



دانشگاه گلستان

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

تعیین مقدار بهینه مصرف الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در اختلاط با خمیر کرافت پهن‌برگان برای تولید کاغذ کرافت لاینر

علی خلیلی‌گشت‌رودخانی^۱، * علی قاسمیان^۲ و احمدرضا سرائیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۲۹

چکیده

در این پژوهش جهت بررسی مقاومت‌های مکانیکی و ویژگی‌های نوری کاغذ کرافت لاینر حاصل از اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی با خمیر کرافت بکر مخلوط پهن‌برگان داخلی، الیاف کاغذهای کارتن و روزنامه بازیافتی براساس روش متداول در صنایع بازیافت کاغذ مجدداً به خمیر کاغذ تبدیل شدند. بعد از اندازه‌گیری درجه روانی اولیه آنها، خمیرهای یاد شده به‌صورت جداگانه پالایش شدند تا به درجه روانی مناسب برای ساخت کاغذ کرافت لاینر برسند. خمیرهای حاصل با نسبت‌های اختلاط (۵، ۱۰، ۸۰)، (۲۵، ۵۰، ۲۵)، (۱۰، ۱۰، ۷۵)، (۲۰، ۱۰، ۷۰)، (۱۵، ۱۵، ۷۰)، (۲۰، ۱۵، ۶۵)، (۲۵، ۲۵، ۵۰)، (۲۵، ۵۰، ۲۵) و (۵۰، ۲۵، ۲۵) درصد به‌ترتیب برای خمیر بکر، الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی با یکدیگر مخلوط شده و از هر کدام از ترکیب‌های بالا کاغذهای دست‌ساز تهیه شد و ویژگی‌های مکانیکی و نوری آنها با ویژگی‌های یاد شده در کاغذ دست‌ساز حاصل از ۱۰۰ درصد خمیر کرافت بکر (نمونه شاهد) مقایسه گردید. از آزمون تجزیه واریانس برای مقایسه ویژگی‌های کاغذهای ترکیبی با نمونه شاهد استفاده شد. برای تعیین بهترین تیمار از نظر مجموع ویژگی‌های مورد بررسی از معادله نرمال‌سازی استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در مخلوط خمیرها، مقاومت به کشش، پاره شدن و ترکیدن کاغذهای کرافت لاینر حاصل کاهش یافته و درجه روشنی آنها افزایش می‌یابد. با توجه به امتیازات

* مسئول مکاتبه: ali_ghasemian@yahoo.com

متعلق به هر یک از تیمارهای آزمایشی مشاهده گردید که می‌توان از مقدار ۲۵ درصد از هر یک از الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی (در مجموع ۵۰ درصد) در مخلوط خمیر کرافت بکر مخلوط پهن‌برگان استفاده کرد و کاغذی با ویژگی‌های مکانیکی و نوری مطلوب به‌دست آورد.

واژه‌های کلیدی: کاغذ باطله، خمیر کرافت پهن‌برگان، پالایش، درجه روانی، کاغذ بازیافتی، نرمال‌سازی

مقدمه

بازیافت کاغذهای باطله یکی از روش‌های تأمین مواد اولیه سلولزی مناسب برای صنایع کاغذسازی می‌باشد که در سال‌های اخیر در سطح جهانی مورد توجه جدی قرار گرفته است. در نیمه دوم قرن بیستم در بسیاری از کشورهای دنیا به دلایل مختلف از جمله محدودیت منابع سلولزی، مصرف روز افزون فرآورده‌های کاغذی، مشکلات زیست محیطی، هزینه زیاد و روز افزون کاغذ و مقوا از مواد خام لیگنوسلولزی، هزینه زیاد انرژی و غیره، استفاده از فناوری بازیافت به‌صورت جدی مورد توجه قرار گرفته است و در آستانه قرن بیست و یکم، توسعه استفاده از الیاف بازیافتی (کاغذهای باطله) به‌عنوان ماده اولیه سلولزی در صنعت کاغذسازی قادر است بخش قابل ملاحظه‌ای از کمبودهای مواد خام سلولزی در این صنعت را به‌صورت رضایت‌بخشی جبران نماید (قاسمیان و همکاران، ۲۰۰۶). از طرف دیگر با توجه به این‌که کاغذهای باطله حداقل یک‌بار مسیر تولید را گذرانده‌اند بنابراین در هنگام استفاده از این نوع الیاف مقاومت‌های کاغذهای حاصل کاهش می‌یابد (میرشکرائی، ۲۰۰۱). این امر به‌ویژه در مورد استفاده از الیاف کاغذهای روزنامه بازیافتی به‌دلیل ضعیف‌تر بودن آنها در مقایسه با سایر انواع الیاف بازیافتی بیشتر نمود پیدا می‌کند. بنابراین در این پژوهش سعی شده است تا بهترین نسبت استفاده از الیاف کاغذهای کارتن و روزنامه بازیافتی در اختلاط با خمیر کرافت بکر مخلوط پهن‌برگان از لحاظ مجموع ویژگی‌های مکانیکی و نوری مشخص شود. نتایج پژوهش‌های گذشته نشان داده است که الیاف کارتن و روزنامه قابلیت اختلاط با خمیر بکر را دارند. به‌عنوان مثال، شوارزاتین و پرزیبیز (۱۹۷۴) اختلاط خمیر بکر با خمیر بازیافتی را بررسی نموده و مشاهده کردند که در خمیر بکر مقدار نرمة‌های فعال بیشتر از خمیر بازیافتی است. در اثر اختلاط این دو خمیر با یکدیگر خواص خمیر بازیافتی بهبود می‌یابد. گست (۱۹۹۱) در بررسی مقایسه‌ای خواص کاغذ حاصل از بازیافت کاغذهای اداری و کاغذ حاصل از خمیر کرافت اکالیپتوس بیان داشت که شاخص ترکیدن، شاخص کشش و طول پارگی

حاصل از اوراق اداری در مقایسه با خمیر کرافت اکالیپتوس افزایش یافته و شاخص پاره شدن کاهش می‌یابد، او علت این امر را وجود مخلوط الیاف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در ورقه‌های اداری عنوان کرد که موجب شده خواص کاغذ حاصل شبیه کاغذ حاصل از خمیر کاغذ پهن‌برگان دست اول و یا کمی بهتر از آن باشد.

پورحسین (۱۹۹۵) اثر اختلاط کاغذ باطله در سه سطح ۵، ۷ و ۹ درصد بر خواص مقاومتی مقوای تولیدی چوکا را مورد بررسی قرار داد و گزارش نمود که افزایش درصد مصرف کاغذ باطله تا حدی سبب بهبود خواص مقاومت مقوای تولیدی می‌شود.

کونین (۱۹۹۶) آثار فرآیند بازیافت بر ویژگی‌های کاغذسازی از خمیر مکانیکی و پر بازده را تحت بررسی قرار داده و دریافت که خشک شدن الیاف در این نوع خمیرها در اولین مرحله تولید کاغذ، بیشترین تغییرات را در خواص الیاف ایجاد می‌نماید که بیشتر این تغییرات تا حد زیادی برگشت‌ناپذیرند. اما خشک شدن‌های 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 اتصالات در الیاف به‌وضوح مشاهده شد.

هنرمندی (۱۹۹۷) در مطالعه تأثیر اختلاط خمیر بازیافت شده^۱ OCC در درصدهای ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد با خمیر بکر کرافت صنوبر نشان داد که با افزایش درصد اختلاط طول پارگی، مقاومت به ترکیدن، مقاومت به کشش و مقاومت به تا شدن کاهش یافته در حالی که مقاومت به پاره شدن افزایش می‌یابد.

تتودور و کونین (۲۰۰۰) در مطالعه شناورسازی خمیر OCC بازیافت شده جهت حذف موم و چسب‌های گرما نرم نشان داده‌اند که کارخانه‌های بازیافتی OCC می‌توانند با استفاده از این سیستم در جهت حذف این آلودگی‌ها از خمیر بازیافتی به‌عنوان یک واحد مکمل سیستم غربال و تمیزسازی استفاده کنند.

فرگوسن (۲۰۰۰) مقایسه‌ای بر روی ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذهای حاصل از خمیر دست اول پهن‌برگان و همچنین خمیر مرکب‌زدایی شده کاغذ باطله انجام داد و نتیجه گرفت که با وجود نسل جدید کارخانه‌های مرکب‌زدایی، خمیر مرکب‌زدایی شده کاغذهای باطله می‌تواند رقیبی برای خمیر بکر پهن‌برگان باشد. به‌وسیله خمیر مرکب‌زدایی شده، کاغذهای چاپ و تحریر، بهداشتی و انواع کاغذهای رنگی را می‌توان با کیفیت مرغوب تهیه کرد. علاوه بر این مزیت دیگر خمیرهای مرکب‌زدایی شده نیاز کم به پالایش و گاهی عدم نیاز به پالایش می‌باشد.

1. Old Corrugated Container

قاسمیان و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر استفاده از خمیر مرکب‌زدایی شده کاغذهای روزنامه و مجله باطله در اختلاط با خمیر CMP بر ویژگی‌های کاغذهای بازیافتی حاصل را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که از خمیر مرکب‌زدایی شده نام‌برده می‌توان تا حد ۲۰ الی ۳۰ درصد به جای خمیر الیاف‌بلند وارداتی استفاده نمود و کاغذی با ویژگی‌های نوری مناسب به دست آورد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای تهیه نمونه، الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی به صورت کاملاً تصادفی از انبار موجود در شرکت صنایع چوب و کاغذ ایران (چوکا) به مقدار ۷ کیلوگرم جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که شرکت چوکا از کارتن‌های باطله به رنگ‌های سفید و قهوه‌ای و از کاغذ روزنامه باطله به صورت مخلوطی از روزنامه‌های همشهری، اطلاعات، جام‌جم، کیهان، روزنامه‌های مختلف ورزشی و غیره استفاده می‌کند که در این پژوهش به صورت تصادفی از همه این الیاف استفاده شد. کاغذهای کارتن و روزنامه باطله به تکه‌های حدود ۵ سانتی‌متر تبدیل و در محفظه‌ای با مقدار مناسب آب مقطر مخلوط شده تا خرده‌کاغذها به صورت معلق در آیند. مخلوط به مدت ۴۸ ساعت در این وضعیت باقی‌ماند. سپس وارد دستگاه الیاف‌بازکن شده و الیاف آن تا حدودی از یکدیگر جدا و در مرحله بعد آب‌گیری و خشک‌گردیدند. اندازه‌گیری درجه روانی خمیر طبق استاندارد شماره ۰۴- 227 om^1 T و پالایش آن طبق استاندارد شماره ۰۰- 248 sp^2 T آئین‌نامه TAPPI^۳ انجام گرفت. برای نمونه‌برداری خمیر از محموله خمیر موجود در داخل کارخانه از قسمت داخلی در مساحتی حدود ۲۵/۸ سانتی‌متر مربع با دقت نمونه برداری انجام داده و مقداری از آن برای تست رطوبت و بقیه برای تست‌های دیگر استفاده شد. خصوصیات خمیر کرافت مورد استفاده در این بررسی به شرح زیر می‌باشد:

درصد خشکی: ۹/۵، درجه روانی خمیر: $CSF^{۴}$ ۳۸۰، عدد کاپا: ۶۱، بازده خمیر: ۵۳/۵ درصد.

خمیرهای کرافت بکر و الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی با نسبت‌های مندرج در جدول ۱ با هم مخلوط شدند.

1. Official Test Method
2. Standard Practice
3. Technical Association of the Pulp and Paper Industries
4. Canadian Standard Freeness

علی خلیلی گشت‌رودخانه‌ی و همکاران

جدول ۱- نسبت اختلاط الیاف خمیرهای کرافت بکر و کارتن و روزنامه بازیافتی برای تهیه کاغذهای دست‌ساز.

T	S	R	Q	P	O	N	M	L	*K	کد کاغذ دست‌ساز
۲۵	۲۵	۵۰	۶۵	۷۰	۷۰	۷۵	۸۰	۸۵	۱۰۰	کرافت بکر
۲۵	۵۰	۲۵	۱۵	۱۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۰	کارتن بازیافتی
۵۰	۲۵	۲۵	۲۰	۱۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰	روزنامه بازیافتی

* نمونه شاهد

از هر یک از ترکیب‌ها براساس استاندارد شماره ۰۲- T ۲۰۵ sp آئین‌نامه TAPPI تعداد ۱۵ ورق کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی ساخته شده و کاغذهای حاصل در شرایط رطوبت نسبی ۵۰ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از ۲۴ ساعت آزمون‌های اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و نوری آنها براساس استانداردهای مربوطه در آئین‌نامه TAPPI به شرح زیر انجام و نتایج حاصل ثبت شدند:

- مقاومت به کشش نمونه‌ها براساس استاندارد شماره ۰۱- T ۴۹۴ om

- مقاومت به پاره شدن نمونه‌ها براساس استاندارد شماره ۰۴- T ۴۱۴ om

- مقاومت به ترکیدن نمونه‌ها براساس استاندارد شماره ۰۲- T ۴۰۳ om

- روشنی نمونه‌ها براساس استاندارد شماره ۰۲- T ۴۵۲ om

از آزمون تجزیه و آریانس جهت مقایسه ویژگی‌های کاغذهای ترکیبی با نمونه شاهد استفاده گردید و سپس گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن انجام گرفت. جهت انتخاب بهترین تیمار آزمایشی (بهترین کاغذ ترکیبی) به لحاظ مجموع ویژگی‌های مکانیکی و نوری، معادله نرمال‌سازی محاسبه گردید. برای محاسبه ضرایب معادله نرمال‌سازی، درصد اهمیت هر یک از ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای ترکیبی حاصل به شرح زیر و با توجه به نوع فرآورده نهایی در شرکت چوکا (کرافت لاینر) تعیین گردید (قاسمیان و همکاران، ۲۰۰۶).

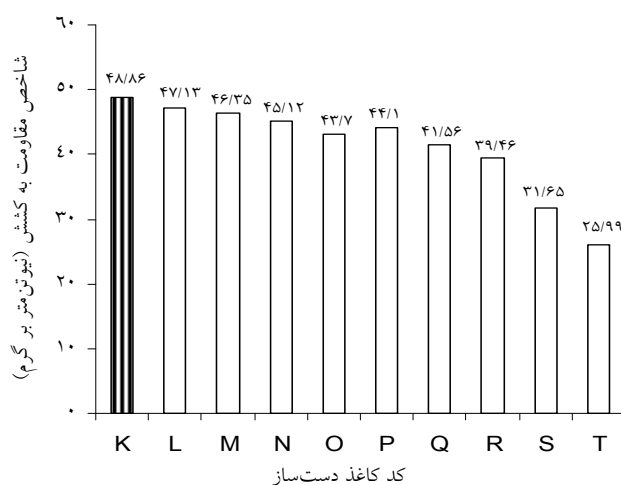
شاخص مقاومت به کشش (A): ۲۵ درصد، شاخص مقاومت به پاره شدن (B): ۲۰ درصد،

شاخص مقاومت به ترکیدن (C): ۲۵ درصد، درجه روشنی (D): ۳۰ درصد

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای دست‌ساز حاصل از هر ترکیب خمیرهای کارتن و روزنامه بازیافتی و کرافت بکر در شکل‌های ۱ تا ۴ دیده می‌شوند.

مقاومت به کشش: با توجه به شکل ۱ دیده می‌شود که با افزایش مقدار الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در مخلوط خمیر کرافت بکر، مقادیر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای حاصل کاهش می‌یابند. علت اصلی کاهش این است که چون الیاف بازیافتی حداقل یک بار مسیر تولید را طی کرده‌اند بنابراین قابلیت انعطاف‌پذیری و اتصال بین الیاف در آنها کاهش یافته و در نتیجه مقاومت به کشش کاغذ حاصل کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، اتصالاتی که بین الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و الیاف خمیر کرافت بکر ایجاد می‌شود از مقاومت کافی برای ایجاد تأثیر افزایشنده در مقاومت به کشش کاغذهای حاصل برخوردار نمی‌باشد. از طرفی شدت کاهش مقاومت به کشش با افزایش درصد استفاده از الیاف روزنامه بازیافتی بیشتر از الیاف کارتن بازیافتی می‌باشد و علت آن را می‌توان به وجود مقادیر بیشتر لیگنین در الیاف روزنامه بازیافتی نسبت به الیاف کارتن بازیافتی، که جزو خمیرهای شیمیایی و نیمه‌شیمیایی می‌باشد، نسبت داد. همچنین، با توجه به یافته‌های کوین (۱۹۹۶) در مورد افت ظرفیت جذب و ظرفیت ایجاد اتصالات در الیاف کاغذهای باطله بر اثر خشک شدن آنها، می‌توان خشک شدن کاغذهای باطله مورد استفاده در این بررسی را نیز دلیل دیگری بر کاهش مقاومت به کشش کاغذهای حاصل دانست (کوین، ۱۹۹۶).



شکل ۱- تأثیر استفاده از مقادیر مختلف اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی بر شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذ کرافت.

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت به کشش در تیمارهای مختلف در سطح ۱ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد.

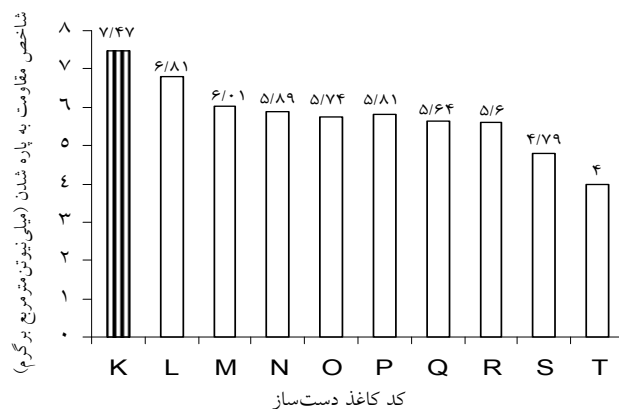
علی خلیلی گشت‌رودخانه‌ی و همکاران

جدول ۲- آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به کشش کاغذهای حاصل از اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و خمیر کرافت بکر.

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	سطح معنی‌داری*
تیمار	۴۷۷۹/۳۳۸	۹	۵۳۱/۰۳۸	۳۶۳۱/۸۳۸	۰/۰۰۰
خطا	۱۶۰/۱۳	۹۰	۰/۱۴۶		
کل	۴۷۹۲/۴۹۸	۹۹			

* معنی‌داری در سطح ۱ درصد

مقاومت به پاره شدن: نتایج حاصل از شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در مخلوط خمیر کرافت بکر، مقادیر شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل کاهش می‌یابند. نتایج به‌دست آمده از کلاسه‌بندی الیاف نشان داد که الیاف خمیر کرافت بکر پهن‌برگان دارای بیشترین طول بوده و پس از آن الیاف خمیر کارتن و روزنامه بازیافتی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از آنجا که طول الیاف یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در مقاومت به پاره شدن می‌باشد در نتیجه با افزایش مقدار الیاف کارتن یا روزنامه بازیافتی، مقادیر شاخص مقاومت به پاره شدن کاهش می‌یابد. همچنین مواردی مثل انعطاف‌پذیری اندک الیاف بازیافتی و در نتیجه قابلیت پیوندیابی ضعیف بین الیاف نیز از دیگر دلایل کاهش شاخص مقاومت به پاره شدن می‌باشند. هنرمندی (۱۹۹۷) در بررسی تأثیر اختلاط الیاف بازیافتی OCC با خمیر کرافت بکر صنوبر به نتایج مشابهی دست یافت (هنرمندی، ۱۹۹۶). همچنین، با توجه به یافته‌های کوین (۱۹۹۶) می‌توان خشک شدن کاغذهای باطله مورد استفاده در این بررسی را نیز مسئول افت شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل دانست (کوین، ۱۹۹۶).



شکل ۲- تأثیر استفاده از مقادیر مختلف اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی بر شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کرافت بکر.

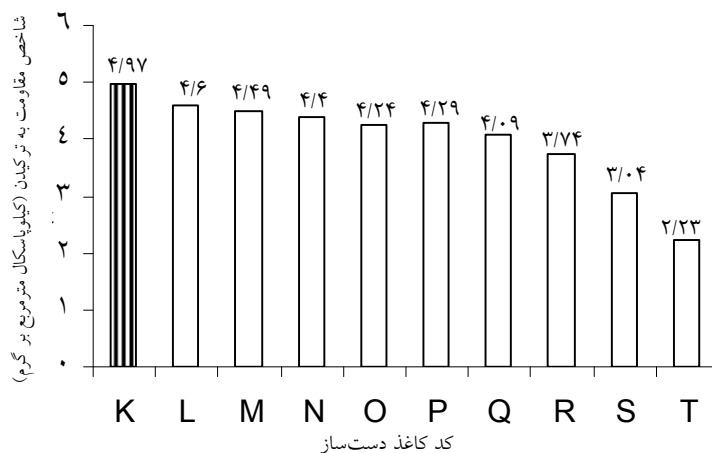
نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت به پاره شدن در تیمارهای مختلف در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۳- آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل از اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و خمیر کرافت بکر.

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	سطح معنی‌داری*
تیمار	۸۲/۵۷۵	۹	۹/۱۷۵	۴۰۷/۳۵۷	۰/۰۰۰
خطا	۲/۰۲۷	۹۰	۰/۰۲۳		
کل	۸۴/۶۰۲	۹۹			

* معنی‌داری در سطح ۱ درصد

مقاومت به ترکیدن: نتایج حاصل از شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در مخلوط خمیر کرافت بکر، مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن کاهش پیدا می‌کنند به طوری که با افزایش مقدار کل الیاف بازیافتی از ۱۵ درصد تا ۵۰ درصد مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن از ۴/۹۷ کیلوپاسکال مترمربع بر گرم (نمونه شاهد) به ۲/۲۳ کیلوپاسکال مترمربع بر گرم کاهش می‌یابد. این امر نشان‌دهنده تأثیر زیاد الیاف بازیافتی در کاهش شاخص مقاومت به ترکیدن می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود تأثیر الیاف روزنامه بازیافتی در کاهش مقاومت به ترکیدن بیشتر از تأثیر الیاف کارتن بازیافتی می‌باشد. از طرف دیگر چون یکی از مهم‌ترین عوامل در مقاومت به ترکیدن، تعداد پیوندهای بین الیاف می‌باشد و با در نظر گرفتن این که ظرفیت ایجاد اتصال در الیاف بازیافتی در اثر تکرار دفعات بازیافت کاهش یافته است، احتمالاً این امر نیز سبب کاهش مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن می‌شود. به‌علاوه، یافته‌های کوین (۱۹۹۶) نیز نشان داده است که خشک شدن کاغذهای باطله حاصل از خمیرهای مکانیکی و پر بازده سبب افت ظرفیت ایجاد اتصالات در الیاف و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ خواهد شد. بنابراین، در این پژوهش نیز احتمالاً این پدیده مسئول افت مقاومت به ترکیدن می‌باشد (کوین، ۱۹۹۶).



شکل ۳- تأثیر استفاده از مقادیر مختلف اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی بر شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کرافت بکر.

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن در تیمارهای مختلف در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

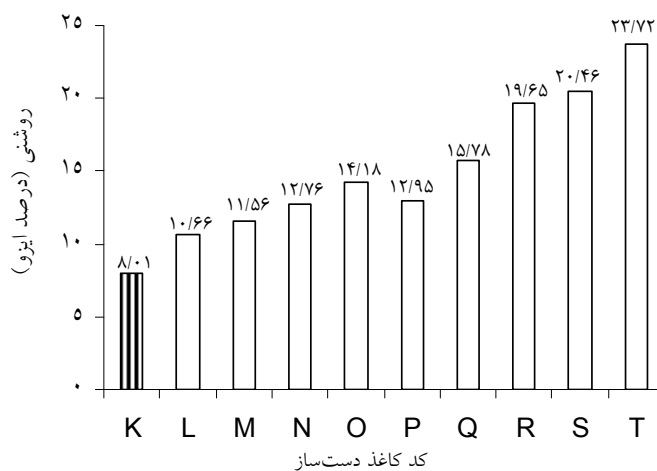
جدول ۴- آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و خمیر کرافت بکر.

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	سطح معنی‌داری*
تیمار	۶۲/۶۲۰	۹	۶/۹۵۸	۵۴۶۲/۳۲۷	۰/۰۰۰
خطا	۰/۱۱۵	۹۰	۰/۰۰۱		
کل	۶۲/۷۳۵	۹۹			

* معنی‌داری در سطح ۱ درصد

درجه روشنی: نتایج مربوط به درجه روشنی کاغذهای حاصل از اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و خمیر کرافت بکر (شکل ۴) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در مخلوط خمیر کرافت بکر، مقادیر درجه روشنی کاغذهای حاصل افزایش پیدا می‌کنند به طوری که با افزایش مقدار کل الیاف بازیافتی از ۱۵ درصد تا ۵۰ درصد، مقادیر درجه روشنی از ۸/۰۱

درصد ایزو به ۲۳/۷۲ درصد ایزو می‌رسد. همچنین شدت افزایش درجه روشنی با افزایش مقدار الیاف روزنامه بازیافتی بیشتر از الیاف کارتن بازیافتی می‌باشد. علت این قضیه بیشتر بودن ذاتی درجه روشنی الیاف روزنامه بازیافتی نسبت به الیاف کارتن بازیافتی می‌باشد. بنابراین از آنجا که وجود درجه روشنی مناسب (حدود ۲۰-۳۰ درصد ایزو) در خمیر بکر رنگ‌بری نشده کرافت برای صنایع چوب و کاغذ ایران (چوکا) مهم می‌باشد، استفاده از الیاف بازیافتی به‌ویژه الیاف روزنامه بازیافتی می‌تواند راه‌حل مناسب برای دستیابی به این مورد باشد. بررسی قاسمیان و همکاران (۲۰۰۶) نشان داده است که خمیر مرکب‌زدایی شده کاغذ روزنامه بازیافتی در اختلاط با خمیر بکر پهن‌برگان از قابلیت مناسبی برای تقویت درجه روشنی کاغذهای حاصل برخوردار می‌باشد. بنابراین، استفاده از مقادیر حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد خمیر مرکب‌زدایی و ترجیحاً رنگ‌بری شده کاغذهای روزنامه بازیافتی می‌تواند در بهبود درجه روشنی خمیر بکر رنگ‌بری نشده کرافت تولیدی صنایع چوب و کاغذ ایران بسیار مفید باشد (قاسمیان و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۴- تأثیر استفاده از مقادیر مختلف اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی بر درجه روشنی خمیر کرافت بکر.

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که بین مقادیر درجه روشنی در تیمارهای مختلف در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

علی خلیلی گشت‌رودخانی و همکاران

جدول ۵- آزمون تجزیه واریانس درجه روشنی کاغذهای حاصل از اختلاط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و خمیر کرافت بکر.

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	سطح معنی‌داری*
تیمار	۸۰۴۲/۰۷	۹	۸۹۳/۵۶۴	۳۵۶۹۰/۶۸۶	۰/۰۰۰
خطا	۲/۲۵۳	۹۰	۰/۰۲۵		
کل	۸۰۴۴/۳۲۸	۹۹			

* معنی‌داری در سطح ۱ درصد

معادله نرمال‌سازی: بعد از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای دست‌ساز حاصل از هر ترکیب (مخلوط الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی و خمیر کرافت بکر) (جدول ۱)، به‌منظور تعیین بهترین تیمار آزمایشی (بهترین ترکیب) از نظر مجموع ویژگی‌های مکانیکی و نوری، معادله نرمال‌سازی مربوطه محاسبه گردید. برای محاسبه ضرایب معادله نرمال‌سازی، درصد اهمیت هر یک از ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای حاصل به شرح پیش گفته (بخش مواد و روش‌ها) و با توجه به نوع فرآورده نهایی مورد انتظار از خط تولید کارخانه چوکا یعنی کاغذ کرافت بسته‌بندی، تعیین شد. سپس معادله نرمال‌سازی مربوطه به شرح زیر محاسبه گردید:

$$Y = 0.006049 A + 0.03460 B + 0.06234 C + 0.02004 D = 1$$

که در آن:

A- میانگین کل مقادیر شاخص مقاومت به کشش

B- میانگین کل مقادیر شاخص مقاومت به پاره شدن

C- میانگین کل مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن

D- میانگین کل مقادیر درجه روشنی

سپس با توجه معادله یاد شده مقادیر امتیاز تعلق یافته به هر یک از تیمارهای آزمایشی به شرح

جدول شماره ۶ محاسبه گردیدند.

جدول ۶- مقادیر امتیازات تعلق یافته به هر یک از تیمارهای آزمایشی بر اساس معادله نرمال‌سازی.

T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K	کد کاغذ دست‌ساز
۰/۹۱۰۰	۰/۹۵۶۷	۱/۰۵۹۴	۱/۰۱۷۷	۰/۹۹۴۷	۱/۰۱۷۷	۱/۰۰۶۷	۱/۰۰۲۳	۱/۰۲۱۱	۱/۰۲۴۴	امتیاز تعلق یافته

با توجه به جدول بالا دیده می‌شود که تیمار آزمایشی R با امتیاز ۱/۰۵۹۴ دارای بیشترین امتیاز یا به عبارت دیگر بهترین مجموع ویژگی‌های مکانیکی و نوری می‌باشد. در این تیمار آزمایشی (کاغذ دست‌ساز) از مقدار ۵۰ درصد خمیر کرافت بکر مخلوط پهن‌برگان داخلی به همراه ۲۵ درصد الیاف کارتن بازیافتی و ۲۵ درصد الیاف روزنامه بازیافتی استفاده شده است. این امر نشان می‌دهد که می‌توان از مقدار ۲۵ درصد از هر یک از الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در اختلاط با خمیر کرافت بکر تولیدی صنایع چوب و کاغذ ایران استفاده کرد و کاغذی با ویژگی‌های مکانیکی و نوری مطلوب به دست آورد. همچنین کاغذ دست‌ساز حاصل از تیمار آزمایشی L با امتیاز ۱/۰۲۱۱ در رتبه بعدی قرار دارد که در آن از مقدار ۸۵ درصد خمیر کرافت بکر به همراه ۱۵ درصد الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی استفاده شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده هم‌زمان از الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی در ترکیب با خمیر کرافت مخلوط پهن‌برگان در صنایع چوب و کاغذ ایران برای تولید کاغذ کرافت لاینر با ویژگی‌های مکانیکی و نوری مطلوب امکان‌پذیر است. از آنجا که در این کارخانه، با توجه به سفارش خریداران، وجود ویژگی‌های نوری (درجه روشنی حدود ۳۰-۲۰ درصد ایزو) در کاغذ کرافت لاینر تولیدی از اهمیت زیادی برخوردار است، بنابراین استفاده از مقدار ۲۵ درصد الیاف کاغذ روزنامه بازیافتی به همراه ۲۵ درصد الیاف کارتن بازیافتی در اختلاط با خمیر کرافت بکر منجر به تولید کاغذ مورد نظر کارخانه و خریداران خواهد شد. استفاده از الیاف کاغذ روزنامه در مقادیر بیشتر از ۲۵ درصد مجاز نمی‌باشد چون به‌رغم افزایش درجه روشنی به‌عنوان یک ویژگی مهم برای بهبود چاپ‌پذیری کاغذ کرافت لاینر، منجر به کاهش ویژگی‌های مکانیکی کاغذ یاد شده خواهد شد. در

شرایطی که ویژگی‌های نوری (درجه روشنی) چندان مهم نباشند، استفاده از الیاف کارتن و روزنامه بازیافتی باید در سطح کلی ۱۵ درصد (کاغذ دست‌ساز کد L با امتیاز ۱/۰۲۱۱) محدود شود.

منابع

1. Ferguson, L.D. 2000. Properties that allows DIP to be used as a hardwood substitute. TAPPI paper markers conference and trade fair. Canada, book, 2: 611-622.
2. Ghasemian, A., Resalati, H., Enayati, A., and Pinder, K.L. 2006. ONP/OMG Deinking, Part 2: Effects of DIP Use on the Properties of Local CMP Pulp. Iranian J. Nat. Resour., 59:3. 727-740.
3. Guest, D.A. 1991. The effect of recycling on paper quality. Paper technology. 32:6. 88-914.
4. Honarmandi, K. 1996. Investigation on the physical and mechanical properties of Poplar kraft pulp with various mixtures of corrugated medium. Tehran University. 102p. (In Persian)
5. Kevin, L.A.W. 1996. Effects of recycling on papermaking properties of mechanical and high yield pulps. TAPPI J. 79:3.
6. Mirshokraei, S.A. 2001. Guide to waste paper. Aeej Publication. 140p. (Translated In Persian)
7. Poorhossein, V. 1995. Study on the effect of waste paper use on the mechanical properties of paper in Iran Wood and Paper Industry (Chooka), (M.Sc. Thesis). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 87p. (In Persian)
8. Szwarcztajen, E., and Przybysz, K. 1974. Zetlest. Pap (Berlin). 23:71. 203.
9. Theodore, J., and Kevin, K. 2000. A laboratory study of OCC flotation for removal of model sticky particles. TAPPI J., July 2000, 45p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 16(3), 2009

www.gau.ac.ir/journals

Optimization of the Use of Recovered OCC/ONP in Mixture with Virgin Hardwoods Kraft Pulp to Produce Kraft Liner Paper

A. Khalili Gasht Roodkhani¹, *A. Ghasemian² and A.R. Saracian²

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

Abstract

In order to determine the mechanical and optical properties of kraft liner paper made of the mixture of recovered OCC/ONP fibers with mixed local hardwoods virgin kraft pulp, OCC/ONP papers have been repulped in the common method of the paper recycling industry. The initial freeness value of each pulp was measured and they were separately refined to reach the suitable freeness value required to make kraft liner paper. The pulps have been mixed at (85, 10, 5), (80, 10, 10), (75, 10, 15), (70, 10, 20), (70, 15, 15), (65, 15, 20), (50, 25, 25), (25, 50, 25) and (25, 25, 50) percentage rates of virgin kraft pulp, OCC and ONP papers, respectively. Handsheets were made, according to the related TAPPI standard test methods, from each mixture (treatment) and their mechanical and optical properties have been determined. The results were compared with those of control sample (100% virgin kraft pulp) using ANOVA technique. Normalization equation was calculated to determine the best treatment. The results have shown that with increasing the amount of OCC/ONP fibers in the mixture of pulps, tensile, tear and burst indices of the produced kraft liner paper decreased and brightness increased, in comparison to those of the control sample. According to the calculated normalization equation, the score of each treatment showed that 25/25 percent of OCC/ONP fibers (totally 50 percent) can be used in the mixture of local hardwood virgin kraft pulp to produce kraft liner paper with appropriate mechanical and optical properties.

Keywords: Recovered Paper, Hardwoods Kraft Pulp, Refining, Freeness, Recycled Paper, Normalization

* Corresponding Author; Email: ali_ghasemian@yahoo.com