

عنوان: استفاده از پسماند کارخانجات قند به منظور تقویت ویژگی‌های

مقاومتی مقوای بازیافتی

مریم مرعشی^۱، علی قاسمیان^۲، الیاس افرا^۳، علیرضا عشوری^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

E mail: maryam_marashi66@yahoo.com

۰۹۱۵۳۲۲۵۷۹۱ تلفن همراه

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- دانشیار، پژوهشکده فناوریهای شیمیایی، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

چکیده:

امروزه بحث توسعه پایدار یکی از بحث‌های بسیار مهم و رایج در سطح بین‌المللی است. توسعه پایدار فرآیند تغییری است در استفاده از منابع، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها، سمت‌گیری توسعه تکنولوژی و تغییر نهاده‌هایی که با نیازهای حال و آتی سازگار باشد. امروزه با توجه به افزایش سهم استفاده از الیاف بازیافتی در مقابل الیاف بکر، لزوم بهبود خصوصیات فیزیکی و مکانیکی اینگونه الیاف زیاد شده است. لذا در این تحقیق سعی شده است از ملاس که یکی از ضایعات کارخانجات قند است برای بهبود مقاومت‌های کاغذهای بازیافتی استفاده شود. ملاس بخش عظیمی از پسماندهای کشاورزی ایران را به خود اختصاص می‌دهد. این ماده حاوی درصد بالایی از قندها می‌باشد که با روش‌های اقتصادی قابل بازیابی نیستند ولی به دلیل دارا بودن ابعاد کوچک می‌توانند در درصد بالایی از حجم منافذ دیواره سلولی نفوذ کرده و با ایجاد پیوندهای هیدروژنی باعث افزایش مقاومت و توانایی جذب آب در کاغذ بازیافتی گردند. در این تحقیق ملاس در سطوح مختلف به خمیر حاصل از مقوای بازیافتی افزوده شد و سبب افزایش قابل توجه مقاومت محصولات تولیدی به ویژه در تیمار ۱۸٪ ملاس شد.

کلمات کلیدی: ملاس، پسماند کشاورزی، کاغذهای بازیافتی، ویژگی‌های مکانیکی

۱- مقدمه

دو جنبه بسیار مهم مورد تأکید در مبحث توسعه پایدار، منابع تجدیدناشونده (مثل منابع فسیلی) یا دیر تجدید شونده (مثل جنگل) و دیگری آلودگی محیط زیست می‌باشد. از جمله صنایع مرتبط با توسعه پایدار، صنایع چوب و کاغذ است که مورد انتقاد بسیاری از گروه‌های طرفدار محیط زیست قرار گرفته است، چرا که در گذشته و به ویژه در کشورهای کمتر توسعه یافته، نه تنها استفاده بیش از حد این صنایع از جنگل و منابع چوبی زیان‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست وارد کرده است، بلکه آلودگی‌های شیمیایی تولید شده توسط آن‌ها به ویژه صنایع خمیرکاغذ و کاغذسازی نیز بر این حساسیت افزوده است. دست‌اندرکاران این صنایع راهکارهای مختلفی را جهت حل مشکلات تأمین ماده اولیه و آلودگی‌ها، مورد استفاده قرار داده‌اند که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

۱- استفاده از الیاف لیگنوسلولزی غیر چوبی همانند باگاس، کاه و کلش گندم و برنج و سایر پسماندهای کشاورزی

۲- بازیافت محصولات چوبی و کاغذی تولید شده

۳- زراعت درختان تند رشد

۱-۱- تعریف الیاف بازیافتی

الیاف بازیافتی یا الیاف دست دوم شامل همه انواع مواد لیفی است که حداقل یک بار وارد یک فرآیند تولید شده‌اند و برای استفاده مجدد در فرآیند تولید دیگر بازیابی می‌شوند. بازیافت الیاف سلولزی هم بر خواص محصول نهایی و هم بر عملکرد ماشین اثر می‌گذارد.

۲-۱- تاریخچه مصرف کاغذ باطله در جهان و ایران

از نقطه نظر تاریخی اولین بار کاغذ با استفاده از منابع غیر چوبی ساخته شد ولی با توسعه سریع و رشد روزافزون مصرف، این صنعت بر استفاده از ماده اولیه چوبی تمرکز یافت. در این راستا کشورهایی وجود دارند که از ماده اولیه چوبی مناسب برخوردار نبوده و یا به دلیل محدودیت آن سعی خود را بر استفاده از منابع الیاف سلولزی غیرچوبی و سایر منابع مانند کاغذ و مقوای باطله متمرکز کرده‌اند. در میان کاغذهای مورد استفاده در صنعت بازیافت، کارتن‌های کنگره‌ای کهنه^۱ از اهمیت خاصی برخوردار است و استفاده مجدد از آن به خصوص در تهیه مقوا و کاغذهای بسته‌بندی بسیار مورد توجه می‌باشد. همچنین بازیافت کارتن‌های کنگره‌ای کهنه بیش از بازیافت سایر انواع کاغذ در ایران رواج دارد.

تا قبل از انقلاب صنعتی، مصرف کاغذ در بسته‌بندی یکی از موارد نسبتاً کم اهمیت بود. وقوع جنگ‌های جهانی اول و دوم، باعث افزایش مصرف کاغذ باطله برای تولید بسته‌بندی‌های کاغذی گردید. بعد از پایان جنگ جهانی دوم، انواع بسته‌بندی‌های کاغذی بازار جدیدی پیدا کردند که عمده‌ترین این بازارها، فروشگاه‌های عمده فروشی، خرده فروشی و به ویژه فروشگاه‌های زنجیره‌ای بودند. در دهه ۱۹۶۰ تحولی در مغازه‌های خرده فروشی به وجود آمد و این مغازه‌ها به سمت تشکیل فروشگاه‌های زنجیره‌ای و سوپرمارکت‌های بزرگ حرکت کردند. همین مسئله باعث شد که تقاضا برای مقوای بسته‌بندی و بسته‌بندی کنگره‌ای افزایش بیشتری پیدا کند. بطوریکه در اواخر دهه ۱۹۷۰ انواع کاغذهای کارتن کنگره‌ای و دیگر مقوای بسته‌بندی به طور کامل از کاغذ باطله ساخته می‌شدند.

در ایران نیز استفاده مجدد از کاغذ مصرف شده سابقه طولانی دارد. مصرف کاغذ باطله به عنوان ماده اولیه جهت تولید مقوا از سال ۱۳۱۳ در شرکت مقواسازی کرج آغاز شد. پس از چندی به تدریج چند مقواسازی در تهران و شهرستان‌های دیگر شروع به کار کردند. در سال ۱۳۳۶ اولین واحد تولید در کهریزک عملاً شروع به کار کرد. از سال ۱۳۱۳ به بعد جمعاً ۶۰ واحد مجاز تولید کاغذ و مقوا و در حدود ۳۰ واحد غیر مجاز در ایران وجود داشته است (۱).

۳-۱- ویژگی‌های کارتن‌های کهنه بازیافتی (OCC)

مقوای بسته بندی یک ماده دوستدار محیط زیست است که یکی از منابع الیاف بازیافتی می‌باشد. مقوای کنگره‌ای کهنه تقریباً ۴۰ درصد از کل الیاف بازیافتی را تشکیل می‌دهد.

خمیر کاغذ OCC از دو نوع ترکیب لیفی، مقوای کرافت لاینر و لایه میانی کنگره‌ای تشکیل شده است. با غریبال‌های مناسب، خمیر OCC می‌تواند به اجزاء الیاف بلند و کوتاه تفکیک شود. الیاف بلند به طور عمده حاوی الیاف کرافت سوزنی

برگ رنگ بری نشده، که دارای پتانسیل‌های مقاومتی خوبی هستند، و الیاف کوتاه که به میزان زیادی حاوی الیاف نیمه شیمیایی پر بازده پهن برگان هستند می‌باشند (۲). مشکل اصلی خمیر بازیافتی OCC، کاهش ویژگی‌های مقاومتی است (۳).

۴-۱- مزایای بازیافت

- کاهش نیاز به خمیر کاغذ و قطع درختان و در نهایت حفظ منابع طبیعی
- کاهش مصرف انرژی
- کاهش تولید فاضلاب به دلیل کاهش مصرف آب
- کاهش آلودگی هوا (هنگام دفن کاغذ در محل دفن، بیوگاز تولید می‌شود که حاوی متان (گاز گلخانه‌ای) بوده و با پدیده گرمایش جهانی در ارتباط است)
- کاهش مصرف مواد شیمیایی
- ایجاد اشتغال
- حفظ سرمایه (جلوگیری از واردات و ایجاد درآمد حاصل از فروش مواد بازیافتی)
- کاهش حجم زباله و به دنبال آن تأثیر بر روی سایر مراحل مدیریت مواد زائد جامد از جمله کاهش هزینه‌های جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع زباله.

۵-۱- تغییر خواص کاغذ بر اثر بازیافت

لازم است کاغذ از مقاومت کافی برخوردار باشد تا پس از تولید، بتوان آن را به طور رضایت‌بخشی به مصرف رساند. مقاومت کاغذ نتیجه تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای سلولزی در جریان خشک کردن است. مقاومت کل، به مقاومت الیاف و نیز میزان تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین الیاف بستگی دارد. مقاومت پیوندها نیز به تعداد آن‌ها و وسعت نواحی پیونددار بستگی دارد. در جریان بازیافت، الیاف به طور برگشت‌ناپذیری آسیب می‌بینند و این آسیب بر خواص مقاومتی کاغذ حاصل تأثیر می‌گذارد.

لذا با توجه به مزایا و محدودیت‌های فرآیند بازیافت و با توجه به اهمیت مبحث توسعه پایدار یافتن راه‌هایی جهت حفظ حداقل مقاومت محصولات کاغذی ضمن بازیافت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از پیشرفت‌هایی که در زمینه علمی برای غلبه بر مشکل کاهش کیفیت کاغذ و محصولات کاغذی طی فرآیند بازیافت حاصل شده است استفاده از ترکیبات قندی به عنوان یک افزودنی جدید در کاغذسازی اشاره کرد.

۶-۱- معرفی ملاس

ملاس یکی از محصولات جانبی مهم حاصل از فرآیند عصاره‌گیری از قند است. این ماده شامل مقدار قابل توجهی ساکاروز است که با روش‌های اقتصادی قابل بازیابی نیست و سهم زیادی از هزینه‌های ایجاد شده در صنعت نیشکر را به خود اختصاص می‌دهد. ملاس به عنوان یکی از پسماندهای کشاورزی ارزان و فراوان بوده و حاوی ۳۲-۴۴٪ ساکاروز، ۱۰-۱۵٪ گلوکز و فروکتوز و ۳-۵٪ نشاسته می‌باشد که در ادامه به مزایای استفاده از ترکیبات قندی در صنعت کاغذسازی اشاره خواهد شد.

۷-۱- مزایای استفاده از ترکیبات قندی در کاغذسازی

قندها به دلیل فراوانی، ابعاد کوچک و امکان تشکیل پیوند هیدروژنی به عنوان ماده‌ای مناسب در صنعت کاغذسازی می‌باشند. مونوساکاریدها و دی‌ساکاریدها به دلیل دارا بودن ابعاد کوچک (در حد نانو) می‌توانند به ترتیب در ۸۸ و ۸۶/۵ درصد حجم منافذ دیواره سلولی نفوذ کنند و همچنین مولکول‌های ساکارز قادر هستند که در منافذ کوچکتر از ۰/۸ نانومتر نفوذ کنند (۴). به علاوه ساکاروز موجود در ملاس می‌تواند به عنوان یک کمک نگهدارنده برای پرکننده‌های معدنی از قبیل کائولین عمل کند.

۲- مواد و روش‌ها

مواد مورد نیاز جهت انجام این تحقیق شامل کارتن‌های کنگره‌ای کهنه صد در صد بازیافتی که به صورت تصادفی از سطح شهر جمع‌آوری شده و ملاس که از کارخانه طرح نیشکر واقع در منطقه هفت تپه خوزستان تهیه شده می‌باشد. ابتدا کارتن‌های کنگره‌ای کهنه بازیافتی پس از جداسازی مواد آلاینده فیزیکی و ناخالصی‌ها به تکه‌های کوچک تبدیل و در مجفقه‌ای مناسب به مدت ۴۸ ساعت در آب با دمای ۲۳ درجه سانتی گراد خیسانده می‌شود. سپس با استفاده از استاندارد شماره ۹۸-۲۵۰ om T آیین نامه TAPPI در دستگاه الیاف بازکن^۲، جداسازی می‌گردد درجه روانی خمیر، طبق استاندارد شماره ۹۹-۲۲۷ om T اندازه‌گیری شده و خمیر و سوسپانسیون الیاف به صورت یکنواخت آبیگری شده و به طور تصادفی ۵ نمونه ۲ گرمی به منظور تعیین میانگین درصد رطوبت، به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد. جهت استفاده در مراحل بعد، الیاف آبیگری شده در کیسه‌های پلی اتیلن بسته‌بندی و در دمای یخچال نگهداری می‌شود. سپس خمیر حاصل با استفاده از دستگاه پالایشگر PFI تا درجه روانی ۳۲۰ میلی لیتر پالایش می‌شود. در نهایت محلول ملاس که از کارخانه طرح نیشکر واقع در هفت تپه خوزستان تهیه شده در درصدهای مختلف به صورت ضریبی از حجم سوسپانسیون آماده شده و به ۱۲ گرم خمیر خشک اضافه می‌شود و از سوسپانسیون فوق طبق استاندارد ۹۵-۲۰۵ sp T کاغذ-های دست ساز تهیه شده و جهت اندازه‌گیری طول پارگی و میزان ماندگاری آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- نتایج

۳-۱- نتایج مربوط به نقش نانو افزودنی ملاس به عنوان کمک نگهدارنده برای پرکننده معدنی کائولین در جدول ۳-۱ ذکر شده است.

۳-۱- نقش تانو افزودنی ملاس به عنوان کمک نگهدارنده برای پر کننده معدنی کائولین

مقدار کائولین اضافه شده (گرم در ۱۰۰ گرم الیاف)	۵	۱۰	۱۵	۲۰
ماندگاری کائولین در کاغذ پر شده با کائولین و فاقد ملاس	۲۸/۱۱	۲۷/۶۶	۲۸/۹۰	۲۹/۷۲
ماندگاری کائولین در کاغذ پر شده با کائولین و دارای ملاس	۷۵/۹۳	۷۷	۸۰/۲۱	۸۱/۴۷
درصد افزایش در اندگاری کائولین به دلیل تلفیق با ملاس	۱۷۰/۱۲	۱۷۸/۳۸	۱۷۷/۵۴	۱۷۴/۱۳

۳-۲- نتایج مربوط به نقش تانو افزودنی ملاس در افزایش ویژگی‌های مقاومتی و میزان ماندگاری آب کاغذ ساخته شده از لیتتر پنبه در جدول ۳-۲ ذکر شده است.

جدول ۳-۲- ویژگی‌های کاغذ ساخته شده از لیتتر پنبه بارگذاری شده با ملاس

درصد وزنی محلول ملاس	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰
طول پارگی (متر)	۱۶۷۹	۱۹۶۸	۲۱۹۷	۲۴۶۷	۲۴۷۳
درصد افزایش در طول پارگی	-	۱۷/۲۱	۳۰/۸۵	۴۶/۹۳	۴۷/۲۹
طول پارگی تر (متر)	۲۸۴	۳۰۰	۳۰۷	۳۴۹	۳۴۷
درصد افزایش در طول پارگی تر	-	۵/۶۳	۸/۰۹	۲۲/۸۸	۲۲/۸۸
ماندگاری آب در ورقه کاغذ	۷۷/۹۳	۹۳/۷۱	۱۰۲/۶۷	۱۱۲/۲۷	۱۱۳/۱۸
درصد افزایش در ماندگاری آب در کاغذ	-	۲۰/۲۴	۳۱/۷۴	۴۴/۰۶	۴۵/۲۳

۳-۳ نتایج مربوط به اندازه‌گیری طول پارگی در کاغذهای بازیافتی دست ساز حاصل از دورهای مختلف پالایش و سطوح مختلف استفاده از نانو ساختار ملاس در جدول ۳-۳، ۴-۳ و ۵-۳ نشان داده شده است.

۳-۳- طول پارگی مربوط به درجه روانی ۴۲۰ و سطوح مختلف ملاس					
درصد ملاس اضافه شده	۰	۵	۱۰	۱۵	۱۸
درجه روانی	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۲۰
طول پارگی	۲/۴۵	۲/۵۱	۲/۷۰	۲/۷۳	۲/۷۹
۴-۳- طول پارگی مربوط به درجه روانی ۴۰۰ و سطوح مختلف ملاس					
درصد ملاس اضافه شده	۰	۵	۱۰	۱۵	۱۸
درجه روانی	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
طول پارگی	۲/۹۰	۲/۹۷	۲/۹۹	۳/۲۴	۳/۴۶
۵-۳- طول پارگی مربوط به درجه روانی ۳۲۰ و سطوح مختلف ملاس					
درصد ملاس اضافه شده	۰	۵	۱۰	۱۵	۱۸
درجه روانی	۳۲۰	۳۲۰	۳۲۰	۳۲۰	۳۲۰
طول پارگی	۳/۳۴	۳/۵۸	۳/۸۲	۴/۳۱	۴/۹۵

۴- بحث و نتیجه گیری کلی

همانطور که در جدول ۱-۳ نشان داده شده با افزایش سطح ملاس در کاغذهای حاوی پرکننده کائولین میزان ماندگاری کائولین افزایش یافته زیرا در هنگام شکل گیری ورقه کاغذ، حضور دیمرهای ساکاروز در بین خلل و فرج الیاف مجاور همانند یک فضا دهنده عمل می‌کند و مانع از فروریختگی الیاف می‌شود. در نتیجه شبکه فضایی متورم‌تر و بسته‌تری را تشکیل می‌دهد و نقش مانعی بر سر راه خروج مواد پرکننده در هنگام شکل گیری ورق کاغذ را بازی کرده و باعث افزایش ماندگاری این مواد می‌گردد(۵).

همانطور که در جدول شماره ۲-۳ نشان داده شده با استفاده از ملاس به عنوان یک ماده افزودنی آلی برای الیاف سلولزی، می‌توان نانوکامپوزیت کاغذی با مقاومت تر و خشک زیاد و جذب آب زیاد تولید کرد به طوریکه جذب آب و طول پارگی در کاغذ دارای ملاس درغلطت ملاس ۲۰ درصد به به حداکثر برسد (۶).

همچنین همانطور که در جداول ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۴ نشان داده شده با کاهش درجه روانی و افزایش سطح ملاس در کاغذهای ساخته شده از مقوای کنگره‌ای کهنه طول پارگی افزایش یافته و بیشترین طول پارگی مربوط به درجه روانی ۳۲۰ و ۱۸٪ ملاس می‌باشد که دلیل این امر در ادامه ذکر شده است.

بسیاری از ساختارهای الیاف با پالایش تغییر می‌کند، پالایش منجر به مستقیم شدن الیاف، افزایش مقاومت کششی، افزایش واکشیدگی الیاف و فیبریل شدن درونی و خارجی می‌گردد. پالایش فرآیند ضروری جهت دست یافتن به ویژگی‌های مطلوب است. در طی این فرآیند سطح الیاف توسعه یافته و منجر به بهبود پیوندهای بین لیفی می‌گردد. اما از آنجا که الیاف بازیافتی تنها با پالایش نمی‌توانند کاملاً توانایی پیوندیابی در کاغذسازی را به دست آورند نیازمند به پژوهشی بیشتر است استفاده از نانو ساختار ملاس به عنوان یک افزودنی مقاومت خشک سبب می‌شود پالایش پذیری و سطح پیوند الیاف بهبود یافته و در نهایت طول پارگی در کاغذ تولیدی بیشتر گردد. از طرفی نشاسته موجود در ملاس (هر چند در مقادیر بسیار جزئی) نیز می‌تواند در افزایش مقاومت به ویژه طول پارگی تأثیر داشته باشد.

همچنین یکی از دلایل نامرغوبی الیاف بازیافتی پدیده استخوانی شدن و کاهش برگشت‌ناپذیر ظرفیت واکشیدگی دیواره سلول در اثر خشک شدن و دوباره خیس شدن می‌باشد. همچنین اندازه منافذ بزرگ و متوسط با خشک شدن کاهش می‌یابد که این پدیده باعث کاهش میزان ماندگاری آب در کاغذهای بازیافتی می‌شود. افزودن نانو ساختار ملاس به کاغذهای بازیافتی سبب می‌شود که ساکاروز موجود در ملاس به واسطه اندازه کوچک ($0.08 \mu m$) در میکرو منافذ و نانو منافذ موجود در دیواره‌های الیاف سلولزی نفوذ کرده و به صورت یک فاصله‌دهنده عمل کند به عبارتی مولکول‌های ساکاروز از طریق عمل جداکنندگی خود از استخوانی شدن سلولز جلوگیری می‌کنند. سپس هنگامی که ساکاروز به وسیله فروپاشی کاغذ بازیافتی در آب طی فرآیند خمیرسازی مجدد از آن خارج شد لایه‌ها مجدداً از هم جدا شده و میکرو و نانو منافذ موجود در ساختار دیواره سلولی از نو به وجود آمده و بدین ترتیب از اثرات ناشی از پدیده استخوانی شدن جلوگیری کرده و سبب افزایش میزان ماندگاری آب می‌شود.

پیشنهادهای

با توجه به مطالب ذکر شده پیشنهاد می‌شود که کارخانجات کاغذسازی جهت افزایش مقاومت محصولات خود همچنین به منظور تولید کاغذهای جاذب رطوبت به جای روش‌های پر هزینه‌ای از قبیل پالایش و استفاده از الیاف بکر و سایر افزودنی‌های شیمیایی پر هزینه و آلوده کننده محیط زیست، از پسماندهای کشاورزی از قبیل ملاس استفاده کنند

۱- خلیلی گشت رودخانی، ع. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر اختلاط خمیر کاغذ بازیافتی کارتن و روزنامه بر ویژگی‌های کاغذ کرافت چوکا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، ۱۰۰ص.

2-Gross, T. J. 1977. The institute of paper chemistry. Survey of recycled fiber usage in linerboard. Project 2697-3

3-Mohammad Nazhad. M. 2004. The influence of refining energy and intensity on enhancing the pulp. Appita Journal. 57(3):191-198. bonding potential of an OCC

4- Stone, J. E., and Scallan, A. M., 1968. Structural model for the cell wall of water- swollen wood pulp fiber based on their accessibility to macromolecules. Cellulose chemistry and Technology, 2:3:343-

5-Fahmy, T. Y. A., Mobarak, F. 2009. Advanced nano-based manipulations of molasses in the cellulose and paper discipline: Introducing a master cheap environmentally safe retention aid and strength promoter in papermaking. Carbohydrate polymer, 77,316-319.

6- Fahmy, T. Y. A. 2007. Introducing molasses as a new additive in papermaking. TAPPI Journal, 6:8:23-25.