

## اثر گلی اکسال دار شدن پلی آکریل آمید بر مقاومت‌های کاغذهای خشک و تر

رحیم یدالهی<sup>۱</sup>، یحیی همزه<sup>۲\*</sup>، حسین مهدوی<sup>۳</sup> و شادمان پورموسی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکترای، گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، البرز، ایران

۳- دانشیار، گروه شیمی پلیمر، دانشکده شیمی دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۳، بازنگری: شهریور ۱۳۹۳، پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

**چکیده:** در این پژوهش اثرهای پلی آکریل آمید دار شده (PAA)، گلی اکسال دار شدن (G-PAM) PAA و پلی آمید اپی-کلروهیدرین تجاری (PAE) بر ویژگی‌های مقاومت کاغذ تر و خشک بررسی شده است. نتایج نشان داد که کاربرد PAA سبب بهبود مقاومت کاغذ می‌شود و G-PAM به دست آمده سبب افزایش معنی‌دار اثرات مطلوب PAA بر کاغذ شده است. مقاومت کششی کاغذ تر شاهد و کاغذهای تیمار شده با ۰/۴ درصد (بر مبنای وزن کاغذ خشک) رزین‌های G-PAM، PAA و PAE، به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۳، ۰/۶۵ و ۰/۵۳ N.m/g تعیین شد که نشان می‌دهد گلی اکسال دار شدن PAA تأثیر قابل توجهی در افزایش مقاومت کششی کاغذ تر داشته است و نسبت به کاغذ تیمار شده با PAE تجاری مقاومت کششی بیشتری ایجاد کرده است. همچنین، مقاومت کششی کاغذ خشک به دست آمده از G-PAM نیز در مقایسه با سایر رزین‌های بررسی شده بیشتر بود. به طوری که کاغذ تیمار شده با G-PAM مقاومت کششی، مقاومت به ترکیبگی و مقدار جذب انرژی کششی را به ترتیب ۲۱/۷، ۲۹/۲ و ۶۹ درصد نسبت به کاغذ شاهد افزایش داده است. نتیجه جالب دیگر این بود که رزین G-PAM، مقاومت کششی ورق تر را به مقدار ۱۳/۴ درصد افزایش داده است که ناشی از واکنش پذیری زیاد گلی اکسال باقی‌مانده در کاغذ تر در شرایط دمایی محیط است.

**واژه‌های کلیدی:** مقاومت‌های کاغذ، رزین، پلی آکریل آمید گلی اکسال دار شده (G-PAM)، پلی آمید اپی کلروهیدرین (PAE)، مقاومت ورق تر.

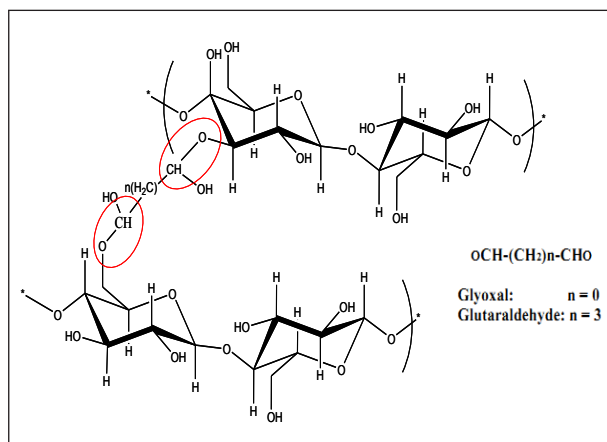
### مقدمه

و کاغذ دیواری به کار برده می‌شوند. پیوندهای عرضی در کاغذ به وسیله‌ی ترکیبات شیمیایی متفاوت (رزین‌ها) تشکیل می‌شود و بسته به نوع پیوند، مقاومت ایجاد شده موقتی یا دائمی خواهد بود. پیوندهای عرضی بیشتر از طریق برقراری پیوندهای اتری، همی‌استال، استال و ایمین بین گروه‌های عاملی در رزین و با گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل یاف لیگنوسولزی ایجاد

مقاومت تر<sup>۱</sup> کاغذ، مقاومت مکانیکی باقی‌مانده در کاغذ بعد از غوطه‌وری کاغذ در آب است که با کاربرد رزین‌های مقاومت تر<sup>۲</sup> سنتزی در کاغذ ایجاد می‌شود. این رزین‌ها برای ایجاد پیوندهای عرضی در انواع متفاوت کاغذ از جمله کاغذ اسناد بهادار، دستمال کاغذی، کاغذ بسته‌بندی، کاغذ مخصوص صافی، کاغذ برچسب

1. Wet strength

2. Wet strength resins



شکل ۱ تشکیل پیوند همی استال به وسیله ی گلی اکسال و گلو تار آلدهید با گروه های هیدروکسیل سلولز

این دو آلدئید به علت این که به صورت پلیمر و کاتیونی نیستند، ساز و کاری برای ماندگاری بر روی الیاف موجود در سوسپانسیون الیاف ندارند [۷]. لذا، جهت استفاده از گلی اکسال در پایانه تر کاغذسازی و ایجاد مقاومت تر در کاغذ، نیاز است که در ساختار یک پلیمر کاتیونی قرار داده شوند. پلی آکریل آمید کاتیونی شده ترکیبی ویژه و مناسب برای ساخت پلی آکریل آمید گلی اکسال دار شده است، که به عنوان عامل مقاومت تر موقت در فرآورده های کاغذی استفاده می شود [۸]. این رزین سطح بالاتری از واکنش پذیری فیبر را ایجاد می کند و به ویژه در کارخانه هایی که از الیاف بازیافتی با کیفیت پایین و سامانه های آب با هدایت الکتریکی بالا بهره می گیرند، می تواند به عنوان یک افزودنی پایانه تر موثر استفاده شود [۴ و ۹]. با توجه به امکان بهبود مقاومت ورق تر در اثر کاربرد رزین پلی آکریل آمید گلی اکسال دار شده، در این بررسی تاثیر پلی آکریل آمید آمین دار شده، در حالت بدون گلی اکسال و با گلی اکسال در ایجاد مقاومت تر و خشک در کاغذ بررسی شده و با رزین پلی آمید اپی کلروهیدرین که یک رزین مقاومت تر تجاری است، مقایسه شده است. هم چنین در راستای بهبود قابلیت عبور ماشین کاغذ اثر این مواد بر ویژگی های مقاومتی ورق تر<sup>۴</sup> کاغذ بررسی و مقایسه شده است.

می شوند. رزین های مقاومت تر علاوه بر قابلیت ایجاد پیوندهای عرضی در فرآورده ها سلولزی، باید به لحاظ زیست محیطی نیز غیره مخاطره آمیز باشند [۱]. رزین پلی آمید اپی کلروهیدرین (PAE) از جمله مهمترین رزین های مقاومت تر کاغذسازی در شرایط خنثی - قلیایی است که با تشکیل پیوندهای عرضی همسان<sup>۱</sup> و اشتراکی<sup>۲</sup> باعث بهبود مقاومت تر کاغذ می شود. تقریباً مقدار مصرف کمتر از ۰٫۱۵ درصد از این رزین هیچ مقاومت تری ایجاد نمی کند ولی هنگام کاربرد در تولید دستمال کاغذی سبب بهبود فرایند کرپینگ در خشک کن یانگی می شود [۲]. رزین PAE با گروه های هیدروکسیل و کربوکسیل سطح الیاف، پیوندهای اتری تشکیل می دهد که مقاومت تر دائم ایجاد می کند. از طرف دیگر برای تشکیل این نوع پیوند به شرایط حرارتی بالاتری نیاز است و کاغذهای ساخته شده با این رزین، مقاومت تر درون ماشینی ندارد و مقاومت تر پس از مدتی انبارداری توسعه می یابد [۳].

گلی اکسال و گلو تار آلدهید هر دو دارای یک ساختار دی آلدیدی هستند که قادرند پیوندهای عرضی از نوع همی استال تشکیل دهند و به عنوان یک عامل مقاومت تر عمل می کنند [۴ و ۵]. این نوع از پیوندها بین گروه های آلدئید در رزین و گروه های هیدروکسیل سطح الیاف تشکیل می شود (شکل ۱) که در گلو تار آلدهید به دلیل تشکیل پیوند استال، منجر به مقاومت تر دائمی می شود، اما در گلی اکسال یک مقاومت تر موقت ایجاد می کند [۴ و ۶]. بنابراین، کاغذهای تیمار شده با رزین گلی اکسال دار شده قابلیت بازیافت راحت تری دارند و این موضوع در بازیافت کاغذهای برگشتی از خط تولید نیز اهمیت بالایی دارد. از طرف دیگر در گروه های آلدیدی گلی اکسال، کمبود الکترونی نسبت به گلو تار آلدهید بیشتر است و بنابراین گروه های آلدیدی گلی اکسال واکنش پذیرتر هستند و تیمار حرارتی تاثیر قابل توجهی در بهبود پیوندهای عرضی و ایجاد مقاومت تر ندارد و به همین دلیل رزین های گلی اکسال دار در دمای محیط سبب ایجاد مقاومت تر می شوند و قادرند پیوندهای همی استال بیشتری روی فیبرهای سلولزی تشکیل دهند و سطوح مناسبی از مقاومت تر موقت را نسبت به گلو تار آلدهید فراهم کند [۴].

1. Homo-cross-linking

2. Co-cross-linking

3. Runnability

4. Wet web strength

## بخش تجربی

مواد و روش‌ها

همزن آزمون جار، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه  $80 \text{ g/m}^2$  مطابق استاندارد ISO 5262-2 از آن‌ها ساخته شد و پس از خشک شدن آن‌ها در شرایط استاندارد (بدون اعمال فشار)، مقاومت کششی خشک و تر آن‌ها به ترتیب مطابق استانداردهای ISO 1924-2 و EN 12625-5 و مقاومت به ترکیدن بر پایه آیین‌نامه 02-om403T استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شدند.

## اندازه‌گیری مقاومت کاغذ تر

در این بخش، برای بررسی تاثیر G-PAM سنتز شده بر مقاومت ورق کاغذ تر پیش از فشردن و خشک شدن آن، مقدار  $0.4$  درصد از G-PAM سنتز شده (بر مبنای وزن خشک الیاف) به سوسپانسیون الیاف با خشکی  $4$  درصد افزوده شد و بعد از  $10$  دقیقه اختلاط، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه  $80$  گرم بر متر مربع بر پایه‌ی استاندارد T205-om-88 آیین‌نامه Tappi ساخته شد. برپایه‌ی روش انجام شده در پژوهش‌های قبلی، [۱۱]، ورق‌های ساخته شده پس از آبیگری و پیش از فشردن و خشک کردن، با چسباندن به کاغذ خشک کن از سطح توری برداشته و بدون درنگ بین دو کاغذ روغنی قرار داده شدند تا رطوبت خود را از دست ندهند. سپس نمونه مورد نیاز از هر ورق برای آزمون مقاومت کششی تهیه شد (شکل ۲). در مرحله‌ی بعد، محل قرار گرفتن گیره‌ی دستگاه مقاومت کششی در نمونه با استفاده از خشک کن سریع خشک شد و آزمون کششی از ناحیه‌ی وسط نمونه انجام شد. پس از انجام آزمون مقاومت کششی، بدون درنگ درصد خشکی ناحیه بریده شده بر اثر آزمون کششی گرفته شد تا از یکنواخت بودن رطوبت نمونه‌های تهیه شده اطمینان به دست آمده شود. برای هر تیمار  $6$  تکرار انجام شد و نتیجه‌های ارایه شده میانگین تکرارهاست.

## نتیجه‌ها و بحث

تاثیر پلی‌آکریل‌آمید آمین‌دار شده بر مقاومت کاغذهای خشک و تر با توجه به شکل ۳، مقاومت کششی کاغذ تر شاهد،  $0.09 \text{ N.m/g}$  است که در اثر کاربرد  $0.2$  درصد پلی‌آکریل‌آمید آمین‌دار شده (بر مبنای وزن خشک الیاف) تا  $0.22 \text{ N.m/g}$  افزایش داشته است و

پلی‌آکریل‌آمید آمین‌دار شده با وزن مولکولی  $359188 \text{ g/mol}$  در آزمایشگاه و بر اساس روش گزارش شده توسط یدالهی و همکاران [۱۰] سنتز و استفاده شد. گلی‌اکسال از شرکت مرک آلمان و پلی‌آمیدایی کلروهیدرین با غلظت  $12\%$  از شرکت کلارینت آلمان تهیه و بدون خالص‌سازی مصرف شدند. خمیر بازیافتی جوهرزدایی و رنگبری شده با پرکسید هیدروژن و پالایش شده تا درجه‌روانی  $30$  تا  $35$  شوپریگلر (از خط تولید کاغذسازی لطیف) قبل از افزودن هرگونه افزودنی گرفته شد. خمیر کاغذ مورد استفاده، ترکیبی از کاغذهای بازیافتی اداری به میزان  $50$  درصد و پوشال لبه‌بری شده چاپ‌خانه‌ها به میزان  $50$  درصد بود. جهت ثابت ماندن نوع خمیر، کل خمیر مورد نیاز در ابتدا از خط تولید گرفته شد و پس از آبیگری تا خشکی  $16$  درصد، در یخچال نگهداری شد. برای تهیه‌ی تعلیق خمیر کاغذ بازیافتی و ساخت کاغذ دست‌ساز از همزن آزمون جار استفاده شد که سبب برش الیاف نمی‌شود.

## بررسی اثر رزین‌های سنتز شده بر ویژگی‌های کاغذ

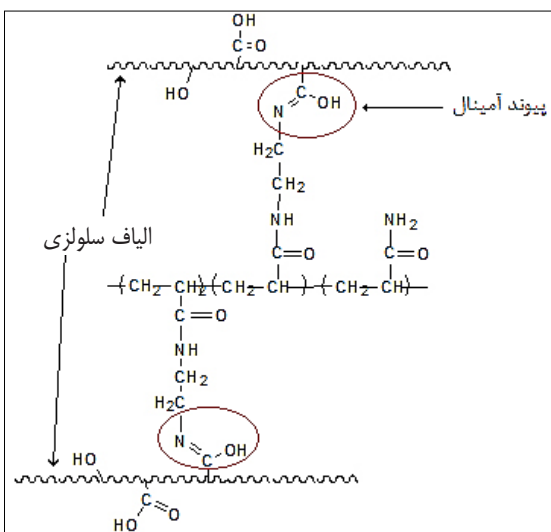
ابتدا تاثیر پلی‌آکریل‌آمید آمین‌دار شده پودری (PAA) با مقدار مصرفی  $0.2$  تا  $0.4$  درصد بر مبنای وزن خشک الیاف مورد بررسی قرار گرفت. سپس اثر گلی‌اکسال‌دار شدن بر کارایی پلی‌آکریل‌آمید آمین‌دار شده، بررسی شد. بر اساس شرایط بهینه تعیین شده برای واکنش گلی‌اکسال‌دار شدن [۱۰]، مقدار  $0.16$  میلی‌لیتر گلی‌اکسال  $40$  درصد به هر گرم محلول آبی پلی‌آکریل‌آمید آمین‌دار شده ( $6\%$  وزنی،  $\text{pH}=11$ ) در دمای  $30^\circ \text{C}$  افزوده شد. پس از سنتز، محلول آبی رزین G-PAM (غلظت  $6$  درصد وزنی) و رزین PAE (با غلظت  $12$  درصد وزنی) به مقدار  $0.4$  درصد (رزین خالص) بر مبنای وزن خشک الیاف در ایجاد مقاومت‌های خشک و تر کاغذ، استفاده شد و مقاومت‌های ایجاد شده در کاغذ در اثر کاربرد PAA، G-PAM و PAE مقایسه شد.

این مواد به تعلیق الیاف بازیافتی جوهرزدایی شده با خشکی  $4$  درصد افزوده شد و بعد از  $10$  دقیقه اختلاط با استفاده از دستگاه



شکل ۲ نمایی از چگونگی آماده سازی نمونه برای گرفتن آزمون مقاومت کششی ورق کاغذ تر پیش از فشردن و خشک شدن [۱۱]

افزایش مقاومت خشک در کاغذ تیمار شده با PAA ناشی از تشکیل پیوندهای هیدروژنی (از ناحیه اتم نیتروژن در گروه های آمین و آمید رزین با گروه های هیدروکسیل سطح الیاف) و پیوندهای آمینال در ساختار کاغذ است (شکل ۴).

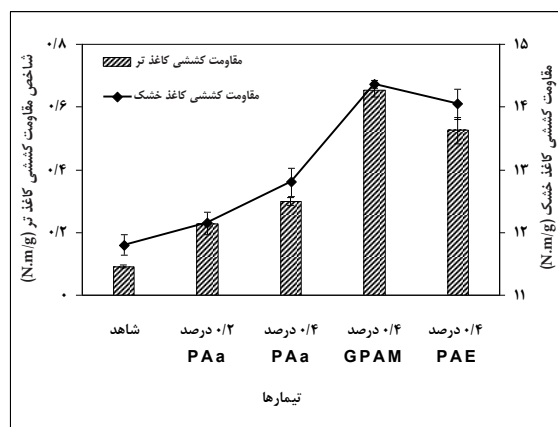


شکل ۴ سازوکار پلی آکریل آمید آمین دار شده در ایجاد مقاومت تر در کاغذ

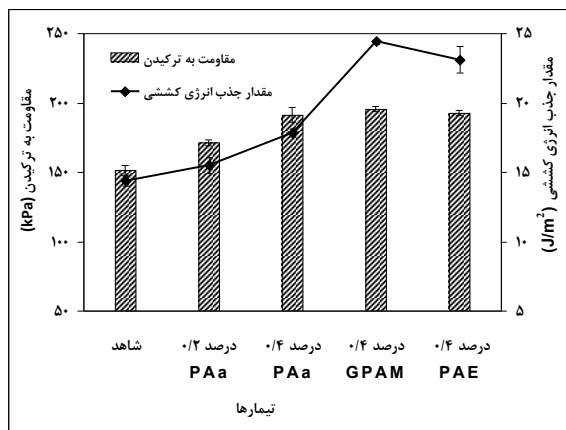
با گلی اکسال دار شدن، بر روی پلیمر پایه ی PAA سه گروه عاملی شامل آمین، آمید و آلدئید قرار می گیرد که می توانند پیوندهای عرضی کوالانسی از نوع همی استال، آمینال و هم چنین پیوندهای هیدروژنی تشکیل دهند و باعث بهبود مقاومت

با افزایش مقدار مصرف پلی آکریل آمید آمین دار شده به مقدار ۰/۴ درصد، مقاومت کششی تر کاغذ به ۰/۳ N.m/g افزایش یافته است. در مقدار مصرف یکسان ۰/۴ درصد، گلی اکسال دار شدن PAA (G-PAM) مقاومت کاغذ تر را تا ۰/۶۵ N.m/g افزایش داده است. بنابراین، کاربرد پلی آکریل آمید آمین دار شده در حالت گلی اکسال دار شده تاثیر به مراتب بیشتری در ایجاد مقاومت کاغذ تر داشته است.

مقاومت کششی کاغذ خشک شاهد ۱۱/۸ N.m/g بود که در اثر کاربرد ۰/۴ درصد PAA و G-PAM به ترتیب به مقدار ۱۲/۸ تا ۱۴/۳۶ N.m/g افزایش داشته است که نسبت به کاغذ شاهد به ترتیب ۸/۴ درصد و ۲۱/۷ درصد افزایش را نشان می دهد (شکل ۳).



شکل ۳ تاثیر PAA بر مقاومت کششی کاغذ های تر و خشک و مقایسه ی آن با حالت گلی اکسال دار آن



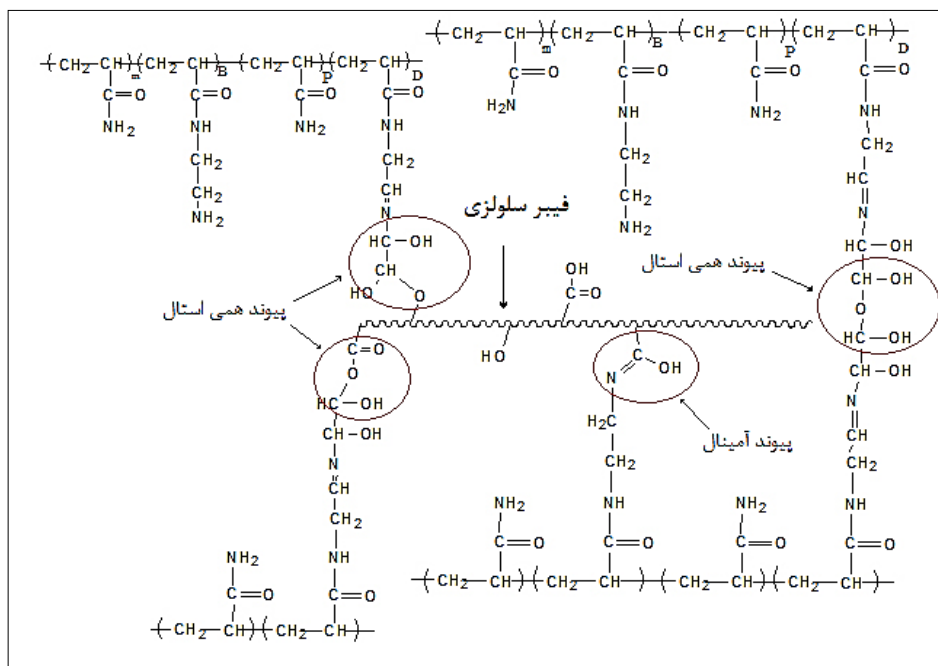
شکل ۶ تاثیر پلی آکریل آمید دار شده (PAA) و پلی آکریل آمید آمین دار گلی اکسال دار (GPAM) آن بر مقدار جذب انرژی کششی و مقاومت به ترکیدگی

تاثیر GPAM سنتز شده در ایجاد مقاومت تر پیش از خشک شدن ورق کاغذ

پیش از این اشاره شد که رزین GPAM با انرژی کمتر و در دمای محیط، موجب ایجاد مقاومت در کاغذ تر می شود. لذا

کاغذهای تر و خشک کاغذ شوند. در واقع هر دو نوع از پیوندهای عرضی، (پیوندهای عرضی همسان و اشتراکی یا ناهمسان) در این شرایط تشکیل می شود (شکل ۵). تشکیل چنین واکنش هایی با طیف سنجی FT-IR تایید شده است [۱۰].

با توجه به شکل ۶، مقاومت به ترکیدگی و مقدار جذب انرژی کششی به طور قابل توجهی افزایش داشته است. به طوری که در مقایسه با کاغذ شاهد، کاغذ تیمار شده با ۰.۲ درصد و ۰.۴ درصد (بر مبنای وزن خشک الیاف)، مقاومت به ترکیدگی به ترتیب ۱۳.۲ درصد و ۲۶.۴ درصد افزایش و مقدار جذب انرژی کششی نیز به ترتیب ۸ درصد و ۲۴.۶ درصد افزایش داشته است. اما در کاغذهای تیمار شده با GPAM، مقاومت به ترکیدگی و مقدار جذب انرژی کششی به ترتیب ۲۹.۲ درصد و ۶۹ درصد افزایش داشته است. هم چنین، در مقایسه با رزین پلی آمید اپی کلروهیدرین تجاری و در مقدار مصرف یکسان، GPAM مقاومت به ترکیدگی و مقدار جذب انرژی کششی بیشتری را در کاغذها ایجاد کرده است.



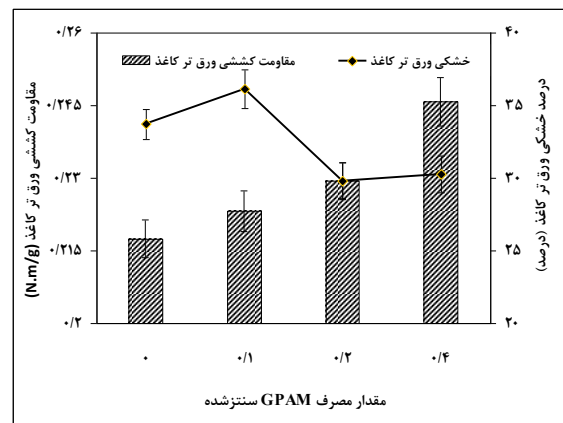
شکل ۵ سازوکار واکنش GPAM سنتزی با گروه های کربوکسیل و هیدروکسیل الیاف

شاهد ۱۳/۳۶ درصد افزایش داشته است. این موضوع می تواند ناشی از کمبود الکترونی زیاد در گلی اکسال باشد که سبب ایجاد پیوند همی استال در دمای محیط با گروه های هیدروکسیل سطح الیاف شده و سبب افزایش مقاومت ورق کاغذ تر شود [۲ و ۱۲]. بهبود این ویژگی سبب کاهش پارگی کاغذ و افزایش قابلیت عبور ورق کاغذ تر، در مرحله ی فشرده شدن و پیش از خشک شدن کاغذ خواهد شد.

### نتیجه گیری

با توجه به ویژگی های منحصر به فرد گلی اکسال به لحاظ واکنش پذیری بالا و نیاز کمتر به دما برای فراوری، باعث شد که در این پژوهش از گلی اکسال به عنوان یک دوآلدئید برای عامل دار کردن PAa استفاده شود. نتیجه ها نشان داد که مقاومت تر ایجاد شده به وسیله PAa قابل رقابت با حالت گلی اکسال دار آن و PAE نیست. تنها مقاومت به ترکیب PAa به دست آمده از PAa با نتیجه های به دست آمده از GPAM و PAE به تقریب برابری می کند. بنابراین، گلی اکسال دار کردن PAa تاثیر قابل توجهی در کارایی این رزین در کاغذ سازی دارد. به طوری که بعد از گلی اکسال دار کردن، مقاومت های به دست آمده از کاربرد GPAM در مقایسه با PAE بیشتر شده است. از طرف دیگر، GPAM به دست آمده به دلیل گلی اکسال کردن سبب افزایش مقاومت ورق کاغذ تر می شود که از این نظر نیز در مقایسه با PAE کارآمدتر است و سبب بهبود قابلیت عبور کاغذ در ماشین کاغذ می شود.

می توان انتظار داشت که این رزین سبب افزایش مقاومت ورق تر قبل از خشک شدن کاغذ شود. برای بررسی این موضوع، در ادامه ی این پژوهش، تاثیر GPAM در افزایش مقاومت کششی ورق کاغذ تر پیش از فشرده و خشک شدن آن بررسی شد. نتیجه های به دست آمده از آزمون مقاومت کششی ورق کاغذ تر نشان داد که GPAM در مقدار مصرف ۰/۴ درصد (بر مبنای وزن خشک)، با وجود درصد خشکی پایین تر ورق کاغذ تر، به طور قابل توجهی مقاومت کششی ورق تر را قبل خشک کن افزایش داده است (شکل ۷). این نتیجه می تواند به دلیل تشکیل پیوندهای عرضی در کاغذ به وسیله ی GPAM در دمای محیط باشد.



شکل ۷ تاثیر GPAM در افزایش مقاومت کششی ورق کاغذ تر

با توجه به شکل ۷ مقاومت کششی ورق کاغذ تر تیمار شده با ۰/۴ درصد GPAM (بر مبنای وزن خشک الیاف) نسبت به کاغذ

### مراجع

- [1] Pelton, R; Ren, P; Liu, J; Mijolovic, D; J. Biomacromolecules; 12, 942– 948; 2011.
- [2] Xu, G.G; Yang, Ch.Q; Deng, Y; Journal of Applied Polymer Sciences; 93: 1673–1680; 2004.
- [3] Crisp, M.T; Riehle, R.J; Applications of Wet-End Paper Chemistry. Eds Thorn, I, and Au, Ch., USA, 57-63; 2009.
- [4] Xu, G.G; Yang, Ch.Q; Deng, Y; Journal of Applied Polymer Sciences, 93, 1673–1680; 2004.
- [5] Klemm, D; Philipp, B; Heinze, T; Heinze, U; and Wagenknecht, W; Comprehensive Cellulose Chemistry, Volume 2; 1998.

- [6] Moyer, W.W; and Stagg, R.A; Paper and Paperboard. Eds Tappi Press, USA; 1965.
- [7] Espy, H.H; Tappi Journal; 4(78), 90-99; 1995.
- [8] Hagiopol, C; Luo, Y; Townsend, J; Johnston, W; Polyacrylamide-based Strengthening Agent. U.S. Pat. 7, 863, 395 B2; 2011.
- [9] Wright, M; BASF Reports; Technical Specialist – Strength and Packaging; 2010.
- [10] Yadollahi, R; Hamzeh, Y; Mahdavi, H; Pourmosa Sh; Iranian Journal of Polymer Science and Technology; 27(2), 121-129; 2014.
- [11] Science and Technology; 27(2), 121-129; 2014.
- [12] Hamzeh, H; Sabbaghi, S; Ashori, A; Abdulkhani, A; Soltani, F; Carbohydrates Polymer, 94(1); 577-583; 2013.
- [13] Xu, G.G.; Yang, Ch.Q.; Deng, Y; 2004. Journal of Applied Polymer Sciences; 83, 2539-2547; 2002.



## Influence of glyoxylated polyacrylamide on dry and wet web strengths of paper

R. Yadollahi<sup>1</sup>, Y. Hamzeh<sup>2\*</sup>, H. Mahdavi<sup>3</sup> and Sh. Pourmusa<sup>4</sup>

1. PhD student, Department of pulp and paper, Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Associate Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran
3. Associate Prof., Department of Polymer Chemistry, Department of Chemistry Tehran University, Tehran, Iran
4. Assistant Department of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University of Karaj, Alborz, Iran

Received: April 2014, Revised: September 2014, Accepted: February 2015

**Abstract:** In this study effect of aminated polyacrylamid (PAa), glyoxylation of aminated polyacrylamid (G-PAM), and commercial polyamide-epichlorohydrin (PAE) resins on dry and wet strengths of dried paper as well as wet web strength of paper was investigated. Experiments showed that application of PAa improved paper strengths, and G-PAM produced by glyoxylation of PAa increased favorable effects of PAa on paper strengths. Wet strength of untreated paper and treated papers with 0.4% (based on dry weight of paper) of PAa, G-PAM and PAE were determined 0.09, 0.3, 0.65 and 0.53 N.m/g, respectively, which indicated higher improvement obtained by G-PAM relative to the PAa and commercial PAE. Also, dry strengths of paper improved more significantly by G-PAM in comparison to the PAa and PAE, while application of 0.4% G-PAM increased tensile and burst strengths and tensile energy absorption (TEA) by 21.7%, 29.2% and 69%, respectively. Surprisingly, G-PAM improved tensile strength of wet web of paper by 13.4% which could be attributed to the higher reactivity of residual glyoxal in the ambient temperature.

**Keywords:** Paper strengths, Resin, Glyoxalated polyacrylamide (G-PAM). Polyamideamine-epichlorohydrin (PAE), Wet web strength