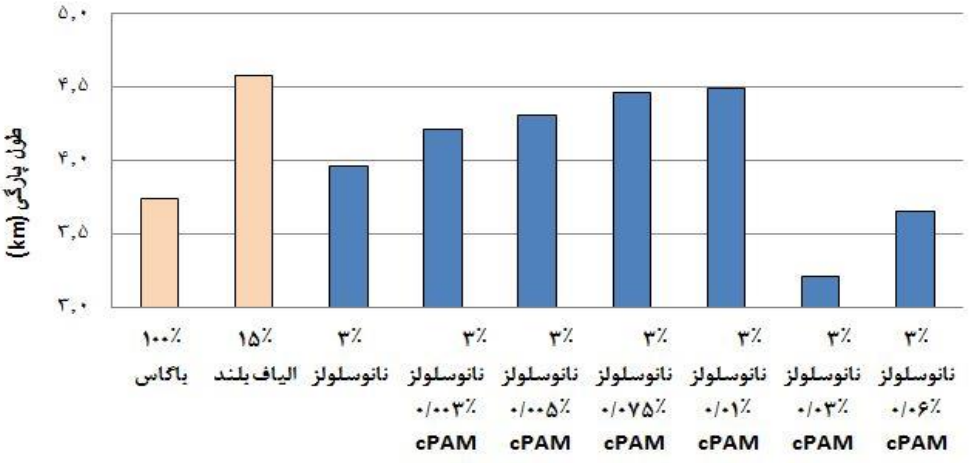
توجه به این شکل، مقدار مناسب پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به همراه ۳ درصد نانو الیاف سلولزی مقدار ۰/۰۱درصد است در عین حال این مقدار پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به همراه ۳ درصد نانو الیاف سلولزی به طول پارگی معادل استفاده از ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند نرسیده و افزودن مقادیر بیش‌تر پلی‌اکریل‌آمید نیز با به هم زدن شکل‌گیری خمیر کاغذ به دلیل کلوخه کردن آن طول پارگی را به شدت کاهش داده است.

افزودن ۵ درصد نانو الیاف سلولزی به همراه پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی

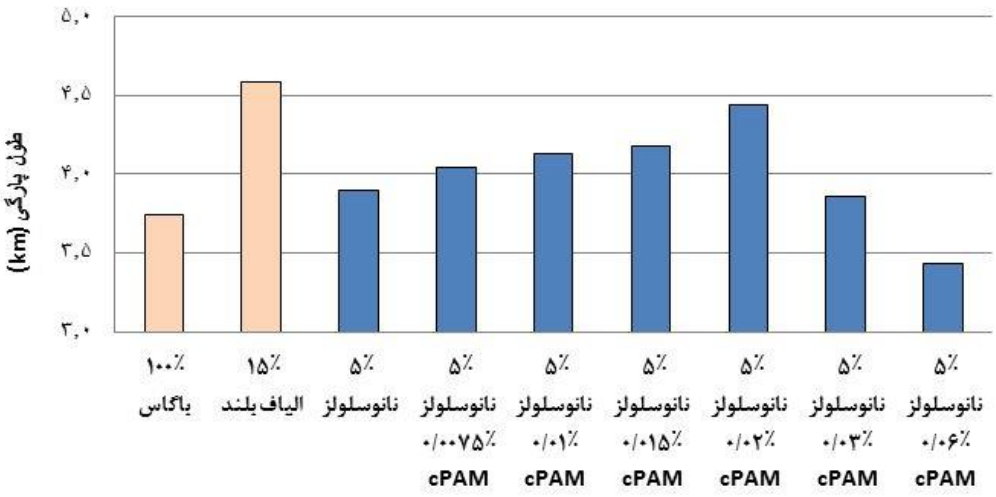
با توجه به شکل ٦ افزودن ۵ درصد نانو الیاف سلولزی موجب بهبود طول پارگی کاغذ حاصل در مقایسه با خمیر کاغذ ۱۰۰ درصد ساخته شده از باگاس می‌شود. به‌علاوه اضافه کردن ۰/۰۲درصد پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به این سوسپانسیون طول پارگی کاغذ حاصل را به حداکثر مقدار ممکن بهبود بخشیده است. با این وجود افزودن بیش‌تر پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی موجب کاهش شکل‌گیری کاغذ شده، طول پارگی را به شدت افت می‌دهد. همچنین تیمار ۰/۰۲درصد پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی با ۵ درصد نانو الیاف سلولزی طول پارگی کم‌تر از تیمار ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند را نتیجه داده است.



شکل ٤. تاثیر افزودن درصدهای مختلف نشاسته کاتیونی و نانو الیاف سلولزی به خمیر کاغذ باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز



شکل ۵. تاثیر افزودن درصدهای مختلف پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی (cPAM) و ۳ درصد نانو الیاف سلولزی به خمیر کاغذ باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز



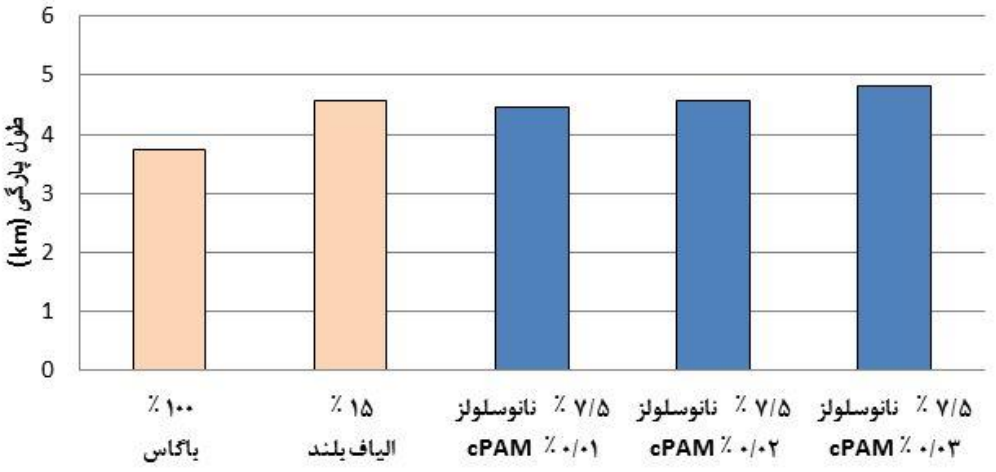
شکل ٦. تاثیر افزودن درصدهای مختلف پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی (cPAM) و ٥ درصد نانو الیاف سلولزی به خمیر کاغذ باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز

افزودن ۷/۵ درصد نانو الیاف سلولزی به همراه پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی

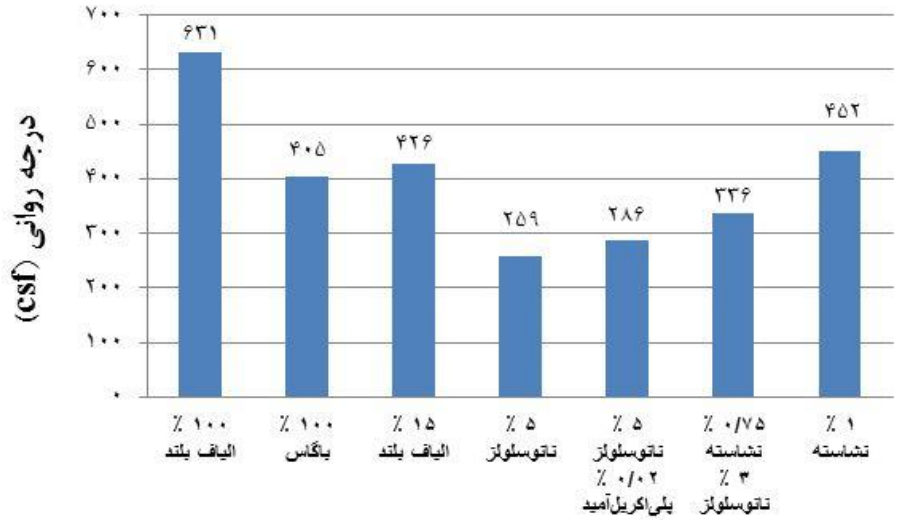
با توجه به شکل ۷ افزودن ۷/۵ درصد نانو الیاف سلولزی به همراه ۰/۰۳درصد پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی طول پارگی کاغذ حاصل را به بیش از ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند رسانده است.

درجه روانی تیمارهای مختلف

شکل ۸ درجه روانی برخی از تیمارها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، با افزودن نانو الیاف سلولزی به سوسپانسیون خمیر کاغذ، درجه روانی کاهش می‌یابد اما با افزودن پلی‌اکریل‌آمید یا نشاسته کاتیونی این کاهش تا حدی جبران می‌شود.



شکل ۷. تاثیر افزودن درصدهای مختلف پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی (cPAM) و ۷/۵ درصد نانو الیاف سلولزی به خمیر کاغذ باگاس بر طول پارگی کاغذهای دست‌ساز



شکل ۸. تاثیر افزودن خمیرکاغذ الیاف بلند، نانو الیاف سلولزی، پلی‌اکریل‌آمید و نشاسته کاتیونی بر درجه روانی خمیرکاغذ باگاس

نتیجه گیری

به‌طور معمول افزودن خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی، نانو الیاف سلولزی، نشاسته کاتیونی، پلی اکریل‌آمید کاتیونی و بنتونیت به خمیر کاغذ باگاس می‌توانند موجب بهبود ویژگی‌های کاغذ تولیدی شوند. اما هر یک از آنها محدودیت‌هایی را در سیستم تولید دارند. این تحقیق با هدف ارزیابی استفاده از نانو الیاف سلولزی، نشاسته کاتیونی، پلی اکریل‌آمید کاتیونی و بنتونیت برای جایگزینی با ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند در تولید کاغذ از خمیر کاغذ باگاس انجام گرفت. استفاده از ۱ درصد نشاسته کاتیونی قابلیت جایگزینی با ۱۵ درصد خمیر کاغذ الیاف بلند را دارد اما به دلیل مشکلات فرآیندی قابل توصیه نمی‌باشد. با این وجود استفاده ترکیبی از نشاسته و نانو الیاف سلولزی دلالت بر قابلیت کاربردی آن جهت جایگزینی الیاف بلند وارداتی در تولید کاغذ از باگاس داشته اما پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیش‌تری برای بهینه سازی این ترکیب تحت شرایط فرایندی مختلف انجام شود. استفاده از نانو الیاف سلولزی به همراه پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی نیز طول پارگی قابل قبولی را تامین کرد، اما با توجه به گران بودن نانو الیاف و استفاده زیاد آن در این تحقیق (بیش از ۵ درصد)، نیاز به تحقیقات بیش‌تر است.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان انجام شده و بدین وسیله از آن و همچنین کارخانه صنایع کاغذ پارس به دلیل در اختیار قرار دادن خمیر کاغذ باگاس سپاس‌گذاری می‌شود.

References

[1]. Diab, M., Curtil, D., El-shinnawy, N., Hassan, M. L., Zeid, I. F., and Mauret, E. (2015). Biobased polymers and cationic microfibrillated cellulose as retention and drainage aids in papermaking: Comparison between softwood and bagasse pulps. Industrial Crops and Products, 72, 34-45.

[2]. Moradian, M.H., Jahan Latibari, A., Resalati, H., Fakhrian, A. (2003). Investigation on CMP pulping of wheat straw. Iranian Journal of Natural Resources, 56(4):469-480.

[3]. Han, X., Tang, M., and Deng, Y. (2014). Preliminary study on pulping of rice straw in tris-(2-hydroxyethyl) ammonium acetate ionic liquid under microwave irradiation. Bioresources, 9(4): 6851-6860.

[4]. Pirralho, M., Flores, D., Sousa, V. B., Quilhó, T., Knapic, S., and Pereira, H. (2014). Evaluation on paper making potential of nine Eucalyptus species based on wood anatomical features. Industrial Crops and Products, 54: 327-334.

[5]. Buzza, S. A., Anderson, D. W., XU, Y., Gaffin, M., Richard, B., and Wilson, C. M. (2015). Paper substrates useful in wallboard tape applications. U.S. Patent 20,150,034,264.

[6]. Salam, A., Lucia, L. A., and Jameel, H. (2015). ACS Sustainable Chemistry & Engineering. In press, DOI: 10.1021/sc500764m.

[7]. Anderson, K. R. (1992). Cationic cross-linked starch for wet-end use in papermaking." U.S. Patent 5,122,231.

[8]. Roberts, J. C., Clay, G., and Lough, C. (1987). A study of the effect of cationic starch on dry strength and formation using C14 labelling. Journal of pulp and paper science, (1): 1-5.

[9]. 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.

[10]. Yoon, S. Y., and Deng, Y. (2006). Clay–starch composites and their application in papermaking. Journal of Applied Polymer Science, 100 (2): 1032-1038.

[11]. Marton, J. (1991). Paper Chemistry, J.C. Roberts (ed.), Chapman & Hall, New York, 65-72.

[12]. Glittenberg, D. (1993). Starch alternatives for improved strength, retention, and sizing. Tappi journal, 76(11): 215-219.

[13]. Jafari Petroudy, S.R., Syverud, K., Chinga-Carrasco, G., Ghasemain, A., Resalati, H. (2014). Effects of bagasse microfibrillated cellulose and cationic polyacrylamide on key properties of bagasse paper, Carbohydrate Polymers, 99 (2): 311–318.

[14]. Hassan, E. A., Hassan, M. L., and Oksman, K. (2011). Improving bagasse pulp paper sheet properties with microfibrillated cellulose isolated from xylanase-treated bagasse. Wood and fiber science, 43(1): 76-82.

[15]. Hasanjanzadeh, H., Hedjazi, S., Yousefi, H., Mahdavi, S., 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, 67(1): 105-117.

[16]. Arndt, T., Meinl, G., and Erhard, K. (2009). Behaviour of cellulose fine structures in papermaking tests. Papiripar–Special issue for the COST E54 Characterisation of the fine structure and properties of papermaking fibres using new technologies, 53: 265-269.

[17]. Missoum, K., Belgacem, N., Krouit, M., Martin, C., Tapin-Lingua, S., and Bras, J. (2010). Influence of fibrillation degree & surface grafting of micro-fibrillated cellulose on their rheological behavior in aqueous suspension. Tappi Nanotechnology conference for the forest product industry, Espoo, Finland, 334-359.

[18]. Taipale, T., Österberg, M., Nykänen, A., Ruokolainen, J., and Laine, J. (2010). Effect of microfibrillated cellulose and fines on the drainage of Kraft pulp suspension and paper strength. Cellulose, 17: 1005–1020.

[19]. Jalali Torshizi, H., Zare Bidoki, S., Ramezani, O., and Rudi, H. (2014). Effect of cationic poly acrylamide - nano bentonite system on retention, drainage and properties of recycled paper from OCC, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(3): 474-483.