

Effect of Using Treated Activated Sludge by Acetic Acid on Strength Properties of Old Newspaper Recycled Pulp

Naghmeh Amani Bishehghah^{1*}, Majid Kiaei², Ramin Vaysi³, Seyed Eshagh Ebadi⁴

1- Corresponding author, Ph.D Department of Wood Science and Paper Science and Technology, Cha. C., Islamic Azad University, Chalus, Iran. Email: Naghmeh_amani4@yahoo.com

2- Associate Professor, Department of Wood Science and Paper Science and Technology, Cha. C., Islamic Azad University, Chalus, Iran

3- Associate Professor, Department of Wood Science and Paper Science and Technology, Cha. C., Islamic Azad University, Chalus, Iran

4- Assistant Professor, Department of Wood Science and Paper Science and Technology, Cha. C., Islamic Azad University, Chalus, Iran

Received: March 2025

Accepted: June 2025

Abstract

Problem definition and objectives: This study and its aim was accomplished on the effect of using paper making activated sludge on strength properties of old newspaper recycled pulp (ONP). About 14 tons of completely dry sludge is produced daily in this factory, which is practically unused and is currently buried. Some paper mills burn sludge to decrease the produced sludge volume, but this can create problems for the environment. In modern industrial systems, materials such as green or environmentally friendly composites can be produced from these wastes and even waste paper. Including recycling methods, further refinement, Addition of virgin fibers and use of cationic additives, use of industrial wastes (activated sludge of paper mill), along with common and developing additives to improve the strength and properties of paper can be mentioned, adding chemicals can increase and improve some of the characteristics of the resulting recycled paper and make optimal use of it. For this purpose, additives such as activated sludge, which is a waste product of the paper mill, can be used in this regard.

Methodology: For this purpose, first the activated sludge was pre-treated for 30 min in 3% acetic acid and then in a water bath at 100 ° C for 90 min and then was mixed and refined with waste newsprint paper pulp at mixing ratios. The test specimens were prepared from pulps with 120 gr/m² basis weight according to TAPPI standard and the strengths properties were measured and compared.

Results: The results showed that the strengths properties (tear, RCT, burst, folding strength) decreased with the increase of untreated sludge in ONP. Chemical treatment with acetic acid sludge showed tangible increase in the strengths properties of the samples. Fourier transform infrared spectra of the treated samples showed that treatment with acetic acid strengthened and activated the functional groups on the surface of sludge fibers.

Conclusion: The most appropriate of strength properties at the mixing ratio of sludge was at 20% level of treated sludge at 100° C, and 90 min. Also, given that activated sludge and waste newspaper are both waste, waste, and discarded materials, a composite can be made that can be used in urban green spaces and greenhouses as functional products under the name of Eco-friendly biocomposites.

Keywords: acetic acid, newsprint paper, activated sludge, strength properties, Eco-friendly biocomposite.

تأثیر استفاده از لجن فعال تیمار شده با اسید استیک بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ بازیافتی

نغمه امانی بیشه گاه^{۱*}، مجید کیائی^۲، رامین ویسی^۳، سید اسحاق عبادی^۴

۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکتری صنایع چوب و کاغذ واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه: Naghmeh_amani4@yahoo.com

۲- دانشیار گروه صنایع چوب و کاغذ، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

۳- دانشیار گروه صنایع چوب و کاغذ، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

۴- استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۴

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۳

چکیده

بیان مساله و اهداف: این تحقیق، با هدف تأثیر افزودن لجن فعال کارخانه کاغذسازی بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ بازیافتی انجام شد. روزانه حدود ۱۴ تن لجن کاملاً خشک در این کارخانه تولید می‌گردد، که عملاً بدون استفاده است و فعلاً دفن می‌گردد. برخی از کارخانه‌ها نیز برای کاهش حجم لجن کارخانه کاغذ، آن را می‌سوزانند، اما این عمل می‌تواند مشکلاتی را برای محیط زیست به وجود می‌آورد. در سیستم‌های نوین صنعتی می‌توان از این پسماندها و حتی کاغذهای باطله موادی همانند کامپوزیت‌های سبز و یا دوستدار محیط زیست تهیه کرد. از جمله روش‌های بازیافت می‌توان به پالایش بیشتر، افزودن الیاف بکر و استفاده از مواد افزودنی کاتیونی، استفاده از پسماندهای صنعتی همانند لجن فعال کارخانه کاغذسازی، به همراه انواع افزودنی‌های رایج و در حال توسعه با هدف بهبود مقاومت‌ها و خواص کاغذ اشاره کرد. افزودن مواد شیمیایی می‌تواند باعث افزایش و بهبود برخی از ویژگی‌های کاغذهای بازیافتی حاصل و استفاده بهینه از آن‌ها شود. به همین منظور، از افزودنی‌هایی همانند لجن فعال که پسماند کارخانه کاغذسازی است می‌توان در این ارتباط استفاده کرد.

مواد و روشها: در این تحقیق ابتدا لجن فعال در زمان ۳۰ دقیقه با اسید استیک ۳٪ پیش تیمار و سپس در حمام بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۹۰ دقیقه تیمار شد و با نسبت‌های مختلف با خمیر روزنامه باطله، مخلوط و پالایش گردید. نمونه‌های آزمونی مطابق با استاندارد TAPPI با وزن پایه ۱۲۰ گرم بر مترمربع تهیه شد و ویژگی‌های مقاومتی آن‌ها اندازه‌گیری و مقایسه گردید.

نتایج: نتایج نشان داد که با افزایش لجن فعال تیمار نشده به خمیر کاغذ بازیافتی، مقاومت به پارگی، مقاومت به حلقه شدن، مقاومت به ترکیدن و تعداد تا شدن کاهش یافت. با تیمار شیمیایی لجن فعال با اسید استیک افزایش قابل ملاحظه‌ای در تمامی ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌ها مشاهده شد. بررسی طیف FT-IR نمونه‌های تیمار شده نشان داد که تیمار اسید استیک باعث تقویت و فعال شدن گروه‌های عاملی موجود در سطح الیاف لجن فعال شده است.

نتیجه‌گیری: مناسب‌ترین ویژگی‌های مقاومتی در سطح ۲۰ درصد لجن تیمار شده در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۹۰ دقیقه بوده است. همچنین با توجه به این که لجن فعال و کاغذ روزنامه باطله هر دو به عنوان مواد ضایعاتی، پسماند و دورریز هستند، می‌توان کامپوزیتی ساخت، که در فضای سبز شهری و گلخانه‌ای از آن‌ها به صورت فرآورده‌های کاربردی تحت عنوان بیوکامپوزیت‌های دوستدار محیط زیست استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسید استیک، کاغذ باطله، لجن فعال، ویژگی‌های مقاومتی، بیوکامپوزیت دوستدار محیط زیست.

مقدمه

یافتن راه حل مناسب اجتماعی، فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی به منظور داشتن محیط زیست سبزتر و پاک‌تر بسیار مهم و حائز اهمیت است. چندین کشور سعی دارند تا این مشکل را توسط بازیافت پسماندها حل کنند [۱،۲]. در این ارتباط مجتمع صنایع چوب و کاغذ مازندران برای تولید سالانه حدود ۷۵۰۰۰ تن کاغذ فلوتینگ، ۵۲۰۰۰ تن کاغذ روزنامه و ۳۸۰۰۰ تن کاغذ چاپ و تحریر طراحی گردیده است [۳]. در این کارخانه، مقدار قابل ملاحظه‌ای لجن از اکسیژن دهی سریع فاضلاب در کلاریفایرهای ثانویه تولید می‌شود، که به آن لجن فعال شده می‌گویند. متوسط لجن فعال (آلی و غیر آلی) تولیدی در این کارخانه حدود ۱۷۰۰ تن در ماه است، که درصد ماده خشک آن حدود ۲۵٪ است. روزانه حدود ۱۴ تن لجن کاملاً خشک در این کارخانه تولید می‌گردد، که عملاً بدون استفاده است و فعلاً دفن می‌گردد. این لجن فعال نیمه خشک شامل مواد آلی و غیر آلی می‌باشد که از اجزای آن‌ها می‌توان سدیم، گوگرد، مواد استخراجی، چربی‌ها، موم‌ها استرول‌ها و نرمه‌های فیبری و کربنات کلسیم به همراه پوست درختان را نام برد [۴]. دفن پسماند کارخانه کاغذسازی در زمین، علاوه بر اقتصادی نبودن، مسائل زیست‌محیطی و آلودگی آب‌های زیرزمینی را نیز موجب می‌گردد، همچنین برای دفن این الیاف نیاز به سطح وسیعی از زمین می‌باشد [۵]. برخی از کارخانه‌ها نیز برای کاهش حجم لجن کارخانه کاغذ، آن را می‌سوزانند، اما این عمل می‌تواند مشکلاتی را برای محیط زیست به وجود می‌آورد. در سیستم‌های نوین صنعتی می‌توان از این پسماندها و حتی کاغذهای باطله موادی همانند کامپوزیت‌های سبز و یا دوستدار محیط زیست تهیه کرد. در این ارتباط، امروزه صنعت خمیر و کاغذ، به دلیل کمبود منابع اولیه چوبی و تقاضای روز افزون برای فرآورده‌های کاغذ و مقوا، از نظر اقتصادی و توجه به مسائل زیست‌محیطی نیاز به بازیافت

پسماندها و کاغذهای باطله دارد [۶،۷]. با این وجود، فرآیند بازیافت با وجود برتری‌ها و پتانسیل‌های ذاتی، اغلب با کاهش شدید کیفیت و ویژگی‌های مقاومتی محصول همراه است و این مسئله یکی از مشکلات اساسی اکثر تولیدکننده‌های کاغذهای مورد استفاده است [۸]. از این رو در فرآیند بازیافت، همواره توسعه روش‌های مختلف به منظور بهبود اتصال بین الیاف و افزایش ویژگی‌های مقاومتی محصولات مورد نظر بوده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به پالایش بیشتر، افزودن الیاف بکر و استفاده از مواد افزودنی کاتیونی، استفاده از پسماندهای صنعتی همانند لجن فعال کارخانه کاغذسازی، به همراه انواع افزودنی‌های رایج و در حال توسعه با هدف بهبود مقاومت‌ها و خواص نوری و فیزیکی کاغذ اشاره کرد [۹]. با توجه به این‌که مصرف کاغذهای بازیافتی نیز محدودیت‌هایی را در پی دارد، افزودن مواد شیمیایی می‌تواند باعث افزایش و بهبود برخی از ویژگی‌های کاغذهای بازیافتی حاصل و استفاده بهینه از آن‌ها شود. به همین منظور، از افزودنی‌هایی همانند لجن فعال که پسماند کارخانه کاغذسازی است می‌توان در این ارتباط استفاده کرد [۶]. در تحقیقی در اثر تیمار استری و استیله شدن لجن کارخانه کاغذسازی مقاومت کششی و تغییر طول در ناحیه شکست و مدول یانگ را بهبود بخشیدند اما جذب آب کامپوزیت‌ها را کاهش دادند [۱۰]. همچنین حضور اسید استیک و اکریک سطح مشترک بین لجن کاغذ و ماتریکس PP/EPDM (چندسازه متشکل از پلی‌پروپیلن/اتیلن پروپیلن دین ترپلیمر) را افزایش می‌دهد. محققان دریافتند که افزایش در مقادیر لجن کاغذ در کامپوزیت‌های EPDM (چندسازه متشکل از اتیلن پروپیلن دین ترپلیمر) سبب افزایش مدول یانگ و جذب آب و همچنین سبب کاهش مقاومت کششی و ازدیاد طول تا حد پارگی می‌شود [۱۱]. در تحقیقی دیگر به بررسی اثر نسبت اختلاط لجن کاغذ و انواع و تمرکز عوامل جفت کننده بر خواص فیزیکی-مکانیکی کامپوزیت‌های لجن کاغذ-ترموپلاستیک پرداختند [۴]. نتایج حاکی از آن بود که دانسیته چندسازه افزایش یافت اما شاخص

دور ۳۰۰ RPM به مدت ۳۰ دقیقه به خمیر کاغذ تبدیل شدند. علاوه بر آن، لجن فعال خشک از کارخانه چوب و کاغذ مازندران واقع در پهنه کلا ساری تهیه و به آزمایشگاه انتقال یافت، سپس حدود ۲ کیلوگرم از لجن فعال در آب به مدت ۲۴ ساعت خیسانده شد. بعد از آن، هر دو ماده توسط دستگاه الیاف باز کن با دور ۳۰۰ RPM مخلوط گردیدند. سپس خمیر روزنامه با مش ۴۰ و لجن با مش ۲۰۰ آگیری شدند و در پایان درصد خشکی سوسپانسیون خمیر روزنامه و لجن ضایعاتی محاسبه شدند. خمیر روزنامه باطله و لجن فعال به مقدار لازم برای انجام آزمایش طبق جدول ۱ محاسبه و مخلوط گردیدند. خمیر کاغذهای روزنامه باطله و لجن فعال با استفاده از دستگاه پالایشگر PFI با دور ۳۰۰ RPM پالایش گردید. سپس نمونه‌های آزمون از مخلوط لجن بدون تیمار با خمیر کاغذ روزنامه در پنج سطح لجن به خمیر کاغذ، طبق جدول ۱، مطابق استاندارد تاپی T205 sp-95 با وزن پایه 120 gr/m^2 تهیه شدند.

جریان مذاب کاهش یافت. خواص کششی چندسازه به طور معنی‌داری افزایش یافت. مدول و مقاومت خمشی روندهای مشابه خواص کششی نشان دادند. لذا این تحقیق، با هدف تأثیر استفاده از لجن فعال کارخانه کاغذسازی بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر- کاغذ بازیافتی انجام شد، تا با تیمار نمودن لجن، گروه‌های عاملی بیشتری در سطح لجن فعال تیمار شده در دسترس قرار گرفته و با تقویت سطح اتصال، سطح پیوندی و مقاومت اتصال، تأثیر آن‌ها در بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذ بازیافتی حاصل ارزیابی گردد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمون

برای انجام این تحقیق مقدار ۱۰ کیلوگرم روزنامه باطله تهیه و به اندازه های 5×5 سانتی‌متری بریده شد. تکه‌های روزنامه به مدت ۲۴ ساعت در آب نگه داشته شد و سپس در یک دستگاه دسینتیگراتور (الیاف بازکن) با

جدول ۱- نسبت لجن به روزنامه باطله در ساخت نمونه‌های آزمون

ردیف	لجن (درصد)	روزنامه باطله (درصد)
۱	۰	۱۰۰
۲	۵	۹۵
۳	۱۰	۹۰
۴	۱۵	۸۵
۵	۲۰	۸۰

تیمار شیمیایی لجن

به منظور حذف آلودگی موجود در لجن فعال و بهتر کردن شرایط اختلاط با خمیر روزنامه، لجن با نسبت‌های مندرج در جدول ۱ به طور جداگانه در یک بشر به مدت ۳۰ دقیقه در اسید استیک ۳ درصد قرار داده شد. سپس در حمام بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی-گراد و زمان ۹۰ دقیقه تیمار شد. سپس نمونه‌های آزمون طبق استاندارد تاپی T205 sp-95 با وزن پایه ۱۲۰ گرم بر مترمربع تهیه و پرس شدند، و نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در حلقه‌های مخصوص قرار گرفته و خشک شدند. در نهایت خواص مقاومتی کاغذهای حاصل از

لجن فعال و خمیر روزنامه باطله اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌های آزمون

مقاومت کششی، مقاومت به ترکیدن، مقاومت به پاره شدن، تا خوردن، ضخامت، رطوبت به ترتیب با استفاده از آزمون‌های TAPPI T494 om-96، TAPPI T403 om-97، TAPPI T496 sp-99، TAPPI T423 om-89 و TAPPI T411 om-97 انجام شد [۱۳-۱۸].

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

گرفت. در نهایت گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۱ درصد انجام شد.

در این تحقیق، تأثیر لجن فعال بر خواص مقاومتی خمیر کاغذ بازیافتی حاصل از اختلاط لجن فعال و کاغذ باطله روزنامه مورد ارزیابی آماری قرار گرفت، تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS، در قالب آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه صورت

جدول ۲- تجزیه واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های نمونه‌های آزمونی

مشخصه متغیر	مقاومت به حلقه شدن		مقاومت به پارگی		مقاومت کششی		مقاومت به ترکیدن		تعداد تا شدن
	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	
تیمار با اسید استیک	۱۱/۴۶۴	۰/۰۰۰۱	۱۹/۱۷۹	۰/۰۰۰۱	۷/۲۴۱	۰/۰۰۰۱	۶/۴۷۹	۰/۰۰۰۱	۷/۹۸۵

نسبت به لجن تیمار نشده افزایش محسوسی را نشان داد (شکل ۲).

با تیمار لجن، در تمامی سطوح اختلاط بهبودی در ویژگی مقاومت به پارگی حاصل شده است. افزودن لجن فعال تیمار نشده به نمونه‌ها باعث کاهش مقاومت به پارگی شده است، افت مقاومت به پارگی با توجه به کوتاه شدن متوسط طول الیاف در طی افزودن لجن فعال تیمار نشده بوده و همچنین کاهش متوسط دانسیته خطی الیاف که خود باعث کاهش مقاومت به پارگی شده است. البته افزایش نسبت الیاف کوتاه به الیاف بلند باعث کاهش این مقاومت می‌گردد [۱۹].

با افزودن لجن فعال به خمیر روزنامه تعداد تا شدن و مقاومت به ترکیدن کاهش می‌یابد. تیمار لجن با اسید استیک، در میانگین تعداد تا شدن و مقاومت به ترکیدن نمونه‌ها در سطوح اختلاط بهبود حاصل شد. مقاومت در برابر کشش از ویژگی‌هایی است که به اتصالات الیاف سلولزی بستگی دارد، نتایج نشان داد که با افزایش لجن فعال مقاومت کششی در کاغذ حاصل افزایش یافته است، با عنایت به اینکه طول الیاف و نرمه‌ها در لجن فعال کم و سطح ویژه آن‌ها بیشتر است [۲۰]. افزودن لجن فعال تیمار نشده به نمونه‌ها باعث افزایش سطح ویژه و مقاومت کششی نمونه‌های آزمونی شده است. با تیمار لجن، میانگین مقاومت کششی در سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد افزایش نشان داده است. نتایج نشان داد که با افزایش لجن فعال مقاومت به حلقه شدن نمونه‌های حاصل کاهش یافته است، با عنایت به اینکه طول الیاف و نرمه‌ها در لجن فعال کمتر از اجزای کاغذ باطله است،

مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی در سطح

متغیرها

مقایسه میانگین ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ بازیافتی حاصل از اختلاط کاغذ روزنامه باطله و لجن فعال تیمار شده، بر اساس آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین میانگین کلیه شاخص‌ها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲).

نتایج و بحث

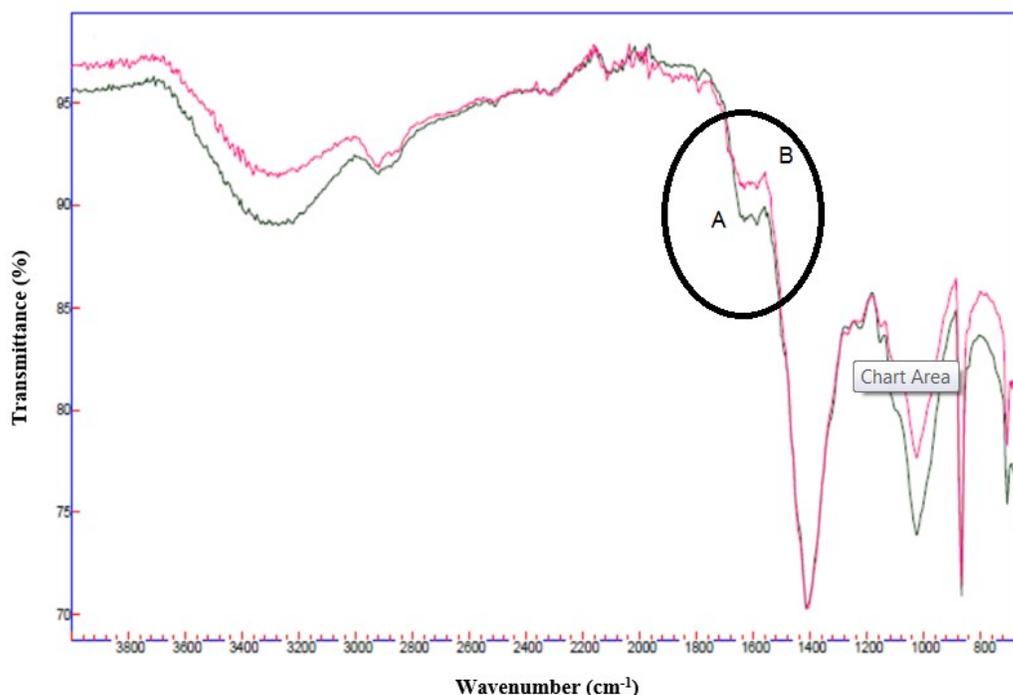
مقایسه طیف FT-IR نمونه‌های لجن فعال

بررسی طیف FT-IR نمونه‌های لجن فعال تیمار نشده و تیمار شده با اسید استیک ۳ درصد با دستگاه FTIR مدل CARY 630 ساخت شرکت AGILENT کشور آمریکا نشان داد که تیمار اسید استیک باعث تقویت و فعال شدن گروه‌های عاملی موجود در سطح الیاف لجن فعال بخصوص در محدوده عدد موجی 1500 cm^{-1} - 1600 شده است، که ارتعاشات کششی مربوط به پیوند C-C و بیشتر ارتعاشات اسکلتی واحدهای آروماتیکی می‌باشد و باعث تقویت و در دسترس قرار گرفتن گروه‌های عاملی و همچنین جایگزینی گروه‌های استیل شده و خود سبب افزایش تعداد، سطح اتصال پیوندی و مقاومت اتصال شده و در نتیجه افزایش برخی از مقاومت‌های را نشان داده است (شکل ۷) [۱۲].

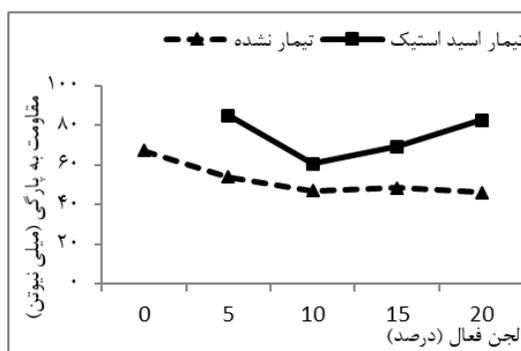
مقایسه خواص مقاومتی لجن فعال تیمار نشده و تیمار شده نشان داد که با افزودن درصد‌های مختلف لجن فعال تیمار نشده، همه ویژگی‌های مقاومتی کاهش یافت. مقدار خواص مقاومتی در لجن تیمار شده با اسید استیک،

بخصوص در محدوده عدد موجی $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ شده است، تقویت و در دسترس قرار گرفتن این گروه‌های عاملی باعث افزایش تعداد و افزایش سطح اتصال پیوندی شده و مقاومت اتصال شده و در نتیجه مقاومت به پارگی نمونه‌ها افزایش را نشان داده است [۱۲].

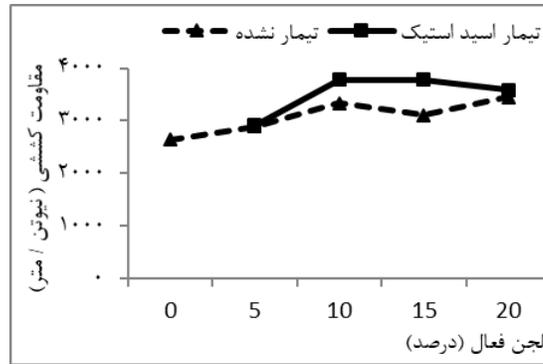
افزودن لجن فعال تیمار نشده به نمونه‌ها باعث قرار گرفتن الیاف کوتاه و برخی از اجزای ریز لجن در جهت Z نمونه‌ها شده که خود باعث کاهش مقاومت به حلقه شدن خواهد شد [۲۱]. با تیمار لجن، میانگین مقاومت به حلقه شدن در تمامی سطوح اختلاط افزایش نشان داده است و بالاترین مقاومت به حلقه در سطح اختلاط ۱۵ درصد مشاهده می‌شود. بررسی طیف FT-IR نمونه‌های تیمار شده نشان داد که تیمار اسید استیک باعث تقویت و فعال شدن گروه‌های عاملی موجود در سطح الیاف لجن فعال



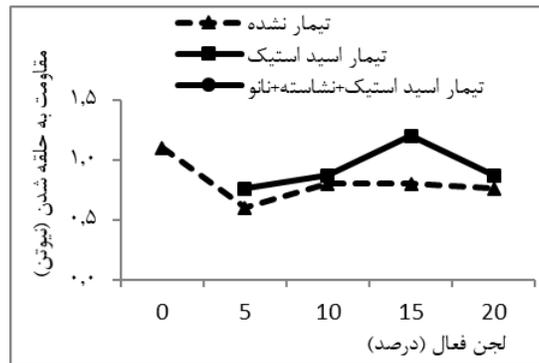
شکل ۱- مقایسه طیف FT-IR لجن فعال تیمار شده (A) با اسید استیک ۳ درصد و تیمار نشده (B)



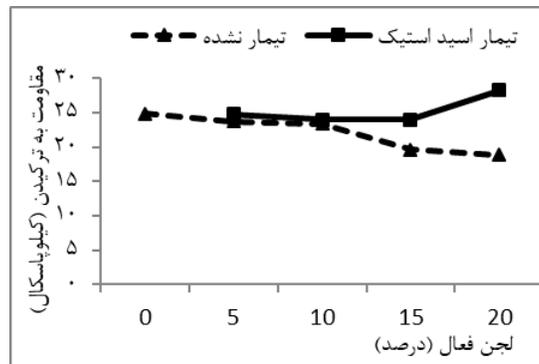
شکل ۲- مقایسه مقاومت به پارگی نمونه‌های حاصل از افزودن لجن فعال به کاغذ باطله



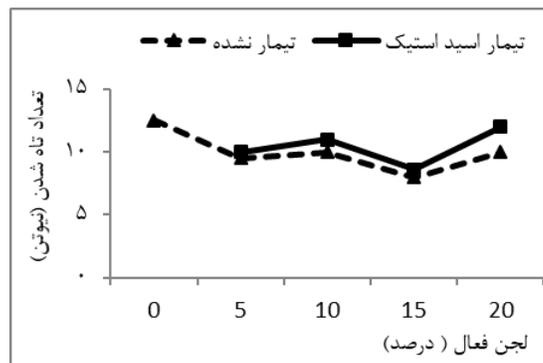
شکل ۳- مقایسه مقاومت کششی نمونه‌های حاصل از افزودن لجن فعال به کاغذ باطله



شکل ۴- مقایسه مقاومت به حلقه شدن نمونه‌های حاصل از افزودن لجن فعال به کاغذ باطله



شکل ۵- مقایسه مقاومت به ترکیدن نمونه‌های حاصل از افزودن لجن فعال به کاغذ باطله



شکل ۶- مقایسه تعداد تا شدن نمونه‌های حاصل از افزودن لجن فعال به کاغذ باطله

- and paper industries, 2(2): 121-133. 20.1001.1.20089066.1390.2.2.10.3. (In Persian)
- [4] Son, J., Kim, H. and Lee, P., 2001. Role of paper sludge particle size and extrusion temperature on performance of paper sludge-thermoplastic polymer composites. *Applied Polymer Science*, 82(11): 2709-2718.
- [5] Donmez Cavdar, A., Yel, H., Boran, S. and Pesman, E., 2017. Cement type composite panels manufactured using paper mill sludge as filler. *Journal Construction and Building Materials*, 142: 410-416.
- [6] Mir Shokraei, S.A., 1995. *Pulp Technology*. Payam Noor University Press. Tehran University Publications. 501 pages. (In Persian).
- [7] Horace, K. Moo, Y. and Charles, E., 1999. The future of paper industry waste management. *Proceedings of the Middle Atlantic Regional Conference, Department of Civil and Environmental Engineering, Lehigh University. Bethlehem, PA. USA. P 81-99.*
- [8] Mandeep, M., Kumar Gupta, G. and Shukla, P., 2020. Insights into the resources generation from pulp and paper industry wastes: Challenges, perspectives and innovations. *Bio resource Technology*, 297. Article 122496.
- [9] Rudi, H., 2019. Bonding improvement of three times recovered Kraft fibers through coating of chitosan/carboxyl methyl cellulose multilayers. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 25(4): 87-101. 10.22069/jwfst.2018.15806.1775. (In Persian)
- [10] Salmah, H., Ismail, H. and Abubakar, A., 2006. Effects of chemical modification of paper sludge filled polypropylene (PP)/Ethylene Propylene Diene Terpolymer (EPDM) composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 25:43.
- [11] Husseinsyah, S., Ismail, H. and Bakar, A., 2005. The effect of paper sludge content and size on properties of PP/EPDM composites. *Journal of Reinforced Plastic and Composites Polymer*, 24:2.147-159.
- [12] Passoni, V., Scarica, C., Levi, M., Turri, S. and Griffini, G., 2016. Fractionation of industrial softwood kraft lignin: Solvent selection as a tool for tailored material properties. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering J*, 4(4):2232-2242.

نتیجه گیری

افزایش لجن فعال تیمار نشده کارخانه کاغذسازی به کاغذ باطله، برخی از مقاومت‌های مکانیکی (مقاومت پارگی، مقاومت به حلقه شدن، مقاومت به ترکیدن و تعداد تاه شدن) را به طور میانگین تا ۲۲ درصد کاهش داد. تیمار شیمیایی لجن فعال با اسید استیک به کاغذ باطله، باعث افزایش اکثر ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت به پارگی، مقاومت کششی، مقاومت به حلقه شدن، مقاومت به ترکیدن و تعداد تاه شدن) گردید، به طوری که تیمار کردن لجن فعال، مقاومت‌های مکانیکی را حدود ۲۴ درصد افزایش داد. افزایش محسوس در مقاومت به پارگی، مقاومت کششی، مقاومت به حلقه شدن و ویژگی‌های بسیار مناسبی برای نمونه‌های ساخته شده می‌باشد. بهترین درصد اختلاط برای نمونه‌های دست ساز، استفاده از ۲۰ درصد لجن تیمار شده با اسید استیک ۳ درصد به خمیر روزنامه باطله در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۹۰ دقیقه بود. با عنایت به این که لجن فعال و کاغذ روزنامه باطله هر دو به عنوان مواد ضایعاتی، پسماند و دورریز هستند، می‌توان کامپوزیتی (انواع گلدان، سطل زباله، ظروف نشاءکاری و...) ساخت، که در فضای سبز شهری و گلخانه‌ای از آن‌ها می‌توان به صورت فرآورده‌های کاربردی تحت عنوان بیوکامپوزیت‌های سبز و دوستدار محیط زیست استفاده کرد.

منابع

- [1] Lertsutthiwong, P., Khunthon, S., Siralermukul, K., Noomun, K. and Chandkrachang, S., 2008. New insulating particleboards prepared from mixture of solid wastes from tissue paper manufacturing and corn peel. *Bio resource Technology*, 99:4841-4845.
- [2] Pappu, A., Saxena, M. and Asolekar, S.R., 2007. Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials. *Building and Environment*, 42: 2311-2320.
- [3] Ghaffari, M., Ghasemian, A., Resalati, H. and Asadpour, G., 2012. Determination of The Optimum Use of Cationic Starch on the Basis of the Mechanical Strengths of Mixed OCC and Virgin NSSC pulps. *Iranian Journal of wood*

- [19] Miri, M., Ghasemiyan, A. and Aryaie Monfared, M.H., 2016. Investigation on Optical and Mechanical Properties of MOW Deinked Pulp by Neutral Deinking. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 23(4): 293-314. 10.22069/jwfst.2016.9539.1507. (In Persian)
- [20] Vaysi, R. and Kord, B., 2013. The effect of H₂O₂ are bleaching and DTPA spraying on the brightness stability of hornbeam CMP pulp following accelerated irradiation aging. *Bio resource Journal*, 8(2):1909-1917.
- [21] Hadilam, M., Afra, E. and Yousefi, H., 2013. Effect of Cellulose Nanofibers on the Properties of Bagasse Paper. *Journal of Forest and Wood Products*, 66(3): 351-366. 10.22059/jfwfp.2013.36119. (In Persian)
- [13] Standard Test Method for folding endurance of paper (Shopper type tester), TAPPI Press, Atlanta, GA, USA. T423 om-89. 1991.
- [14] Standard Test Method for Forming hand sheets for Bursting strength of paper, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA. T403 om-97. 1997.
- [15] Standard Test Method for Forming hand sheets for physical tests of pulp, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA. T205 sp-95. 1995.
- [16] Standard Test Method for Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA. T494 om-96. 1996.
- [17] Standard Test Method for Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA. T496 sp-99. 1999.
- [18] Standard Test Method for Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board, TAPPI Press, Atlanta, GA, USA. T411 om-97. 1997.