

روزنامه باطله منبعی پایدار برای تأمین ماده اولیه ساخت کاغذ

نورالدین نظرنژاد^{۱*}، مانیا جدیدی^۲

۱ استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲ فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد رشته صنایع خمیر و کاغذ

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۵؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۱۹)

چکیده

محدودیت در مواد اولیه سلولزی و وضع قوانین محیط‌زیست جهت کاهش بهره‌برداری جنگل‌ها و محدود کردن آلاینده‌ها به‌ویژه آلاینده‌های حاصل از تولیدات صنعتی، سبب گردیده که بازیافت کاغذهای باطله امری اجتناب‌ناپذیر شود. اما مقاومت این گونه کاغذها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این تحقیق جهت بررسی افزایش خصوصیات مقاومتی کاغذهای بازیافتی صورت گرفت. در این بررسی نمونه‌های کاغذ روزنامه باطله به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از تبدیل به خمیر و جوهرزدایی، پالایش شده و سپس به دو گروه تقسیم شدند. از یک گروه خمیرها فقط با افزودن ۲٪ نشاسته کاتیونی کاغذ دست‌ساز استاندارد تهیه شد (نمونه‌های شاهد). و گروه دوم ابتدا با درصدهای مختلف پراکسید هیدروژن (۲٪، ۳٪ و ۴٪) در شرایط قلیایی تیمار گردیدند، سپس الیاف اکسیده‌شده بوسیله ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار شدند و در نهایت از آنها کاغذهای دست‌ساز استاندارد تهیه شد و خواص مقاومتی آنها طبق استانداردهای TAPPI اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تیمار با پراکسید مقاومت‌های کاغذ ساخته شده روزنامه باطله را افزایش می‌دهد. این افزایش زمانی که از پراکسید ۳٪ استفاده می‌شود بارزتر بوده و کمترین مقدار مقاومت مربوط به نمونه‌های شاهد است.

کلید واژه‌ها: روزنامه بازیافتی، خواص مقاومتی کاغذ، پراکسید هیدروژن، نشاسته کاتیونی

سرآغاز

کاغذهای بازیافتی یکی از منابع مهم الیاف در صنایع خمیر و کاغذ محسوب می‌شوند و در حال حاضر حدود یک سوم الیاف را برای تولید کاغذ و مقوا تامین می‌کنند (روبرتس، ۱۳۸۱).

در طی چند دهه اخیر استفاده از کاغذ باطله برای تولید انواع محصولات کاغذی حرکت رو به رشدی داشته و به عنوان یک ضرورت در جهان مطرح گردیده است. به طوری که در اکثر کشورها به دلیل افزایش مصرف سرانه کاغذ، کمبود فزاینده چوب و منابع سلولزی جنگلی، نیاز به سرمایه‌گذاری برای ایجاد مجتمع‌های جدید چوب و کاغذ و مشکلات محیط‌زیست ناشی از اینگونه مجتمع‌ها، توسعه صنعت بازیافت الیاف سلولزی از کاغذهای باطله را امری اجتناب‌ناپذیر نموده است، علاوه بر مشکلات فوق در کشور ما ایران برای وارد کردن انواع کاغذها ارزش قابل ملاحظه‌ای از کشور خارج می‌گردد و این ارزش با رشد مصرف واردات در سال‌های آتی نیز افزایش خواهد یافت. طوریکه این روند برای ساختار اقتصادی جامعه مضر خواهد بود (اروشوستروم، ۱۳۸۶). از نظر محیط‌زیستی، بازیافت کاغذ موجب کاهش وابستگی و نیاز به کاغذهای الیاف بکر و در نهایت کاهش قطع درختان و افزایش فرصت تجدید حیات در عرصه‌های جنگلی عریان می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که برای تولید یک تن کاغذ بکر، به ۱۷ اصله درخت قطع شده نیاز است. علاوه بر این، در فرایند تولید کاغذ از الیاف گیاهی درختان ۴۰۰ هزار لیتر آب و ۴ هزار کیلووات ساعت برق، مصرف می‌شود. بنابراین تولید یک تن کاغذ بکر، هزینه‌های محیط‌زیستی اقتصادی زیادی دارد. در حالی که تولید یک تن کاغذ بازیافتی سبب ۵۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب، ۶۴٪ صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ۷۴٪ کاهش آلودگی هوا می‌شود و همچنین ایجاد شغل یکی دیگر از مزایای اقتصادی بازیافت کاغذ است. حدود ۸۰٪ کاغذهای بازیافتی از سه منبع کاغذهای اداری ضایعاتی مخلوط (MOW)^(۱)، کاغذهای روزنامه کهنه و کاغذهای بسته‌بندی کنگره‌ای (OCC)^(۲) هستند (فائزی‌پور و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین کاغذهای حاصل از لبه‌بری در عملیات پایانی کارخانه‌ها، کاغذهایی که در فرایند تولید در ماشین‌کاغذ پاره می‌شوند، تحت عنوان کاغذهای بازیافتی فرایندی بازیافت می‌گردند (افرا، ۱۳۸۵). اما یکی از ویژگی‌های اساسی کاغذهای بازیافتی خواص مقاومتی آن است به طوری که کاغذهای تولید

شده از مقاومت کافی برخوردار باشند تا پس از تولید آن را به‌طور رضایت‌بخش به مصرف رسانید (نوری و همکاران، ۱۳۸۷).

استفاده از مواد افزودنی، افزایش مقاومت تر و خشک یکی از راه‌های افزایش مقاومت کاغذ می‌باشد. به طور کلی بعضی از پدیده‌های شیمی کاغذسازی به‌طور مستقیم به شیمی سطح و خاصیت کلوییدی الیاف و نرمه‌ها مربوط می‌شود. خواص مهم سطح مرتبط با پدیده‌های سطحی عبارتند از ظرفیت جذب، رفتار هم‌کشیدگی و خواص تبادل یونی. این خواص تحت تأثیر سطح ویژه، بار سطحی و ترکیب شیمیایی الیاف و نرمه‌ها قرار دارند (همزه و رستم‌پور هفتخوانی، ۱۳۸۷). الیاف سلولزی به دلیل داشتن گروه‌های اسیدی که در حین پخت شیمیایی و رنگبری خمیر ایجاد شده است تا حدودی خاصیت آنیونی دارند (روبرتس، ۱۳۸۱). این گروه‌های اسیدی ممکن است کربوکسیلیک (COOH) یا در بعضی موارد گروه‌های سولفونیک (SO₃H) باشند (همزه و رستم‌پور هفتخوانی، ۱۳۸۷). رنگبری با پروکسید هیدروژن یکی از راه‌های افزایش گروه‌های کربوکسیل می‌باشد. در واقع گروه کربوکسیل ظرفیت یونی مواد سلولزی را نشان می‌دهد، طوریکه توانایی جذب مواد کاتیونی در طی فرآیند، تورم الیاف چوبی همچنین تشکیل اتصال الیاف را منجر می‌شود (Chai et al., 2003) ماده افزودنی سنتی برای افزایش مقاومت درونی کاغذ، انواع نشاسته کاتیونی است (اسموک، ۱۳۸۲). نگهداری نشاسته توسط الیاف ارتباط نزدیکی با مقدار کربوکسیل آنها دارد (به دلیل طبیعت آنیونی)، هر چه مقدار گروه‌های کربوکسیل در روی الیاف بیشتر باشد نشاسته بیشتری جذب می‌شود همچنین دیگر اجزای آنیونی موجود در خمیر کاغذ نیز خیلی سریع نشاسته را جذب می‌کنند (Martín and Marton, 1976; Marton, 1980).

جذب نشاسته توسط الیاف سبب افزایش پیوندهای بین لیفی می‌شود که این امر منجر به افزایش مقاومت کاغذ می‌گردد (روبرتس، ۱۳۸۱).

با بررسی تأثیر رنگبری گروه کربوکسیل الیاف خمیر مکانیکی نشان داده شد که تیمار با پراکسید، مقدار گروه کربوکسیل خمیر گرمایی مکانیکی (TMP)^(۳) و (CTMP)^(۴) را افزایش می‌دهد (Zhang et al., 1994). در تحقیقی خمیر کرافت سوزنی برگ رنگبری شده با روش ECF^(۵) را با پروکسیدقلیایی در درجه حرارت ۶۰ و ۲٪ هیدروکسید سدیم به مدت ۲ ساعت با

می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که مرحله PO (پراکسید هیدروژن با اکسیژن) بار الیاف را افزایش می‌دهد (Toven, 2003).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق خمیر کاغذ روزنامه باطله به‌عنوان ماده اولیه استفاده شده است. ابتدا کاغذ روزنامه باطله با پالپر آزمایشگاهی به خمیر کاغذ تبدیل شده و سپس به‌منظور جوهرزدایی طبق فرآیند شستشو، خمیر با درصد خشکی ۳٪ در حمام آب با دمای ۶۰°C و به مدت ۶۰ دقیقه تحت درصد و مواد شیمیایی جدول (۱) قرار داده شد.

درصد خشکی ۱۰٪ تیمار کرد. نتایج تحقیقات او نشان داد که بار الیاف در نتیجه تیمار با پراکسید افزایش می‌یابد و این افزایش مقدار گروه کربوکسیل الیاف منجر به افزایش مقاومت کاغذ از جمله افزایش شاخص کشش کاغذ می‌شود (Zheng et al., 2006). در سال ۲۰۰۳ تأثیر رنگبری بر بار الیاف خمیر کرافت سوزنی برگ توسط بررسی شد. در این بررسی از توالی رنگبری مختلفی مانند ODEOZPO استفاده نمود. نتایج نشان داد وقتی توالی انتهایی رنگبری D₁ED₂ با Q(PO) جایگزین شود بار الیاف ۶/۸ می‌شود که به میزان ۳۸/۸٪ افزایش می‌یابد. همچنین در مقایسه توالی ODEOD₁ED₂ در مقابل ODEOQ(PO) بار الیاف را به میزان ۴۳/۱٪ نسبت به زمانی که از توالی Po در انتهای رنگبری استفاده می‌شد، افزایش

جدول (۱): درصد و مواد شیمیایی جوهرزدایی الیاف خمیر کاغذ روزنامه بازیافتی

مواد شیمیایی	هیدروکسید سدیم	هیدروکسید کلسیم	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اولئیک اسید
درصد	۴	۱	۲	۲	۲

ماخذ: مؤلف

از تجزیه پراکسید هیدروژن، از ماده کی‌لیت‌کننده DTPA^(۶) استفاده گردید. شرایط واکنش کی‌لیت‌سازی خمیر کاغذ بازیافتی در جدول (۲) آورده شده است. پس از خروج یون‌های فلزی از خمیر، تیمار با پراکسید هیدروژن با سه سطح مختلف در داخل کیسه‌های پلاستیکی و در حمام آب گرم طبق شرایط جدول (۳) صورت گرفت.

درجه روانی خمیر کاغذ بازیافتی پالایش نشده CSF ۵۱۳ اندازگیری شد که برای رسیدن به درجه روانی حدود CSF ۳۰۰ مطابق استاندارد CAPP شماره C.7 با پالاینده آزمایشگاهی PFI Mill پالایش شدند. عمل اکسایش توسط پراکسید هیدروژن انجام شد. قبل از تیمار با پراکسید هیدروژن به منظور حذف یون‌های فلزی و جلوگیری

جدول (۲): شرایط کی‌لیت‌سازی خمیر کاغذ بازیافتی

DTPA (%)	دما (°C)	درصد خشکی (%)	زمان (Min)	PH
۰/۵	۶۰	۳	۳۰	۵-۵/۵

ماخذ: مؤلف

جدول (۳): شرایط تیمار خمیر کاغذ بازیافتی با پراکسید هیدروژن

دما (°C)	سیلیکات سدیم (%)	پراکسید هیدروژن (%)	NaoH/H ₂ O ₂	PH	زمان (h)	درصد خشکی (%)
۷۰	۳	۲، ۳ و ۴	۰/۸	۱۰-۱۱	۱/۵	۱۰

ماخذ: مؤلف

آب مقطر شستشو شد و سپس پس از رساندن به غلظت ۳٪ با ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار گردید.

پس از اتمام تیمار با پراکسید هیدروژن به منظور خروج مواد شیمیایی و پائین آوردن PH تا حدود ۶، خمیر کاغذ با

یافته‌ها

نتایج میانگین مقادیر خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی پالایش شده شاهد و نمونه های تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پراکسید هیدروژن و آزمون دانکن در جدول (۴) آورده شده است.

پس از آن کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه 5 ± 60 گرم بر متر مربع طبق استاندارد تاپی (TAPPI) ساخته شد. در نهایت خواص مقاومتی کاغذهای ساخته شده طبق استانداردهای آیین‌نامه تاپی (TAPPI) اندازه‌گیری شد.

جدول (۴): نتایج میانگین مقادیر خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی پالایش شده شاهد و تیمار شده با درصد‌های مختلف پراکسید هیدروژن و آزمون دانکن

نمونه	خواص	مقاومت به ترکیبگی (Kpa)	مقاومت به پارگی (mN)	مقاومت به کشش (KNm/Kg)	طول پارگی (Km)
شاهد		^a ۶۴/۹۰	^a ۳۳۵/۶۶	^a ۳۱/۶۹	^a ۲/۲۱۱
پراکسید هیدروژن ۲٪		^b ۹۸/۰۵	^b ۳۷۳	^b ۳۹/۳۲	^b ۲/۹۸
پراکسید هیدروژن ۳٪		^c ۱۳۷/۵۵	^b ۴۳۰/۳۳	^b ۳۳/۱۲	^b ۳/۳۷۷
پراکسید هیدروژن ۴٪		^c ۱۳۹/۴۷	^b ۳۸۱	^b ۳۴/۹۲	^b ۳/۵۶۰

ماخذ: مؤلف

می‌باید و این افزایش منجر به افزایش مقاومت‌های کاغذ از جمله افزایش شاخص کشش کاغذ شده است. در اثر اکسایش با پراکسید هیدروژن، یون هسته دوست پروکسید هیدروژن (HO_2^-) به‌عنوان یک اکسیدکننده ملایم عمل می‌کند که عمدتاً با گروه‌های کربونیل ترکیب می‌شود. رادیکال‌های هیدروکسیل حاصل از تجزیه پروکسید، اکسیدکننده قوی لیگنین هستند اما از طرفی منجر به تخریب پلی ساکاریدها نیز می‌گردند (ارو شوستروم، ۱۳۸۶). محصولات تخریبی و تجزیه شده سلولز و همی سلولزها توسط پروکسید هیدروژن پایه اسیدی دارند که این امر منجر به افزایش گروه کربوکسیلیک و بار آنیونی در سطح الیاف می‌گردد (روبرتس، ۱۳۸۱) در این شرایط ظرفیت جذب نشاسته توسط الیاف با افزایش ویژگی‌های آنیونی سطح، افزایش می‌یابد. این امر منجر به افزایش پیوندهای بین لیفی می‌شود و در نهایت منجر به افزایش مقاومت‌های کاغذ می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

به منظور افزایش مصرف سرانه کاغذ، کمبود فزاینده چوب و منابع سلولزی جنگلی و مشکلات محیط‌زیستی ناشی از اینگونه مجتمع‌ها، توسعه صنعت بازیافت الیاف سلولزی از کاغذهای باطله امری اجتناب‌ناپذیر است. اما اثبات شده است که مقاومت‌های کاغذ الیاف بازیافتی از الیاف بکر ضعیف‌تر است و

آزمون دانکن میانگین مقاومت به پارگی، مقاومت به کشش و طول پارگی کاغذهای تیمار شده با سطوح مختلف پراکسید هیدروژن را (در سطح اعتماد آماری ۹۵٪)، در دو گروه شناسایی کرد و اثر سطوح مختلف تیمار بر مقاومت به ترکیبگی را در سه گروه شناسایی کرد که در جدول (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود با افزایش درصد اکسیدکنندگی تا ۴٪ مقادیر مقاومت‌ها مقاومت به ترکیبگی، مقاومت به کشش و طول پارگی افزایش داشته‌اند ولی با این وجود مقادیر مقاومت‌ها در تیمار ۳٪ و ۴٪ در یک گروه قرار گرفته‌اند. مقادیر مقاومت به پارگی نیز با این وجود که با افزایش تیمار اکسایش از ۳٪ به ۴٪ کاهش یافته ولی در یک گروه قرار دارد. مقاومت به پارگی بیشتر به مقاومت تک تک الیاف بستگی دارد و تأثیر تیمارهای فزاینده پیوند بین الیاف در افزایش این مقاومت تا حدی تأثیر دارد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تیمار اکسیدکنندگی تا مقدار ۳٪ باعث افزایش تمام مقاومت‌ها شده است و با افزایش شدت تیمار مقادیر حدوداً ثابت مانده است. اکسایش و رنگبری با پراکسید هیدروژن باعث افزایش مقدار گروه کربوکسیل الیاف و افزایش خاصیت آنیونی الیاف می‌شود. افزایش خاصیت آنیونی الیاف سبب می‌شود تمایل الیاف به جذب مواد افزودنی کاتیونی زیاد گردد (روبرتس، ۱۳۸۱). (Zhang et al., 2005, 2006, 1994) با مطالعه بر روی خمیر کرافت سوزنی برگ نشان داد که بار الیاف در نتیجه تیمار با پراکسید افزایش

مواد افزودنی کاتیونی زیاد گردد، که منجر به افزایش پیوندهای بین لیفی و در نهایت افزایش مقاومت کاغذ می‌گردد.

در آخر اینکه با مطالعه بر روی پیرامون این تحقیق همچون: بررسی شیمی واکنش بین گروه‌های باردار لیاف و نشاسته کاتیونی، استفاده از سایر مواد اکسایشی جهت کربوکسیل‌دار کردن سطوح لیاف و تأثیر جوهرزدایی کاغذ روزنامه باطله در فرایند تیمار اکسایشی می‌توان کاربرد این تحقیق را عملی نمود.

یادداشت‌ها

1. Mixed Office Waste
2. Old Corrugated Containers
3. Thermomechanical Pulp
4. Chemi thermomechanical Pulp
5. Elemental Chlorine Free
6. De ethylene three Amine Pentozan

جهت بهبود آن از روش‌های مختلفی همچون مخلوط لیاف بلند با لیاف بازیافتی، پالایش و بکارگیری افزودنی‌های طبیعی و مصنوعی بهبود دهنده مقاومت استفاده می‌شود. تیمار اکسایشی به‌مراه استفاده از نشاسته کاتیونی نیز می‌تواند یکی از راه‌های افزایش مقاومت کاغذهای بازیافتی باشد.

خصوصیات سطح لیاف، بر تمایل آنها به جذب افزودنی‌های مختلف شیمیایی تأثیر می‌گذارد. جذب و ماندگاری پلی‌الکترولیت‌های افزودنی توسط ذرات موجود در سوسپانسون کاغذسازی شدیداً تحت تأثیر بار الکترواستاتیکی قرار دارد. لیاف سلولزی به دلیل داشتن گروه‌های اسیدی که در حین پخت شیمیایی و رنگبری خمیر ایجاد شده است تا حدودی خاصیت آنیونی دارد. این گروه‌های اسیدی ممکن است کربوکسیلیک (COOH) باشد. یکی از روش‌های کاربردی جهت افزایش مقدار گروه کربوکسیل لیاف، اکسایش و رنگبری با پراکسید هیدروژن است. خاصیت آنیونی لیاف سبب می‌شود تمایل لیاف به جذب

فهرست منابع

- افرا، ا. ۱۳۸۵. مبانی ویژگی‌های کاغذ. انتشارات آبیژ. ۳۶۰ صفحه.
- فائزی پور، م؛ میرشکرانی، س. ا؛ محمدنژاد، م. و لهراسبی، ع. ۱۳۸۵. بررسی امکان جوهرزدایی کاغذهای روزنامه باطله و باطله اداری به روش آکواسل. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۲، صفحه ۴۷۰-۴۵۷.
- اسموک گ. ۱۳۸۲. فن آوری خمیر و کاغذ ترجمه سید احمد میرشکرانی انتشارات آبیژ، ۵۲۰ صفحه.
- روبرتس جی. سی. ۱۳۸۱. شیمی کاغذ ترجمه سیداحمد میرشکرانی و حسن صادقی فر انتشارات آبیژ، ۱۸۴ صفحه.
- ارو شوستروم. ۱۳۸۶. شیمی چوب ترجمه سیداحمد میرشکرانی انتشارات آبیژ، ۲۰۸ صفحه.
- نوری، ح؛ قاسمیان، ع؛ شالبافان، ع. و حاجی حسنی، ر. ۱۳۸۷. تعیین حد مطلوب پالایش کاغذ حاصل از کرافت لاینر بازیافتی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه ۱۹-۱۲.
- همزه، ی. و رستم پور هفتخوانی، ا. ۱۳۸۷. اصول شیمی کاغذسازی. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۴ صفحه.
- Chai, X. S.; Hou Q. X.; Zhu J. Y.; Chen S. L.; Wang S. F. & Lucia, L. 2003. Determination of carboxyl groups in wood fibers by headspace Gas Chromatography. International Symposium on wood and pulping chemistry.
- Martin, J. & Marton, G. 1976. Wet end Starch: adsorption of starch on cellulosic fibers. TAPPI Journal. 59(12):121-124.
- Marton, J. 1980. Wheat Starch by twin- screw reaction extrusion. TAPPI Journal. 63 (4):87- 91.
- Toven, K. 2003. Paper Properties and swelling Properties of ozone-based ECF bleached Softwood Kraft pulps. TAPPI Journal. 86 (2), 3-7.
- Zhang, Y.; Sjogren, B.; Engstrand, P. & Htun, M. 1994. Determination of charged groups in mechanical pulp fibers and their influence on pulp properties. Journal of Wood Chemistry Technology. 14 (1), 83- 102.

Zhang, D. C.; Kim, D.; Allisem, A.; Dang, Z. & Raguskas, A. J. 2005. The fate of fiber charge during peroxide bleaching and oxygen delemnification. Pulp bleaches Conf. Stockholm, Sweden.

Zhang, D.; Pu, Y.; Courchene, C. E.; Chai, X. S. & Ragauskas, A. 2006. Total fiber charge of fully bleach SW Kraft pulps. A Comparative study. Journal of pulp and paper Sci.32 (4). 231- 237.

Zheng, D.; Elder. T. & Arthur J. Ragauskas. 2006. Influence of Kraft pulping on Carboxyl ate Content of Softwood Kraft Pulps. Copyright© American Chemical Society,45(13).pp: 4509- 4519