

پالایش زیستی مایع سیاه خمیر کاغذسازی سودای باگاس به عنوان اندود سطحی کاغذ بازیافتی

حسین جلالی ترشیزی^{۱*} و راحیل چالاکه^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، مهندسی پالایش زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران، پست الکترونیک: H_Jalali@sbu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی پالایش زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده

در این پژوهش، تأثیر اندودسازی سطحی کاغذ بازیافتی با مایع سیاه خمیر کاغذسازی سودای باگاس (۲/۵ گرم بر متر مربع در هر طرف و در مورد غلظت ۴۴٪ ۵ گرم بر متر مربع در هر طرف در دو عبور) در دو حالت خام و فیلترشده با غلظت‌های مختلف (۳۰، ۳۷، ۴۴ و دوباره ۴۴٪) و ویژگی‌های آن بررسی شد. فیلتر کردن مایع مزبور به دلیل حذف مواد ناخالص و درشت موجب برتری ویژگی‌ها نسبت به حالت فیلتر نشده گردید. افزایش غلظت و میزان اندود اعمال افزایش جرم پایه (تا ۴۴٪) و کاهش جذب آب (به کمتر از ۳۰٪) را پیوسته به همراه داشت، زیرا انباشت مواد عمدتاً غیر آبدوست (لیگنین و مواد معدنی) علاوه بر افزایش جرم و پر کردن منافذ ساختار کاغذ؛ کاهش قابلیت جذب آب بستر لیگنوسولوزی را به همراه دارد. اما تیمار بهینه از منظر مقاومت‌های کشش، ترکیدن و پارگی در پایین‌ترین غلظت اندود بدست آمد که نفوذ سهل‌تر مایع سیاه رقیق به درون ساختار کاغذ و نیز مشارکت در پیوندیابی را می‌توان استدلال کرد. کاربرد کاغذهای بازیافتی در بسته‌بندی، مقاومت‌های فشاری و خمشی کاغذ را طلب کرده که افزایش غلظت مایع سیاه اندودساز، سفتی خمشی (تا بیش از ۲۰۰ درصد) و فشاری لهیدگی (تا بیش از ۱۵۰ درصد) را افزایش داد. علاوه بر تقویت پیوندیابی، تشکیل فیلم، افزایش ضخامت کاغذ و نیز سهم به‌سزای لیگنین در این راستا قابل ذکر است. اعمال دو بار مایع سیاه پخت نه‌تنها بهبود چشمگیری را در بیشتر ویژگی‌ها به وجود نیآورد، بلکه منجر به کاهش نیز گردید.

واژه‌های کلیدی: پالایش زیستی، مایع سیاه سودای باگاس، اندودسازی کاغذ.

مقدمه

استفاده بهینه و مطلوب منابع لیفی به‌ویژه در کشورهای با فقر پوشش جنگلی، الزام‌آور بوده و افزایش مطلوبیت کاربرد منابع غیرچوبی برای تأمین نیازهای بشری نیز حائز اهمیت است. مواردی همانند میزان بالاتر مواد استخراجی و معدنی و کم‌تر بودن میزان سلولز در قالب بازدهی پائین‌تر

مواد غیرچوبی نسبت به چوب از یک طرف (Gullichsen & Paulapuro 2000) و عدم امکان تعمیم سامانه‌های بازیابی مواد شیمیایی پخت-که امروزه تقریباً به‌طور انحصاری به طریق سودا است- بر آنها از طرفی دیگر؛ نقیصه‌ای در به‌کارگیری منابع گیاهان غیرچوبی برای تولید فراورده‌های کاغذی به‌شمار می‌آیند. تنها راه‌حل فعلی تعامل با مایع سیاه

بیشتر و خالی بودن کربن‌های شماره ۳ و ۵ حلقه فنولی، دارای قابلیت خوبی برای تهیه چسب گزارش شده‌است (Van der Klashorst, *et al.*, 1985). تولید سوخت‌های زیستی مانند دی‌متیل اتر، گاز سنتزی، متانول، هیدروژن و یا دیزل بجای سوختن مایع سیاه در کوره بازیابی برای تولید برق (Naqvi, *et al.*, 2010) و نیز گازی کردن مایع سیاه پخت حاصل از فرایندهای کاغذسازی به‌عنوان سوخت احتراق در توربین گازی تولید برق (Eriksson, & Harvey, 2004) اشاره شده است. لیگنین به‌دلیل دارا بودن مواد فنلی، واکنش‌هایی مشابه فنل انجام داده و توانایی استفاده در چسب‌های مقاوم به شرایط آب و هوایی را دارد. از این رو با ترکیب لیکور که حاوی مقدار زیادی لیگنین بوده با رزین‌های فنولیک، می‌توان رزینی با کیفیت اتصال مناسب و هزینه کم تولید کرد (Santoso, 2004). کاربرد لیگنین اسیدی کلاسون به‌عنوان سازگارکننده در کامپوزیت الیاف نارگیل-پلی‌پروپیلن، ویژگی‌های خمشی بالاتری را نسبت به نمونه‌های شاهد نشان داد (Rozman, *et al.*, 2001). البته به‌کارگیری دوباره کاغذهای باطله از طریق بازیافت، دیگر روش برجسته تأمین الیاف موردنیاز کاغذسازی است که مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی چشمگیری را به‌همراه دارد. اما نقصان مقاومتی کاغذهای تولیدی در مقایسه با خمیرکاغذهای بکر، همیشه مورد اعتراض مصرف‌کنندگان است. اندودسازی سطحی کاغذ با مواد مقاوم‌زا به‌عنوان راهکاری روبه رشد مطرح بوده و غلظت مواد اندود شونده بر سطح کاغذ از تأثیر زیادی بر ویژگی‌های نهایی فرآورده کاغذی برخوردار بوده که متناسب با هر کاغذی از لحاظ ترکیب ساختاری و شیمیایی، متفاوت می‌باشد (Larotonda, *et al.*, 2003; Elyasi, & Jalali, 2017); بنابراین در این پژوهش، مایع سیاه فرایند پخت سودا بر سطح کاغذ بازیافتی اندود شده و تأثیر آن در غلظت‌های مختلف بر ویژگی‌های کاغذ، مورد بررسی

پخت باگاس، به‌عنوان برترین منبع غیرلیفی کشور، سوزاندن آن به‌بهای تولید ناچیز انرژی حرارتی و البته آلودگی زیست‌محیطی است که الزاماً باید در ابتدا با صرف انرژی در دیگ بخار تغلیظ‌گردد. البته بهای ارزان گاز طبیعی به‌ویژه در ایران، موضوع تولید انرژی و بخار از سوزاندن لیکور را نیز تقریباً غیرمنطقی کرده و تبدیل آن به زیست‌مواد شیمیایی را برجسته نموده است. در مفهوم روبه گسترش پالایش زیستی، همانند پالایشگاه نفت استفاده حداکثری از ظرفیت زیست‌توده، مدنظر است که در صنایع فرآورده‌های جنگلی؛ این تبدیل اجزای سازنده قبل و بعد از فراوری اصلی میسر است؛ بنابراین مایع سیاه پخت مواد لیگنوسلولزی از جذابیت بالایی برای تبدیل به زیست‌مواد و زیست‌انرژی برخوردار بوده و به‌عنوان پسماندی مستعد ایجاد ارزش‌افزوده بالا مورد پژوهش قرار می‌گیرد. وجود بیوپلیمرهای تخریب‌شده‌ای مانند لیگنین، همی‌سلولزها و سلولز و نیز دیگر مواد آلی در این پسماند سیال، دامنه وسیعی از کاربردها را فرآوری آن قرار داده‌است. استخراج بیوپلیمرهای مزبور پیش از پخت و تبدیل آنها به بیومواد و بیوانرژی گزارش شده که به‌عنوان نمونه، استخراج لیگنین از مایع سیاه پخت و تبدیل به چسب در تخته خرده چوب (El Mansouri *et al.*, 2011; Behrooz *et al.*, 2011) و ماده اولیه برای تهیه الیاف کربن (Kubo *et al.*, 2003) و کربن فعال (Carrott, P., & Carrott, R., 2007) و نیز استخراج و تبدیل پلی‌ساکاریدها به بیواتانول (Moosavi-Nasab, & Naik, *et al.*, 2010) و سوخت‌های زیستی (Majdi-Nasab, *et al.*, 2010) قابل ذکر است. لیکور سودا برخلاف لیکورهای کرافت و سولفیت از انحلال‌پذیری پائینی در آب برخوردار بوده؛ فاقد سولفور و در نتیجه غیرسمی است و حتی در فرآورده‌های تغذیه‌ای و سلامتی دام نیز استفاده می‌شود (Huanzhen, *et al.*, 2001). در مقایسه با لیگنین کرافت، لیگنین سودای باگاس به‌دلیل دارا بودن گروه‌های عاملی

و تفسیر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مایع سیاه پخت سودای باگاس با غلظت ۴۴٪ و با ترکیبات ارائه شده در جدول ۱ از کارخانه کاغذسازی پارس خوزستان تهیه شده و به دو صورت تصفیه شده به وسیله مش ۱۰۰ و تصفیه نشده استفاده گردید. کاغذ قهوه‌ای با گراماژ ۱۳۰ (g/m^2) مورد استفاده نیز از تولیدات کارخانه مزبور و ترکیبی از الیاف بازیافتی از کاغذهای باطله بسته بندی (۷۰٪) و خمیر کاغذ رنگبری نشده سودای باگاس بود. پس از انجام پیش آزمون، مایع مزبور با جرم ثابت ۲/۵ گرم در سطوح غلظتی ۴۴ (غلظت دریافتی از کارخانه)، ۳۷، ۳۰٪ و نیز اعمال دو بار حجم ۴۴٪ با

دمای $55-50^\circ\text{C}$ ، توسط دستگاه اندودساز آزمایشگاهی ساخت ایران با غلطک صیقلی بر مساحت یک سطح کاغذ (513cm^2) اعمال و بعد در خشک کن آزمایشگاهی کاغذ (60°C) تا رسیدن به رطوبت اولیه (5 ± 2) خشک شد. پس از آن نیز تا رسیدن به شرایط تعادل محیط و به منظور اجتناب از هم کشیدگی در درون حلقه و صفحات متداول، مقید گردید. تمامی مراحل آماده سازی نمونه‌ها و انجام آزمون‌ها بر اساس استانداردهای آئین نامه TAPPI و به شرح ذیل انجام شد: شاخص کشش (om-۰۱) T494، شاخص ترکیدن (om-۰۲ T403)، شاخص پاره شدن (om-۰۴ T414)، گراماژ (om-۰۲ T410)، شاخص لهیدگی (om-99 T809)، سفتی خمشی (om-05 T556)، جذب آب (om-04 T441).

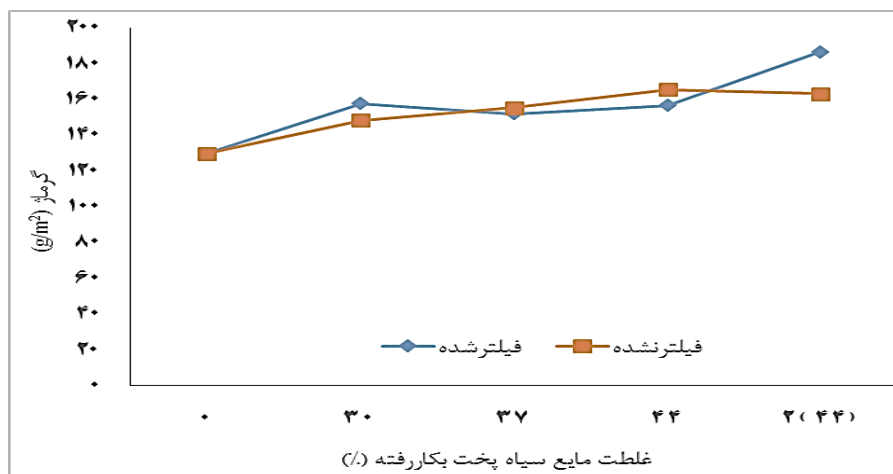
جدول ۱- مواد تشکیل دهنده مایع سیاه پخت سودای باگاس

Na	C	H	S	O	دیگر یونها	لیگنین	هولوسولوز	خاکستر
۱۴/۸	۴۴/۸	۴/۵	۰/۳	۳۴	۱/۶	۲۵/۶	۳۲/۴	۴۲

نتایج

نتایج حاصل از پالایش زیستی مایع سیاه حاصل از پخت باگاس به شکل اندود سطحی در دو حالت فیلتر شده و فیلتر نشده در شکل‌های ۷-۱ آمده و همگی بر تأثیر گذاری

نوع پالایش و نیز غلظت زیست پسماند اعمالی دلالت دارند. لازم به یادآوری است که محاسبه شاخص‌های مقاومتی بر مبنای گراماژ اولیه کاغذ و پیش از اندودسازی بوده است.



شکل ۱- تأثیر مایعات پخت فیلترشده و فیلترنشده بر گراماژ کاغذ بازیافتی OCC

تغییرات گراماژ

به منظور اطمینان از توفیق ایده و روش پالایش در جذب لیکورهای سیاه تصفیه شده و نشده بر سطح کاغذ و نیز تعیین میزان آن، تأثیرات بروز یافته بر جرم واحد سطح کاغذهای اندودشده اندازه گیری شد. روند افزایشی میزان جذب لیکورهای مزبور، امکان کاربرد و جذب بر سطوح سلولزی کاغذ را تایید کرده که بیشترین تغییرات در میزان جذب، عمدتاً بلافاصله پس از کاربرد لیکور و در کمترین غلظت اعمالی بروز یافته که تا ۲۲٪ منجر به افزایش گراماژ شده است. سیالیت بیشتر که منجر به نفوذ سهل تر، عمیق تر و بیشتر لیکورها می گردد، در تفسیر افزایش چشمگیر مزبور قابل ذکر است. نکته جالب توجه، قابلیت جذب بالاتر لیکور تصفیه شده و عاری از مواد جامد است که به دلیل نفوذ مواد محلول به درون ساختار کاغذ، خروج مواد جامد با حرکت غلطک دستگاه اندودساز و نیز انبارش سهل تر مواد محلول بر سطح، قابل توجه است.

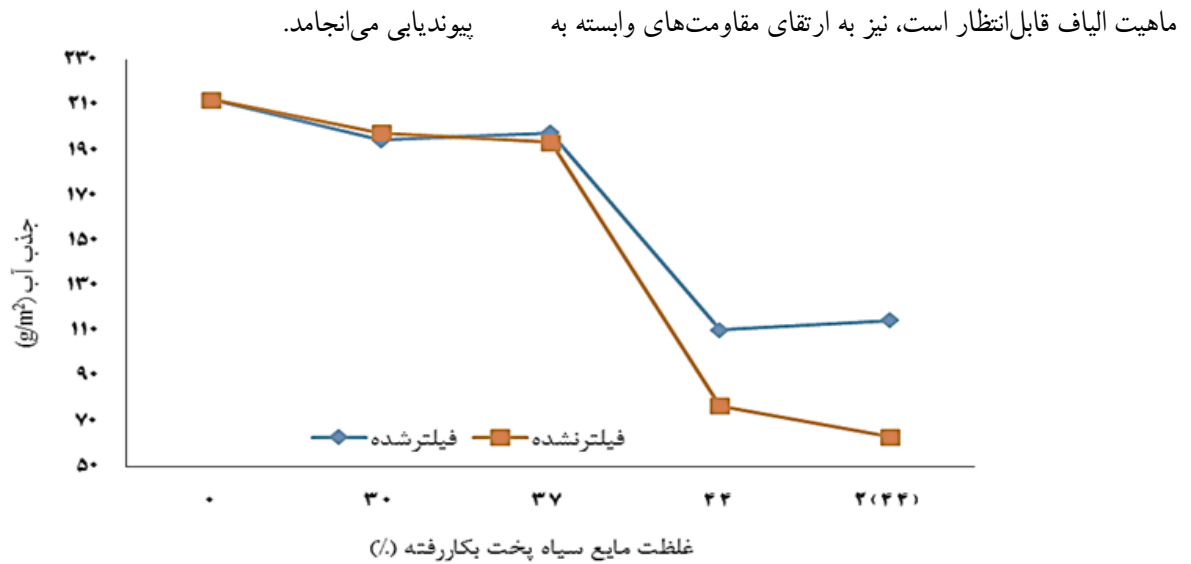
درصد جذب آب

پوشش دهی مایع سیاه پخت بر سطح کاغذ، به طور چشمگیر و معنی داری میزان جذب آب کاغذ بازیافتی را کاهش و در بالاترین غلظت کاربرد مایع فیلترنشده، به کمتر از یک سوم کاهش داده است. زیرا مایع سیاه با قرارگرفتن بر سطح، خلل و فرج و منافذ را پر کرده که خود موجب کاهش تعداد منافذ و نیز ابعاد منافذ برای جذب آب می گردد. این پدیده به ویژه در غلظت بالای لیکور به دلیل عدم نفوذ به عمق و ماندن در سطح کاملاً چشمگیر بوده و در هر دو حالت پالایش لیکور، افت شدید جذب آب را به همراه داشته است. به طور کلی سهم بالایی از مایع سیاه، علاوه بر مواد معدنی متشکل از لیگنین به عنوان موادی با آبدوستی بسیار کمتر نسبت به هولوسلولز بوده که از تمایل و توانایی شبکه لیاف به جذب و نگهداری آب می کاهد. البته کاربرد لیگنین منجر به کاهش جذب آب (Adcock, et al., 2003)، سبکی و نیز

اتصال دهندگی مطلوب بلوک های سیمانی (Pourhooshyar, et al., 2013)، کاهش جذب آب کامپوزیت و جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کمتر ماده مرکب در مقایسه با نمونه شاهد نیز شده است (Rozman, et al., 2001). افزایش میزان اتصالات بین اجزا و لیاف کاغذ به کمک بیوپلیمرهای موجود در لیکور (همی-سلولز، لیگنین و سلولز تخریب شده)، نیز می تواند منجر به کاهش فضاهای خالی در دسترس برای جذب آب گردد. همچنین میزان کاهش بوجود آمده توسط حالت فیلترنشده بیشتر از فیلترشده بوده که این پدیده در غلظت بالای اعمال لیکور به طور چشمگیری بارز است. دلیل این رفتار را می توان به سهم کمتر مواد آب دوست و سهم بالاتر مواد جامد و معدنی در لیکور تصفیه نشده نسبت به لیکور تصفیه شده منتسب کرد که در تمامی سطوح مورد مطالعه در این پژوهش نیز مصداق داشته و میزان جذب آب کمتری را سبب شده است.

شاخص مقاومت به کشش

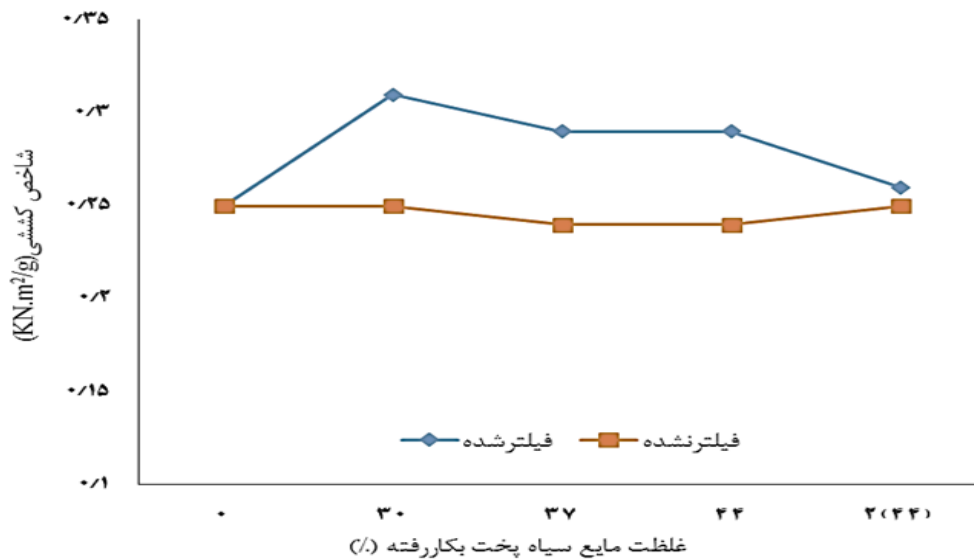
تحمل فرآورده های کاغذی در برابر تنش های کششی، عمدتاً به پیوندیابی بین اجزا و نیز در صورت حضور، پوشش اعمال شده بر سطح کاغذ بستگی دارد؛ زیرا پوشش سطح کاغذ همانند فیلمی به تحمل تنش وارده کمک می کند (Larotonda, et al., 2003). با این حال ضخیم شدن فیلم مزبور موجب بروز شکنندگی در ساختار فیلم و در نتیجه کاهش مقاومت کششی کاغذ شده که در کاغذ اندودشده با لیکور تصفیه شده مشاهده گردید؛ و در همبستگی کامل با نتایج تغییرات گراماژ است. زیرا تغییرات گراماژ به همان شدت به طور معکوسی بر شاخص کشش مؤثر بوده است. به عبارتی بیشترین مقاومت کششی کاغذ پوشش یافته با لیکور تصفیه شده، در پائین ترین غلظت اعمالی (۳۰٪) بروز یافت که بیش از ۲۰٪ ارتقای شاخص کشش را به همراه داشته است. نفوذ لیکور به داخل ساختار شبکه لیفی و افزایش پیوندیابی و نیز پرکردن فضاهای خالی از اتصالات که در کاغذهای بازیافتی به دلیل



شکل ۲- تأثیر پوشش‌دهی با مایعات پخت سیاه فیلترشده و فیلترنشده بر جذب آب کاغذ بازیافتی OCC

جامد و معدنی همراه آن، متناسب کرد. همچنین با در نظر گرفتن گراماژ عمدتاً کمتر تیمارهای مزبور (شکل ۱) و جذب آب کمتر (شکل ۲)، جذب و ماندگاری پائین‌تر لیکور بر کاغذ تأیید شده که به مفهوم مقاومت پائین‌تر می‌باشد.

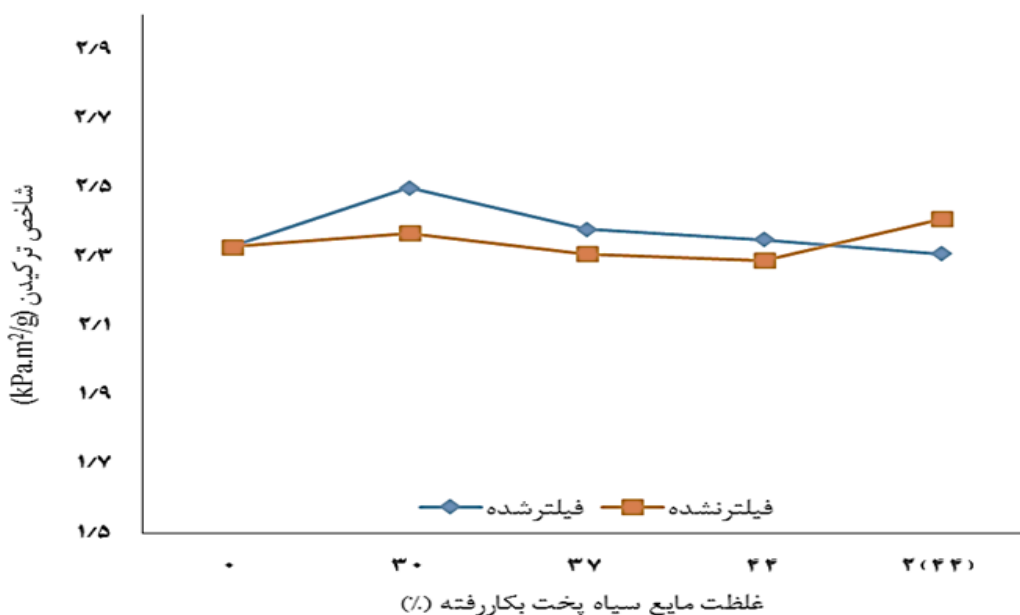
افزایش غلظت سوسپانسیون اندودسازی، به دلیل رقت و سیالیت کمتر و نیز ویسکوزیته بالاتر منجر به عمق نفوذ کمتر در ضخامت کاغذ، برجای ماندن بر سطح و تشکیل فیلم ضخیم شکننده می‌گردد. عدم ایجاد افزایش در حالت تصفیه‌نشده را می‌توان به سهم پائین‌تر بیوپلیمرها و عدم امکان نفوذ به دلیل مواد



شکل ۳- تأثیر پوشش دهی با مایعات پخت سیاه فیلترشده و فیلترنشده بر شاخص کششی کاغذ بازیافتی OCC

شاخص مقاومت به ترکیدن گروه‌های کربوکسیلی (ناشی از زایلان‌ها) و هیدروکسیلی، واجد برقراری اتصالات هیدروژنی و نیز الکترواستاتیکی فراوانی می‌باشند؛ لیگنین نیز دارای گروه‌های سرشار هیدروکسیلی فنولیک و آلیفاتیک به‌عنوان پایانه‌های قطبی و نیز زنجیره هیدروکربنی به‌عنوان پایانه‌های غیرقطبی بوده که از طریق بخش قطبی امکان پیوندیابی با گروه‌های هیدروکسیلی الیاف و از طریق بخش غیرقطبی با بخش متناظر لیگنینی الیاف قهوه‌ای را دارد. همچنین از لیگنین سودای منابع غیرجویی، به‌عنوان ماده‌ای پلی کربوکسیلاتی یاد شده که می‌تواند نقشی همانند همی سلولزها را در پیوندیابی ایفا نماید (Notley, et al., 2005). در توجیه دلایل کاهش مقاومت‌های پیوندی با افزایش غلظت اندود پس از یک نقطه بیشینه، علاوه بر موارد پیشین می‌توان به تشکیل شبکه اتصالات درون اندود بجای اندود-الیاف نیز اشاره کرد.

شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ که به‌عنوان مثال در کاغذهای کیسه سیمان بسیار حائز اهمیت است، در اثر اندود با لیکور تصفیه شده در ابتدا افزایش یافته، اما همانند شاخص کشش، با افزایش غلظت محلول پوشش دهی؛ به‌طور پیوسته‌ای با کاهش مواجه شده‌است. با توجه به سازوکارهای مشابه درگیر در شاخص‌های کشش و ترکیدن، استدلال‌های ارائه شده برای شاخص کشش در اینجا نیز مصداق دارد. در مقایسه نوع پالایش اعمالی، روند تغییرات همانند شاخص کشش بوده و اغلب اندودسازی با لیکور تصفیه شده منجر به بهبود مقاومت ترکیدن شده، اما مواد جامد و معدنی موجود در لیکور تصفیه نشده، عمدتاً مانع از ایجاد تغییرات بارز در این شاخص شده‌است. به‌طورکلی و علاوه بر همی سلولزها که در منبع باگاس سهم بالایی داشته و به‌دلیل فراوانی

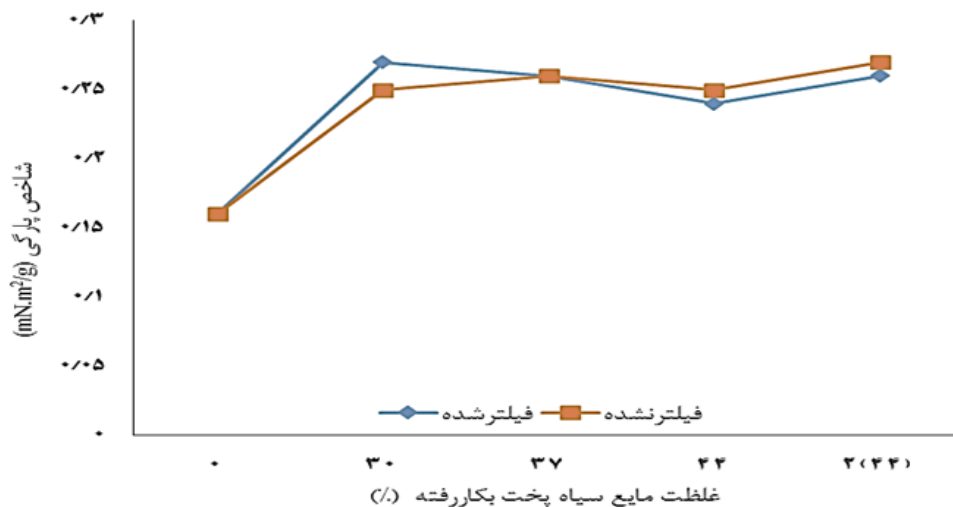


شکل ۴- تأثیر پوشش دهی با مایعات پخت سیاه فیلترشده و فیلترنشده بر شاخص ترکیدن کاغذ بازیافتی OCC

لیکوره‌های تصفیه‌شده و نشده و پیوند مطلوب آن با سطح کاغذ به دلیل اتصالات در پیش گفته‌شده، همانند لایه‌ای مضاعف منجر به صرف انرژی بیشتر برای تمدید پارگی تا انتهای آزمون می‌شود که همانند شاخص‌های کشش و ترکیدن، میزان غلظت بهینه اندودسازی و غلظت ۳۰٪ لیکورها بوده‌است. فراتر از غلظت موصوف و علاوه بر دلایل پیشین، احتمالاً ضخامت بالای فیلم پوششی منجر به شکنندگی و حتی بروز ریزشکاف‌هایی بر اثر خشک‌شدن شده که گسترش تنش و کرنش ناشی از اعمال نیرو را آسان‌تر و شاخص پارگی را تنزل داده است.

شاخص مقاومت به پارگی

در کاغذهای مورد استفاده در بسته‌بندی، شاخص پارگی از منظر توانایی جذب تکانش‌ها و ضربات وارده در هنگام حمل و نقل کارتن حائز اهمیت بوده که علاوه بر کمیت و کیفیت پیوندیابی بین الیاف؛ تا حد زیادی تابع ویژگی‌های ذاتی الیاف و شبکه لیفی است. این شاخص مقاومتی که به‌صورت نیروی موردنیاز برای ادامه پارگی اولیه ایجادشده ارزیابی می‌گردد، با اعمال لیکور سیاه به‌عنوان پوشش سطحی شاخص پارگی افزایش چشمگیر و محسوسی یافته و بهبود حدود ۷۰٪ این مقاومت مهم را موجب شده است. تشکیل فیلم بیوپلیمری



شکل ۵- تأثیر پوشش‌دهی با مایعات پخت سیاه فیلترشده و فیلترنشده بر شاخص پارگی کاغذ بازیافتی OCC

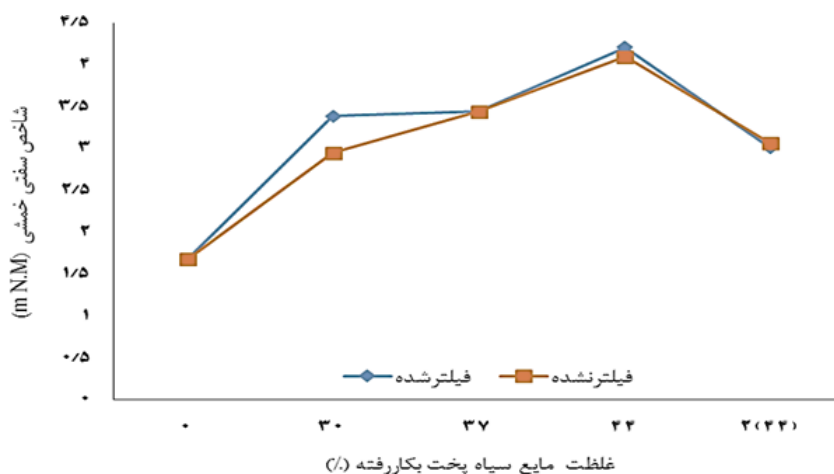
حتی تا دو برابر را نیز موجب شده که همانند ویژگی‌های مقاومتی پیشین، مایع فیلترشده عمدتاً منجر به بهبود مقاومتی بیشتری شده است. تشکیل فیلم و افزایش ضخامت کاغذ به دلیل رسوب مواد جامد، به‌ویژه به‌محض اعمال لیکور در کنار بهبود پیوندیابی درونی و نیز سطحی ساختار کاغذ را از جمله دلایل بهبود شدید مقاومت کاغذ در برابر خم‌شدن می‌توان برشمرد. حضور بیش از

مقاومت سفتی خمشی

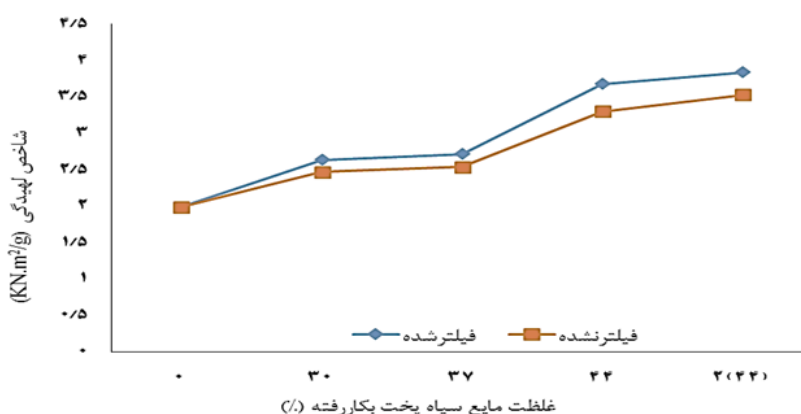
این ویژگی که به‌صورت مقاومت کاغذ یا مقوا در مقابل خم‌شدن تعریف می‌شود، برای حفظ حالت ایستادگی و شقی کاغذهای بسته‌بندی مثلاً به‌هنگام انبارش جعبه‌ها و حرکت‌پذیری در دستگاه چاپ حائز اهمیت است. اندودکردن سطحی مایعات پخت بر سطح کاغذ بسته‌بندی، افزایش چشمگیر سفتی خمشی

شدید است. زیرا از منظر حمل و نقل و انبارداری می‌تواند بسیار مقرون به صرفه باشد؛ بنابراین سفتی و شقی بالاتر در کاغذهای بسته‌بندی، احتمال تغییر شکل کارتن و نیز آسیب به محتویات آن را کاهش می‌دهد. البته افزایش دو برابری حجم لیکور اعمال شده، منجر به عدم پیوستگی در فیلم و نیز کاهش اتصال قوی با بستر لیفی کاغذ شده که کاهش بیش از ۲۵٪ سفتی کاغذ را به همراه داشته است.

۲۰ درصدی لیگنین در ترکیب لیکور سیاه (جدول ۱) نیز می‌تواند به مقاومت سفتی خمشی کمک کند؛ که توسط نتایج دیگران در کامپوزیت‌های لیگنوسلولوزی (Behrooz, et al., 2011; Toriz, et al., 2002) قابل تعمیم است. قابلیت افزایش انبارش کارتن‌ها که البته موجب وارد شدن فشار مضاعف بر کارتن‌های زیرین و افت حالت اولیه می‌گردد، به‌ویژه در کارتن‌های حاوی مواد فله‌ای و نسبتاً سنگین مانند پودرها، غلات و چای، همیشه مورد تقاضای



شکل ۶- تأثیر پوشش دهی با مایعات پخت سیاه فیلترشده و فیلترنشده بر سفتی خمشی کاغذ بازیافتی OCC



شکل ۷- تأثیر پوشش دهی با مایعات پخت سیاه فیلترشده و فیلترنشده بر شاخص لهدگی کاغذ بازیافتی OCC

مهمترین ویژگی در کاغذهای کنگره‌شونده مورد استفاده در

شاخص مقاومت به لهدگی

کردن تأمین ویژگی‌ها با بیوپلیمرهای موجود در لیکور سیاه را می‌توان مزیتی دیگر در راستای حفظ منابع لیفی نگریست؛ موضوعی که در رویکردی دیگر به پالایش زیستی منابع جنگلی از طریق پیش استخراج بیوپلیمرهای قابل انحلال و اضمحلال در فرایندهای پخت مواد لیگنوسلولزی و کاربرد آنها به‌عنوان بیومواد (Zahed, et al., 2015; Shahbazi, et al., 2015) با قدرت در حال پیگیری است.

منابع مورد استفاده:

- Adcock, T., Shah, V., Chen, M. j., and Meister, J. J., 2003. Graft copolymers of lignin as hydrophobic agents for plastic (wood-filled) composites. *Journal of applied polymer science*, 89: 1266-1276.
- Behrooz, R., Younesi, K. H., and Kazemi, N. S., 2011. Use of kraft lignin as compatibilizer in wood flour-polypropylene composites. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26(3): 454-465.
- Carrott, P., and Carrott, M. R., 2007. Lignin—from natural adsorbent to activated carbon: a review. *Bioresource Technology*, 98: 2301-2312.
- El Mansouri, N. E., Yuan, Q., and Huang, F., 2011. Synthesis and characterization of kraft lignin-based epoxy resins. *BioResources*, 6: 2492-2503.
- Elyasi, Sh., and Jalali Torshizi, H., 2017. Concentration of Anionic starch Solution in Paper Surface Sizing on Physical and Strength Properties of Recycled Paper. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 7(4): 487-497.
- Eriksson, H., and Harvey, S., 2004. Black liquor gasification—consequences for both industry and society. *Energy*, 29: 581-612.
- Huanzhen, M., Wenbo, Y. and Yanchu H., 2001. Research progress in application of papermaking black liquor and lignin. *Techniques and Equipment for Environmental pollution Control*, 3.
- Kubo, S., Uraki, Y., and Sano, Y., 2003. Catalytic graphitization of hardwood acetic acid lignin with nickel acetate. *Journal of Wood Science*, 49: 188-192.
- Larotonda, F. D., Matsui, K. S., Paes, S. S., and Laurindo, J. B., 2003. Impregnation of Kraft Paper with Cassava-Starch Acetate—Analysis of the Tensile Strength, Water Absorption and Water Vapor Permeability. *Starch*, 55: 504-510.
- Moosavi-Nasab, M., and Majdi-Nasab, M., 2010. Utilization of sugar beet pulp as a substrate for the

لایه میانی کارتن (لایه موج)، استقامت در برابر لهیده و مسطح شدن آن تحت اعمال بار است. همچنین دوام کاغذ در دستگاه کنگره‌ساز نیز تابع این ویژگی بوده که بشدت بر روی بازدهی واحدهای کارتن‌سازی مؤثر است. کمبود منابع لیفی بکر مناسب تولید خمیر کاغذ NSSC در کشور، صنایع بسته‌بندی کاغذی را به سمت ارتقای کیفیت کاغذهای بازیافتی OCC برای تأمین ویژگی‌های مورد نظر سوق داده‌است. مطابق شکل ۷، اندود سطحی لیکورهای سیاه و با حفظ برتری لیکور تصفیه‌شده، به‌طور پیوسته و چشمگیری منجر به بهبود استقامت کاغذ بازیافتی در برابر نیروی له‌کننده شده که افزایش گراماژ کاغذ (شکل ۸) و تجمع لیگنین، به‌عنوان مهمترین عوامل افزایش مقاومت در برابر فشار لهیدگی قابل ذکر است.

بحث

بهره‌وری بیشینه و به‌حداقل رسانیدن هزینه‌ها در صنایع و به‌ویژه در برخی صنایع قدیمی کاغذسازی کشور، بشدت مورد توجه و نیاز بوده که الزامات و قوانین زیست‌محیطی نیز بر آن افزوده شده‌است. سوزاندن مایعات پخت علاوه بر ایجاد معضلات زیست‌محیطی و هزینه‌زایی روزافزون، به‌نوعی اتلاف منابع بوده که اعمال پالایش زیستی از این معضلات می‌کاهد. استفاده از مایعات پخت در دو حالت تصفیه‌شده و تصفیه‌نشده در اندودسازی سطحی کاغذهای بازیافتی عمدتاً منجر به بهبود ویژگی‌های کاغذ شده و هیچ‌گونه تأثیر نامطلوبی را موجب نشده‌است. کاهش شدید جذب آب و افزایش مقاومت‌های لهیدگی و سفتی خمشی به‌عنوان ویژگی‌های برجسته موردنیاز کاغذهای بسته‌بندی از مهمترین مزایای اعمال لیکور سیاه فرایند پخت سودای باگاس بر کاغذ بازیافتی قابل ذکر است. همچنین پالایش زیستی لیکور سیاه به‌عنوان افزودنی زیستی و استفاده حداکثری از آن در به‌کارگیری دوباره و عدم تحمیل هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، مزایای دیگر این ارزش-آفرینی می‌باشد. قابلیت کاهش گراماژ از طریق جایگزین

- Santoso, A., 2004. Pemanfaatan Lignin dari Lindi Hitam untuk Pembuatan Kopolimer Lignin Resorsinol Formaldehida sebagai Perekat Kayu Lamina, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 22: 143-153.
- Shahbazi, S., Askari, H., Ebrahimi, A., Safaeie, M., and Karimi, M., 2015. Increasing the efficiency of sugar beet pulp saccharification by *Trichoderma reesei* superior mutants for bioethanol production. *Journal of Sugar Beet*, 31: 76-61.
- Toriz, G., Denes, F., and Young, R., 2002. Lignin-polypropylene composites. Part 1: Composites from unmodified lignin and polypropylene. *Polymer Composites*, 23: 806-813.
- Van der Klashorst, G., Cameron, F., and Pizzi, A., 1985. Lignin-based cold setting wood adhesives structural fingerjoints and glulam. *European Journal of Wood and Wood Products*, 43: 477-481.
- Zahed, O., Salehi, J. G. R., and Khodaiyan, F., 2015. Optimization of nitrogen source and dissolved oxygen concentration to enhance co-production of ethanol and xylitol in a co-culture system of two *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida tropicalis* strains. *Journal of molecular and cellular research (Iranian journal of biology)*, 28(2): 2371-249.
- fungual production of cellulase and bioethanol. *African Journal of Microbiology Research*, 4: 2556-2561.
- Naik, S. N., Goud, V. V., Rout, P. K., and Dalai, A. K., 2010. Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 578-597.
- Naqvi, M., Yan, J., and Dahlquist, E., 2010. Black liquor gasification integrated in pulp and paper mills: A critical review. *Bioresource Technology*, 101: 8001-8015.
- Notley, S. M., Eriksson, M., and Wågberg, L., 2005. Visco-elastic and adhesive properties of adsorbed polyelectrolyte multilayers determined in situ with QCM-D and AFM measurements. *Journal of colloid and interface science*, 292: 29-37.
- Pourhooshyar, Z. K., Torkaman, J., Ashori, A., and Hamzeh, Y., 2013. Fabrication of cement blocks sing rice husk ash and lignocellulosic fibers. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28(3): 393-404.
- Rozman, H., Tay, G., Kumar, R., Abusamah, A., Ismail, H., and Ishak, Z. M., 2001. Polypropylene–oil palm empty fruit bunch–glass fibre hybrid composites: a preliminary study on the flexural and tensile properties. *European Polymer Journal*, 37: 1283-1291.

Biorefinery of Black Liquor from Bagasse Soda Pulping as Surface Coating on Recycled Based Paper

H. Jalali Torshizi^{1*} and R. Chalaakeh²

1*-Corresponding author, Assist. Prof., Biorefinery Eng. Dept., Shahid Beheshti University, Iran, Email: H_Jalali@sbu.ac.ir

2-M.Sc., student, Biorefinery Eng. Dept., Shahid Beheshti University, Iran

Received: April, 2017

Accepted: Aug., 2017

Abstract

In this study, the effects of using filtrated black liquor from bagasse soda pulping (BLBSP) for surface coating of recycled paper was studied. Filtrated black liquor with different concentration (30, 37, 44) at the rate of 2.5 gr./m²/side (5 gr./m²/side in two passes in case of 44% concentration) was applied on recycled based paper and the properties of the product were determined. The BLBSP filtration improved the paper properties compared to unfiltered, due to separation of impurity and coarse material. Higher concentration and content (in case of 44% concentration) of the applied coatings increased the paper basis weight (up to 44%) and reduced water absorption (to <30%), because of the hydrophobic nature of material in liquor (lignin and minerals). But the optimum treatment with respect to the tensile, burst and tear strength was related to the lowest applied concentration, which are attributed to the easier BLBSP penetration into the paper structure and contribution in fiber bonding. Compression and bending strengths that were increased by the liquor concentration (bending stiffness up to >200% and compressive crush resistance up to >150%). In this regard, film formation, thickening the paper and also the effective role of lignin could be noted in addition to bonding enhancement. Repeated application (in case of 44% concentration) of the BLBSP did not impart any significant improvement of the all properties, and decreased these properties.

Keywords: Bagasse, soda black liquor, paper coating.