مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

بررسی اثر پالایش بر ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذ حاصل از بازیافت کاغذهای روزنامه

*حمید نوری[۱]، سیدضیاءالدین حسینی[۲]، علی قاسمیان[۳]، وحید وزیری[۱] و احسان کبیری[۱]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استاد 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 کشاوزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر پالایش بر ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذ حاصل از بازیافت کاغذهای روزنامه انجام پذیرفت. کاغذهای روزنامه باطله از نمایندگی پخش روزنامه اطلاعات گرگان تهیه و بعد از تبدیل به تکه‌های حدود ۵ سانتی‌متری در محفظه‌ای با مقدار مناسب آب مقطر مخلوط گردید. بعد از مدت ۵ روز الیاف از یکدیگر جدا شده (نمونه شاهد) و درجه روانی آن اندازه‌گیری شد. خمیر کاغذ حاصل توسط پالایش‌گر PFI و در دورهای ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۹۰۰۰ پالایش شد و بعد از اندازه‌گیری درجه روانی هر کدام از خمیرها، از آنها به‌صورت جداگانه کاغذهای دست‌ساز تهیه و ویژگی‌های آنها تعیین گردید. به‌منظور مقایسه ویژگی‌های نمونه شاهد با کاغذهای حاصل از خمیرهای پالایش شده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. گروه‌بندی میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن صورت پذیرفت و در نهایت برای تعیین بهترین تیمار از معادلات نرمال‌سازی استفاده شد. نتایج نشان داد که افزایش میزان پالایش، سبب افزایش مقاومت به ترکیدگی، مقاومت به کشش، مقاومت به تا شدن و درجه روشنی کاغذهای بازیافتی روزنامه باطله شد ولی ضخامت، مقاومت به

* مسئول مکاتبه: nori_sh2003@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

پارگی و ماتی کاهش یافتند. با استفاده از معادلات نرمال‌سازی مشخص شد که کاغذ حاصل از تیمار با پالایش ۹۰۰۰ دور به لحاظ مجموع صفات، از مطلوبیت بیشتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: روزنامه باطله، کاغذ بازیافتی، پالایش، پالایش‌گر PFI، ویژگی‌های مکانیکی، ویژگی‌های نوری

مقدمه

یکی از ویژگی‌های اساسی کاغذ، خواص مقاومتی آن است، به‌طوری‌که کاغذهای تولید شده از منابع مختلف باید از مقاومت کافی برخوردار باشد تا بتوان آنها را به‌طور رضایت‌بخشی به مصرف رسانید (میرشکرایی و صادقی‌فر، ۲۰۰۲). طی چند دهه اخیر استفاده از کاغذهای باطله برای تولید انواع محصولات کاغذی حرکت رو به رشدی داشته و به‌عنوان یک ضرورت در جهان مطرح گردیده است. به‌طوری‌که در اکثر کشورها به‌دلیل افزایش مصرف سرانه کاغذ، کمبود فزاینده چوب و منابع سلولزی جنگلی، نیاز به سرمایه‌گذاری برای ایجاد مجتمع‌های جدید چوب و کاغذ و مشکلات زیست محیطی ناشی از این‌گونه مجتمع‌ها، توسعه صنعت بازیافت الیاف سلولزی از کاغذهای باطله امری اجتناب‌ناپذیر است. (میرشکرایی، ۲۰۰۱). علاوه‌بر مشکلات فوق در کشور ما برای وارد کردن انواع کاغذها ارز قابل ملاحظه‌ای خارج می‌گردد و این ارز با رشد مصرف و افزایش واردات در سال‌های آتی نیز بیشتر خواهد شد، که این روند برای ساختار اقتصادی جامعه مضر می‌باشد. در این راستا صنعت بازیافت کاغذ که از اوایل قرن بیستم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای کاهش بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع جنگلی در کشورهای توسعه‌یافته موردنظر قرار گرفته، می‌تواند در کشور ما نیز منشاء خدمات شایانی به منابع طبیعی کشور باشد. با وجود گرایش شدید کشورهای پیشرفته به صنعت بازیافت و پیشرفت‌های زیاد این صنعت در دهه‌های اخیر، کاغذ باطله به‌دلیل این‌که حداقل یک‌بار مسیر تولید را گذرانده و برای تولید آن انرژی مصرف گردیده از الیاف بکر متفاوت است. بنابراین کاهش خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی در مقایسه با کاغذهای تولید شده از الیاف بکر به‌عنوان یک مشکل اساسی در صنعت بازیافت کاغذ خودنمایی می‌کند و بررسی‌های تحقیقاتی مختلفی برای یافتن پاسخ مناسب به این مشکل در دنیا انجام شده است. به‌عنوان مثال، کلفتا و میلر با استفاده از تکنیک آنالیز تصویری تأثیر فرآیندهای متوالی بازیافت (به‌همراه مرکب‌زدایی) را برروی

Archive of SID

www.SID.ir

میزان فیبریله شدن الیاف بازیافتی بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که بازیافت متوالی منجر به کاهش میزان فیبریله‌شدن سطح الیاف بازیافتی و در نتیجه کاهش پتانسیل این الیاف برای ایجاد پیوندهای بین لیفی و در نهایت افت خواص مقاومتی کاغذ حاصل می‌گردد (کلفتا و میلر، ۱۹۹٤).

کوین و همکاران آثار فرآیند بازیافت برروی ویژگی‌های کاغذسازی از خمیرهای مکانیکی و پربازده را مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که خشک شدن الیاف در این نوع خمیرها در اولین مرحله تولید کاغذ، بیشترین تغییرات را در خواص الیاف ایجاد می‌نماید که اکثر این تغییرات تا حد زیادی برگشت‌ناپذیرند. اما خشک‌شدن‌های مجدد بعدی (از دست دادن آب تا آخرین حد ممکن) تغییرات چندانی را در خواص الیاف ایجاد نمی‌کند. در این بین، افت ظرفیت جذب آب و پتانسیل ایجاد پیوندهای بین لیفی به وضوح مشاهده شد (کوین و همکاران، ۱۹۹٦).

گورناگول در بررسی مقاومت پیوند الیاف- الیاف خمیرهای یک‌بار خشک‌شده به این نتیجه رسید که عمده‌ترین دلیل کاهش مقاومت به کشش خمیرهای یکبار خشک‌شده کرافت پهن‌برگان، کاهش مقاومت پیوندهای بین الیاف و نیز اندکی کاهش در سطوح پیوندهای بین الیاف می‌باشد (گورناگول و پیچ، ۲۰۰۱).

خانتایانوانگ به‌منظور بررسی اثر پالایش و بازیافت برروی ویژگی‌های الیاف خمیر و کاغذ، از خمیر بکر کرافت رنگ‌بری شده پهن‌برگان که با دورهای ۲۵۰۰ و ۷۵۰۰ پالایش شده بودند، کاغذ دست‌ساز تهیه و با نمونه بدون پالایش مقایسه کرد. کاغذهای ساخته شده سه بار بازیافت شدند و در هر مرحله سه نوع کاغذ از خمیرهای بدون پالایش، پالایش با ۲۵۰۰ دور و پالایش با ۷۵۰۰ دور ساخته و مقاومت به کشش آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در اثر افزایش تعداد دفعات بازیافت، مقاومت به کشش کاهش می‌یابد ولی افزایش میزان پالایش خمیرهای بازیافتی سبب افزایش این ویژگی می‌شود. وی دلیل کاهش مقاومت به کشش در اثر بازیافت را کاهش پیوندهای بین لیفی دانست و بیان داشت که در اثر بازیافت مکرر مقاومت کششی تک‌تک الیاف اندکی کاهش می‌یابد و کاهش سطوح پیوندهای بین لیفی عمده‌ترین نقش را در کاهش مقاومت به کشش خمیرهای بازیافتی بازی می‌کند (خانتایانوانگ، ۲۰۰۲).

از آنجا که انواع الیاف در فرآیند بازیافت ممکن است رفتار متفاوتی داشته باشند، یافته‌های علمی در مورد یک نوع الیاف را لزوماً نمی‌توان به سایر انواع الیاف تعمیم داد. لذا هدف عمده این پژوهش بررسی تأثیر پالایش برروی بازیافت کاغذ روزنامه باطله می‌باشد تا حد مطلوب پالایش، که در آن مقاومت مکانیکی و خواص فیزیکی کاغذ حاصل از بازیافت در مقایسه با خمیر پالایش‌نشده در مناسب‌ترین وضعیت خود قرار دارد، مشخص گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در این بررسی از کاغذ روزنامه باطله اطلاعات استفاده شد. کاغذ روزنامه به میزان ٥ کیلوگرم از نمایندگی پخش روزنامه اطلاعات گرگان تهیه شد. لازم به ذکر است که این روزنامه‌ها در تاریخ سوم و چهارم مهر ماه ٨٤ چاپ شده و به فروش نرسیده بودند. کاغذهای باطله روزنامه بعد از انتقال به آزمایشگاه کاغذسازی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، به تکه‌های حدود ٥ سانتی‌متری تبدیل شده و در محفظه‌ای با مقدار مناسب آب مقطر مخلوط گردید تا خرده‌کاغذها به‌صورت معلق درآیند. مخلوط حاصل به‌مدت ٥ روز در این وضعیت باقی ماند و پس از آن، به آهستگی با یک هم‌زن طراحی شده در مقیاس آزمایشگاهی هم‌زده شد تا الیاف تا حدودی از هم باز شوند. خمیرکاغذ قبل از هر گونه آزمایش بایستی توسط دستگاه الیاف بازکن کاملاً دفیبره شود. برای این منظور از استاندارد شماره T٢٥٠om-٩٨ آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. اندازه‌گیری درجه روانی خمیر طبق استاندارد شماره T٢٢٧ om-٩٢ و پالایش خمیر براساس استاندارد شماره T٢٤٨ om-٨٥ آیین‌نامه TAPPI انجام شد. هر دور پالایش با سه تکرار انجام گرفت. مشخصات دستگاه پالاینده PFI عبارت از: بار اعمال شده= (N/mm) ٣/٣، سرعت گردش تیغه‌ها= ٢٣/٢٥٦ دور بر ثانیه، فاصله بین تیغه‌ها با جدار داخلی پالاینده (gap)=٠/٢ mm برای تهیه کاغذ دست‌ساز از استاندارد T٢٠٥ om-٩٧ آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. از خمیرهای حاصل از هر دور پالایش و بدون پالایش (نمونه شاهد) تعداد ١٥ عدد کاغذ با وزن پایه ٦٠±٠/٥ گرم بر مترمربع و در مجموع ٩٠ کاغذ دست‌ساز ساخته شد. بعد از این مرحله کاغذها به‌ترتیب به‌مدت ٥ و ٢ دقیقه با فشار ٥٠psi پرس و سپس در شرایط محیط خشک گردید. کاغذهای ساخته شده به مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران منتقل گردید و در آنجا به مدت ٢٤ ساعت در شرایط کلیما (دمای ٢٣ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٥٠ درصد) قرار داده شد تا برای انجام آزمون‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آماده شوند. مقاومت کششی براساس استاندارد شماره T٤٠٤ om-٩٨، مقاومت به ترکیدگی براساس استاندارد شماره T ٤٠٣ om-٩٧، مقاومت به پارگی براساس استاندارد شماره om-٩٨ T٤١٤، مقاومت به تاشدگی براساس استاندارد شماره T٥١١ om-٩٦، ضخامت براساس استاندارد شماره T٤١١ om-٨٩، ماتی براساس استاندارد شماره T٤٢٥ om-٩١ و درجه روشنی براساس استاندارد شماره T٤٥٢ om-٩٢ آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شدند. جهت مقایسه نمونه شاهد با کاغذهای پالایش شده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد و سپس گروه‌بندی میانگین‌های حاصل از ٦ تکرار برای ویژگی‌های مورد نظر با کمک آزمون دانکن صورت پذیرفت. در نهایت برای تعیین بهترین تیمار از لحاظ مجموع صفات از روش امتیازدهی براساس محاسبه معادلات نرمال‌سازی استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

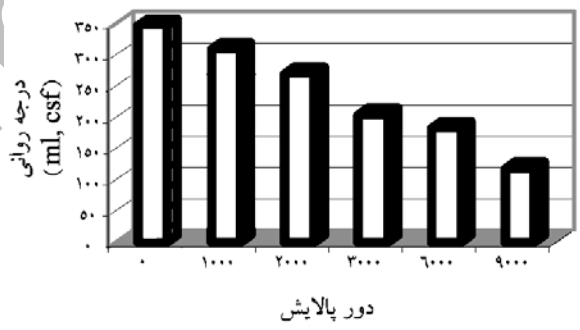
نتایج

میانگین نتایج اندازه‌گیری درجه روانی، ضخامت و ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای دست‌ساز حاصل از نمونه شاهد و خمیر کاغذهای پالایش شده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر میانگین درجه روانی، ضخامت و ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای دست‌ساز و نتایج آزمون دانکن.

ویژگی‌ها	میزان پالایش (تعداد دور پالاینده)					
	۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰	۹۰۰۰
درجه روانی (CSF)	۳٤۷	۳۰۹	۲۷۰	۲۰٤	۱۸۳	۱۱۸
ضخامت (μ)	۱۰٦^{a}	۱۰۰/۸۳^{b}	۱۰۰/۵^{b}	۱۰۰/۳۳^{b}	۸۵/۵^{c}	۸٤/٦۷^{c}
مقاومت به کشش (Nm/g)	۲٦/۷۵۵^{d}	۳۳/۰۸۲^{c}	٤۰/۷۷^{b}	۲۵٦/٤۹^{a}	٤۵٦/٤۹^{a}	۳۷۹/۵۳^{a}
مقاومت به پارگی ($mNm^{۲}/g$)	۱۱/۰٦۱^{a}	۱۱/۱٤۵^{a}	۱۱/٤۷۹^{a}	۱۱/٤۰۱^{a}	۱۱/۳۱۲^{a}	۱۰/۵۱۱^{b}
مقاومت به ترکیدگی ($kPam^{۲}/g$)	۰/۹۵۸^{f}	۱/۲۹^{e}	۱/٤۲۵^{d}	۱/۵۸^{c}	۱/۷۵۵^{b}	۱/۹۷۱^{a}
مقاومت به تاشدن (n)	۱/۳۳^{e}	۲/۳۳^{d}	۳/۸۳^{c}	٤/۵^{bc}	٤/۸۳^{b}	۷/۱٦۷^{a}
ماتی (درصد)	۹۸/٦۳^{c}	۹۸/۳۲^{bc}	۹۸/۱۱^{bc}	۹۸/۰۷^{bc}	۹۷/۷۸^{b}	۹٦/۳۱^{a}
درجه روشنی (درصد)	۳۹/۱^{c}	۳۹/۳^{bc}	٤۰/۱۸^{bc}	٤۰/۳۵^{bc}	٤۰/٤۸^{b}	٤۲/۷۳^{a}

درجه روانی: درجه روانی خمیرهای حاصل از نمونه شاهد و خمیرهای کاغذ پالایش شده با ٦ تکرار اندازه‌گیری شد و همان‌طور که انتظار می‌رفت، با افزایش دور پالایش، درجه روانی خمیرهای کاغذ حاصل کاهش یافته است (شکل ۱).

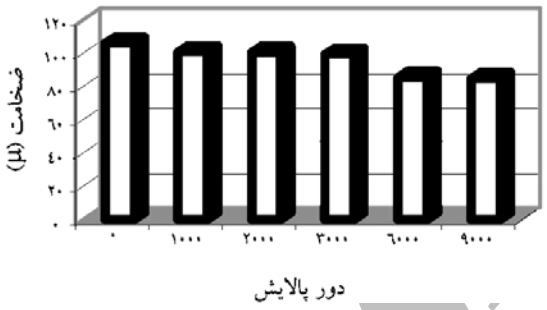


شکل ۱- درجه روانی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

Archive of SID

www.SID.ir

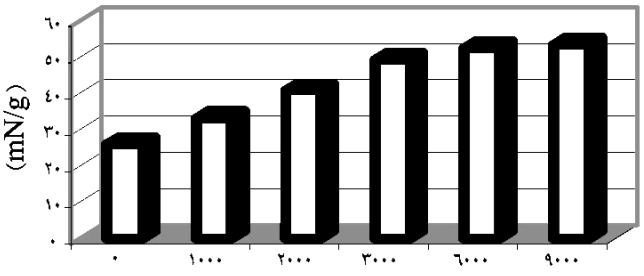
ضخامت: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضخامت کاغذها، نشان‌دهنده روند کاهش ضخامت با افزایش میزان پالایش است (شکل ٢).



شکل ٢- ضخامت کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ١ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد. کاغذ بدون پالایش بیشترین و کاغذ حاصل از پالایش ٩٠٠٠ دور کمترین مقدار ضخامت را دارا بودند.

مقاومت به کشش: نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت به کشش نمونه‌ها نشان داد که با افـزایش دور پالایش تا حد ٦٠٠٠ دور، مقاومت به کشش آنها نیز افزایش یافت ولی پالایش ٩٠٠٠ دور سبب کاهش این مقاومت گردید (شکل ٣).



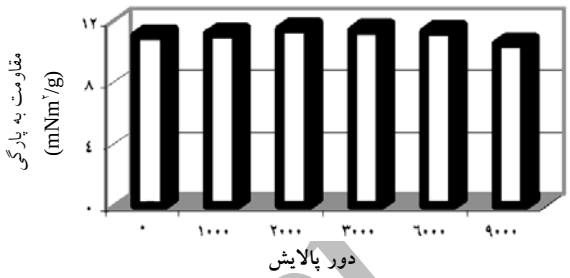
شکل ٣- مقاومت به کشش کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقـادیر مربوط وجود دارد. به‌طوری‌که کاغـذ بـدون پـالایش کمتـرین و کاغـذ حاصـل از پـالایش ٦۰۰۰ دور بیشترین مقدار مقاومت به کشش را دارا بودند.

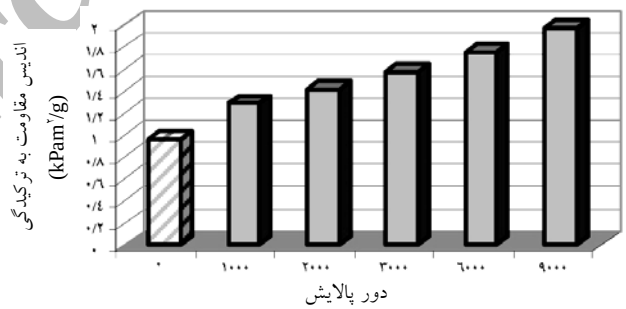
مقاومت به پارگی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت به پارگی نمونه‌ها نشان داد که با افـزایش دور پالایش، مقاومت به پارگی کاهش یافت (شکل ٤).



شکل ٤- مقاومت به پارگی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد. به‌طوری‌که کاغذ بدون پالایش بیشترین و کاغذ حاصل از پالایش ۹۰۰۰ کمترین مقدار مقاومت به پارگی را دارا بودند.

مقاومت به ترکیدگی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت به ترکیدگی نمونه‌ها نشان داد که با افزایش دور پالایش، مقاومت به ترکیدگی افزایش یافت (شکل ۵).



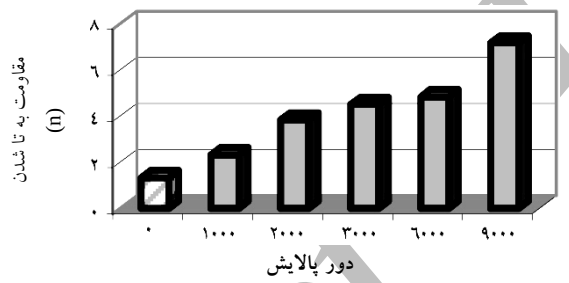
شکل ۵- مقاومت به ترکیدگی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ١ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقـادیر مربوط وجود دارد. کاغذ بدون پالایش کمترین و کاغذ حاصل از پالایش ٩٠٠٠ بیشترین مقدار مقاومت به ترکیدگی را دارا بودند.

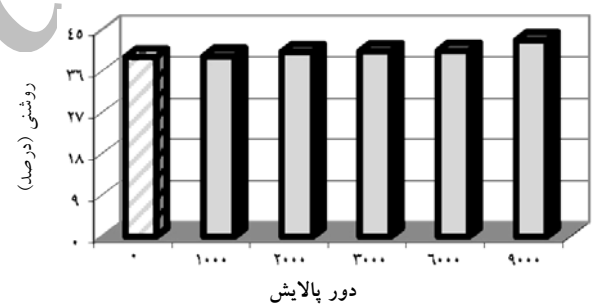
مقاومت به تا شدن: نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت به تا شدن نمونه‌ها نشان داد که با افزایش دور پالایش، مقاومت به تا شدن افزایش یافت (شکل ٦).



شکل ٦- مقاومت به تاشدن کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ١ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد. به‌طوری‌که کاغذ بدون پالایش کمترین و کاغذ حاصل از پالایش ٩٠٠٠ دور بیشترین مقدار مقاومت به تاشدن را دارا بودند.

درجه روشنی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری درجه روشنی نمونه‌ها نشان داد که با افزایش دور پـالایش، درجه روشنی افزایش یافت (شکل ٧).



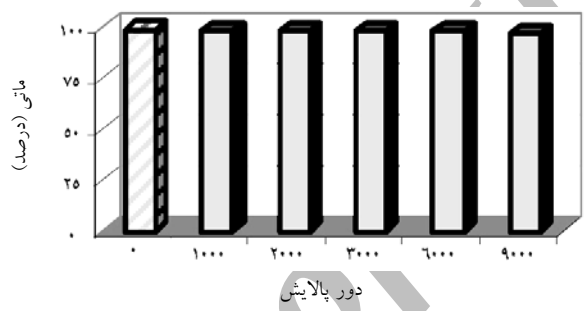
شکل ٧- درجه روشنی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد. به‌طوری‌که کاغذ بدون پالایش کمترین و کاغذ حاصل از پالایش ۹۰۰۰ بیشترین مقدار درجه روشنی را دارا بودند.

ماتی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماتی نمونه‌ها نشان داد که با افزایش دور پالایش، ماتی کاهش یافت (شکل ۸).



شکل ۸- ماتی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های متفاوت.

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد. به‌طوری‌که کاغذ بدون پالایش بیشترین و کاغذ حاصل از پالایش ۹۰۰۰ کمترین مقدار ماتی را دارا بودند.

معادله‌های نرمال‌سازی: بعد از اندازه‌گیری خواص نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز، از روش امتیازدهی براساس محاسبه معادلات نرمال‌سازی، با این هدف که از کاغذهای باطله برای تولید روزنامه استفاده شود، برای تعیین بهترین تیمار آزمایشی از نظر مجموع خواص نوری و مکانیکی تعیین استفاده شد. در محاسبه ضرایب معادلات نرمال‌سازی، درصد اهمیت هر یک از خواص نوری و مکانیکی با سه تکرار در نظر گرفته شد تا مشخص شود آیا با تغییر درصد اهمیت هر یک از خواص مورد بررسی، نتیجه نهایی (انتخاب بهترین تیمار آزمایشی) تغییر می‌کند یا یکسان باقی می‌ماند (قاسمیان، ۲۰۰۳). مقادیر درصد اهمیت در جدول ۲ ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- درصد اهمیت خواص نوری و مکانیکی در محاسبه معادله‌های نرمال‌سازی.

خواص نوری و مکانیکی	درصد اهمیت		
	الگوی شماره ۱	الگوی شماره ۲	الگوی شماره ۳
ماتی (A)	۲۵	۲۰	۱۵
درجه روشنی (B)	۲۰	۲۵	۲۵
اندیس مقاومت به پارگی (C)	۲۰	۲۵	۲۰
اندیس مقاومت به کشش (D)	۲۵	۲۰	۳۰
اندیس مقاومت به ترکیدگی (E)	۵	۵	۵
مقاومت به تاشدن (H)	۵	۵	۵
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

با داشتن میانگین کل هر یک از خواص نوری و مکانیکی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله در دور پالایش‌های مختلف و مقادیر درصد اهمیت آنها، معادله نرمال‌سازی برای داده‌های حاصل از آزمایش‌ها به شرح زیر به‌دست آمد.

معادله نرمال‌سازی برای الگوی شماره ۱:

۰/۰۰۲۵۵۵A+۰/۰۰۴۹۵۶B+۰/۰۱۷۹۴C+۰/۰۰۵۸۸۶D+۰/۰۳۳۴۲E+۰/۰۱۲۵۱H=۱

معادله نرمال‌سازی برای الگوی شماره ۲:

۰/۰۰۲۰۴۴A+۰/۰۰۶۱۹۵B+۰/۰۲۲۴۲C+۰/۰۰۴۷۰۸D+۰/۰۳۳۴۲E+۰/۰۱۲۵۱H=۱

معادله نرمال‌سازی برای الگوی شماره ۳:

۰/۰۰۱۵۳۳A+۰/۰۰۶۱۹۵B+۰/۰۱۷۹۴C+۰/۰۰۷۰۶۳D+۰/۰۳۳۴۲E+۰/۰۱۲۵۱H=۱

براساس معادلات فوق، امتیازات و رتبه‌بندی برای هر یک از الگوهای مورد نظر و تیمارهای آزمایشی مربوط به کاغذهای دست‌ساز حاصل از دور پالایش‌های مختلف محاسبه شده و در جدول ۳ ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- رتبه‌بندی کاغذهای بازیافتی حاصل از روزنامه باطله براساس داده‌های حاصل از آزمایش‌ها.

الگو	تیمار	مانی	درجه روشنی	اندیس مقاومت به پارگی	اندیس مقاومت به کشش	اندیس مقاومت به ترکیدگی	مقاومت به تاشدگی	مجموع امتیازات	رتبه
شماره ۱	بدون پالایش	۰/۲۵۱۹۹۹	۰/۱۹۳۷۷۹	۰/۱۹۸۴۱۶	۰/۱۵۲۵۵۳	۰/۰۳۲۰۱۶	۰/۰۱۶۶۳۸	۰/۸۴۵۴۰۳	۶
	پالایش ۱۰۰۰	۰/۲۵۱۲۰۷	۰/۱۹۴۷۷۰	۰/۱۹۹۹۴۱	۰/۱۹۴۷۲۰	۰/۰۴۳۱۱۱	۰/۰۲۹۱۴۸	۰/۹۱۲۲۹۰	۵
	پالایش ۲۰۰۰	۰/۲۵۰۶۷۱	۰/۱۹۹۱۳۲	۰/۲۰۰۵۹۳	۰/۲۳۹۹۷۲	۰/۰۴۷۶۲۳	۰/۰۴۷۹۱۳	۰/۹۹۱۲۴۵	۴
	پالایش ۳۰۰۰	۰/۲۵۰۵۶۸	۰/۱۹۹۹۷۴	۰/۲۰۴۵۳۳	۰/۲۸۹۹۲۰	۰/۰۵۲۸۰۳	۰/۰۵۶۲۹۵	۱/۰۵۴۰۹۶	۳
	پالایش ۶۰۰۰	۰/۲۴۹۷۰۰	۰/۲۰۰۶۱۸	۰/۲۰۲۹۳۷	۰/۳۰۸۷۵۶	۰/۰۵۸۶۵۲	۰/۰۶۰۴۲۳	۱/۰۸۱۰۸۷	۲
	پالایش ۹۰۰۰	۰/۲۴۶۰۷۲	۰/۲۱۱۱۷۶	۰/۱۸۸۵۶۷	۰/۳۱۴۱۸۸	۰/۰۶۵۸۷۰	۰/۰۸۹۶۵۹	۱/۱۱۶۱۲۸	۱
شماره ۲	بدون پالایش	۰/۲۰۱۰۴۷	۰/۲۴۲۲۲۴	۰/۲۴۷۹۶۵	۰/۱۲۲۰۲۱	۰/۰۳۲۰۱۶	۰/۰۱۶۶۳۸	۰/۸۶۱۹۱۴	۶
	پالایش ۱۰۰۰	۰/۲۰۰۹۶۶	۰/۲۴۳۶۳۵	۰/۲۴۹۸۷۰	۰/۱۵۵۷۵۰	۰/۰۴۳۱۱۱	۰/۰۲۹۱۴۸	۰/۹۲۲۳۱۰	۵
	پالایش ۲۰۰۰	۰/۲۰۰۵۳۶	۰/۲۴۸۹۱۵	۰/۲۵۷۳۵۹	۰/۱۹۱۹۴۵	۰/۰۴۷۶۲۳	۰/۰۴۷۹۱۳	۰/۹۹۴۲۹۳	۴
	پالایش ۳۰۰۰	۰/۲۰۰۴۵۵	۰/۲۴۹۹۶۸	۰/۲۵۵۶۱۰	۰/۲۳۱۸۹۷	۰/۰۵۲۸۰۳	۰/۰۵۶۲۹۵	۱/۰۴۷۰۲۹	۳
	پالایش ۶۰۰۰	۰/۱۹۹۷۶۰	۰/۲۵۰۷۷۳	۰/۲۵۳۶۱۵	۰/۲۴۶۹۶۲	۰/۰۵۸۶۵۲	۰/۰۶۰۴۲۳	۱/۰۷۰۱۸۷	۲
	پالایش ۹۰۰۰	۰/۱۹۶۸۵۷	۰/۲۶۴۷۱۲	۰/۲۳۵۶۵۶	۰/۲۵۱۳۰۸	۰/۰۶۵۸۷۰	۰/۰۸۹۶۵۹	۱/۱۰۴۰۶۴	۱
شماره ۳	بدون پالایش	۰/۱۵۱۱۹۹	۰/۲۴۲۲۲۴	۰/۱۹۸۴۱۶	۰/۱۸۳۰۵۸	۰/۰۳۲۰۱۶	۰/۰۱۶۶۳۸	۰/۸۳۳۵۵۴	۶
	پالایش ۱۰۰۰	۰/۱۵۰۷۲۴	۰/۲۴۳۶۳۵	۰/۱۹۹۴۴۱	۰/۲۳۳۶۵۸	۰/۰۴۳۱۱۱	۰/۰۲۹۱۴۸	۰/۹۰۰۰۴۷	۵
	پالایش ۲۰۰۰	۰/۱۵۰۴۰۲	۰/۲۴۸۹۱۵	۰/۲۰۰۵۹۳	۰/۲۸۷۹۵۸	۰/۰۴۷۶۲۳	۰/۰۴۷۹۱۳	۰/۹۸۸۷۴۶	۴
	پالایش ۳۰۰۰	۰/۱۵۰۳۴۱	۰/۲۴۹۹۶۸	۰/۲۰۴۵۳۳	۰/۳۴۷۸۹۵	۰/۰۵۲۸۰۳	۰/۰۵۶۲۹۵	۱/۰۶۱۸۳۷	۳
	پالایش ۶۰۰۰	۰/۱۴۹۸۲۰	۰/۲۵۰۷۷۳	۰/۲۰۲۹۳۷	۰/۳۷۰۴۹۶	۰/۰۵۸۶۵۲	۰/۰۶۰۴۲۳	۱/۰۹۳۱۰۳	۲
	پالایش ۹۰۰۰	۰/۱۴۷۶۴۳	۰/۲۶۴۷۱۲	۰/۱۸۸۵۶۷	۰/۳۷۷۰۱۵	۰/۰۶۵۸۷۰	۰/۰۸۹۶۵۹	۱/۱۳۳۴۶۸	۱

www.SID.ir

طبق جدول ٣ نتایج حاصل از معادله‌های نرمال‌سازی در هر سه الگوی مذکور یکسان می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی تأثیر پالایش بر روی خواص کاغذهای بازیافتی روزنامه نشان داد که به‌رغم این‌که کاغذهای مورد استفاده حداقل یک‌بار مسیر تولید را گذرانده‌اند و میزان واکشیدگی کمتری نسبت به الیاف بکر دارند ولی افزایش مقاومت در برخی از صفت‌های مورد بررسی دیده شد.

درجه روانی خمیر کاغذ شاخصی از میزان پالایش الیاف می‌باشد که با افزایش پالایش، کاهش یافت. دلیل آن افزایش فیبریله شدن الیاف و افزایش نرمه‌ها بوده که منجر به افزایش پیوندهای هیدروژنی گردیده و سرعت آب‌گیری از الیاف کاهش می‌یابد. از آنجایی که در خمیر روزنامه در اثر افزایش پالایش تولید مقدار نرمه بیشتر از میزان فیبریله شدن خواهد بود، احتمالاً نرمه در کاهش سرعت آب‌گیری نقش عمده‌ای دارد.

با افزایش میزان پالایش خمیر، به‌دلیل افزایش انعطاف‌پذیری، قابلیت لهیدگی و سطح تماس الیاف، ضخامت کاغذهای حاصل کاهش یافت.

با افزایش میزان پالایش برروی خمیرهای بازیافتی مقاومت به کشش افزایش یافت که با یافته‌های قبلی مطابقت دارد (خانتایانوانگ، ٢٠٠٢) افزایش سطوح تماس الیاف و افزایش پیوندهای بین لیفی و افزایش نرمه‌ها در بهبود مقاومت به کشش کاغذهای حاصل مؤثر بوده‌اند. از آنجا که شدت و کیفیت اتصال بین الیاف مهم‌ترین عامل مؤثر بر مقاومت کششی است (کیسی، ١٩٨٠) این ویژگی با افزایش پالایش افزایش یافته است لیکن این مسأله تا اندازه‌ای مؤثر بوده که افزایش پالایش نسبت به کاهش طول الیاف عملکرد بهتری داشته باشد. به همین دلیل پالایش ٦٠٠٠ دور بهترین مقاومت به کشش را دارا بود.

با افزایش میزان پالایش مقاومت به پارگی کاهش یافت که تا پالایش ٦٠٠٠ دور این کاهش معنی‌دار نبوده و آزمون دانکن این تیمارها را در یک گروه قرار داده ولی با افزایش پالایش به ٩٠٠٠ دور کاهش معنی‌دار بود که دلیل عمده کوتاه شدن الیاف می‌باشد. در این بین افت ظرفیت جذب آب در اثر بازیافت در این امر می‌تواند دخیل باشد (کوین و همکاران، ١٩٩٦).

به‌طوری‌که با افزایش دور پالایش مقاومت به ترکیدگی افزایش یافت، که می‌توان به انعطاف‌پذیرتر شدن الیاف و ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر نسبت داد که موجب افزایش پیوند بین الیاف می‌شود. علاوه‌بر این میزان نرمه‌ها نیز در خمیر پالایش شده افزایش می‌یابد و با قرار گرفتن آنها در بین الیاف

Archive of SID

www.SID.ir

پالایش شده به‌رغم افزایش پالایش تا ۹۰۰۰ دور موجب افزایش مقاومت به ترکیدگی گردیده است و آزمون دانکن نیز هر تیمار را در یک گروه جداگانه قرار داد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت پالایش می‌باشد. علت افزایش مقاومت به تا شدن با افزایش پالایش، افزایش اتصالات بین الیاف می‌باشد.

با افزایش پالایش ماتی کاغذهای بازیافتی روزنامه باطله اندکی کاهش و درجه روشنی آنها اندکی افزایش یافت. اگرچه در مورد خمیر بازیافتی کاغذ روزنامه که عموماً از نوع خمیر مکانیکی است، انتظار بر این است که با افزایش پالایش خمیر، مقادیر ماتی کاغذهای حاصل اندکی افزایش و روشنی آنها کمی کاهش یابد ولی یافته‌های این تحقیق نتایج متفاوتی را نشان داده است. علت این امر را می‌توان این چنین بیان نمود که کاغذ روزنامه مورد بررسی احتمالاً از خمیرهای نیمه‌شیمیایی یا شیمیایی- مکانیکی تهیه شده و یا در آن درصدی خمیر الیاف بلند به‌کار رفته است. بنابراین در اثر پالایش شدیدتر، الیاف مجدداً تا حدی فیبریله شده و در اثر افزایش سطح تماس بین آنها و افزایش پیوندهای بین الیاف، ماتی کاغذهای حاصل تا حدی کاهش یافته است. در بیشتر خمیرها کاهش پراکنش نور در اثر افزایش اتصالات مهم‌تر از افزایش پراکنش نور به‌دلیل زیاد شدن سطح ویژه الیاف است لذا با افزایش پالایش، ماتی کاهش می‌یابد (کیسی، ۱۹۸۰). نتایج حاصل در مورد کاهش ضخامت ورقه‌های کاغذ در اثر افزایش دور پالایش نیز بیانگر این نظر می‌باشد.

در مورد افزایش درجه روشنی کاغذهای حاصل نیز می‌توان عنوان نمود که احتمالاً حذف مقداری از ذرات مرکب چاپ در اثر افزایش دور پالایش منجر به افزایش اندکی در مقادیر درجه روشنی شده است. در نهایت با استفاده از معادله‌های نرمال‌سازی مشخص شد که تیمار با پالایش ۹۰۰۰ دور از لحاظ مجموع صفات به‌عنوان بهترین تیمار می‌باشد و تیمار با پالایش ٦۰۰۰ دور رتبه بعدی قرار دارد و به‌عبارتی این تیمارها می‌تواند جایگزین تیمار با پالایش ۹۰۰۰ دور شود. افزایش پالایش به مقدار بیشتر از ۹۰۰۰ دور احتمالاً منجر به غلبه برش الیاف بر فیبریله شدن آنها خواهد شد و لازم است در این مورد بررسی‌های بیشتری صورت پذیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات مسئولان محترم آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و همچنین مسئولان آزمایشگاه بخش صنایع سلولزی و بسته‌بندی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند سپاسگزاری می‌نماییم.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Casey, J.P. 1980. Pulp and paper, Chemistry and chemical technology. Volume 3. 3th edition.John wiley and sons. New York, 236p.
2.Ghasemian, A. 2003. Study on the possibility of using local OMP/OMG deinked pulp in the CMP furnish for producing news print. Tehran University Press, 142p. (In Persian).
3.Gurnagul, N., Ju, S., and Page, D.H. 2001. Fiber-fiber bond strength of once-dried pulp. Pulp and paper Sci. Journal, 27: 88-91.
4.Kewin, L., Jacques, L., and Jinying, V. 1996. Effect of recycling on papermaking and high yield pulps. Tappi Journal, 79: 167-172.
5.Khantayanuwang, S. 2002. Effect of beating and recycling on strength of pulp fibers and paper. Kasetsart Journal of Nat. Sci., 46: 193-199.
6.Klofta, J.L., and Miler, M.L. 1994. Effect of deinking on the recycle potential of papermaking fiber. Pulp and paper Canada, 95: 41-49.
7.Mirshokraei, S.A. 2001. Guide to waste paper. Aeej Press. First Edition, 152p. (Translated in Persian).
8.Mirshokraei, S.A., and Sadeqifar, H. 2002. The chemistry of paper. Aeej press. First Edition, 192p. (Translated in Persian).
9.Tappi standard tests methods. 2001.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology,Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

The Influence of Refining on the Mechanical and Optical Properties of Recycled Newspaper

***H. Noori[1], S.Z. Hosseini[2], A. Ghasemian[3], V. Vaziri[1] and E.Kabiri[1]**

[1]M.Sc. Student of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

This study was performed to investigate the effects of refining on the mechanical and optical properties of waste newspaper. Waste newspapers were prepared from Gorgan Ettelaat newspaper Agency and were cut to 5 centimeter pieces, and then were soaked with sufficient distillated water. After 1 day fibers were separated by disintegrator and freeness values for each pulp before and after refining were measured. Waste newspaper was refined by PFI mill at 1000, 2000, 3000, 6000, 9000 revolutions, respectively. Handsheets were made from each revolution according to TAPPI standard T 205om-97, and then compared with control sample. Analysis of variance was conducted using completely randomized design, then mean values were compared using Duncan's test, and finally the normalization equations were used to determine the best treatment. The results showed that increasing refining revolution increased burst, tensile and folding strength, brightness and density but decreased freeness, bulk, thickness, tear strength and opacity. Normalization equations showed that the best paper can be made from refining revolution of 9000.

Keywords: Waste newspaper, Recycled paper, Refining, PFI mill, Mechanical properties, Optical properties

* Corresponding Author; Email: nori_sh2003@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir