

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۷۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۹

ص ۳۷۵-۳۸۵

## بررسی تأثیر سطوح مختلف مصرف آلوم در آহারدهی آلوم -روزین بر ویژگی‌های مقوای چندلایه

❖ **شکوفه الیاسی؛** کارشناس ارشد، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

❖ **حسین جلالی ترشیزی\*؛** استادیار، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

❖ **حسین رسالتی؛** استاد، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

### چکیده

آহারدهی مقوا از اهمیت ویژه‌ای در کاربرد آن به‌عنوان ماده بسته‌بندی برخوردار است. بنابراین بهینه‌سازی آহারدهی توسط آلوم-روزین در pH خنثی برای تولید مقوای چهارلایه با گرماژ ۳۳۰ گرم بر متر مربع در این پژوهش ارزیابی شد. در سطح مصرف ثابت ۱ درصد روزین کاتیونی پراکنده، از آلوم به‌عنوان ماده تثبیت‌کننده روزین در پنج سطح ۱، ۱/۵، ۲، ۳ و ۴ درصد (براساس وزن خشک خمیر کاغذ) به‌منظور یافتن نسبت بهینه آلوم به روزین استفاده شد. قابلیت جذب آب لایه‌های رویی و پشتی مقوا، ویژگی‌های مقاومتی و ظاهری مقوا اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که با افزایش مصرف آلوم، عملکرد آহারدهی روزین بهبود یافته و قابلیت جذب آب در لایه‌های رویی و پشتی مقوا کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش مصرف آلوم به‌دلیل خواص منحصربه‌فرد آن در افزایش ماندگاری و پیوندیابی و خنثی‌سازی بار، ویژگی‌های مقاومتی مانند مقاومت پیوندیابی درونی بین لایه‌ها، شاخص کشش و سفتی خمشی بهبود یافت. همچنین نتایج نشان داد که بهترین نسبت بین آلوم و روزین در شرایط خنثی ۲ به ۱ است و مقاومت‌های مقوا بیش از اینکه تحت تأثیر نسبت آلوم به روزین باشند، از مقدار مصرف آلوم و روزین تأثیر می‌پذیرد.

**واژگان کلیدی:** آহারدهی آلوم - روزین، کاغذهای بازیافتی، مقوای چهارلایه، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

## مقدمه

الیاف کاغذسازی به صورت طبیعی به دلیل تخلخل و دارا بودن گروه‌های آب دوست تمایل شدیدی به واکنش با آب و جذب آن دارند. این ویژگی در توسعه پیوندهای هیدروژنی قوی بین الیاف در جریان کاغذسازی بسیار مهم است و دلیل کاهش مقاومت‌های کاغذ به هنگام تماس با آب نیز همین است که می‌تواند مصرف کاغذ را در بسیاری از کاربردها با مشکلات و محدودیت‌هایی مواجه کند؛ از این رو برای مصارف مختلف کاغذ را آهاردهی می‌کنند. وظیفه اصلی عوامل آهاردهی، افزایش مقاومت در برابر نفوذ آب یا مایعات دیگر به درون کاغذ یا مقوا به صورت فیزیکی (کاهش یا حذف منافذ موجود در کاغذ) یا شیمیایی (جایگزین کردن گروه‌های آب‌گریز بروی سطح الیاف) است؛ به نحوی که کاغذ برای چاپ و تحریر و اهداف دیگر مناسب شود. که این امر با اعمال مواد افزودنی در پایانه تر کاغذسازی یا با اعمال مواد شیمیایی مناسب بر سطح کاغذ ساخته شده حاصل می‌شود. گاهی نیز ترکیبی از این دو روش استفاده می‌شود؛ بنابراین به طور کلی آب‌گریز کردن کاغذ به دو صورت شناخته می‌شود: آهاردهی داخلی و آهاردهی سطحی [۱]. به دلیل مشکلات زیست‌محیطی و هزینه‌های آهاردهی سطحی، امروزه تمایل به آهاردهی درونی افزایش یافته است [۲، ۳]. به طور معمول آهاردهی درونی کاغذ در سیستم‌های کاغذسازی اسیدی با استفاده از روزین به عنوان عامل آهاردهنده و آلوم به عنوان ماده تثبیت‌کننده صورت می‌گیرد. یکی از تغییرات عمده در فرایندهای کاغذسازی، تمایل کاغذسازان به کاغذسازی در شرایط خنثی و قلیایی به دلیل مزیت‌های فراوان آن در مقایسه با سیستم‌های

اسیدی است [۳-۵]؛ چراکه کاغذسازی در شرایط اسیدی مشکلاتی نظیر خوردگی تجهیزات، زرد و ترد شدن کاغذ تولیدی و کم بودن مقاومت‌های کاغذ تولیدی را در پی دارد [۱]. یکی از مسائل موجود در سیستم‌های کاغذسازی قلیایی ممکن نبودن استفاده از آهار روزین - آلوم برای آهاردهی کاغذ است. در واقع در pH خنثی - قلیایی، آلوم قادر به تولید ترکیبات کاتیونی آلومینیم در سوسپانسیون خمیر کاغذ برای تثبیت روزین بر روی سطح الیاف نیست. بنابراین آهاردهی کاغذ در شرایط خنثی و قلیایی با استفاده از ترکیبات سنتزی مانند ASA<sup>۱</sup> و AKD<sup>۲</sup> انجام می‌گیرد [۱]. با وجود مزیت عمده این نوع آهارها از جمله نیاز نداشتن به ماده‌ای تثبیت‌کننده مانند آلوم، مواردی همچون دشواری آهاردهی درون ماشینی، لیز بودن سطح کاغذهای آهاردهی شده با این مواد، مشکلات ناپایداری و هیدرولیز این مواد و متعاقب آن تشکیل رسوبات و مواد چسبنده در ماشین کاغذ و قیمت زیاد آنها از جمله مشکلات استفاده از این مواد عنوان شده است [۳، ۶]. از این رو در تحقیقات اخیر، تلاش‌ها در زمینه بهینه‌سازی شرایط آهاردهی با آلوم و روزین در شرایط خنثی و قلیایی در حال اجراست. پژوهش حاضر با هدف بهینه‌سازی آهاردهی آلوم و روزین در شرایط خنثی به منظور یافتن بهینه‌ترین نسبت آلوم به روزین انجام گرفت و تلاش شد با تغییر درصد آلوم و همچنین تغییر نسبت آلوم به روزین، شرایط آهاردهی آلوم و روزین در وضعیت کاغذسازی خنثای کارخانه صنایع خمیر و کاغذ اترک بهینه شود.

1. Alkenyl succinic anhydride  
2. Alkyl ketene dimer

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش مقوای چهارلایه با گرماژ ۳۳۰ گرم بر متر مربع در مقیاس آزمایشگاهی تولید شد. گرماژ و ترکیب هر یک از لایه‌ها مشابه مقوای تولیدشده در کارخانه صنایع خمیر و کاغذ اترک بود و کلیه خمیر کاغذهای به‌کاررفته در این مقوا از خمیر کاغذهای مصرفی در خط تولید کارخانه صنایع کاغذ اترک، واقع در شهرک صنعتی فولاد اصفهان تهیه شد. چهارلایه مقوای ساخته‌شده عبارت‌اند از:

۱. لایه بالایی یا رویی<sup>۱</sup> با گرماژ ۵۰ گرم بر متر مربع، مخلوطی از ۵ درصد خمیر کاغذ CMP، ۳۰ درصد خمیر کاغذ بکر سوزنی‌برگان<sup>۲</sup> و ۶۵ درصد خمیر کاغذ حاصل از کاغذهای کناره‌بری سفید و تمیز چاپخانه‌ای (PWC)<sup>۳</sup> که دوغاب، درجه‌کندی ۵۹ را نشان داد؛

۲. لایه زیری<sup>۴</sup> با گرماژ ۵۰ گرم بر متر مربع و درجه‌کندی خمیر کاغذ ۶۲، مخلوطی از ۵۰ درصد خمیر کاغذهای باطله مخلوط، ۱۰ درصد خمیر کاغذ روزنامه‌های باطله و ۴۰ درصد خمیر کاغذ کارتن‌های باطله؛

۳. لایه پرکننده<sup>۵</sup> با ترکیبی مشابه لایه زیری، اما واجد گرماژ ۱۸۰ گرم بر متر مربع و درجه‌کندی ۴۶؛

۴. لایه پشتی<sup>۶</sup> با ترکیب و گرماژ مشابه لایه زیری و درجه‌کندی خمیر کاغذ ۵۶؛

روزین استفاده‌شده در این پژوهش، روزین کاتیونی (pH≈۳) پراکنده مورد استفاده در کارخانه

صنایع کاغذ اترک بود و در سطح مصرف ۱ درصد براساس جرم خشک خمیر کاغذ به‌کار رفت. آلوم استفاده‌شده، پودری سفید با وزن مولکولی ۵۹۴/۴ گرم بر مول بود که در پنج سطح مصرف ۱، ۱/۵، ۲، ۳ و ۴ درصد براساس جرم خشک خمیر کاغذ به‌کار رفت. از نشاسته کاتیونی نیز به‌عنوان بهبوددهنده مقاومت پیوندیابی درونی مقوای چندلایه و با منشأ ذرت (تولید شرکت گلوگزان) از کارخانه صنایع کاغذ اترک تهیه و در سطح ثابت ۱ درصد استفاده شد.

درجه‌کندی خمیر کاغذ براساس استاندارد SCAN C19/M3 - BS 6035/1 و pH هر لایه نیز براساس استاندارد T252 om-02TAPPI اندازه‌گیری شد. گرماژ مقوای تولیدی ۳۳۰ گرم بر متر مربع بود که براساس مشابه‌سازی با مقوای تولیدی در کارخانه اترک تهیه شد. برای دستیابی به گرماژ مدنظر در هر لایه، براساس مساحت دستگاه ورق‌ساز<sup>۷</sup>، درصد خشکی خمیر کاغذها و ماندگاری اجزای دوغاب خمیر کاغذهای لایه‌های مختلف، مقدار خمیر کاغذ لازم محاسبه شد. خمیر کاغذ به‌همراه مقداری آب که همان آب مصرفی در کارخانه اترک بود، به داخل دستگاه جداکننده الیاف<sup>۸</sup> منتقل و پس از جداسازی الیاف به‌مدت ۳ دقیقه، درصد خشکی خمیر کاغذ برای انتقال به دستگاه ورق‌ساز، به حدود ۰/۱ درصد رسانده شد. سپس براساس نوع تیمار، ماده شیمیایی مورد نظر در سطوح مختلف مصرف به‌کار گرفته شد. ترتیب افزودن مواد شیمیایی به این صورت بود که در ابتدا نشاسته کاتیونی به سوسپانسیون افزوده شد و سپس آلوم و در نهایت روزین اضافه شد. پس از آماده‌سازی سوسپانسیون، ساخت مقوای چهارلایه با

1. Top layer
2. Virgin pulp
3. Pulp white cutter or White Paper Cutting -Waste
4. Under layer
5. Filler layer
6. Back layer

7. Automatic sheet former

8. Disintegrator

رینگ‌ها مقید شده و در آون با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. شایان ذکر است به دلیل دسترسی نداشتن به خشک‌کن سیلندری در آزمایشگاه‌های کارخانه اترک، برای خشک کردن مقوای تولیدی از آون استفاده شد. در نمونه شاهد فقط از نشاسته کاتیونی استفاده شد.

قابلیت جذب آب کاغذ آهاردهی شده با آزمون کاب و براساس استاندارد T441 om-04، مقاومت کشش براساس استاندارد T494 om-01، ضخامت کاغذ بنابر استاندارد T411 om-05، سفتی خمشی بنابر استاندارد T556 om-04، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن براساس استاندارد T403 om-02، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن برپایه استاندارد T414 om-04، درخشش سطح مقوا براساس استاندارد T480 om-05، و زبری سطح مقوا بنابر استاندارد T555 om-04 و با فشار ۱۹۶۰ کیلوپاسکال از آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل و گروه‌بندی میانگین‌ها نیز براساس آزمون دانکن صورت گرفت.

### نتایج و بحث

تأثیر استفاده از آلوم با سطوح افزودن ۱، ۱/۵، ۲، ۳ و ۴ درصد در حضور ۱ درصد آهار روزین بر ویژگی‌های مقوای چهارلایه بررسی شد که نتایج آن به شرح زیر است:

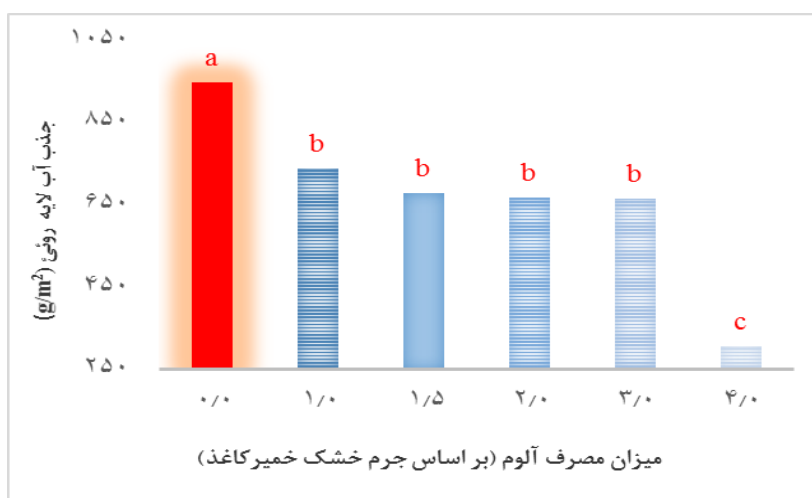
#### جذب آب

جذب آب لایه رویی تیمار شاهد در حدود ۹۴۸ گرم بر متر مربع بوده است که پس از اعمال تیمار آلوم ۱ درصد و در حضور روزین، جذب آب به‌طور

گرم‌تر ۳۳۰ گرم بر متر مربع مطابق استاندارد TAPPI T205 sp-02 و با استفاده از دستگاه ورق‌ساز آزمایشگاهی انجام گرفت. برای ساخت لایه اول مقوای تولیدی (لایه پشتی) استوانه دستگاه تا خط نشانه از آب پرس شده و سپس سوسپانسیون مورد نظر با درصد مواد افزودنی خاص به آن اضافه شد و سپس به کمک حباب ایجادشده توسط دستگاه، سوسپانسیون یکنواخت شد و در پایان با آبیگری ورق کاغذ تهیه شد. پس از تشکیل ورقه نمدی الیاف با قراردادن دو عدد کاغذ خشک‌کن و یک عدد مقوای آبیگر و یک صفحه فلزی و با حرکت دادن بدون فشار وردنه دستی (کوچ آبیگری) به تعداد  $1 \pm 6$  مرتبه روی پد تشکیل شده، آب اضافی آن جدا شد. لایه دوم نیز به همین ترتیب ساخته شد، با این تفاوت که به جای استفاده از کاغذ خشک‌کن جدید از کاغذ خشک‌کن متصل به لایه ساخته شده اول استفاده شد. بدین ترتیب لایه اول روی لایه دوم قرار گرفت. لایه سوم نیز به وسیله کاغذ خشک‌کن که چسبیده به لایه اول و دوم بود جدا شده و در نهایت نیز لایه چهارم (لایه آخر) نیز به وسیله کاغذ خشک‌کن متصل به سایر لایه‌ها از توری جدا شد. مقوای چهارلایه تشکیل شده به همراه کاغذ خشک‌کن متصل به آن و یک مقوای آبیگر و یک صفحه فلزی دایره‌ای که بر روی آن قرار دارد به دستگاه پرس کاغذ منتقل شد. عمل پرس کردن براساس استاندارد TAPPI با اعمال فشار (۵۰ psig) ۳۴۵ کیلوپاسکال طی دو مرحله با مجموع زمان ۷ دقیقه انجام گرفت. مرحله اول پرس با زمان ۵ دقیقه و با فشار ۳۴۵ کیلوپاسکال و مرحله دوم پرس نیز با اعمال همان مقدار فشار به مدت ۲ دقیقه صورت گرفت. بعد از مرحله پرس، مقواها از پرس خارج و کاغذ خشک‌کن متصل به آن جدا شد و به منظور خشک کردن نهایی در داخل

هیدروکسید آلومینیوم در می‌آید، با افزایش درصد آلوم مصرفی، مقدار این رسوبات نیز به شدت افزایش می‌یابد. این رسوبات می‌توانند در فرایند کاغذسازی مشکل ایجاد کنند که در نسبت‌های ۳ به ۱ آلوم به روزین به‌طور واضح قابل رؤیت بودند. درمقایسه با نسبت‌های آلوم به روزین ۱/۵ به ۱، ۲ به ۱ و ۳ به ۱ که جذب آب مشابهی داشتند، در نسبت آلوم به روزین ۱ به ۱، جذب آب مشابهی با نسبت‌های دیگر بروز یافته است. درحالی که از مقدار مواد شیمیایی کمتری استفاده شده و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است. این نتایج با یافته‌های یانگ زو و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد که براساس آن، بهترین نسبت مصرف آلوم به روزین نسبت ۱/۵ به ۱ معرفی شد، ولی روزین مصرفی در پژوهش مذکور، روزین پراکنده آنیونی بود، درحالی که در این پژوهش از روزین پراکنده کاتیونی با pH حدود ۳ استفاده شد. پر واضح است که روزین کاتیونی نسبت به روزین آنیونی به مصرف آلوم کمتری احتیاج دارد (شکل ۱).

معنی داری کاهش یافت؛ ولی بین تیمار آلوم ۱ درصد و تیمارهای ۱/۵، ۲ و ۳ درصد تفاوت معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد. درحالی که با اعمال تیمار نسبت ۴ به ۱ آلوم و روزین، جذب آب به‌طور معنی داری کاهش یافت. شایان ذکر است که در این سطح کاربرد آلوم، رسوب آلوم بر سطح توری دستگاه به‌وضوح مشهود بوده است. از آنجا که آلوم به‌تنهایی نقش آহারدهندگی ندارد و به‌عنوان عامل کمک آহারدهی و به‌عبارتی تثبیت‌کننده آهار روزین به‌کار می‌رود، در سطح مصرف ۱ درصد روزین افزایش کاربرد آلوم از ۱ درصد به ۱/۵، ۲ و ۳ درصد تغییر معنی داری در کاهش جذب آب لایه رویی مقوا نداشته است. به‌نظر می‌رسد در افزایش آلوم از ۱ به ۳ درصد و با توجه به اینکه مقدار روزین مصرفی ثابت بوده است، آلوم اضافی صرف خنثی‌سازی بیشتر اشغال‌های آنیونی و خنثی‌سازی بارها شده و تأثیر کمی در کاهش جذب آب داشته است. از سوی دیگر و از آنجا که آহারدهی در این پژوهش در pH خنثی صورت گرفت و در این pH آلوم به‌صورت



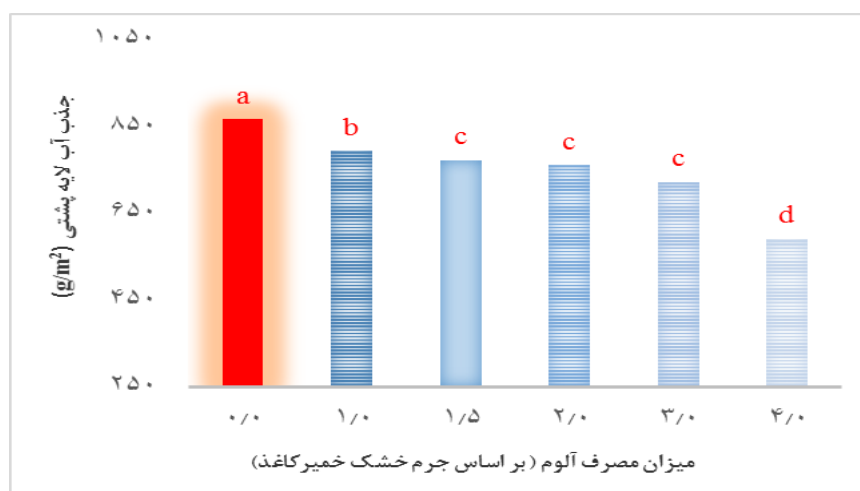
شکل ۱. جذب آب لایه رویی مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

درصد آلوم با ۱/۵ و ۲ درصد آلوم اختلاف معنی‌داری ندارد، ولی با افزایش درصد آلوم به ۳ درصد، رسوبات آلومینیوم مشاهده شد. به‌علاوه، خمیر کاغذ لایه رویی حاوی مواد پرکننده کربنات کلسیم است، چراکه متشکل از ۶۵ درصد خمیر کاغذ حاصل از کاغذهای کناره‌بری سفید و تمیز چاپخانه‌ای (PWC) است. واضح است که پرکننده‌ها رقیب نرمه‌ها و الیاف در جذب روزین هستند و کارایی آهاردهی را کاهش می‌دهند؛ از این رو نسبت ۱ به ۱ آلوم به روزین برای آهاردهی لایه پستی توصیه می‌شود که در این نسبت با مصرف مواد شیمیایی کمتر، جذب آب مطلوب نیز حاصل می‌شود (شکل ۲).

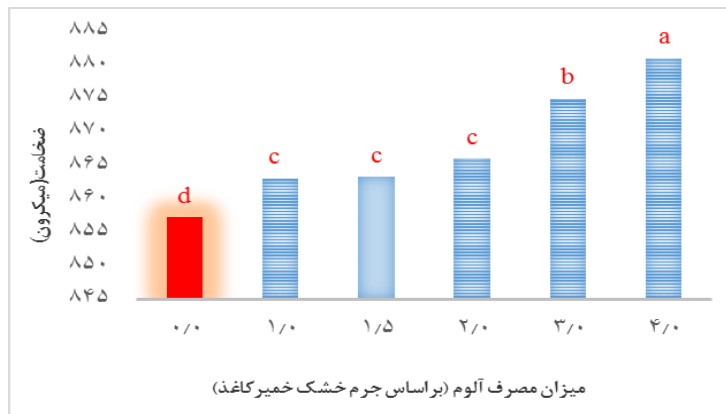
### ضخامت و بالک

با اعمال سامانه آلوم-روزین و همچنین افزایش مصرف آلوم، به دلیل تثبیت روزین و افزایش میزان تثبیت آن با کاربرد بیشتر آلوم و با عنایت به ماهیت آبریزی روزین و خاصیت تداخلی آن با پیوندیابی الیاف، ضخامت مقوا و در نتیجه بالک آن افزایش یافت (شکل‌های ۳ و ۴).

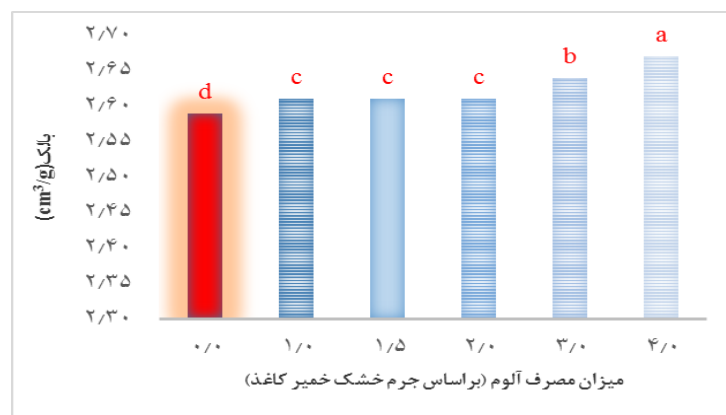
مقدار جذب آب لایه پستی مقوا در درصد‌های مختلف آلوم نیز اندازه‌گیری شد که در نمونه شاهد در حدود ۸۶۷ گرم بر متر مربع بود که اندکی کمتر از جذب آب در لایه رویی مقوای شاهد است. جذب آب بیشتر در لایه رویی مربوط به ماهیت مواد اولیه تشکیل‌دهنده خمیر کاغذ آن است. خمیر کاغذ لایه رویی از خمیر کاغذ سفید و رنگبری شده تهیه شده که به دلیل داشتن لیگنین کمتر، خاصیت آب‌دوستی بیشتر و در نتیجه جذب آب بیشتری دارد؛ در حالی که لایه پستی مقوا از خمیر کاغذ رنگبری نشده و دارای لیگنین بیشتر است و از آنجا که لیگنین در مقایسه با کربوهیدرات‌ها، خاصیت غیرآبدوست دارد، لایه پستی مقوا دارای جذب آب کمتری نسبت به لایه رویی در نمونه شاهد بوده است. از سوی دیگر، در خمیر کاغذ رنگبری شده به دلیل وجود گروه‌های عاملی OH در دسترس بیشتر، قابلیت پیوندیابی افزایش می‌یابد. در نتیجه الیاف عملکرد پیوندی بهتری با عوامل آهاردهنده دارند و پس از فرایند آهاردهی، افت جذب آب در خمیر رنگبری شده لایه رویی بیشتر است. همچنین از لحاظ عملکردی نتایج نشان داد که، جذب آب در سطوح مصرف ۱



شکل ۲. جذب آب لایه پستی مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین



شکل ۳. ضخامت مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

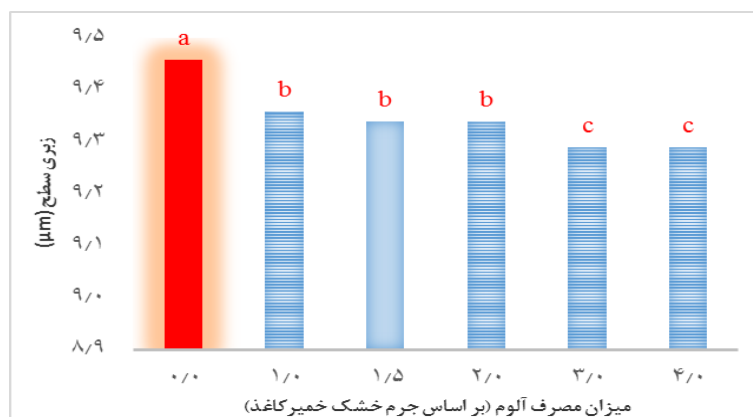


شکل ۴. بالک مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

به هم نزدیک شوند و دلمه تشکیل دهند [۳]. با افزایش ماندگاری و به‌ویژه ماندگاری نرمه‌ها (جدول ۱) و جاگیری در لابه‌لای الیاف و همچنین منافذ سطح، صافی سطح تا حدودی بهبود و زبری سطح که معکوس صافی است کاهش می‌یابد (شکل ۵).

### زبری سطح

با افزایش مصرف آلوم زبری سطح کاهش می‌یابد، چراکه ماهیت ماده آلوم به‌نحوی است که با کاهش پتانسیل زتای منفی ذرات، همانند یک افزایشنده ماندگاری عمل می‌کند و موجب می‌شود نرمه‌ها و ذرات کلوییدی



شکل ۵. زبری سطح رویی مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

جدول ۱. ماندگاری خمیر کاغذ در طی ساخت مقوا

درصد ماندگاری در سطوح مصرف ۳ و ۴ درصد آلوم	درصد ماندگاری در سطوح مصرف ۱ تا ۲ درصد آلوم	درصد ماندگاری در نمونه شاهد	نوع خمیر کاغذ
۸۳	۸۰	۷۸	لایه رویی
۸۱	۸۰	۷۸	لایه زیری
۹۵	۹۲	۸۵	لایه پرکننده
۸۶/۱	۸۵	۸۰	لایه پشتی

درخشش<sup>۱</sup> است، در واقع بار کاتیونی خود را تا pH ۹-۸/۵ به دلیل جذب آلوم کاتیونی هیدرولیز شده حفظ می‌کند [۳] و با خنثی سازی بار و ایجاد کلوخه، سبب افزایش پیوندیابی الیاف و مقاومت‌های کاغذ می‌شود. بر این اساس مقاومت کششی هم که یکی از مقاومت‌های متأثر از پیوندیابی بین لیفی کاغذ است، با افزایش مصرف آلوم، به طور پیوسته ارتقا می‌یابد که در برخی موارد میزان بهبود آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار شده است (شکل ۷).

#### مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها

مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها یکی از ویژگی‌های مهم مقواست. با افزایش نسبت آلوم به روزین، مقاومت پیوند بین لایه‌های مقوا افزایش یافت و در همه تیمارهای آلوم، افزایش آن نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. همان‌طور که گفته شد، افزایش مصرف آلوم سبب افزایش ماندگاری نرمه‌ها و در نتیجه افزایش پیوندیابی بین لایه‌های مختلف مقوا می‌شود و در نتیجه مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۸).

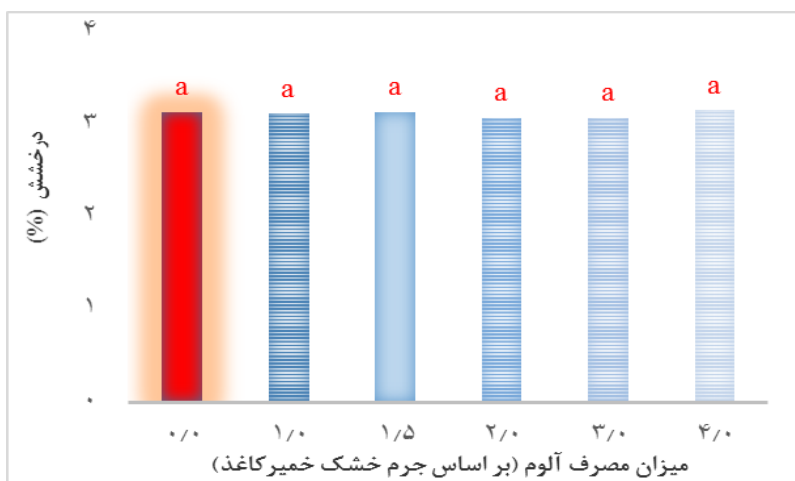
درخشش سطح مقوا قبل و بعد از تیمارهای مختلف آلوم، اختلاف آماری معنی داری ندارند. به طور کلی ثابت شده که درخشش سطح تحت تأثیر پخش نور آینه‌ای از سطح است و برای دستیابی به درخشش زیاد، باید نواحی مسطح به نواحی مسطح نوری تبدیل شوند. این بدان معناست که بی‌نظمی‌های موجود در سطح منعکس کننده نور نباید از یک‌شانزدهم طول موج نور تابیده شده تجاوز کند. چنین سطحی تنها با خشک کردن یک کاغذ پوشش دار توسط یک سطح صاف و صیقلی با فرایند غلتک‌زنی به دست می‌آید و پخش نور آینه‌ای سطح، تحت تأثیر فرایندهای اتوزنی و پوشش دهی سطحی قرار می‌گیرد. بنابراین به نظر می‌رسد، فرایند آهاردهی و تغییر درصد آلوم مصرفی تأثیری در صافی نوری سطح ندارد (شکل ۶).

#### شاخص کشش

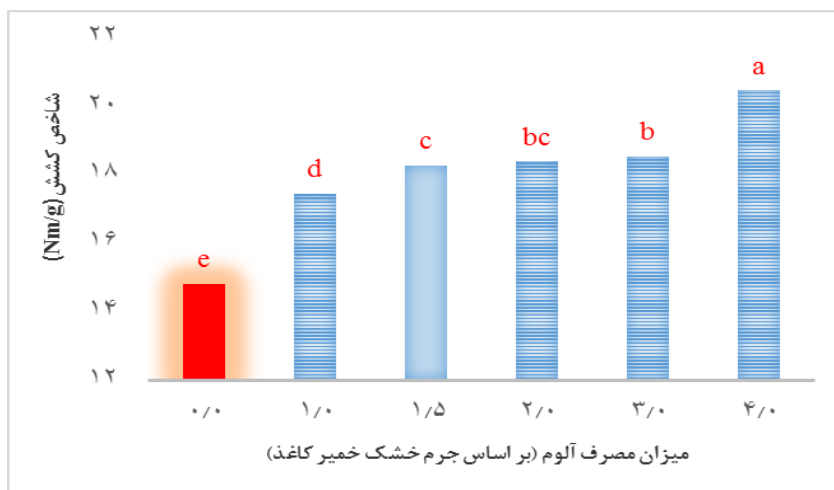
شاخص کشش نمونه شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی دار داشت و با افزایش مصرف آلوم ارتقا یافت. آلوم در pH خنثی به صورت ماده ژلاتینی رسوب‌شونده و ترکیب غالب در این pH است. اگرچه فرمول مولکولی آن بیان کننده وضعیت خنثی

1. Gloss





شکل ۶. درخشش سطح رویی مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین



شکل ۷. شاخص کشش مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

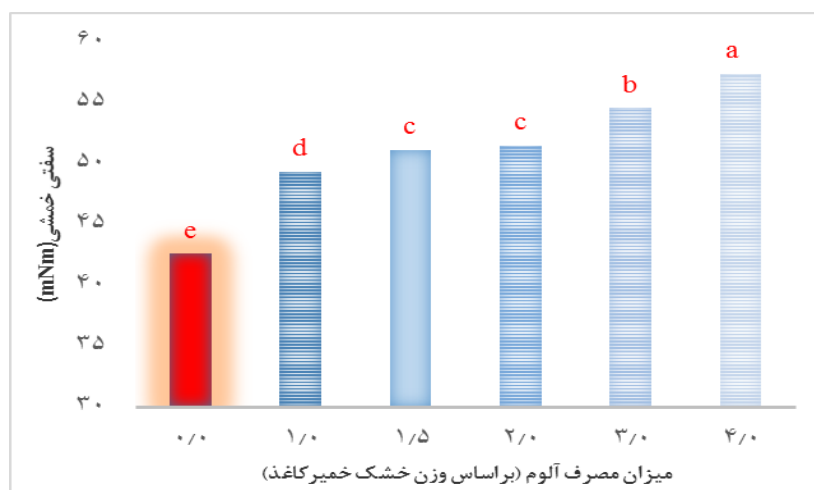


شکل ۸. مقاومت پیوند درونی بین لایه‌های مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

## استحکام (سفتی) خمشی

می‌شود. همچنین براساس شکل ۳ و با افزایش مصرف آلوم، ضخامت مقوا به‌طور پیوسته در حال افزایش است که در برخی موارد افزایش ضخامت مقوا از لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵ معنی دار شده است. علاوه بر افزایش مدول یانگ، افزایش ضخامت در افزایش سفتی خمشی بسیار تأثیرگذار است، به‌طوری که استحکام خمشی با توان سوم ضخامت رابطه مستقیم دارد (شکل ۹).

با افزایش مصرف آلوم، سفتی خمشی افزایش یافت. با توجه به اینکه آلوم خنثی‌کننده آشغال‌های آنیونی است و از طرفی دیگر با کاهش پتانسیل زتای ذرات، مانند یک افزاینده ماندگاری عمل می‌کند و موجب نزدیکی ذرات کلوییدی و تشکیل دلمه می‌شود (همزه، ۲۰۰۸)، افزایش ماندگاری، به‌ویژه افزایش ماندگاری نرمه‌ها سبب بهبود پیوندیابی بین الیاف و افزایش مدول یانگ



شکل ۹. سفتی خمشی مقوا در سطح کاربرد ۱ درصد روزین

نسبت‌های ۴ به ۱ و ۳ به ۱ آلوم به روزین برای pH خشی توصیه نمی‌شود. بهترین نسبت پیشنهادی آلوم به روزین، به‌طوری که برابری از مطلوب‌ترین شاخص کشش، مقاومت پیوند درونی بین لایه‌ها، سفتی خمشی و صافی سطح ایجاد شود، نسبت ۲ به ۱ آلوم به روزین است.

## تقدیر و تشکر

نویسندگان از مساعدت و همکاری بی‌دریغ مدیریت و پرسنل گرانتقدر و پژوهش‌گرای شرکت صنایع خمیر و کاغذ اترک که امکان اجرای این پژوهش را فراهم آوردند نهایت سپاس را ابراز می‌دارند.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر تغییرات مصرف آلوم در سامانه آهاردهی آلوم و روزین در شرایط خشی مطالعه شد. نتایج نشان داد با افزایش درصد آلوم و همچنین افزایش نسبت آلوم به روزین، مقدار جذب آب مقوا کاهش می‌یابد، در صورتی که سفتی خمشی و مقاومت پیوند درونی بین لایه‌های مقوا و شاخص کشش مقوا افزایش می‌یابد. بهترین نسبت به‌دست‌آمده در این پژوهش، نسبت ۴ به ۱ و ۳ به ۱ آلوم به روزین بود؛ اما با توجه به اینکه در این نسبت‌ها رسوبات آلومینیوم روی توری دستگاه به‌دلیل pH خشی به‌شدت مشهود است،



## References

- [1]. Hamzeh, Y., Ekhtera, M. H., Abdolkhani, A., Izadyar, S., and Pourtahmasi, K. (2008). Sizing Mechanism of recycled test liner using poly aluminum chloride and rosin under neutral condition. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research 23(1), 40-49.
- [2]. Hubbe, M. (2007). Paper's resistance to wetting – a review of internal sizing chemicals and their effects. BioResources, 2(1): 106-145.
- [3]. Hamzeh, Y., and Rostampour Haftkhani, A. (2008). Principles of Papermaking Chemistry. University of Tehran press, Tehran, 424 p.
- [4]. Katz, G., House, L.W., and Alexander, D. E. (2003). Internal paper sizing improvements. U.S. patent 6540877.
- [5]. Zou Y., Hsieh J. S., Wang T. S., Mehnert E., and Kokoszka J. (2004). The mechanism of premixing rosin sizes for neutral-alkaline papermaking. TAPPI Journal, 3(9): 16-18.
- [6]. Ito, K., Isogai, A., and Onabe, F. (1999). Rosin-ester sizing of alkaline papermaking. Journal of Pulp and Paper Science, 25(6): 222-226.
- [7]. Neimo, L., (1999). Papermaking Chemistry, Paper Engineers Association, Helsinki.