



دانشگاه گورنری و منابع طبیعی گران

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بهبود ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی با استفاده از

### نرمه‌های سلولزی کاتیونی

\* سیده عاطفه نصیری<sup>۱</sup>، حسین رسالتی<sup>۲</sup>، الیاس افرا<sup>۳</sup> و قاسم اسدیپور<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه خمیر و کاغذ، دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، <sup>۳</sup> دانشیار گروه خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۴</sup> استادیار گروه خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۳

#### چکیده

**سابقه و هدف:** برای افزایش ماندگاری مواد پرکننده و نرمه‌های سلولزی در کاغذ معمولاً از مواد کمک‌نگهدارنده پلیمری کاتیونی استفاده می‌گردد، ولی با افزایش ماندگاری پرکننده در کاغذ، مقاومت‌های مکانیکی کاغذ به دلیل افت پیوند بین الیاف کاهش می‌یابد. در این تحقیق ضمن تهیه نرمه‌های سلولزی کاتیونی شده به‌عنوان کمک‌نگهدارنده، تأثیر استفاده آن نیز بر ماندگاری الیاف خمیر کاغذ و ویژگی‌های کاغذ در مقایسه با رایج‌ترین کمک‌نگهدارنده موجود یعنی پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** نرمه‌های سلولزی از پالایش گسترده (۴۰۰۰۰ دور پالایش) خمیر کاغذ کرافت رنگ‌بری شده سوزنی‌برگان تولید شده از شرکت یو-ایلمسک کشور روسیه تا درجه روانی حدود ۵۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی پس از عبور از غربال ۲۰۰ به‌دست آمد. نرمه‌های سلولزی کاتیونی با استفاده از نمک استر آمینی کاتیونی تهیه شد. تأثیر سطوح مختلف مصرف نرمه‌های سلولزی کاتیونی (۰/۳، ۰/۹ و ۱/۵ درصد بر پایه وزن خشک) در مقایسه با پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد بر پایه وزن خشک) بر ماندگاری و ویژگی‌های خمیر کاغذ CMP بررسی گردید.

\*مسئول مکاتبه: [nasiri\\_atefe@yahoo.com](mailto:nasiri_atefe@yahoo.com)

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۱) ۱۳۹۵

**یافته‌ها:** کاتیونی شدن نرمه‌های سلولزی نیز بوسیله نتایج طیف FTIR، تعیین درصد نیتروژن نرمه کاتیونی به روش کج‌لدال و ارزیابی پتانسیل زتا اثبات گردید.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل حاکی از آن است که استفاده از نرمه‌های سلولزی کاتیونی، در مقایسه با پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، مقاومت‌های مکانیکی کاغذ افزایش بیشتری ایجاد شده است. به‌علاوه، کاربرد همزمان نرمه‌های سلولزی کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، اثر هم افزایی داشته است و موجب بهبود بیشتر این مقاومت‌ها شده است.

**واژه‌های کلیدی:** نرمه‌های سلولزی کاتیونی، خواص مقاومتی کاغذ، نمک استر آمینی کاتیونی، FTIR، پتانسیل زتا

#### مقدمه

امروزه اهمیت ماندگاری و آب‌گیری در فرایند کاغذسازی با توسعه ماشین‌های با سرعت تولید زیاد و سیستم‌های پیچیده و پیشرفته کنترل تولید افزایش یافته است (۲). بیشتر مواد افزودنی پایانه‌تر کاغذسازی، پلیمرهای کاتیونی هستند که بعضی از این مواد می‌توانند با الیاف کاتیونی جایگزین شوند (۹). امروزه تلاش بر این است با کاهش گراماژ کاغذ و افزایش مواد معدنی همراه با حفظ خواص مقاومتی و چاپ‌پذیری نسبت به اقتصادی‌تر نمودن تولید اقدام گردد. مواد پرکننده معدنی باعث کاهش مقاومت‌های مکانیکی می‌شوند، به هر حال می‌توان با افزایش کیفیت خمیر، افزایش مقدار مصرف خمیر شیمیایی و نیز استفاده از مواد کمک نگهدارنده مناسب، کاهش مقاومت‌های حاصل از مواد پرکننده را جبران نمود. مزایای حاصل از افزایش ماندگاری مواد پرکننده و نرمه‌های الیاف در ماشین کاغذ عبارتند از: افزایش راندمان و کارایی تولید، واکنش سریع‌تر به تغییرات ایجاد شده در فرآیند، کاهش حجم مواد در گردش، صرفه‌جویی اقتصادی و کاهش حجم آلودگی ارسال شده به سیستم تصفیه پساب. مواد شیمیایی کمک‌نگهدارنده با توجه به دانسیته بارشان به دودسته دلمه‌ساز و لخته‌ساز تقسیم می‌شوند. دلمه‌سازها، مواد و یا پلیمرهای با دانسیته بار کاتیونی زیاد بوده که باعث خنثی‌سازی بار ذرات می‌شوند. برخی انواع متداول دلمه‌سازها عبارتند از: آلوم، پلی‌آمین‌ها، پلی‌دامک و پلی‌اتیلن

ایمین. لخته‌سازها، پلیمرهایی با بار مشخص هستند که می‌توانند به‌صورت کاتیونی، آنیونی و یا غیریونی باشند. این پلیمرها دارای وزن مولکولی بسیار زیاد هستند. نمونه‌های متداول این پلیمرها عبارتند از: پلی‌اکریل‌آمیدها و پلی‌اتیلن‌اکسید. دانسیته بار و وزن مولکولی برای پلیمرهای پل زن<sup>۱</sup> بسیار حائز اهمیت است. پلیمرهای با وزن مولکولی بیشتر به‌دلیل دارا بودن زنجیرهای پلیمری طولی‌تر، بیشتر در سطح الیاف گسترش یافته و باعث افزایش عمل پل‌زنی می‌شوند.

مکانیسم عملکرد الیاف سلولزی کاتیونی در ماندگاری و آبگیری با سایر مواد افزودنی متفاوت می‌باشد. مکانیسم پلی‌الکترولیت‌های محلول در افزایش ماندگاری مواد پرکننده و نرمه‌های الیاف براساس تئوری پل‌زنی می‌باشد (۱۱). در مقایسه با مواد شیمیایی کمک‌نگهدارنده متداول، الیاف کاتیونی در بهبود ماندگاری و آبگیری و خنثی‌سازی زباله‌های آنیونی و کاهش بار آب سفید و به‌علاوه تجزیه بیولوژیکی مؤثرتر است (۷، ۸، ۱۰، ۱۵).

به طور کلی الیاف نرمه به بخشی از خمیر گفته می‌شود که قابل عبور از توری با مش ۲۰۰ در دستگاه کلاسه‌بندی الیاف بایر-مک نت<sup>۲</sup> و یا تجهیزات مشابه، هستند (۱۲). الیاف نرمه، ذرات ریزی هستند که سطح ویژه آنان، ۵ تا ۸ برابر الیاف بوده و از آنجا که اکثر واکنش‌های شیمیایی در بخش تر ماشین کاغذ بر روی سطوح ذرات انجام می‌گیرد، این ذرات به‌دلیل دارا بودن سطح ویژه زیاد، نقش مهمی دارند (۳). تکنولوژی مهندسی الیاف زمینه‌های زیاد و جدیدی برای به‌کار گرفته شدن در صنعت کاغذسازی دارد ولی تاکنون تحقیقات به‌عمل آمده در این خصوص چشمگیر و قابل ملاحظه نبوده و از تمامی پتانسیل موجود در الیاف استفاده نشده است. برای حصول نتایج بهتر و استفاده بهینه از الیاف، می‌توان حداقل از چهار روش اصلاح ژنتیکی، اصلاح شیمیایی، اصلاح آنزیمی و اصلاح مکانیکی، خواص الیاف را با مهندسی الیاف بهبود بخشید. فاتحی و زایو (۲۰۰۸) به‌وسیله جذب پلی‌وینیل‌الکل کاتیونی بر روی الیاف، الیاف کاتیونی ایجاد کردند. پلی‌وینیل‌الکل کاتیونی به‌وسیله جذب گروه‌های کوآترنری آمونیوم بر روی شاخه‌های این پلیمر ایجاد می‌شود (۵). مکانیسم جذب بر روی الیاف، نیروی واندروالس، پیوند هیدروژنی و برهم کنش الکترواستاتیکی می‌باشد. جذب پلی‌وینیل‌الکل کاتیونی با دانسیته بار کم بر روی الیاف بیشتر است. زای و همکاران (۲۰۰۸) با کاتیونی نمودن خمیر رنگبری شده کرافت سوزنی‌برگان به‌وسیله نمک استرکاتیونی آمونیوم چهارگانه  $[R-COOCH_2-N(CH_3)_2-CH_2COO-R]^+CL^-$ ، این ترکیب را به‌عنوان

1- Bridging mechanism

2- Bauer-McNett

### نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۱) ۱۳۹۵

ماده کمکنگهدارنده در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و اظهار داشته‌اند که با افزودن مقدار ۰/۹ درصدی (بر مبنای وزن خشک) الیاف کاتیونی شده، مقدار ماندگاری کربنات کلسیم رسوبی از ۵۳/۵۷ درصد به ۷۲/۲۱ درصد افزایش یافته است. مقاومت کششی و مقاومت ترکیدگی کاغذ تهیه شده با استفاده از الیاف کاتیونی شده به‌عنوان ماده کمکنگهدارنده، بیشتر از حالتی بوده که از پلی‌آکریل آمید کاتیونی برای این منظور استفاده شده است. بر اساس این تحقیق، الیاف کاتیونی شده تأثیر خاصی بر قابلیت آبیگری خمیر نداشته‌اند (۱۹).

روند توسعه صنعت کاغذسازی برای تولید کاغذهای چاپ و تحریر افزایش درصد پرکننده در کاغذ است. برای افزایش ماندگاری مواد پرکننده و نرمه‌های سلولزی در کاغذ معمولاً از پلیمرهای کمکنگهدارنده سنتزی کاتیونی استفاده می‌گردد، ولی با افزایش ماندگاری پرکننده در کاغذ، مقاومت‌های مکانیکی کاغذ به دلیل افت پیوند بین الیاف کاهش می‌یابد. لذا در این تحقیق ماده کمکنگهدارنده بر پایه مواد زیست تخریب‌پذیر از طریق کاتیونی کردن نرمه‌های سلولزی تهیه شد و تأثیر استفاده آن نیز بر ماندگاری الیاف خمیر کاغذ و ویژگی‌های کاغذ حاصله در مقایسه با رایج‌ترین کمکنگهدارنده موجود یعنی پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

جهت مطالعات خواص خمیر و کاغذ، از خمیر شیمیایی - مکانیکی کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران با گونه‌های چوبی پهن‌برگ شمال ایران شامل ممرز، صنوبر و راش با نسبت اختلاط وزنی به ترتیب ۵۶، ۲۶ و ۱۸ درصد و خمیر رنگبری شده کرافت سوزنی‌برگان از شرکت یو-ایلیمسک<sup>۱</sup> کشور روسیه با نسبت اختلاط ۸۰ به ۲۰ درصد استفاده شد. ماده پرکننده کربنات کلسیم رسوبی با نام تجاری برین ۹۰۲۰ خریداری و به مقدار ۲۰ درصد وزنی مخلوط خمیر به سوسپانسیون اضافه گردید. سولفات آلومینیوم (آلوم) با فرمول شیمیایی  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$  به‌عنوان خنثی کننده زیاله‌های آنیونی استفاده شد. مقدار ۱/۵ درصد (به ازای وزن خشک) با بررسی منابع گذشته به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب و برای تمامی آزمایشات بعدی، به مقدار ثابت به خمیر اضافه گردید (۱). ماده کمکنگهدارنده پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی با نام تجاری Farinret K325 تولیدی شرکت دگوسا<sup>۲</sup> آلمان در سه سطح ۰/۱،

1- U-ilimsk

2- Degussa

۰/۳، ۰/۲ بر حسب وزن خشک کاغذ آزمایش گردید. برای تغییر و تبدیل بار الکتریکی سطوح نرمه‌های الیاف خمیر کرافت از آنیونی به کاتیونی، نمک‌استرکاتیونی آمینی نوع چهارم با فرمول شیمیایی  $[R-COOCH_2-N(CH_3)_2-CH_2COO-R]^+CL^-$  و با نام تجاری ۳۱۴۴۱ از شرکت تکنولوژی شیمیایی هنان تایتانینگ<sup>۱</sup> کشور چین تهیه شد.

**کاتیونی نمودن نرمه‌های خمیر کاغذ:** نرمه‌های سلولزی از پالایش گسترده خمیر کاغذ شیمیایی رنگ‌بری شده سوزنی‌برگان وارداتی تا درجه روانی حدود ۵۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی پس از عبور از غربال ۲۰۰ به دست آمد. برای کاتیونی نمودن نرمه‌های الیاف با استفاده از نمک‌استرکاتیونی آمینی نوع چهارم، از روش به کار گرفته شده توسط ژای وی و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد (۱۹). در ابتدا پودر نمک استرکاتیونی آمینی نوع چهارم به محلول با غلظت یک درصد تبدیل شد. pH محلول یک درصدی فوق در محدوده خنثی و حدود ۷ بوده است. در مرحله بعدی، معادل یک گرم نرمه‌های الیاف کاملاً خشک، از محلول با درصد خشکی ۰/۴ درصد نرمه‌های الیاف تهیه و به بشر ۱۰۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد. بشر مذکور در داخل حمام آبی قرار گرفته و دمای آن به ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. بعد از رسیدن دمای محلول محتوی نرمه‌های الیاف به ۸۰ درجه سانتی‌گراد، محلول یک درصدی عامل کاتیونی کننده با سطوح ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد بر مبنای وزن خشک نرمه به بشر اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه واکنش ادامه یافت. در پایان آزمایش، مخلوط موجود در بشر با استفاده از قیف بوختر و نیز کاغذ صافی با وزن مشخص، کاملاً صاف و چندین بار شستشو داده شد. نرمه‌های کاتیونی در سه سطح کم، متوسط و زیاد (به ترتیب ۰/۳، ۰/۹، ۱/۵ درصد) به سوسپانسیون متلاطم اضافه شد. ترکیب نهایی تیمارهای مورد مطالعه با توجه به نوع، ترکیب و مقدار مصرف مواد کمک‌نگهدارنده در جدول ۱ ارائه شده است.

1- Henan Titaning Chemical Technology CO, LTD

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۱) ۱۳۹۵

جدول ۱- نوع و مقدار مواد مورد استفاده به‌عنوان کمک‌نگهدارنده.

Table 1. The type and amount of materials used as retention aids.

ردیف	ترکیب مواد کمک‌نگهدارنده (کد اختصاری)	سطوح و نرخ مصرف (درصد) مواد کمک‌نگهدارنده	کد تیمار	
row	Composition of retention aids (Abbreviated code)	Levels and utilization rate ( % ) of retention aids	Treatment code	
1	پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی Poly acryl amide (C)	0.1	C <sub>1</sub>	
		0.2	C <sub>2</sub>	
		0.3	C <sub>3</sub>	
2	نرمه‌های کاتیونی الیاف (سطح مصرف ۱۵ درصد مونومر کاتیونی) Level of 15% cationic fiber(F <sub>1</sub> )	0.3	LF <sub>1</sub>	
		0.9	MF <sub>1</sub>	
		1.5	HF <sub>1</sub>	
3	نرمه‌های کاتیونی الیاف (سطح مصرف ۲۰ درصد مونومر کاتیونی) Level of 20% cationic fiber(F <sub>2</sub> )	0.3	LF <sub>2</sub>	
		0.9	MF <sub>2</sub>	
		1.5	HF <sub>2</sub>	
4	نرمه‌های کاتیونی الیاف (سطح مصرف ۲۵ درصد مونومر کاتیونی) Level of 25% cationic fiber(F <sub>3</sub> )	0.3	LF <sub>3</sub>	
		0.9	MF <sub>3</sub>	
		1.5	HF <sub>3</sub>	
5	سطح بهینه نرمه‌های الیاف کاتیونی شده و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی optimum level of Cationic fiber and PAM	0.3	LF <sub>2</sub> +C <sub>2</sub>	
		0.9	MF <sub>2</sub> +C <sub>2</sub>	
		1.5	HF <sub>2</sub> +C <sub>2</sub>	
		مصرف ۰/۲ درصد پلی‌اکریل‌آمید Level of 0.2% PAM	0.2	

### درصد جذب نمک استر کاتیونی

برای مشخص نمودن مقدار جذب عامل کاتیونی کننده بر روی نرمه‌های الیاف از رابطه ۱ استفاده شد:

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{درصد جذب عامل کاتیونی کننده} = ((W_2 - W_1) / W_1) \times 100$$

وزن کاملاً خشک نرمه‌های الیاف قبل از واکنش: W<sub>1</sub>

وزن کاملاً خشک نرمه‌های الیاف بعد از واکنش: W<sub>2</sub>

اندازه‌گیری خاکستر: مقدار خاکستر موجود در ورقه‌های دست‌ساز بر اساس استاندارد T ۴۱۳۰m-۹۳ آئین‌نامه تاپی<sup>۱</sup> محاسبه شد. درصد پرکننده موجود در کاغذ<sup>۱</sup>، در یک درصد مصرف مشخص پرکننده،

1- TAPPI

2- Ash content

تابعی از درصد ماندگاری پرکننده<sup>۱</sup> (نسبت درصد وزن پرکننده در کاغذ به وزن پرکننده مصرفی) بوده و یک رابطه خطی مستقیم بین این دو ویژگی وجود دارد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی: کاغذهای دست ساز بر طبق استاندارد شماره T۲۰۵sp-۰۲ آئین‌نامه تاپی با وزن پایه ۶۰ گرم بر مترمربع ساخته شد. مقاومت به عبور هوای کاغذ با روش گرلی بر اساس استاندارد شماره T۴۶۰om-۹۶ آئین‌نامه تاپی، اندازه‌گیری مقاومت در برابر ترکیدگی طبق استاندارد شماره T۴۰۳om-۰۲ آئین‌نامه تاپی و مقاومت در برابر پارگی بر طبق استاندارد شماره T۴۱۴om-۰۴ آئین‌نامه تاپی انجام گرفت. با توجه به تغییرات گراماژ بهتر است که شاخص‌های مقاومت‌ها اندازه‌گیری شوند.

**آنالیز FTIR، نیتروژن و پتانسیل زتا:** طیف‌سنجی مادون‌قرمز بر اساس جذب تابش مادون‌قرمز و بررسی جهش‌های ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چند اتمی صورت می‌گیرد. جذب تابش مادون‌قرمز همانند دیگر فرایندهای جذب، فرایند کوانتایی است به نحوی که فقط فرکانس‌های خاصی از تابش مادون‌قرمز توسط مولکول جذب و باعث ارتعاش پیوندهای آن می‌شود (۱۸). یگانگی فرکانس جذب برای هر پیوند باعث می‌شود که بتوان از طیف‌سنجی مادون‌قرمز به‌عنوان روشی قدرتمند برای تعیین ترکیبات شیمیایی، ساختار مولکولی و شناسایی ترکیبات آلی و گروه‌های عاملی استفاده کرد. سیستم FTIR آزمایشگاه، یک دستگاه طیف‌سنج تبدیل فوریه مادون‌قرمز ساخت شرکت Perkin-Elmer با مدل RX I است و قادر است در ناحیه ۴۰۰ (cm<sup>-1</sup>) تا ۴۰۰۰ (cm<sup>-1</sup>) طیف عبور و جذب نمونه‌های مایع، جامد و پودری را اندازه‌گیری نماید. نمک‌استرکاتیونی آمینی نوع چهارم دارای گروه نیتروژن در گروه آمینی است لذا روش کج‌لدال<sup>۲</sup> (۱۸۸۳) برای بررسی مقدار نیتروژن جذب شده بر روی نرمه استفاده شد. پتانسیل زتا با دستگاه مدل ZEN3600 ساخت شرکت Malvern کشور انگلستان با استفاده از تکنولوژی فاز تجزیه و تحلیل پراکنش نور<sup>۳</sup> (M3-PALS)، محاسبه شد.

- 
- 1- Ash retention
  - 2- Kjeldahl
  - 3- Phase Analysis Light Scatter

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۱) ۱۳۹۵

## نتایج و بحث

درصد جذب نمک استر کاتیونی: با توجه به رابطه ۱، با افزایش درصد مصرف مونومر کاتیونی از ۱۵ درصد به ۲۵ درصد بر پایه وزن خشک نرمه‌های سلولزی، درصد جذب نمک استر کاتیونی از ۵۳ درصد به ۷۶ درصد افزایش یافته است (جدول ۲). به عبارتی با کاربرد ۲۵ درصد مونومر کاتیونی، مقدار ۱۹ درصد آن جذب نرمه‌های الیاف شده است. یعنی حدود ۷۶ درصد عامل کاتیونی مصرف شده، جذب نرمه‌های الیاف و باعث تغییر ماهیت بار آنیونی به کاتیونی آن شد.

جدول ۲- درصد جذب نمک استر کاتیونی در سطوح مختلف افزودن عامل کاتیونی نسبت به وزن خشک نرمه‌های سلولزی.

Table 2. The adsorb percentage of cationic ester salt at various levels Add to the dry weight of cationic cellulosic fines.

سطح مصرف مونومر کاتیونی درصد	وزن خشک نرمه قبل از جذب مونومر کاتیونی (g)	وزن خشک نرمه بعد از جذب مونومر کاتیونی (g)	درصد جذب مونومر	بر مبنای تغییر وزن نرمه*
Level of cationic monomer	Oven dry weight fine before adsorb cationic monomer	Oven dry weight fine after adsorb cationic monomer	Percent of adsorb monomer based on the weight of fines	Percent of adsorb cationic monomer
15%	3	3.24	8%	53%
20%	3	3.42	14%	70%
25%	3	3.57	19%	76%

\*  $15\% = \frac{3}{3.24 - 3} \times 100 = 8\%$  درصد جذب مونومر بر مبنای تغییر وزن نرمه در سطح ۱۵٪

\*  $53\% = \frac{8\%}{15\%} \times 100 = 53\%$  درصد مونومر کاتیونی جذب شده در سطح ۱۵٪

درصد جذب نیتروژن و پتاسیل زتا: همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است با افزایش درصد مصرف مونومر کاتیونی از ۱۵ درصد به ۲۵ درصد بر پایه وزن خشک نرمه‌های سلولزی، درصد نیتروژن در نرمه‌های کاتیونی شده از ۰/۵۱ درصد به ۰/۶۶ درصد افزایش یافته است. این نتایج نشان می‌دهد که گروه‌های آمینی توانسته بر روی سطح الیاف جذب شود و ماهیت آنیونی الیاف را کاتیونی کند.

پتاسیل زتای نرمه‌ها پس از تیمار در سه سطح ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد مصرف مونومر کاتیونی در جدول ۳ آمده است. بار منفی نرمه‌ها ناشی از وجود گروه‌های اسیدی کربوکسیلی و سولفونیک بر روی سطوح و یا در نتیجه جذب لیگنین و همی سلولز محلول توسط سطوح الیاف می‌باشد. با افزایش درصد مصرف مونومر کاتیونی از ۱۵ درصد به ۲۵ درصد بر پایه وزن خشک نرمه‌های سلولزی،



## سیده عاطفه نصیری و همکاران

پتانسیل زتای نرمه‌های کاتیونی شده از  $(mV) +1/29$  به  $(mV) +5/35$  افزایش یافته است. این نتایج نشان می‌دهد که گروه‌های آمینی نمک استر کاتیونی توانسته بر روی سطح الیاف جذب شود و ماهیت نرمه‌های سلولزی را کاتیونی کند.

جدول ۳- درصد جذب نیتروژن و پتانسیل زتا در سطوح مختلف افزودن عامل کاتیونی نسبت به وزن خشک نرمه‌های سلولزی.

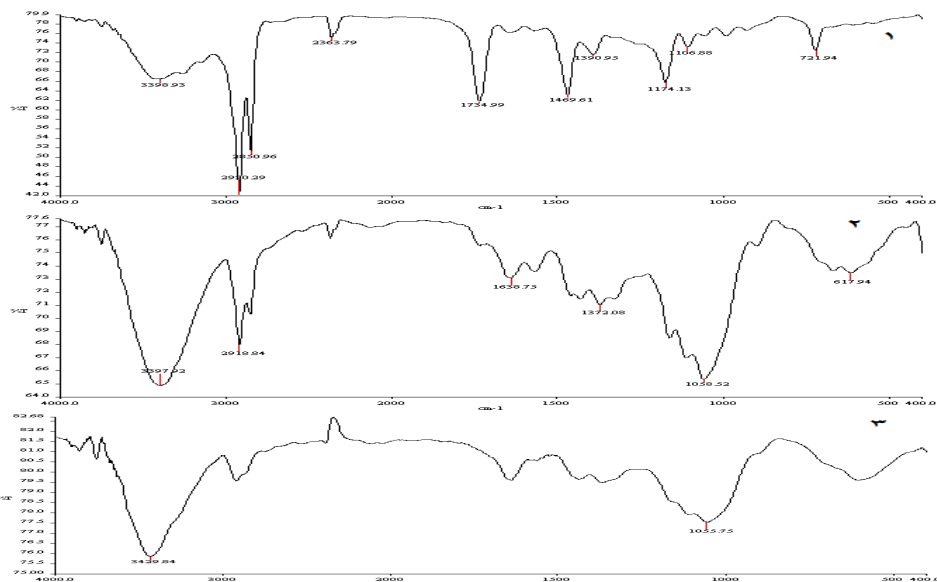
Table 3. percent nitrogen adsorption and zeta potential at various levels Add to the dry weight of cationic cellulosic fines.

پتانسیل زتا (میلی‌ولت) Zeta potential (mV)	نیتروژن جذب شده درصد Adsorb nitrogen (%)	سطح مصرف مونومر کاتیونی درصد Level of cationic monomer (%)
+1.29	0.51	15%
+3.56	0.57	20%
+5.35	0.66	25%

ارزیابی کاتیونی شدن نرمه‌ها با طیف FTIR: هر جذبی که در ناحیه  $3000 \pm 150$   $(cm^{-1})$  طیف قرار داشته باشد، نشان‌دهنده وجود گروه  $C-H_2$  در مولکول است و جذبی که در ناحیه  $1700 \pm 100$   $(cm^{-1})$  مشاهده شود، معمولاً مربوط به گروه کربونیل در مولکول است (۴، ۶، ۱۳).

طیف‌های ۱-۱، ۲-۱ و ۳-۱ به ترتیب مربوط به نمک استر کاتیونی، نرمه کاتیونی و نرمه تیمار نشده است. در طیف نمک استر کاتیونی (طیف ۱) جذب در ناحیه ۲۸۵۰ و ۲۹۲۰  $(cm^{-1})$  قرار دارد که مربوط به گروه  $C-H_2$  می‌باشد. جذب در این ناحیه در نرمه کاتیونی شده هم مشخص هست که نشان می‌دهد واکنش کاتیونی شدن در نرمه‌ها انجام شده است. در طیف مربوط به نرمه اصلاح نشده در این ناحیه جذبی مشاهده نمی‌شود. به علاوه در ناحیه  $1700 \pm 100$   $(cm^{-1})$  در نمونه‌های نمک استر کاتیونی و نرمه کاتیونی شده، جذب مشاهده می‌شود که نشان دهنده وجود گروه کربونیل مربوط می‌باشد و حاکی از آن است که بین نرمه و نمک استر واکنش انجام شده است. البته شدت این پیک ضعیف است که نشان می‌دهد واکنش از نوع جذب سطحی است. این نتایج با یافته‌های ژای وی و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد (۱۹).

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۱) ۱۳۹۵



شکل ۱- طیف FTIR نمک استری کاتیونی (۱)، نرمه کاتیونی شده (۲) و تیمار نشده (۳).  
Figure 1. FTIR spectrum cationic ester salt (1), cationic fine (2) and untreated (3).

پتانسیل زتای خمیر کاغذ: تأثیر سطوح مختلف کاتیونی شدن نرمه‌های سلولزی و نیز سطوح مختلف مصرف آنها نسبت به وزن خشک خمیر کاغذ، در مقایسه با ماده کمک‌نگهدارنده متداول پلی‌اکریل آمید کاتیونی، بر پتانسیل زتای سوسپانسیون خمیر در جدول ۴ نشان داده شده است. افزایش سطح کاتیونی شدن نرمه‌ها و نیز افزایش سطح مصرف نرمه‌های کاتیونی شده موجب کاهش پتانسیل زتای خمیر کاغذ شده است (ردیف ۲، ۳، ۴ جدول ۴). افزایش گروه‌های کاتیونی آمینی در سطوح بیشتر کاتیونی شدن و مصرف نرمه‌های کاتیونی منجر به خنثی‌سازی بیشتر مواد مزاحم آنیونی می‌شود، در نتیجه پتانسیل زتا بیشتر کاهش می‌یابد. جالب است که کاهش پتانسیل زتای خمیر در حالت استفاده از پلی‌اکریل آمید کاتیونی، حتی با سطوح مصرف کم، به مراتب بیشتر از نرمه‌های سلولزی کاتیونی است (ردیف ۱ جدول ۴). در نتیجه مواد مزاحم آنیونی سوسپانسیون را به‌طور مؤثرتری خنثی‌سازی می‌کند.

بررسی آزمایش‌های ابتدایی برای تشخیص اولویت تقدم و تأخر استفاده از این مواد کاتیونی نشان داده است که در صورت استفاده از نرمه‌های کاتیونی بعد از افزودن پلی‌اکریل آمید، پتانسیل زتای

## سیده عاطفه نصیری و همکاران

خمیر کاهش یافته و به حالت خنثی نزدیک‌تر است (ردیف ۵ جدول ۴). خنثی‌سازی اولیه مواد مزاحم آنیونی در خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی توسط پلی اکریل آمید قبل از اضافه شدن نرمه‌های کاتیونی به کاهش بیشتر پتانسیل زتا منجر شده است. پتانسیل زتای خمیر در کاربرد همزمان سطوح مختلف اختلاط نرمه‌های کاتیونی با پلی اکریل آمید کاتیونی نسبت به کاربرد جداگانه کاهش بیشتری یافته است (ردیف ۶ جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف مصرف نرمه کاتیونی و پلی اکریل آمید بر پتانسیل زتای خمیر کاغذ.

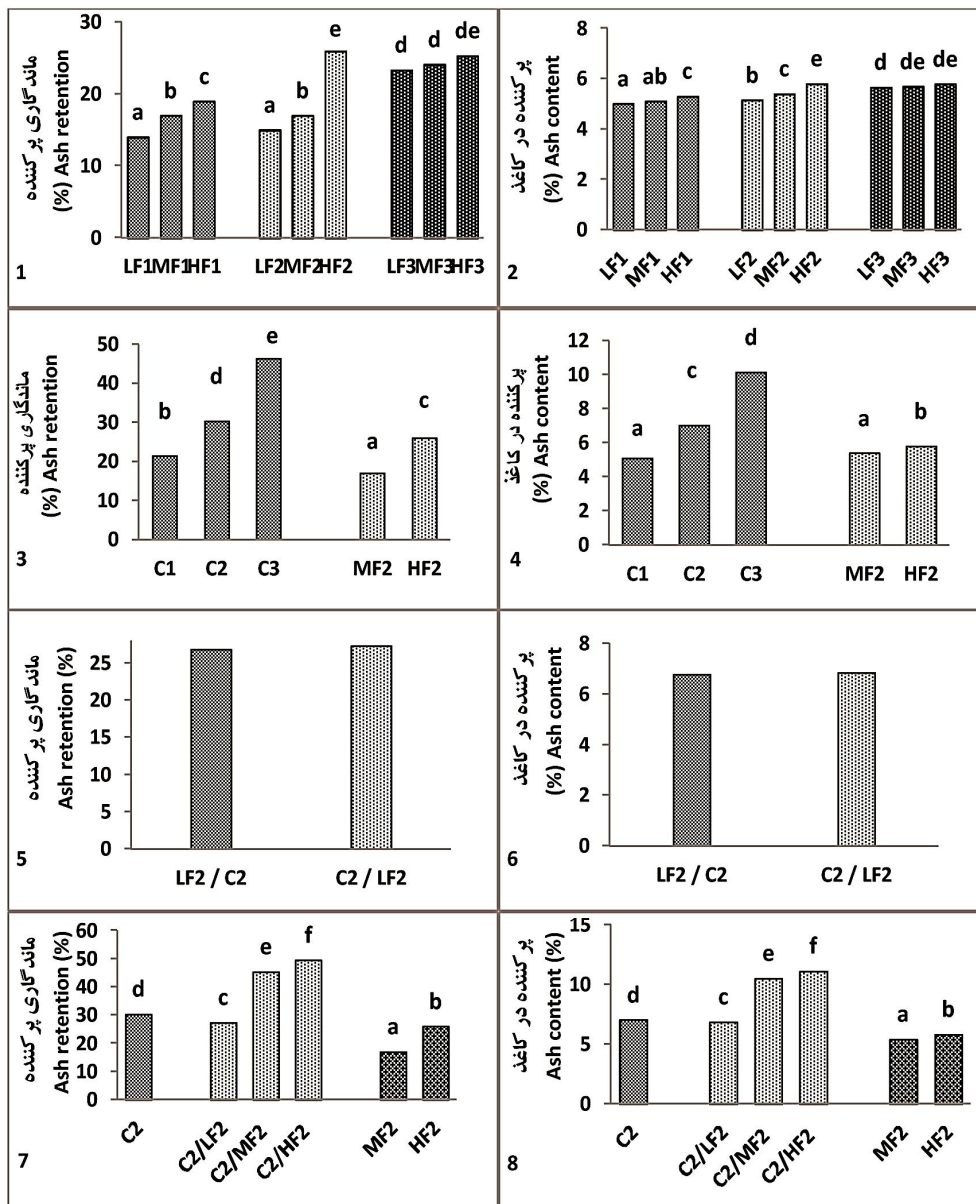
Table 4. The effect of different levels of cationic fines and polyacrylamide on the zeta potential of pulp.

ردیف row	ترکیب مواد کمک‌نگهدارنده Retention aids component	سطوح و نرخ مصرف (درصد) مواد کمک‌نگهدارنده Levels and percentage of retention aids	پتانسیل زتا (mV) Zeta potential
1	پلی اکریل آمید کاتیونی Poly acryl amide (C)	0.1	-15.8
		0.2	-12.4
		0.3	-10.8
2	سطح ۱۵ درصد کاتیونی نرمه‌های الیاف Level of 15% cationic fiber(F <sub>1</sub> )	0.3	-18.1
		0.9	-17.9
		1.5	-17
3	سطح ۲۰ درصد کاتیونی نرمه‌های الیاف Level of 20% cationic fiber(F <sub>2</sub> )	0.3	-17.1
		0.9	-16.9
		1.5	-15.5
4	سطح ۲۵ درصد کاتیونی نرمه‌های الیاف Level of 25% cationic fiber(F <sub>3</sub> )	0.3	-15.5
		0.9	-15.3
		1.5	-14.3
5	ابتدا پلی اکریل آمید سپس نرمه الیاف کاتیونی First Cationic fiber then PAM	۰/۳ نرمه الیاف کاتیونی و ۰/۲ پلی اکریل آمید 0.3 cationic fiber and 0.2 PAM	-12.7
		ابتدا نرمه الیاف کاتیونی سپس پلی اکریل آمید First PAM then cationic fiber	-15.6
6	سطح بهینه نرمه‌های الیاف کاتیونی شده و پلی اکریل آمید کاتیونی optimum level of Cationic fiber and PAM	سطح مصرف ۲۰ درصد مونومر کاتیونی Level of 20% cationic monomer	0.3 -8.7
		مصرف ۰/۲ درصد پلی اکریل آمید Level of 0.2 % PAM	0.2 -7.3

ماندگاری و درصد پرکننده در کاغذ: تأثیر سطوح مختلف کاتیونی شدن نرمه‌های سلولزی و نیز سطوح مختلف مصرف آن‌ها نسبت به وزن خشک خمیرکاغذ، در مقایسه با ماده کمک‌نگهدارنده متداول پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، بر درصد ماندگاری پرکننده در حین ساخت کاغذ و نیز بر درصد نهایی پرکننده باقیمانده در کاغذ حاصله در نمودارهای ۱ تا ۸ در شکل ۲ نشان داده شده است.

افزایش سطح کاتیونی شدن نرمه‌ها و نیز افزایش سطح مصرف نرمه‌های کاتیونی شده موجب افزایش درصد ماندگاری پرکننده در حین ساخت کاغذ و نیز افزایش درصد پرکننده باقی‌مانده در کاغذ شده است (نمودارهای ۱ و ۲). کاهش پتانسیل زتا (جدول ۴) موجب کاهش نیروی دافعه بین پارتیکل‌ها و افزایش دلمه شدن بیشتر اجزای خمیر کاغذ و در نتیجه موجب افزایش ماندگاری و درصد پرکننده در کاغذ گردید. به هر حال، درصد افزایش در ماندگاری پرکننده و نیز درصد پرکننده در کاغذ در حالت استفاده از پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، حتی با سطوح مصرف به مراتب کمتر، بیشتر از نرمه‌های کاتیونی شده است (نمودارهای ۳ و ۴). دانسیته بار کاتیونی در مقیاس ملکولی و نیز فراوانی بیشتر تعداد گروه‌های کاتیونی به ازای واحد وزن در پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی را که منجر به کاهش بیشتر پتانسیل زتا حتی در مصرف بسیار کمتر شده است را می‌توان از دلایل این اختلاف بر شمرد (۱۷). در خصوص تأثیر استفاده توأم نرمه‌های کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، نتایج آزمون‌های اولیه برای تعیین تقدم و تأخر استفاده از این مواد کاتیونی نشان داده است که در صورت استفاده از نرمه‌های کاتیونی بعد از افزودن پلی‌اکریل‌آمید، در درصد ماندگاری و درصد پرکننده در کاغذ کمی بهبود یافته است، هر چند اختلاف این تیمارها به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است (نمودارهای ۵ و ۶). ختنی‌سازی اولیه مواد مزاحم آنیونی در خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی توسط ملکول‌های کاتیونی پلی‌اکریل‌آمید قبل از اضافه شدن نرمه‌های کاتیونی که به کاهش بیشتر پتانسیل زتا منجر شده است (جدول ۴) ممکن است از دلایل احتمالی این اختلاف باشد.

تأثیر کاربرد همزمان و یا به‌عبارت دیگر تأثیر سطوح مختلف اختلاط نرمه‌های کاتیونی با پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی بر درصد ماندگاری و نیز درصد پرکننده باقی‌مانده در کاغذ، در مقایسه با کاربرد پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی خالص و یا نرمه‌های کاتیونی خالص، در نمودارهای ۷ و ۸ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که استفاده همزمان نرمه‌های کاتیونی شده و پلی‌اکریل‌آمید اثر هم‌افزایی داشته و عملکرد آن‌ها در ماندگاری پرکننده و نیز درصد پرکننده باقی‌مانده در کاغذ به مراتب بهتر بوده است (۱۹، ۱۶). کاهش بیشتر پتانسیل زتا و ایجاد لخته‌های بیشتر در کاربرد همزمان این مواد را می‌توان از دلایل این بهبود نام برد. در کاربرد همزمان، ماندگاری پرکننده حدود ۴۰ درصد نسبت به پلی‌اکریل‌آمید و ۶۰ درصد نسبت به نرمه کاتیونی بهبود داشته است. این یافته‌ها با نتایج ژئی وی و همکاران (۲۰۰۸) و اسدپور (۱۳۸۹) مشابهت دارد (۱، ۱۹).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف مصرف نرمه کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید بر درصد ماندگاری (۱-۳-۵-۷) و درصد پرکننده باقیمانده در کاغذ (۲-۴-۶-۸).

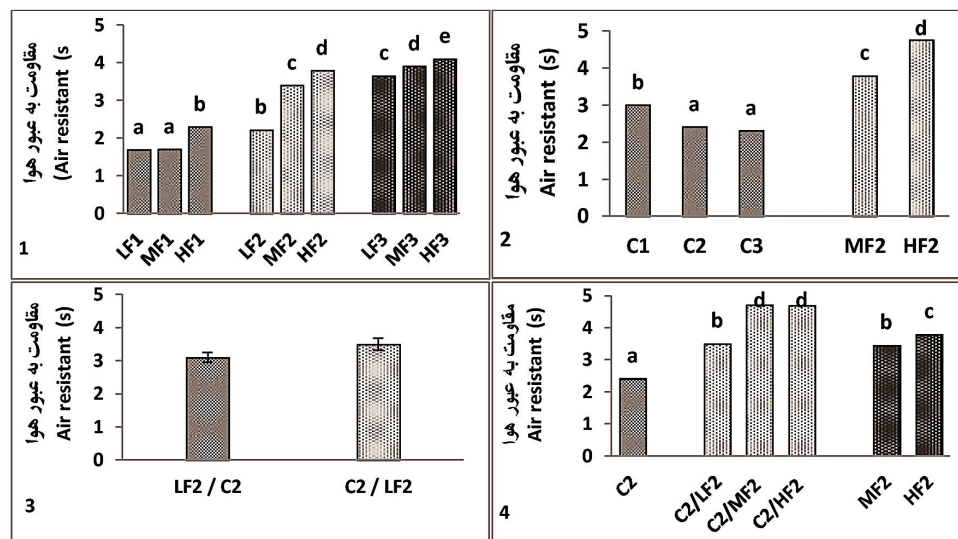
Figure 2. The effect of different levels of cationic fines and polyacrylamide on the retention percentage (1-3-5-7) and percent of the filler remaining in the paper (2-4-6-8).

مقاومت به عبور هوای کاغذ: تأثیر سطوح مختلف کاتیونی شدن نرمه‌های سلولزی و نیز سطوح مختلف مصرف آن‌ها نسبت به وزن خشک خمیر کاغذ، در مقایسه با ماده کمک نگهدارنده متداول پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، بر مقاومت به عبور هوای کاغذ حاصله در نمودارهای ۱ تا ۴ در شکل ۳ نشان داده شده است.

با افزایش سطح کاتیونی شدن نرمه‌ها و نیز افزایش سطح مصرف نرمه‌های سلولزی کاتیونی شده عملکرد بهتری در افزایش ویژگی مقاومت به عبور هوای کاغذ مشاهده شد (نمودار ۱). پر شدن خلل و فرج بین الیاف به‌وسیله پرکننده و نرمه که پیوند محکم‌تری با الیاف دارد موجب افزایش مقاومت به عبور هوا کاغذ حاصله گردید. کاهش در مقاومت به عبور هوا در سطوح مصرف پلی‌اکریل‌آمید در مقایسه با نرمه‌های کاتیونی مشاهده گردید (نمودار ۲).

افزایش مصرف پلی‌اکریل‌آمید منجر به افزایش بیش از حد محتوای پرکننده کاغذ می‌شود، در نتیجه با تضعیف پیوندهای داخلی الیاف، خلل و فرج کاغذ افزایش می‌یابد. مقاومت به عبور هوای کاغذ در صورت استفاده از نرمه‌های کاتیونی بعد از افزودن پلی‌اکریل‌آمید، کمی افزایش یافت (نمودار ۳). زمانی که پلی‌اکریل‌آمید در ابتدا افزوده می‌شود، ممکن است پیوند محکم‌تر بین الیاف و پرکننده دلیل احتمالی این اختلاف باشد.

تأثیر کاربرد هم‌زمان نرمه‌های کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید بر مقاومت به عبور هوای کاغذ در نمودار ۴ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که در کاربرد هم‌زمان نرمه‌های کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید، پیوند داخلی محکم‌تری بین الیاف و پرکننده به‌وجود می‌آید، در نتیجه مقاومت به عبور هوای آن نسبت به کاربرد پلی‌اکریل‌آمید و نرمه کاتیونی خالص افزایش می‌یابد. مقاومت به عبور هوای کاغذ نسبت به تیمار شاهد پلی‌اکریل‌آمید حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف مصرف نرمه کاتیونی و پلی اکریل آمید بر مقاومت به عبور هوای کاغذ.

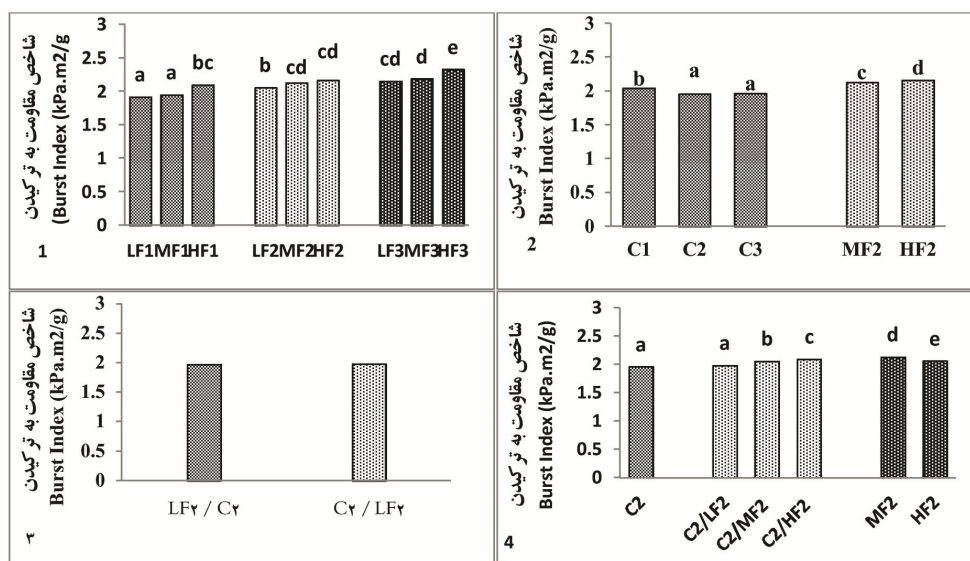
Figure 3. The effect of different levels of cationic fines and polyacrylamide on the paper air resistance.

مقایسه تأثیر استفاده سطوح مختلف نرمه کاتیونی و پلی اکریل آمید بر خواص مقاومتی کاغذ شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ: تأثیر سطوح مختلف کاتیونی شدن نرمه‌های سلولزی و نیز سطوح مختلف مصرف آن‌ها نسبت به وزن خشک خمیر کاغذ، در مقایسه با ماده کمک‌نگهدارنده متداول پلی اکریل آمید کاتیونی، بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ در نمودارهای ۱ تا ۴ در شکل ۴ نشان داده شده است.

افزایش سطح کاتیونی شدن نرمه‌ها و نیز افزایش نرخ مصرف نرمه‌های کاتیونی شده موجب بهبود کمی در مقاومت به ترکیدن کاغذ شد (نمودار ۱). کاهش بیشتر پتانسیل زتای سوسپانسیون الیاف، منجر به کاهش نیروی دافعه بین ذرات پرکننده و الیاف و بهبود جذب سطحی پرکننده‌ها بر الیاف می‌شود. مقاومت به ترکیدن در سطوح مصرف پلی اکریل آمید در مقایسه با کاربرد نرمه کاتیونی کاهش یافت، زیرا افزایش مقادیر مواد پرکننده معدنی موجود در کاغذ، باعث کاهش سطح اتصال پیوندهای بین الیاف می‌شود (نمودار ۲). نمودار ۳ مربوط به اختلاف شاخص مقاومت به ترکیدن در ترتیب افزودن نرمه کاتیونی و پلی اکریل آمید می‌باشد و تقریباً روند مشابهی مشاهده شد. شاخص مقاومت به

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۱) ۱۳۹۵

ترکیدن در کاربرد هم‌زمان نرمه کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید نسبت به مصرف خالص پلی‌اکریل‌آمید حدود ۷ درصد افزایش یافته است (نمودار ۴). این افزایش مقاومت را می‌توان در عملکرد نرمه‌های فیبری کاتیونی در افزایش پیوند و اتصال بین الیاف مرتبط دانست.



شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف مصرف نرمه کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ.

Figure 4. The effect of different levels of cationic fines and polyacrylamide on the paper burst index.

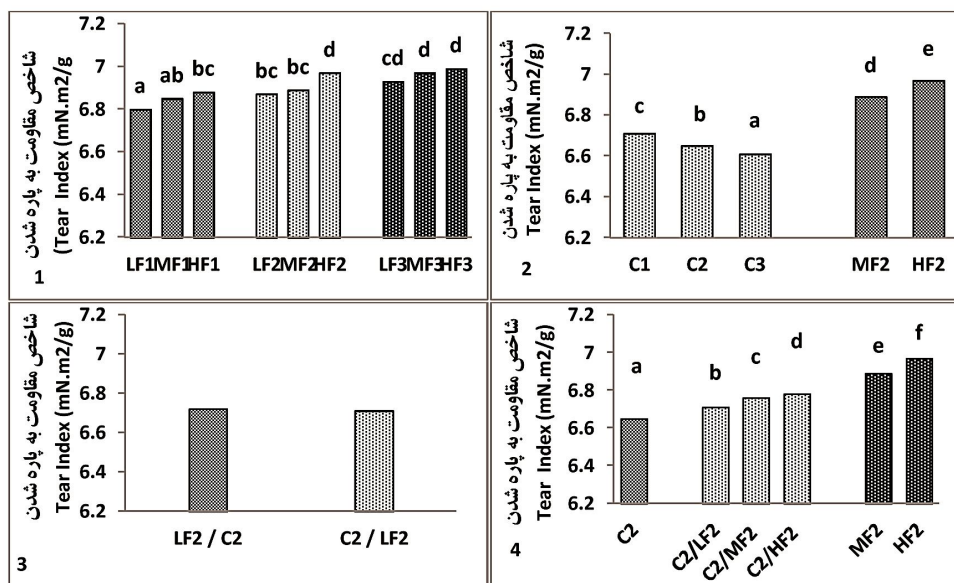
شاخص مقاومت به پارگی کاغذ: تأثیر سطوح مختلف کاتیونی شدن نرمه‌های سلولزی و نیز سطوح مختلف مصرف آن‌ها نسبت به وزن خشک خمیرکاغذ، در مقایسه با ماده کمک نگهدارنده متداول پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی، بر شاخص مقاومت به پارگی در نمودارهای ۱ تا ۴ در شکل ۵ نشان داده شده است. افزایش سطح کاتیونی شدن نرمه‌ها و نیز افزایش سطح مصرف نرمه‌های کاتیونی شده موجب افزایش مقاومت به پارگی کاغذ گردید (نمودار ۱). از آنجایی که شاخص مقاومت به پارگی به مقاومت خود الیاف و پیوند بین الیاف بستگی دارد. نرمه کاتیونی به واسطه داشتن گروه‌های کاتیونی، ضمن اینکه پیوند بین الیاف را تقویت کرده است، در مقاومت تک تک الیاف تغییری ایجاد نکرده است، در نتیجه مقاومت به پارگی با افزایش مونومر کاتیونی بهبود یافته است. در مقایسه با کاربرد نرمه کاتیونی،



در سطوح مصرف پلی‌اکریل‌آمید، مقاومت به پارگی کاهش یافت (نمودار ۲). زیرا پرکننده‌های معدنی با قرار گرفتن بین الیاف از سطح پیوند بین الیاف می‌کاهند و باعث افت مقاومت به پارگی می‌شوند (۱۴).

نمودار ۳ مربوط به اختلاف شاخص مقاومت به پارگی در ترتیب افزودن نرمه کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید می‌باشد که تقریباً مقاومت به پارگی مشابهی دارند.

تأثیر کاربرد همزمان و یا به عبارت دیگر تأثیر سطوح مختلف اختلاط نرمه‌های کاتیونی با پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی بر درصد ماندگاری و نیز درصد پرکننده باقی‌مانده در کاغذ، در مقایسه با کاربرد پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی خالص و یا نرمه‌های کاتیونی خالص، در نمودار ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد مقاومت به پارگی در استفاده همزمان نرمه‌های کاتیونی شده و پلی‌اکریل‌آمید نسبت به مصرف پلی‌اکریل‌آمید خالص حدود ۲ درصد افزایش یافت. دلیل این افزایش را می‌توان عملکرد نرمه‌های سلولزی کاتیونی در افزایش پیوند و اتصال بین الیاف مرتبط دانست.



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف مصرف نرمه کاتیونی بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذ.

Figure 5. The effect of different levels of cationic fines and polyacrylamide on the paper tear index.

### نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف استفاده از نرمه‌های سلولزی کاتیونی به‌عنوان عاملی برای کاهش استفاده از مواد کمک‌نگهدارنده انجام شده است. مقاومت به عبور هوای با افزایش مصرف پلی‌اکریل‌آمید در کاغذ کاهش می‌یابد. اما کاغذهای حاوی نرمه کاتیونی از مقاومت به عبور هوای بیشتری نسبت به کاغذهای حاوی پلی‌اکریل‌آمید برخوردارند. کاغذهای حاوی استفاده هم‌زمان پلی‌اکریل‌آمید و نرمه کاتیونی از مقاومت به عبور هوای بیشتری نسبت به دو گروه قبلی برخوردار است. در بررسی شاخص مقاومت به ترکیدن مشخص شد با افزایش درصد نرمه کاتیونی به‌عنوان ماده کمک‌نگهدارنده در کاغذ این مقاومت افزایش می‌یابد. این مقاومت با افزایش درصد مصرف پلی‌اکریل‌آمید کاهش می‌یابد. استفاده هم‌زمان پلی‌اکریل‌آمید و نرمه کاتیونی در بهبود این مقاومت مؤثر است. شاخص مقاومت به پارگی در کاغذهای دست‌ساز حاوی نرمه کاتیونی از کاغذهای حاوی پلی‌اکریل‌آمید بیشتر می‌باشد. همچنین کاغذ حاوی استفاده هم‌زمان نرمه کاتیونی و پلی‌اکریل‌آمید از مقاومت به پارگی بیشتر نسبت به پلی‌اکریل‌آمید و کمتر نسبت به نرمه کاتیونی خالص برخوردار است.

### منابع

1. Asadpour, G., Resalati, H., Dehghani, M.R., Ghasemian, A., and Mohammad nezhad, M. 2011. The Effect of Cationized CMP Fines on Newsprint Pulp Properties. *Journal of Wood and Forest Science. Iran Natural Resources*, 64(4): 357-368. (In Persian)
2. Britt, K.W. 1973. *Tappi*, 56: 3. 83.
3. Brouwer, P., Jahson, M., and Olsen, R. 1998. Starch and Retention of Fines and Fillers During Papermaking. Edit. Gess, *Journal of TAPPI*, Atlanta, USA, 357p.
4. Dalton, S., Heatley, F., and Budd, P.M. 1999. Thermal Stabilization of Polyacrylonitrile Fibres Polymer, 40: 5531-5543.
5. Fatehi, P., and Xiao, H. 2008. Adsorption characteristics of cationic-modified poly (vinyl alcohol) on cellulose fibers—A qualitative analysis. *Colloids and Surfaces A*, 327: 127–133.
6. Fennessey, S.F. 2006. Continuous Carbon Nanofibers Prepared from Electrospun Polyacrylonitrile Precursor fibers. PhD Thesis. *Polymer Science and Engineering*. University of Massachusetts, Amherst, USA, 91-104.
7. Gruber, E., and Granzow, C. 1996. Preparing Cationic Pulp by Graft Copolymerization. Part 1. Synthesis and characterization. *Paper (Darmstadt)*, 50: 6. 293–299.

8. Gruber, E., and Granzow, C. 1997. Preparing Cationic Pulp by Graft Copolymerization. Part 2. Paper Related Properties of Graft Pulps. Paper (Darmstadt), 51: 2. 55–58.
9. Gruber, E. 2002. Is there a Future for Chemically Modified Pulp. *Ipw*, 87: 6. 73–85.
10. Halab-Kessira, L., and Ricard, A. 1999. Use of the trial and error method for the optimization of the graft copolymerization of a cationic monomer onto cellulose. *European Polymer Journal*, 35: 6. 1065–1071.
11. Ohno, K., Isogai, A., and Onabe, F. 1999. Retention behavior of size and aluminum components in handsheets prepared in rosin soap size-alum systems. *Journal of Wood Science*, 45: 3. 238–244.
12. Ovenden, C., and Xiao, H. 2002. Flocculation Behaviour and Mechanisms of Cationic Inorganic Microparticle/polymer systems. *Colloids and surface A*, 197: 225–234.
13. Rahaman, M.S.A., Ismai, A.F., and Mustafa, A. 2007. A Review of Heat Treatment on Polyacrylonitrile Fiber. *Polymer Degrad Stab*, 92: 1421–1432.
14. Robert, A. 2005. Fillers for Papermaking. *TAPPI-Introduction to Wet End Chemistry*.
15. Sain, M., and Boucher, J. 2002. Characterization and properties of lignocellulosic fibers with thin-film deposited cationic precursor. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspect*, 196: 2. 97–109.
16. Sang, Y., and Xiao, H. 2009. Preparation and Application of Cationic Cellulose Fibers Modified by in Situ Grafting of Cationic PVA. *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 335: 121–127.
17. Shin, J.H., Han, S.H., Sohn, C., Ow, S.K., and Mah, S. 1997. Highly Branched Cationic Polyelectrolytes Filler Flocculation. *Tappi J*, 80: 11. 179–185.
18. Vidal, E., and Augusta, E. 2003. MRS Meeting.
19. Wei, X., Hai-li, F., and Xue-ren, Q. 2008. Preparation and Application of Cationized Pulp Fiber as a Papermaking Wet-end Additive. *Jornal of forestry research*, 19: 3. 235–238.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (1), 2016*

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Improvement the Strength Properties of Chemi-mechanical Pulp Using Cationic Cellulosic Fines**

**\*A. Nasiri<sup>1</sup>, H. Resalati<sup>2</sup>, E. Afra<sup>3</sup> and G. Asadpoor<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduated Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>3</sup>Assistant Prof. Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>4</sup>Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 02/06/2014 ; Accepted: 06/13/2015

### **Abstract**

**Background and objectives:** Cationic polymeric retention aids are usually used to increase fines and filler retention in papermaking but paper strengths are impaired at increased level of filler retention due to loss in fiber to fiber bonding. Synthesizing of cationic fiber fines and its utilization as retention aids in comparison with Cationic Polyacrylamide (CPAM), was investigated at present research.

**Materials and methods:** Fines were prepared from bleached softwood kraft pulp after extended refining (40000 PFI revolutions) up to about 50 mL, CSF, followed by screening with water jet on 200 mesh screen. Cationic fiber fines were prepared by using monomers of cationic ester amine salt.

**Results:** The results of cationic fines analysis by FTIR, kajeldal nitrogen content, and Zeta potential indicated that, the cationic groups were generated in the fiber fines and adsorbed on fibers and fillers in the process of papermaking.

**Conclusion:** The effects of using different amounts of 0.3, 0.9, and 1.5% cationic fiber fines, in comparison with 0.1, 0.2, and 0.3% CPAM, based on OD CMP pulp, have been investigated on filler retention as well as produced handsheets properties. The results showed that produced handsheets with using of cationic fines versus cationic polyacrylamide had higher strength properties. In addition, using a mixture of cationic fines and CPAM, led to further improvement in the strength properties of paper.

**Keywords:** Cationic fiber fines, Paper strength properties, Cationic ester amine salt, FTIR, Zeta potential

---

\*Corresponding author: [nasiri\\_atefe@yahoo.com](mailto:nasiri_atefe@yahoo.com)