

## تأثیر الیاف بلند کاتیونی شده به عنوان افزودنی بر خواص مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی

ایمان رشیدی جویباری<sup>۱</sup>، محمد آزادفلاح<sup>۲\*</sup>، یحیی همزه<sup>۳</sup> و حسین رسالتی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، <sup>۲</sup> استادیار و <sup>۳</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
<sup>۴</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

کاربرد افزودنی‌های شیمیایی یکی از راه‌کارهای موثر به منظور افزایش خواص مقاومتی محصول در صنایع کاغذسازی است. تحقیقات نشان می‌دهند که کارایی این مواد بستگی به میزان تزریق و مصرف آنها داشته و کاربرد آنها با نارسایی‌های بسیاری همراه است. در سال‌های اخیر به منظور کاستن این نارسایی‌ها، کاتیونی کردن الیاف و کاربرد آنها مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این تحقیق تأثیر کاربرد الیاف کاتیونی شده به عنوان افزودنی مقاومت ارزیابی شده است. برای این منظور الیاف بلند سوزنی برگ با کاربرد عامل کاتیونی کننده (EPTMAC) در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵٪ کاتیونی شدند و به عنوان افزودنی در سه سطح ۱، ۳ و ۵٪ به خمیر کاغذ CMP اضافه شدند. در نهایت خواص مقاومت به کشش، مقاومت به ترک‌کندن و مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش مصرف الیاف بلند کاتیونی شده، مقاومت‌های خمیر کاغذ CMP نیز افزایش می‌یابد. همچنین الیاف بلند کاتیونی شده در سطح ۱۰٪ بیشترین مقاومت را ایجاد کردند.

واژگان کلیدی: الیاف بلند، کاتیونی کردن، EPTMAC، پیوندزنی، CMP، مقاومت.

## مقدمه

امروزه مسائل مربوط به تهیه مواد شیمیایی و کمبود مواد اولیه سلولزی صنعت کاغذسازی را در سراسر جهان با محدودیت‌ها و نارسایی‌های روبه‌رو کرده است. در کشورهایی مانند ایران که منابع اولیه با کیفیت مناسب ندارند، کاربرد خمیر الیاف بلند سوزنی‌برگ وارداتی و مواد شیمیایی به منظور تامین کیفیت و ویژگی‌های مورد نیاز محصول امری پرهیز ناپذیر می‌باشد.

به طور کلی الیاف، نرمه‌ها و پرکننده‌های معدنی مهم‌ترین مواد مورد استفاده در کاغذسازی هستند. موادی که در سامانه کاغذسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند یا در سامانه حل می‌شوند (بخشی از لیگنین الیاف، همی‌سلولزها، افزودنی‌های مقاومت خشک، افزودنی‌های عاملی) و یا به صورت سوسپانسیون در آب (الیاف، نرمه‌ها، پرکننده‌ها) در می‌آیند. این مواد هنگامی که در یک مایع قطبی مانند آب قرار می‌گیرند، به دلیل یونیزه شدن سطوح و یا جذب یون‌ها توسط سطوح، دارای بار الکتریکی می‌شوند.

اغلب همه اجزای اصلی موجود در سوسپانسیون خمیرکاغذ به علت بار آنیونی همدیگر را دفع می‌کنند و موجب برقراری نیروی دافعه بین اجزای موجود در سوسپانسیون می‌شوند و از آنجایی که پیوندیابی بین الیاف و اجزاء نیازمند فاصله نزدیک بین آنها می‌باشد، ایجاد نیروی دافعه امکان نزدیک شدن اجزاء را کاهش می‌دهد در نتیجه پیوند برقرار شده مقاومت کافی نخواهد داشت و این موضوع سبب کاهش ماندگاری ذرات ریز می‌شود. نارسایی‌ها مربوط به این تاثیر شامل ماندگاری ضعیف نرمه‌ها، پایین بودن ویژگی‌های کیفی کاغذ، همچنین مسائل مربوط به آبگیری و افزایش حجم پساب و بار آلودگی پساب می‌باشد.

امروزه کاربرد افزودنی‌های پلیمری کاتیونی به منظور نگه داشتن این عناصر در صنایع کاغذسازی بسیار رایج می‌باشد [۱ و ۲].

مواد افزودنی طیف گسترده‌ای از مواد با هدف‌های متنوع در صنعت کاغذسازی می‌باشند. به عنوان مثال افزودنی‌های افزایش مقاومت خشک، از راه افزایش پیوندیابی لیف به لیف، مقاومت خشک کاغذ و کیفیت شکل‌گیری کاغذ را بهبود می‌بخشند. افزودنی‌های متداول عبارت‌اند از پلیمرهای کاتیونی و آنیونی، نشاسته‌ها، صمغ‌ها، لاتکس‌ها،

مشتقات سلولزی، رزین‌های مصنوعی، پلی‌آکریل آمیدها و غیره.

در این بین، پلیمرهای کاتیونی در مقایسه با دیگر افزودنی‌ها، کارایی زیادی در افزایش مقاومت‌های کاغذ دارند، این پلیمرها با سازوکار جذب یونی، با جذب گروه‌های باردار منفی موجود در سطح الیاف موجب افزایش مقاومت‌های کاغذ می‌شوند.

از افزودنی‌ها، نه تنها ارتقای ویژگی‌های مقاومتی مورد انتظار است، بلکه بایستی با فرایند تولید نیز سازگاری و هماهنگی داشته باشند. این افزودنی‌ها نباید در عملکرد دیگر افزودنی‌ها اختلال ایجاد کرده و اثر معکوسی بر دیگر ویژگی‌های کاغذ داشته باشند [۳ و ۴].

تحقیقات نشان داده که کاربرد افزودنی‌های رایج بی‌عیب نمی‌باشد، از جمله نارسایی‌ها اصلی شناخته شده آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

وابستگی کارایی افزودنی‌های پلیمری به pH و غلظت نمک‌ها موجود در محیط کاغذسازی که باید در نسبت استوکیومتری مشخصی به کار روند، در غیر این صورت به صورت پلیمرهای جذب نشده در گردش آب سفید تجمع می‌شوند. استفاده بیش از حد از آنها منجر به تغییر بار کل مواد موجود در سوسپانسیون از حالت منفی به مثبت می‌شود، در نتیجه حالت دافعه در این حالت نیز دوباره ایجاد می‌شود که باعث ایجاد لخته‌های بزرگ مواد پرکننده و توزیع غیریکنواخت آن در سطح کاغذ می‌شود و در نهایت موجب کیفیت نامناسب کاغذ می‌شود. همچنین اختلال در بار یونی سامانه منجر به تشکیل رسوب روی سامانه‌های کاغذسازی (توری پرس کاغذسازی، درون لوله‌های عبوری و ...) و نارسایی‌های دیگر می‌شود.

امروزه به منظور کاستن از چنین نارسایی‌های، کاربرد الیاف کاتیونی در فرایندهای کاغذسازی مورد توجه قرار گرفته است [۵]. گزارش شده است که الیاف کاتیونی بسیار فعال هستند و همچنین هنگامی که در ساخت کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرند هیچ علامتی از اشباع و افزایش غلظت را نشان نمی‌دهند. علاوه بر این، سوسپانسیون خمیر به آسانی زهکشی می‌شوند. در بررسی‌هایی که در چند دهه اخیر بر روی الیاف کاتیونی انجام شده ثابت شده است، مقاومت‌های کاغذ، ماندگاری پرکننده‌ها و توزیع آنها روی سطح الیاف بهبود می‌یابد [۱، ۶-۹]. همچنین الیاف

همچنین هیدروکسید سدیم منجر به متورم شدن الیاف و دسترس پذیرتر شدن گروه‌های هیدروکسیل و یونیزه شدن آن در سطح الیاف برای واکنش با گروه اپوکسی شده، در نتیجه الیاف را برای واکنش با کمپلکس EPTMAC آماده می‌سازد. سپس حلقه باز شده اپوکسی کمپلکس آمونیوم نوع چهارم با گروه‌های عاملی سطح الیاف واکنش داده و پیوند قوی کوالانسی از نوع اتری با الیاف ایجاد می‌کند (شکل ۳) [۸ و ۹]. بنابراین کاتیونی کردن الیاف با ایجاد مواضع با بار مثبت در الیاف آنرا برای انجام واکنش با گروه‌های با بار منفی (الیاف کاتیونی نشده) بسیار فعال می‌کند.

در زمینه اصلاح کاتیونی الیاف بررسی‌های بسیار در سال‌های اخیر انجام شده است که به نتایج برخی از آنها به طور خلاصه اشاره می‌شود.

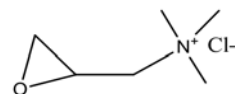
کاتیونی کردن الیاف  $^{1}TMP$  و بهینه سازی واکنش پیوندزنی و تاثیر آن روی مقاومت و ماندگاری نرمة‌ها و پرکننده‌ها توسط Montplaisir و همکاران (۲۰۰۶) بررسی شده است. در این تحقیق الیاف TMP سوزنی برگ با کاربرد آمین نوع چهارم به منظور افزایش بار کاتیونی سطحی الیاف، کاتیونی شده و بهترین شرایط برای کاتیونی کردن گزینش شدند. به علاوه کاتیونی کردن در درصد خشکی‌های کم و زیاد بررسی شد و نشان داده شد که کاتیونی کردن در غلظت زیاد برای استفاده در صنایع بسیار امیدوار کننده است.

کاتیونی شده به دلیل داشتن منشا زیستی، قابلیت تجزیه-پذیری در محیط زیست دارند.

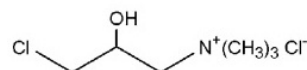
کاتیونی کردن یکی از روش‌های رایج اصلاح انواع مواد، به-ویژه پلیمرها و الیاف است. به عنوان مثال می‌توان به تولید نشاسته کاتیونی و همچنین در صنایع نساجی برای اصلاح سطح الیاف کتان و افزایش قابلیت رنگ‌پذیری آن اشاره کرد [۸-۱۳].

افزودن گروه‌های آمینی به الیاف از روش‌های متداول تغییر ترکیب شیمی سطح الیاف و کاتیونی کردن است که می‌توان آن را به روش پیوندزنی یا رسوب دادن پلیمرهای آمین‌دار بر روی الیاف انجام داد. در واقع کاتیونی کردن با تغییر بار سطحی الیاف و به عبارتی کاهش بار سطحی آنیونی الیاف می‌تواند نارسایی‌ها مربوط به دفع بارهای همنام را برطرف ساخته و در نتیجه موجب افزایش واکنش پذیری الیاف و افزایش نیروی جاذبه میان ترکیب‌های مورد استفاده در کاغذسازی شود، در نتیجه می‌توان کاغذی با مقاومت زیاد و کیفیت مطلوب ساخت [۱، ۸، ۹، ۱۴، ۱۵ و ۱۶].

کمپلکس EPTMAC از جمله مطرح ترین ترکیبات مورد استفاده برای کاتیونی کردن است و با توجه به کاربرد آن در این بررسی سازوکار پیوندزنی آن به الیاف سلولزی به اختصار توضیح داده می‌شود. این ترکیب در حالت عادی به شکل یک اپوکسید (شکل ۱) است و برای فعال سازی آن از سودسوزآور استفاده می‌شود که در نهایت موجب باز شدن گروه اپوکسی موجود در ساختار عامل کاتیونی کننده شده و ساختار کلروهیدرین (شکل ۲) ایجاد می‌شود [۳، ۵، ۷، ۸، ۹ و ۱۷].

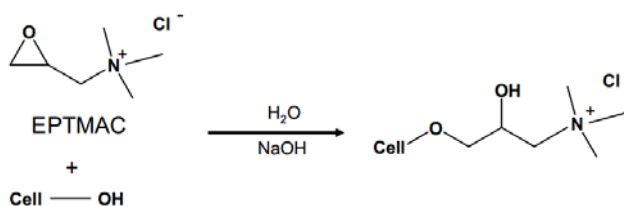


شکل ۱: ساختار اپوکسید EPTMAC



شکل ۲: ساختار کلروهیدرین EPTMAC

<sup>1</sup> Thermo Mechanical Pulp



شکل ۳: سازوکار واکنش کاتیونی کردن الیاف سلولزی به روش پیوندزنی توسط EPTMAC [۸ و ۹]

کاتیونی ۴۰۰ mmol/kg موجب افزایش پیوند بین الیاف می‌شود. و می‌توان از الیاف کاتیونی شده به جای پلیمرهای افزایش دهنده مقاومت و کمک ماندگاری در صنعت استفاده نمود [۱۷].

اسدپور (۱۳۹۰)، بر روی تاثیر کاتیونی کردن الیاف کوتاه خمیرکاغذ CMP کاغذ روزنامه بر ویژگی‌های خمیرکاغذ CMP بررسی‌هایی را انجام دادند. نتایج نشان دادند نرمه‌های الیاف کاتیونی شده از نظر الکتروسینتیکی دارای بار و توان کاتیونی ضعیفی هستند، همچنین نرمه‌های الیاف کاتیونی شده خمیرکاغذ CMP به تنهایی، خود قادر به افزایش شاخصه‌های کیفی خمیرکاغذ روزنامه نشده‌اند ولی در تعامل و مصرف با ماده کمک نگهدارنده پلیمری پلی اکریل آمید کاتیونی نقش هم افزایی در بهبود عملکرد، کارایی و بازده پلیمر داشته و باعث افزایش کیفیت خمیرکاغذ CMP می‌شوند [۱۹].

در این بررسی از الیاف بلند سوزنی‌برگ کاتیونی شده با کمپلکس آمین نوع چهارم EPTMAC<sup>۲</sup> به روش پیوندزنی به عنوان افزودنی برای افزایش مقاومت خمیرکاغذ CMP استفاده شده و خواص مقاومتی کاغذهای دست ساز مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

خمیرکاغذ CMP، تهیه شده از مخلوط گونه‌های پهن-برگان و رنگبری شده بدون هیچ گونه ماده افزودنی و خمیر الیاف بلند سفید کرافت وارداتی از شرکت یوایلیمسک<sup>۳</sup> کشور روسیه از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شدند. ماده کاتیونی کننده مورد استفاده در این تحقیق کمپلکس آمونیوم نوع چهارم EPTMAC (2-hydroxyl 3-Chloro propyl trimethyl

این تحقیق همچنین افزایش مقاومت‌های کاغذ دست ساز تولید شده از الیاف کاتیونی شده را گزارش کردند [۸ و ۹].

الیاف کاتیونی شده به عنوان افزودنی پایانه‌تر کاغذسازی توسط Wei و همکاران (۲۰۰۸) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این تحقیق با کاربرد یک کمپلکس کاتیونی استر آمونیوم نوع چهارم قابل تجزیه زیستی، الیاف خمیرکاغذ کرافت رنگ‌بری شده کاتیونی شد و سپس با افزودن الیاف کاتیونی شده به نسبت ۰/۹٪ به پایانه‌تر، ماندگاری کربنات کلسیم و همچنین خواص فیزیکی کاغذ افزایش یافت [۵].

در تحقیق انجام شده توسط Seong و همکاران (۲۰۰۹) از پلیمرهای کاتیونی با چگالی (دانسیته) بار زیاد و بدون حساسیت به تغییرات PH، برای پیوند زدن به الیاف و کاتیونی نمودن آن استفاده کردند. الیاف خمیرکاغذ سولفیت سوزنی برگان با کاربرد پلیمرهای مونومر پلی-وینیل استات و دی‌آلیل دی متیل آمونیوم کلرید (DADMAC) کاتیونی کردند. نتایج نشان داد که میزان ماندگاری افزایش و توزیع نرمه‌های الیاف و پرکننده‌ها به خوبی انجام پذیرفته است. همچنین کاربرد الیاف کاتیونی باعث بهبود و افزایش عملکرد پلیمرهای کاتیونی برای افزایش ماندگاری شده است و الیاف کاتیونی شده نقش هم افزایی<sup>۱</sup> با پلیمرها داشته‌اند [۱۸].

بر روی تاثیر اکسیداسیون و کاتیونی کردن روی خواص الیاف خمیرکاغذ TMP تحقیقاتی نیز توسط Ma و همکاران (۲۰۱۱) انجام شده است. در این بررسی الیاف خمیرکاغذ TMP با کاربرد EPTMAC کاتیونی شدند. سپس تاثیر اختلاط الیاف کاتیونی شده و الیاف اکسید شده با الیاف تیمار نشده بر روی ویژگی‌های کاغذ بررسی شد. نتایج نشان داد که کاتیونی کردن در چگالی بار

<sup>۲</sup> Epoxy Propyl TriMethyl Ammonium Chloride

<sup>۳</sup>U-ilimsk

<sup>۱</sup> Synergy

EPTMAC به میزان مورد نیاز (جدول ۱) به محتویات درون کیسه اضافه شد و در کیسه بسته شد و محتوی درون کیسه به خوبی ورز داده شد، در نهایت کیسه دارای الیاف خمیرکاغذ و مواد واکنش دهنده به درون بن ماری با دمای ۵۰ درجه سلسیوس منتقل شدند و به مدت ۹۰ دقیقه درون آب گرم قرار گرفتند. در این مدت نیز هر ۳۰ دقیقه کیسه از بن ماری خارج و به خوبی ورز داده شد. پس از پایان واکنش، کیسه دارای خمیر از بن ماری خارج شد و به منظور متوقف کردن واکنش، میزان ۲-۳ قطره اسید استیک به محتویات درون کیسه اضافه شد، pH نهایی پس از کاتیونی کردن به ۶/۸-۷/۱ رسیده است. سپس خمیر به خوبی روی صافی با آب شستشو داده شد. در نهایت برای ساخت کاغذهای دست ساز از این الیاف کاتیونی شده استفاده شد.

(ammonium chloride) بوده است که به صورت محلول ۶۰٪ از شرکت سیگما آلدریچ تهیه شد. سدیم هیدروکسید از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

### روش‌ها

در این بررسی سعی شده تا از شرایط یکسان و همانند با کارخانه برای کاتیونی کردن الیاف استفاده شود، لذا در همه مراحل تحقیق از آب شهری استفاده شد. در آغاز میزان مشخصی از خمیرکاغذ الیاف بلند سوزنی برگ (درصد خشکی ۱۰٪) برای عمل کاتیونی کردن در درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شد، آن‌گاه برای فعال سازی سطح الیاف خمیرکاغذ و آماده‌سازی ماده کاتیونی برای پیوندزنی، ۲۰٪ (نسبت به وزن خشک الیاف) سدیم هیدروکسید در حالت محلول به آن اضافه شد و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۳ °C) محتوی درون کیسه خوب ورز داده شد. در این مدت الیاف آماده برای واکنش با ماده کاتیونی می‌گردند. در ادامه ماده کاتیونی کننده به منظور بررسی تاثیر افزودن الیاف بلند کاتیونی شده بر مقاومت‌های کاغذ، از نسبت ۱، ۳، ۵٪ برای ساخت کاغذهای CMP استفاده شد. برای این منظور کاغذهای دست ساز با وزن پایه ۶۰ g/m<sup>2</sup> برابر با شیوه‌نامه شماره T 205 sp-95 آئین‌نامه تاپی<sup>۱</sup> ساخته شدند و پیش از انجام آزمایش‌های مقاومتی در شرایط رطوبت نسبی ۵۰٪ و دمای ۲۳ درجه سلسیوس مشروط سازی شدند. انجام آزمون‌های مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی برای بررسی تاثیر افزودن الیاف بلند کاتیونی شده بر خواص مقاومتی خمیرکاغذ CMP به ترتیب برابر با استانداردهای ISO-1924-2 ، TAPPI ، T 403 om-97 و T 414 om-04 توسط TAPPI توسط آزمونگرهای فرانک<sup>۲</sup> انجام شد.

<sup>۱</sup> Tappi  
<sup>۲</sup> Frank

جدول ۱. شرایط کاتیونی کردن خمیر کاغذ الیاف بلند سوزنی برگ با EPTMAC به روش پیوندزنی

گروه	CMP (g)	NaOH (g)	(EPTMAC %) (نسبت به وزن خشک خمیر)	زمان (دقیقه)	دما (°C)
CMP <sup>۱</sup>	۳۰	۰	۰	۰	۰
کنترل <sup>۲</sup>	۳۰	۰	۰	۰	۰
CLS-5 <sup>۳</sup>	۳۰	۶	۵	۹۰	۵۰
CLS-10	۳۰	۶	۱۰	۹۰	۵۰
CLS-15	۳۰	۶	۱۵	۹۰	۵۰

<sup>۱</sup> خمیر کاغذ CMP بدون تیمار (نمونه شاهد)

<sup>۲</sup> اختلاط خمیر کاغذ الیاف بلند سوزنی برگ با خمیر کاغذ CMP

<sup>۳</sup> CLS – الیاف سوزنی برگ کاتیونی شده

### نتایج و بحث

به منظور بررسی تأثیر افزودن الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده روی مقاومت‌های خمیر کاغذ CMP، آزمون‌های مقاومت به کشش، ترکیدن و پارگی کاغذهای دست‌ساز مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج آنها به ترتیب در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ آمده است.

با افزودن الیاف بلند کاتیونی شده سوزنی برگ به خمیر کاغذ CMP بیشترین شاخص مقاومت به کشش به دست آمده برای درصد اختلاط الیاف بلند ۵٪ و سطح مصرفی عامل کاتیونی ۱۰٪ به دست آمد. در این حالت میزان شاخص مقاومت به کشش کاغذ از ۳۴/۹۱ (برای تیمار کنترل) به میزان ۴۷/۱۵ Nm/g افزایش یافت و به عبارتی بهره مقاومتی ۳۵/۰۶٪ به دست آمد. به علاوه در مقایسه با خمیر کاغذ CMP، بهره مقاومتی ۵۸/۱۷٪ به دست آمده است. افزودن الیاف بلند کاتیونی شده احتمال دارد نارسایی‌ها مربوط به دفع بارهای همنام را برطرف ساخته و در نتیجه موجب افزایش واکنش پذیری این نوع الیاف با الیاف خمیر کاغذ CMP شده است. به علاوه احتمال می‌رود کمک به حفظ بیشتر نرمه‌ها نیز موجب افزایش مقاومت به کشش و ترکیدن خمیر کاغذ CMP شده باشند.

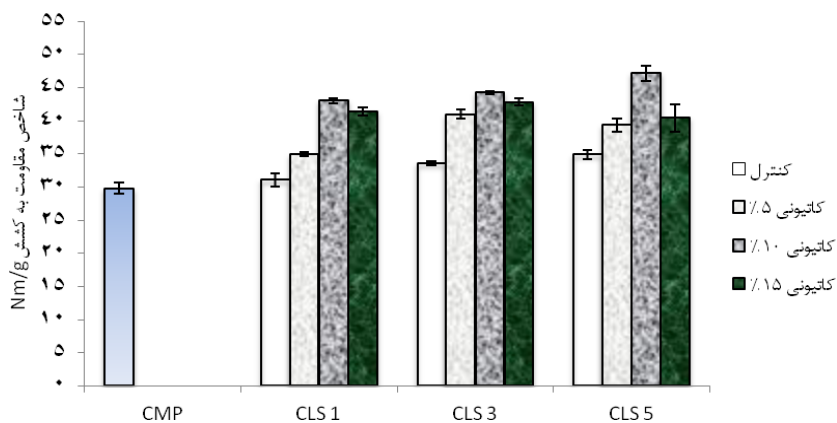
عامل کاتیونی کننده با الیاف پیوند اتری می‌دهد، هنگامی که این الیاف در مجاورت هم قرار می‌گیرند با پیوند یونی-دوقطبی القایی به هم متصل می‌شوند. پیوندهای اصلی و رایج در ساختار کاغذ از نوع واندروالسی (برهمکنش‌های

دو قطبی القایی) با انرژی پیوند در محدوده ۲-۸ kJ/mol و پیوندهای هیدروژنی با انرژی پیوند در دامنه ۸-۳۲ kJ/mol می‌باشند. اما پیوندزنی کاتیونی با EPTMAC یک برهمکنش یونی-دوقطبی القایی با انرژی پیوند ۶۵-۷۲ kJ/mol می‌باشد و به طور قابل توجهی می‌تواند منجر به افزایش مقاومت کاغذ شود [۲۰]. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری مقاومت به ترکیدن (شکل ۵) با نتایج ارائه شده برای مقاومت به کشش (شکل ۴) همخوانی داشته و تأثیر مثبت افزودن الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده را تأیید می‌کند. بهترین تیمار به دست آمده در سطح اختلاط ۵٪ الیاف بلند کاتیونی شده و میزان عامل کاتیونی کننده مصرفی ۱۰٪ به دست آمد. میزان افزایش شاخص مقاومت به ترکیدن در این تیمار از ۱/۸ به ۲/۴۷ kPa.m<sup>2</sup>/g افزایش یافته است و در مقایسه با خمیر کاغذ CMP، بهره مقاومتی به دست آمده نزدیک به ۱۰۰٪ بوده است.

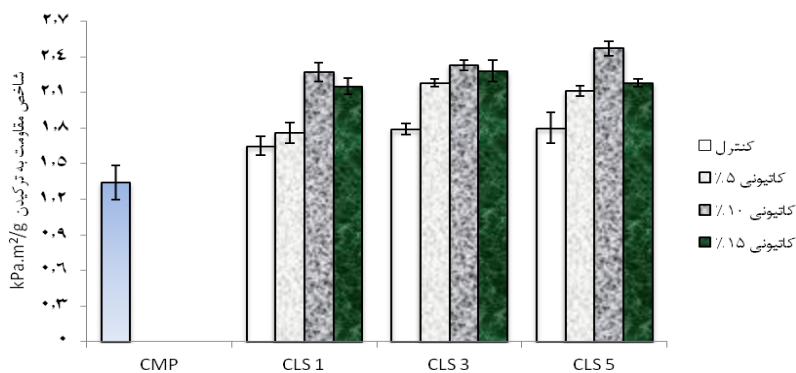
در بررسی همانندی که توسط Wei و همکاران (۲۰۰۸) انجام شد، با اضافه کردن ۱٪ الیاف بلند کاتیونی شده سوزنی برگ (عامل کاتیونی کننده در سطح ۴٪ نسبت به وزن خشک الیاف) به خمیر کاغذ الیاف بلند مقاومت به ترکیدن از ۲/۳۷ به ۲/۶۳ kPa.m<sup>2</sup>/g و شاخص مقاومت به کشش از ۳۰/۰۹ به ۳۴/۳۶ Nm/g افزایش یافت. [۵]. شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز، در شکل ۶ آمده است. در این حالت نیز در سطح کاتیونی کردن ۱۰٪

کردن با EPTMAC بر مقاومت ذاتی الیاف به نسبت بی تاثیر بوده و به تبع آن افزودن الیاف بلند کاتیونی شده نیز این ویژگی خمیر کاغذ CMP را چندان متاثر نساخته است.

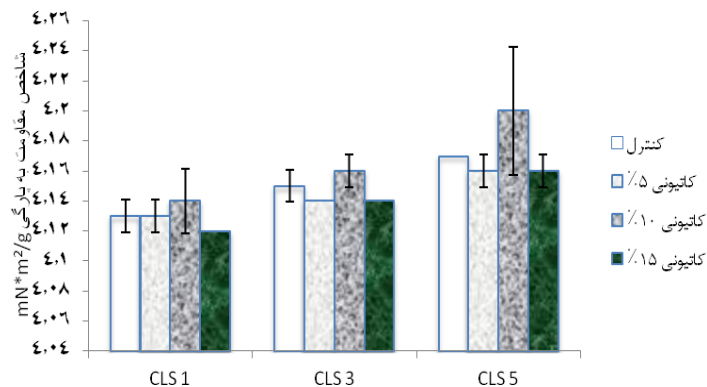
مقاومت‌های کاغذ افزایش یافته است، اما در سطح مصرفی عامل کاتیونی کننده ۵ و ۱۵٪ مقاومت به پارگی کاهش یافته است. هرچند باید یادآوری کرد که تغییرات دیده شده در شاخص مقاومت به پارگی در مقایسه با دو ویژگی مقاومتی دیگر ناچیز است و می‌توان گفت تیمار کاتیونی



شکل ۴: تاثیر افزودن الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده در سطوح مختلف بر میزان شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذ CMP



شکل ۵: تاثیر افزودن الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده در سطوح مختلف بر میزان شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ CMP



شکل ۶: تاثیر افزودن الیاف بلند سوزنی برگ کاتیونی شده در سطوح مختلف بر میزان شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذ CMP

است. این پدیده در یافته‌های دیگر محققین نیز گزارش شده است [۱۷]. بعلاوه با افزایش کاربرد الیاف بلند کاتیونی شده نیز کلیه خواص مقاومتی مورد بررسی CMP ارتقاء یافته‌اند. با توجه به این نتایج می‌توان کاربرد الیاف بلند کاتیونی شده سوزنی‌برگ را به عنوان جایگزین با دیگر پلیمرهای سنتزی افزایش دهنده مقاومت پیشنهاد کرد. بعلاوه این یافته‌ها نتایج کار دیگر محققین را تایید می‌کند [۱۷].

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهند که افزودن الیاف بلند کاتیونی شده در کل تاثیر مثبتی در افزایش مقاومت خمیر کاغذ CMP داشته است. با افزایش میزان مصرف عامل کاتیونی کننده تا سطح ۱۰٪، تمامی مقاومت‌های کاغذ ساخته شده افزایش یافته است. از طرف دیگر افزایش مصرف عامل کاتیونی کننده تا ۱۵٪ ظرفیت ایجاد پیوند را کاهش داده در نتیجه شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن کاهش یافته



## مراجع

- [1] Gruber, E., Granzow, C., OTT, T. 1996. New ways for cationizing cellulose. *Papier* 50(12): 729-734.
- [2] Hamzeh, Y. and Rostampour Haftkhani, A., 1387. *Principals of papermaking chemistry*. Tehran university press, 424 p.
- [3] Auhorn, W.J., 2003. Starch in the production of packaging paper, *International Paper World IPW*. P 40-46.
- [4] Hube, M. A., 2006. Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry-strength agents- A Review, *BioResources*. 1(2): 281-318.
- [5] Xie, W, Feng H, Qian, X., 2008. Preparation and application of cationized pulp fiber as a papermaking wet-end additive. *Journal of Forestry Research* 19(3):235-238.
- [6] Carre, B., 1992. Contribution to a better understanding of the retention and flocculation mechanism occurring during papermaking, Ph.D. thesis, Polytechnics National Institute of Grenoble, France.
- [7] Cezar, N. And Xiao, H., 2005. Novel retention system based on (2, 3-epoxy propyl) trimethyl ammonium chloride modified silica nanoparticles and anionic polymer. *American chemical society*. 44: 539-545.
- [8] Montplaisir, D. Daneault, C. Chabot, B., 2006. Cationisation of thermomechanical pulp fibres: part 1: Grafting reaction optimization, *Pulp & Paper Canada* 107(10):29-32.
- [9] Montplaisir, D. Daneault, C. Chabot, B., 2006. Cationisation of thermomechanical pulp fibres: part 2: Influence on strength and retention, *Pulp & Paper Canada* 107(11):39-42.
- [10] Khosravani, A., 2006. Investigation on utilizing cationic starch-anionic nanosilica system for application of more filler in fine paper, Ph.D. thesis. University of Tehran.
- [11] Roberts, J.C., Au, C.O., Clay, G.A., Lough, C., 1986. The Effects of C<sup>14</sup>-Labeled Cationic And Native Starches On Dry Strength And Formation, *TAPPI J.* 69(10):88.
- [12] Sharif, S., Ahmad, S. and Izhar-Ul-Haqa, M, M., 2007. Role of quaternary ammonium salts in improving the fastness properties of anionic dyes on cellulose fibers. *Society of dyers and colourists*, 123: 8-17.
- [13] Wurzburg, O. B., 1986. *Modified starches: properties and uses*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, U.S. pp.113-129.
- [14] Gess, J. M., Harding, M. J., Gaines, R. C. 1989. Cationic cellulose product and method for its preparation, Canadian Patent 1,249,585. Issued Jan. 31.
- [15] Schempp, W., Kaufer, M., Krause, T. 1983. Cationization of pulp: reactions and kinetics, *Proc. TAPPI Int. Dissolving Specialty Pulps Conf*, Boston pp.171-175.
- [16] Seong, H.S., Ko, S.W. 1998. Synthesis, application and evaluation of cationising agents for cellulose fibers, *JSDC* 114(4):124-129.
- [17] Ma, P., Law, K., Daneault, C. And Zhai, H., 2011. Influence of oxidation and cationization on properties of tmp fibers. *Cellulose Chemical Technol.* 45 (5-6): 389-395.
- [18] Sang, Y and Xiao, H., 2009. Preparation and application of cationic cellulose fibers modified by in situ grafting of cationic PVA, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 335.8pp.
- [19] Asadpour, GH., 1390. Investigation of using colloidal silica nanoparticles and CMP cationic fiber fines on fillers retention and properties of pulp and paper improvement. Ph.D. thesis. University of Agriculture and Natural Resources Of Gorgan.
- [20] Gullichsen, J., Paulapuro, H. 2000. *Papermaking science and technology: Paper physics*, 1st ed., Helsinki, Finland.

## Effect of Cationised Long Fibers as Additive On Mechanical Properties of CMP

**I.Rashidi Jooybari<sup>1</sup>, M. Azadfallah<sup>2\*</sup>, Y. Hamzeh<sup>3</sup> and H. Resalati**

<sup>1</sup>M.Sc., <sup>2</sup>Assistant Professor and <sup>3</sup>Associate Professor, Wood and Paper Science and Technology Department, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>4</sup>Professor, Wood and Paper Sciences and Technology Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

### Abstract

Chemical additives are usually used in papermaking industry as an effective way to enhance the strength of paper. However, the researches indicate that their effectiveness depends on dosage rate and application of them is associated with some problems. Recently utilization of cationised fiber has been suggested as a solution. Therefore in this study, the effects of cationised fiber have been evaluated as strength additive. Long fibers of softwoods by the use of cationic agent EPTMAC at 5, 10 and 15% were cationised and added to the CMP on levels 1, 3 and 5%. Finally, tensile, burst and tear strength of hand sheets were evaluated. The results showed that with increasing cationised long fiber levels, the strength of CMP will enhance too. Long fibers cationised at 10% also brought about highest strength.

**Keywords:** Long Fiber, Cationisation, EPTMAC, Grafting, CMP, Strength

---

\*Corresponding author: adfallah@ut.ac.ir