

جزء‌سازی خمیر کاغذ OCC و تاثیر اختلاط آن با خمیر کاغذ کرافت بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ

محمد طلایی پور^۱ و رمضان قربانی کردخیلی^۲

۱) استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. نویسنده مسؤل: m.talaeipoor@srbiau.ac.ir

۲) کارشناسی ارشد رشته صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱

چکیده

در این تحقیق جزء‌سازی الیاف خمیر کاغذ OCC و پالایش جزء الیاف بلند آن به منظور اختلاط با خمیر کاغذ کرافت بکر مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر مقادیر مختلف اختلاط اجزای بلند و کوتاه با خمیر کاغذ کرافت بر خواص فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین از طریق جزء‌سازی الیاف، نقش هر کدام از اجزای الیاف بلند و کوتاه خمیر کاغذ OCC به‌طور دقیق‌تر مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. نتایج تحقیق نشان داد که جزء‌سازی الیاف خمیر کاغذ OCC می‌تواند به عنوان روشی کارآمد در شناخت بهترین ترکیب خمیر کاغذ برای ساخت کاغذ مطرح گردد. پالایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC و اختلاط آن با خمیر کاغذ کرافت بکر باعث افزایش معنی‌دار مقاومت‌های مکانیکی کاغذ نسبت به خمیر کاغذ کرافت بکر گردید. بررسی نتایج نشان داد جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC باعث کاهش مقاومت‌های مکانیکی کاغذ می‌گردد ولی با توجه به بهبود مقاومت‌های مکانیکی کاغذ از طریق پالایش جزء الیاف بلند، امکان استفاده از جزء الیاف کوتاه، بدون اینکه مقاومت‌های کاغذ کاهش یابد، نیز وجود دارد. همچنین استفاده از جزء الیاف کوتاه باعث کاهش تخلخل کاغذ و بهبود مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا گردید. بنابراین از طریق تلفیق روش جزء‌سازی الیاف خمیر کاغذ OCC و پالایش آن می‌توان تا ۵۰ درصد خمیر کاغذ OCC را با خمیر کاغذ کرافت بکر مخلوط نمود و به خواصی بهتر از کاغذ کرافت بکر دست یافت.

واژه‌های کلیدی: بازیافت کاغذ، OCC، الیاف بازیافتی، کرافت، جزء‌سازی، مقاومت به کشش، مقاومت به پاره شدن.

مقدمه

می‌باشند. این موضوع در مورد کاغذهای بسته‌بندی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، زیرا مقاومت‌های مکانیکی این‌گونه کاغذها از ضرورت‌های اولیه و مهم جهت استفاده از آنها در صنایع بسته‌بندی است. بنابراین بهبود خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی یکی از چالش‌های پیش‌روی تولیدکننده‌های کاغذ می‌باشد. کاغذهای کرافت سفید نشده بخش بسیار مهمی از مصرف کاغذ در جهان را به خود اختصاص می‌دهند. در واقع بخش بسیار زیادی از کاغذهای کرافت سفید نشده برای تولید کارتن مورد استفاده قرار

همزمان با توسعه جوامع بشری و نیاز هر چه بیشتر به بسته‌بندی فرآورده‌های صنعتی، نیاز به کاغذهای بسته‌بندی از جمله کاغذهای کرافت افزایش یافته است. از طرفی کمبود منابع چوبی برای تولید کاغذ سبب گردیده است که بازیافت کاغذهای مصرف شده بیش از گذشته مورد توجه قرار گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد که کاغذهای بازیافتی از ویژگی‌های کاغذهای بکر برخوردار نیستند (Mckinney, 1995) و به عبارت دیگر از نظر خواص مقاومتی ضعیف‌تر از کاغذهای بکر

عملی در کارخانه‌های کاغذسازی گردیده است. از میان روش‌های پیشنهادی جهت بهبود مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای بازیافتی، روش جزء‌سازی از پتانسیل بیشتری جهت کاربرد عملی در کارخانه‌ها برخوردار است. در این تحقیق از روشی ترکیبی جهت بهبود خواص مقاومتی الیاف بازیافتی استفاده شده است. به عبارت دیگر در این تحقیق سعی شده است علاوه بر جزء‌سازی الیاف بازیافتی، تاثیر پالایش بر بخشی از الیاف جزء‌شده نیز مورد توجه قرار گیرد. اختلاط اجزاء مختلف الیاف بازیافتی پالایش شده و نشده با الیاف کرافت بکر و تاثیر آن بر خواص مقاومتی کاغذ حاصل، از اهداف دیگر این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها خمیرسازی

به منظور تامین خمیر کاغذ OCC، مقدار ۱۰ کیلوگرم کارتن باطله سه لایه جمع آوری و به قطعات ۵×۵ سانتی‌متر بریده شد. تکه‌های کارتن باطله با درصد خشکی ۱۰ درصد به مدت ۴ ساعت در آب خیسانده شده و سپس در یک همزن آزمایشگاهی^۱ با غلظت ۱/۵ درصد و ۳۰۰۰ دور در دقیقه به خمیر تبدیل شدند. پس از خمیرسازی، مرحله آبیگری انجام گردیده و خمیر کاغذ حاصل با غلظت ۱۰ درصد درون کیسه‌های پلاستیکی جمع‌آوری و نگهداری شد. خمیر کرافت مورد نیاز نیز از برج ذخیره خمیر کاغذ کارخانه چوب و کاغذ ایران (چوکا) تهیه گردید. شرایط خمیر کرافت کارخانه چوکا در جدول ۱ آورده شده است.

می‌گیرند که در بسته‌بندی فرآورده‌های صنعتی بکار می‌رود.

استفاده از کاغذهای بازیافتی به صورت خالص و یا در ترکیب با کاغذهای بکر نشان داده است که خواص مقاومتی کاغذهای حاصل کاهش می‌یابد. (Mousa-Nazhad (2005 گزارش نمود که کاهش مقاومت الیاف بازیافتی در اثر کاهش انعطاف‌پذیری و تغییر شرایط سطحی الیاف بازیافتی است به نحوی که به‌ویژه در خمیر کاغذهای شیمیایی، خشک شدن کاغذ باعث توسعه پیوندها بین لایه‌های مختلف دیواره سلولی شده و در نتیجه انعطاف‌پذیری الیاف کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری (Lumaiainen (1992 نشان داد که کاهش مقاومت‌های مکانیکی الیاف بازیافتی به کاهش سطوح پیوند خورده الیاف به یکدیگر مربوط می‌شود و استحکام پیوند بین فیبر- فیبر در الیاف بازیافتی معادل الیاف بکر است. روش‌های مختلفی جهت بهبود خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی ارائه گردیده است که از آن جمله می‌توان به فرآوری الیاف با هیدروکسیدسدیم، استفاده از نشاسته کاتیونی، پالایش الیاف بازیافتی و جزء‌سازی الیاف بازیافتی اشاره کرد.

طلایی‌پور (۱۳۸۸) نشان داد که از طریق پالایش الیاف بازیافتی می‌توان خواص مقاومتی و نوری کاغذهای بازیافتی را بهبود بخشید. (1995) Abubakr در مطالعه بر روی جزء‌سازی الیاف بازیافتی نتیجه گرفت که بین خواص مقاومتی الیاف بازیافتی جزء جزء شده و جزء‌شده نشده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اگرچه در مورد روش‌های بهبود خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی تحقیقات زیادی انجام گرفته است، ولی این پژوهش‌ها کمتر منجر به ارائه روش‌های

¹ Disintegrator

جدول ۱. شرایط خمیر کاغذ کرافت کارخانه چوب و کاغذ ایران

ویژگی خمیر کاغذ کرافت		شرایط پخت خمیر کاغذ کرافت		
بازده (درصد)	سولفیدیت (درصد)	قلیابیت فعال (درصد)	زمان پخت (ساعت)	دمای پخت (سانتی گراد)
۵۴/۴	۲۵	۲۰	۱	۱۷۰

جدول ۲. نتایج طبقه‌بندی الیاف خمیر کاغذهای کرافت و OCC

نوع الیاف	نوع خمیر کاغذ	خمیر کاغذ کرافت (درصد)	خمیر کاغذ OCC (درصد)
R 14	۰/۴	۰	
R 30	۵/۷	۲۲/۸	
R 50	۵۰/۵	۲۵/۵۹	
R 100	۳۱/۲	۲۶/۷۶	
R 200	۴/۲	۲/۴۷	
افت الیاف	۸/۰	۲۲/۳۸	

دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی (PFI) کارخانه چوب و کاغذ مازندران استفاده شد. درجه روانی اولیه خمیر کاغذ کرافت ۶۵۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی بود که توسط پالایشگر آزمایشگاهی به ۵۰۰ میلی لیتر رسانده شد. درجه روانی جزء الیاف بلند OCC، ۵۹۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی بود که توسط پالایشگر آزمایشگاهی به ۴۹۰ میلی لیتر رسانده شد. تعیین درجه روانی خمیر کاغذها بر اساس استاندارد شماره T227om-92 آیین نامه TAPPI انجام گرفت.

اختلاط خمیر کاغذها

به منظور بررسی تاثیر جزء جزء سازی و پالایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC در اختلاط با خمیر کاغذ کرافت، درصدهای مختلفی از جزء الیاف بلند و جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC با خمیر کاغذ کرافت مخلوط گردیدند (جدول ۳). خمیر کاغذ شاهد در این تحقیق، خمیر کاغذ کرافت خالص در نظر گرفته شد.

طبقه‌بندی الیاف خمیر کاغذ OCC

طبقه‌بندی الیاف بر اساس استاندارد شماره T233om-92 آیین نامه TAPPI انجام گرفت. خمیر کاغذهای کرافت و OCC توسط دستگاه طبقه‌بندی الیاف کارخانه چوب و کاغذ مازندران مورد آزمون قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

به منظور بررسی تاثیر جزء جزء سازی الیاف بر خواص خمیر کاغذ، خمیر OCC توسط دستگاه کلاسه بندی الیاف به دو کلاسه، جزء جزء شد. به همین منظور آن بخش از الیاف که روی الک ۱۰۰ باقی ماندند به عنوان جزء الیاف بلند OCC^۱ و آن بخش از الیاف که از الک ۱۰۰ عبور نمودند، به عنوان جزء الیاف کوتاه OCC^۲ در نظر گرفته شد.

پالایش

پالایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC بر اساس استاندارد شماره T248om-85 آیین نامه TAPPI انجام گرفت. برای انجام پالایش الیاف از

^۱ Long Fiber Fraction

^۲ Short Fiber Fraction

جدول ۳. شرايط اختلاط خمير كاغذ OCC جزء جزء شده و خمير كاغذ كرافت

تيمار	خمير كاغذ كرافت (درصد)	جزء الياف بلند OCC (درصد)	جزء الياف كوتاه OCC (درصد)
۱	۱۰۰	۰	۰
۲	۹۰	۰	۰
۳	۸۵	۱۰	۵
۴	۸۰	۰	۱۰
۵	۷۰	۰	۰
۶	۶۵	۳۰	۵
۷	۶۰	۰	۱۰
۸	۵۰	۰	۰
۹	۴۵	۵۰	۵
۱۰	۴۰	۰	۱۰

ساخت كاغذهاي دست‌ساز

از هر تركيب خمير كاغذ، كاغذهاي دست‌ساز ۱۲۰ گرم بر مترمربع با استفاده از دستگاه ساخت كاغذ دست‌ساز^۱ كارخانه چوب و كاغذ مازندران بر اساس استاندارد شماره 88 T205-om آيين نامه TAPPI (Tappi Standard Methods, 2005) ساخته شد.

اندازه‌گيري ويژگي‌هاي كاغذ دست‌ساز

پس از ساخت كاغذهاي دست‌ساز خواص فيزيكي و مكانيكي كاغذهاي دست‌ساز بر اساس دستورالعمل‌هاي آيين‌نامه TAPPI به شرح زير انجام گرفت.

وزن پايه: T 410 om-88 ؛ ضخامت: T 410 om-89 ؛ مقاومت به عبور هوا: T 547 om-88 ؛ مقاومت به كشش: T 404 om-92 ؛ مقاومت به تركيدن: T 403 om-91 ؛ مقاومت به پاره شدن: T 414 om-98

دوام در برابر تا شدن: T 511 om-88

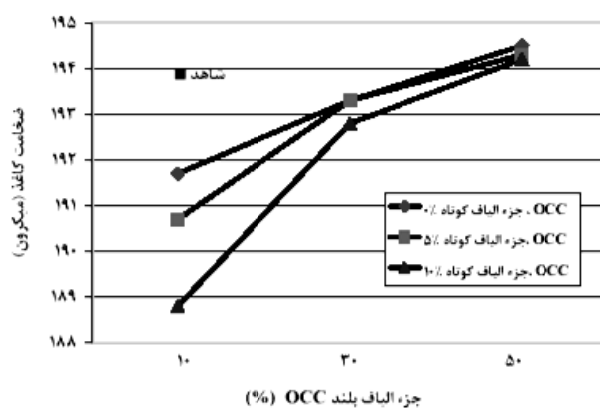
نتايج

ضخامت كاغذ

در شكل ۱ تاثير اختلاط خمير كاغذ OCC جزء جزء شده با خمير كاغذ كرافت بر ضخامت كاغذهاي دست‌ساز نشان داده شده است. ضخامت كاغذهاي دست‌ساز حاصل از اختلاط خمير كاغذ OCC با خمير كاغذ كرافت در بسياري از موارد كمتر از خمير شاهد مي‌باشد. اين موضوع بويژه به هنگام استفاده از ۱۰ درصد جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC نمايان مي‌شود. نکته حايز اهميت اين كه افزايش جزء الياف كوتاه خمير كاغذ OCC در همه موارد باعث کاهش ضخامت كاغذهاي دست‌ساز گرديد. همچنين بيشترين تاثير جزء الياف كوتاه خمير OCC بر تغييرات ضخامت كاغذهاي دست‌ساز، به هنگام استفاده از حداقل جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC نمايان گرديد.

نتايج تجزيه و تحليل آماري نشان داد كه بين ضخامت كاغذهاي دست‌ساز حاصل از خمير شاهد و اختلاط اجزاي خمير OCC با خمير كرافت در سطح ۵ درصد اختلاف معني‌داري وجود ندارد (شكل ۱).

¹ Handsheet Maker

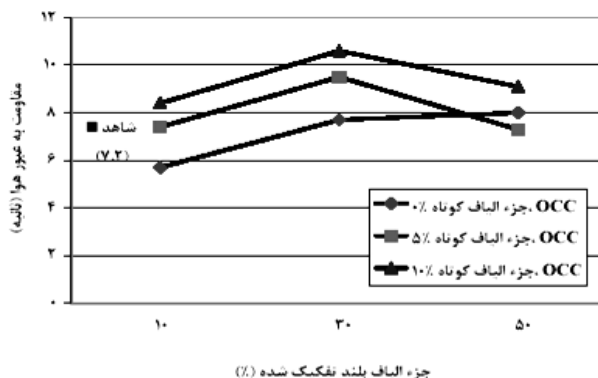


شکل ۱. تاثیر اختلاط خمیر OCC تفکیک شده با خمیر کرافت بر ضخامت کاغذ

هوای نسبت به خمیر کاغذ شاهد گردیده است. در این میان تاثیر جزء الیاف کوتاه OCC بسیار نمایان است. به عبارت دیگر با افزایش مصرف جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC مقاومت کاغذ به عبور هوای بیشتر شده است.

مقاومت کاغذ به عبور هوا

در شکل ۲ تغییرات مقاومت کاغذ به عبور هوا برای خمیر کاغذ شاهد و اختلاط اجزای خمیر کاغذ OCC با خمیر کرافت نشان داده شده است. افزودن اجزای الیاف بلند و کوتاه خمیر کاغذ OCC باعث افزایش مقاومت کاغذ به عبور



شکل ۲. تاثیر اختلاط خمیر OCC تفکیک شده با خمیر کرافت بر مقاومت کاغذ به عبور هوا

است. خمیر شاهد و نیز اختلاط خمیر شاهد با ۱۰ درصد جزء الیاف بلند خمیر OCC کمترین مقاومت کاغذ به عبور هوا را ایجاد نموده‌اند. در جدول ۵، نتایج آزمون دانکن در خصوص مقایسه مقاومت کاغذهای دست ساز به عبور هوا در تیمارهای مختلف نشان داده شده است.

نتایج آزمون آماری حاکی از آن است که بین خمیر کاغذ شاهد و اختلاط اجزای خمیر کاغذ OCC با خمیر کرافت در مقاومت کاغذ به عبور هوا اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین مقاومت کاغذ به عبور هوا به هنگام استفاده از ۳۰ درصد جزء الیاف بلند خمیر OCC حاصل گردیده

جدول ۵. نتايج آزمون دانكن مقاومت كاغذهاى دست ساز به عبور هوا

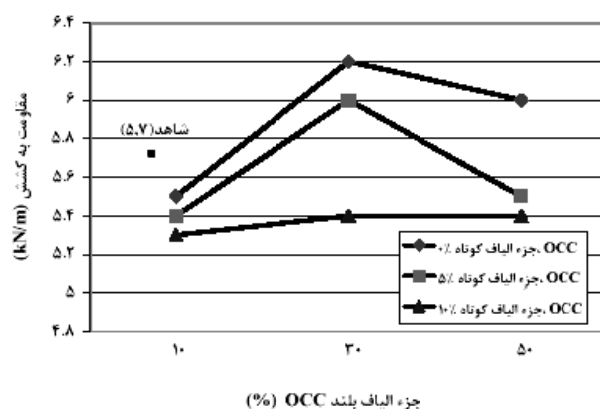
تيمار	تعداد	مقاومت به عبور هوا (ثانيه) $\alpha=0.05$				
		۱	۲	۳	۴	۵
۲	۳	۵/۶				
۱	۳	۶/۹	۶/۹			
۹	۳	۷/۱	۷/۱	۷/۱		
۳	۳	۷/۴	۷/۴			
۵	۳	۷/۷	۷/۷	۷/۷		
۸	۳	۸/۳	۸/۳	۸/۳		
۴	۳	۸/۴	۸/۴	۸/۴		
۱۰	۳	۸/۹	۸/۹			
۶	۳	۹/۵	۹/۵			
۷	۳	۱۱/۱				

مقاومت به كشش

در شكل ۳، نتايج مقاومت به كشش كاغذهاى دست ساز حاصل از خمير كاغذ شاهد و اختلاط اجزای خمير كاغذ OCC با خمير كاغذ كرافت نشان داده شده است. نتايج حاكي از آن است كه در بيشتر موارد اختلاط اجزای خمير كاغذ OCC با خمير كاغذ كرافت باعث كاهش مقاومت به كشش كاغذهاى دست ساز نسبت به نمونه شاهد گرديده است. در اين ميان تنها خميرهايي كه

حاوي ۳۰ و ۵۰ درصد جزء الياف بلند OCC با كمترين مقدار جزء الياف کوتاه OCC هستند مقاومت به كشش بيشترى را در مقايسه با خمير كاغذ شاهد دارند.

نتايج بررسى مقاومت به كشش نشان داد كه بين خمير كاغذ شاهد و اختلاط اجزای خمير كاغذ OCC با خمير كاغذ كرافت در مقاومت كاغذهاى دست ساز به كشش اختلاف وجود ندارد.

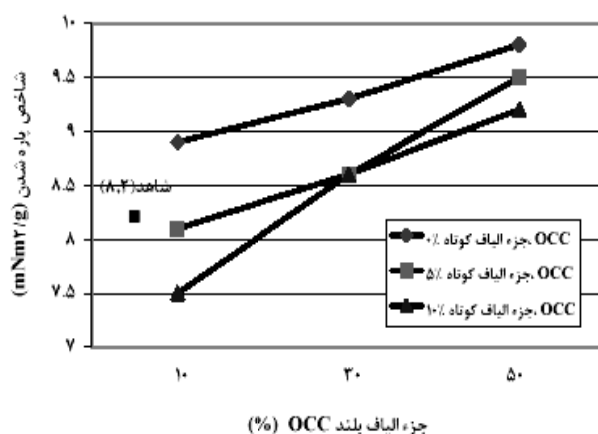


شكل ۳. تاثير اختلاط خمير OCC تفكيك شده با خمير كرافت بر مقاومت به كشش كاغذ

مقاومت به پاره شدن

در شکل ۴ نتایج مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست‌ساز نشان داده شده است. استفاده از اجزای خمیر کاغذ OCC می‌تواند باعث افزایش مقاومت کاغذ به پاره شدن گردد. در واقع هر چه میزان اجزای بلند خمیر کاغذ OCC بیشتر گردیده، مقاومت کاغذ به پاره شدن نیز افزوده شده است. نکته قابل توجه این که اجزای الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC تاثیر معکوسی بر مقاومت به پاره شدن کاغذ داشته‌اند، به این معنی که با افزایش مصرف

این‌گونه الیاف مقاومت کاغذهای دست‌ساز به پاره شدن کاهش یافته است. البته با توجه به شکل، مشخص می‌گردد که تاثیر مثبت اجزای الیاف بلند خمیر کاغذ OCC به نحوی است که در بیشتر موارد اثر کاهنده اجزای الیاف کوتاه OCC را زیر پوشش خود قرار داده و مقاومت کاغذ نسبت به نمونه شاهد بیشتر شده است.



شکل ۴. تاثیر اختلاط خمیر OCC تفکیک شده با خمیر کرافت بر مقاومت به پاره شدن کاغذ

جدول ۶. نتایج آزمون دانکن مربوط به مشخصه مقاومت کاغذهای دست‌ساز به پاره شدن در بین تیمارهای مختلف

مقاومت به پاره شدن (mN) $\alpha=0.05$			تعداد	تیمار
۴	۳	۲		
		۱	۳	۳
		۲	۳	۴
		۳	۳	۱
	۱۰۲۲	۱۰۲۲	۳	۶
۱۰۴۷	۱۰۴۷	۱۰۴۷	۳	۷
۱۰۶۶/۷	۱۰۶۶/۷	۱۰۶۶/۷	۳	۲
۱۱۰۳	۱۱۰۳		۳	۵
۱۱۰۹/۳	۱۱۰۹/۳		۳	۱۰
۱۱۳۷/۳			۳	۹
۱۱۴۰/۷			۳	۸

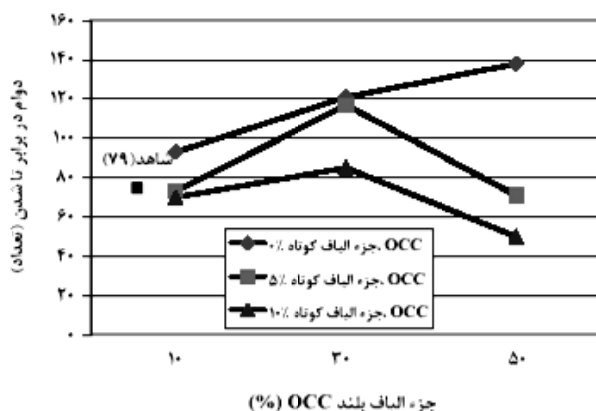
نتايج نشان داد كه افزودن اجزاي الياف بلند خمير كاغذ OCC باعث افزايش مقاومت كاغذ به تا شدن مي‌گردد. در حالي كه افزودن اجزاي الياف کوتاه خمير كاغذ OCC از مقاومت كاغذ به تا شدن مي‌كاهد.

نتايج نشان داد كه بين ۳۰ تا ۵۰ درصد جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC را براي افزايش مقاومت به تا شدن كاغذ مي‌توان به خمير كاغذ كرافت اضافه كرد، به شرطي كه از جزء الياف کوتاه OCC استفاده نگرديد يا مصرف آن به ۵ درصد محدود شود.

نتايج آزمون آماری نشان داد كه تاثير اجزاي خمير كاغذ OCC بر مقاومت به پاره شدن كاغذهاي دست‌ساز معنی‌دار است. بيشتري مقاومت كاغذ به پاره شدن با افزودن ۵۰ درصد جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC به خمير كاغذ كرافت حاصل گرديد. در جدول ۶ نتايج آزمون دانكن مربوط به مشخصه مقاومت به پاره‌شدن كاغذهاي دست‌ساز در تيمارهاي مختلف آورده شده است.

مقاومت به تا شدن

در شكل ۵، نتايج مقاومت به تا شدن كاغذهاي دست‌ساز نشان داده شده است. بررسي



شكل ۵. اثر اختلاط خمير OCC تفكيك شده با خمير كرافت بر مقاومت كاغذ به تا شدن

مي‌گردد. همچنين استفاده از جزء الياف کوتاه خمير OCC از مقاومت به تا شدن كاغذهاي دست‌ساز مي‌كاهد. در جدول ۷ نتايج آزمون دانكن مربوط به مشخصه مقاومت كاغذهاي دست‌ساز به تا شدن آورده شده است.

نتايج آزمون آماری نشان داد كه بين مقاومت كاغذهاي دست‌ساز به تا شدن اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در واقع اگرچه افزودن اجزاي الياف بلند خمير كاغذ OCC باعث بهبود مقاومت به تا شدن كاغذ گرديده است، ولي استفاده زياد از اين نوع الياف باعث کاهش مقاومت به تا شدن

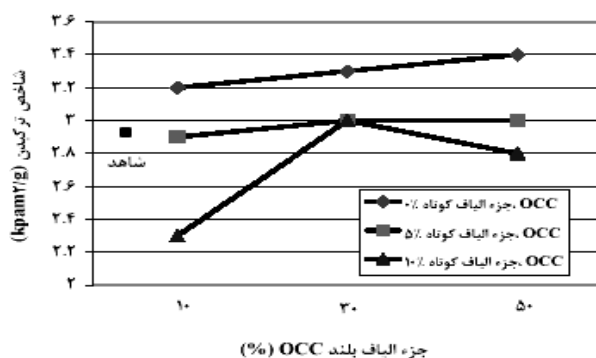
جدول ۷. نتایج آزمون دانکن مقاومت کاغذهای دست‌ساز به تا شدن

تیمار	تعداد	مقاومت به تا شدن (تعداد) $\alpha=0.05$		
		۱	۲	۳
۱۰	۳	۵۰		
۴	۳	۷۰	۷۰	
۹	۳	۷۱	۷۱	
۳	۳	۷۳	۷۳	
۱	۳	۷۹	۷۹	
۷	۳	۸۵	۸۵	۸۵
۲	۳	۹۳	۹۳	۹۳
۶	۳	۱۱۷	۱۱۷	۱۱۷
۵	۳	۱۲۱	۱۲۱	۱۲۱
۸	۳	۱۳۸		

مقاومت به ترکیدن

در شکل ۶، نتایج مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز آورده شده است. با استفاده از اجزای خمیر کاغذ OCC به صورت مخلوط با خمیر کاغذ کرافت، مقاومت کاغذهای دست‌ساز به ترکیدن مشابه و یا کمتر از خمیر کاغذ شاهد می‌باشد. تنها در صورتی که از جزء الیاف کوتاه

خمیر OCC استفاده نشود، مقاومت کاغذ نسبت به نمونه شاهد بیشتر گردیده است، به نحوی که با افزایش بیشتر جزء الیاف بلند OCC مقاومت به ترکیدن کاغذ روند صعودی دارد. در جدول ۸، نتایج آزمون دانکن مقاومت کاغذهای دست‌ساز به ترکیدن آورده شده است.



شکل ۶. تاثیر اختلاط خمیر OCC تفکیک شده با خمیر کرافت بر مقاومت کاغذ به ترکیدن

نتایج آزمون دانکن حاکی از آن است که بیشترین مقاومت کاغذهای دست‌ساز به ترکیدن مربوط به خمیرهایی است که عاری از جزء الیاف کوتاه OCC هستند.

به عبارت دیگر با استفاده از ۳۰ تا ۵۰ درصد جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC، در صورتی که از جزء الیاف کوتاه OCC استفاده نشود، می‌توان به مقاومتی بالاتر از کاغذ شاهد دست یافت. همچنین با اختلاط درصدهای مختلفی از اجزای

بلند و کوتاه خمير كاغذ OCC مى توان به مقاومتى مشابه خمير كاغذ شاهد دست يافت.

جدول ۸. نتايج آزمون دانكن مربوط به مشخصه مقاومت كاغذهاى دستساز به تركيب

تيمار	تعداد	مقاومت به تركيب $\alpha=0/05$ (Kpa)		
		۱	۲	۳
۴	۳	۲۹۰/۷		
۱۰	۳	۳۴۱/۷		
۷	۳	۳۴۵/۳		
۶	۳	۳۴۹/۰		
۱	۳	۳۵۱/۷		
۹	۳	۳۵۱/۷		
۳	۳	۳۶۰/۰		
۲	۳	۴۰۳/۷		
۸	۳	۴۰۸/۳		
۵	۳	۴۲۰/۰		

بحث و نتيجه گيرى

خمير كاغذ OCC نوعى از خمير كاغذهاى بازيافتى بوده كه شامل مخلوطى از خمير كاغذهاى كرافت و نيمه شيميايى است. همان طورى كه نتايج آزمون طبقه بندى الياف نشان داد خمير كاغذ OCC نسبت به خمير كاغذ كرافت بكر از الياف کوتاه ترى برخوردار است. علاوه بر آن نسبت ذرات ريز فيبرى در اين خمير كاغذ بيشتر از خمير كاغذ كرافت بكر است. علاوه بر اينكه نسبت الياف کوتاه در خمير كاغذ OCC در مقايسه با خمير كاغذ كرافت بكر كمى بيشتر است، ساختار الياف خمير كاغذ OCC نيز با خمير كاغذ كرافت بكر متفاوت است. الياف خمير كاغذ OCC دست كم يك مرحله خشك شده اند. از آنجاى كه فرآيند خشك كردن كاغذ باعث بروز تغييراتى ساختارى در الياف مى گردد، مى توان انتظار داشت كه ساختار الياف خمير كاغذ OCC داراى تفاوت هاى با الياف خمير كاغذ كرافت باشد. يكي از مشخص ترين تفاوت هاى ساختارى الياف بازيافتى در مقايسه با الياف بكر، ساختار

كمتر انعطاف پذير آنها است (Mousa-Nazhad, 2005). اين ويژگى بر كلييه خواص فيزيكى و مكانيكى كاغذهاى بازيافتى اثر گذاشته و به همين دليل خواص كاغذهاى بازيافتى از كاغذهاى بكر متمايز است. با توجه به اينكه الياف بازيافتى به طور معمول ضعيف تر از الياف بكر هستند، مقاومت هاى مكانيكى كاغذهاى بازيافتى كمتر از كاغذهاى بكر است (Lumaiainen, 1992). در اين تحقيق با توجه به ضعف الياف بازيافتى، سعى شد با به كارگيرى تلفيقى از روش هاى فيزيكى و مكانيكى تاثير اختلاط الياف خمير كاغذ OCC با خمير كاغذ كرافت بر خواص كاغذ مورد بررسى قرار گيرد. نتايج تحقيقات نشان مى دهد كه پالايش الياف بازيافتى مى تواند به بهبود مقاومت هاى مكانيكى كاغذ منجر شود (طلايى پور، ۱۳۸۸; Abubakr, 1995).

پالايش الياف از طريق تاثير بر لايه هاى مختلف ديواره الياف سلولزى باعث بهبود نفوذ آب به اين لايه ها شده و در نتيجه انعطاف پذيرى الياف افزايش مى يابد. از طرف ديگر پالايش الياف

باعث تولید ذرات ریز فیبری می‌گردد که می‌توانند در خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ تاثیرات متفاوتی داشته باشند. در این تحقیق خمیر کاغذ OCC به دو بخش الیاف بلند و کوتاه تقسیم شد و جزء الیاف بلند آن مورد پالایش قرار گرفت. بنابراین انتظار می‌رود که با پالایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC انعطاف‌پذیری این الیاف افزایش یافته و امکان اتصالات بین فیبری افزایش یابد. از طرف دیگر پالایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC باعث تولید ذرات ریز فیبری نیز می‌گردد. بنابراین انتظار می‌رود به هنگام اختلاط اجزای الیاف بلند و الیاف کوتاه خمیر OCC با یکدیگر، مجموع ذرات ریز فیبری نسبت به خمیر OCC جزء نشده بیشتر گردد که به نوبه خود بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ نیز تاثیر خواهد داشت.

نتایج آزمون ضخامت کاغذهای دست‌ساز نشان داد که در مجموع ضخامت کاغذها در مقایسه با کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ کرافت بکر کمتر می‌باشد. دلیل این امر آن است که از یک طرف پالایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC باعث انعطاف‌پذیری بیشتر این الیاف می‌گردد. در نتیجه قابلیت فشردگی آنها افزایش یافته و ضخامت کاغذ حاصل از آن کاهش می‌یابد. از طرف دیگر به دلیل اینکه مجموع الیاف کوتاه در خمیر کاغذ OCC بیشتر از خمیر کاغذ کرافت بکر است، ضخامت کاغذهای حاصل از اختلاط آن با خمیر کاغذ کرافت باعث کاهش ضخامت کاغذ گردیده است. علاوه بر آن تولید ذرات ریز فیبری در اثر پالایش نیز به این کاهش ضخامت کمک می‌کند. با افزایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC ضخامت کاغذ روند صعودی می‌یابد، ولی در بیشتر موارد ضخامت کاغذهای

دست‌ساز نسبت به خمیر کاغذ کرافت بکر کمتر است، به‌ویژه اینکه افزایش جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC باعث کاهش بیشتر ضخامت کاغذ گردیده است. در مورد مقاومت کاغذ به عبور هوا نیز مکانیزم‌های مشابهی دخیل هستند. به عبارت دیگر کاهش ضخامت کاغذ و فشردگی بیشتر آن و نیز وجود ذرات ریز فیبری باعث می‌گردد که مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا افزایش یابد (طلایی پور، ۱۳۸۸). براساس نتایج حاصل از این تحقیق روند مقاومت کاغذهای دست‌ساز در برابر عبور هوا ابتدا صعودی و سپس نزولی گردیده است. اگرچه وجود ذرات ریز فیبری در جزء الیاف بلند خمیر OCC باعث تراکم بیشتر کاغذ و افزایش مقاومت کاغذ به عبور هوا شده است، ولی هنگامی که مصرف جزء الیاف بلند OCC افزایش می‌یابد امکان عبور بخشی از این ذرات از توری کاغذ سازی وجود داشته و در نتیجه مقاومت کاغذ نسبت به عبور هوا کاهش یافته است. در هر صورت افزایش مصرف جزء الیاف کوتاه خمیر OCC از طریق پرکردن ساختار متخلخل کاغذ باعث افزایش مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا گردیده است.

مقاومت کششی کاغذ به طول الیاف و میزان اتصالات بین فیبری بسیار حساس است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش پالایش الیاف بازیافتی مقاومت به کشش کاغذ حاصله افزایش می‌یابد. این افزایش مقاومت کششی کاغذ به توسعه اتصالات بین فیبری نسبت داده می‌شود که حاصل از عملیات پالایش است (طلایی پور، ۱۳۸۸). در بیشتر موارد با افزایش جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC، مقاومت کاغذ به کشش کمتر از خمیر کاغذ شاهد است. تنها در مواردی که از جزء الیاف کوتاه OCC استفاده نشده و یا به مقدار

بسيار كم مصرف شده، مقاومت كاغذ به كشش بيشتر از خمير كاغذ شاهد است. البته نتايج آمارى نشان مى دهد كه اين تغييرات مقاومتى معنى دار نيست. نکته جالب توجه اين كه با اعمال روش جزء‌سازى و پالايش الياف خمير OCC امكان استفاده از ۳۰ تا ۵۰ درصد خمير OCC در توليد كاغذ وجود دارد، بدون اينكه در مقاومت كاغذ به كشش تغيير معنى دارى ايجاد گردد. در مورد مقاومت به پاره شدن، نتايج نشان داد كه با افزون شدن جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC مقاومت كاغذ بهبود يافته و در بسيارى از موارد از خمير كاغذ شاهد بيشتر مى گردد. اين افزايش مقاومت زمانى كه از مقادير كمتر جزء الياف کوتاه OCC استفاده مى شود و يا هنگامى كه اين نوع الياف مصرف نمى شدند شدت بيشترى مى يابد. به نظر مى رسد كه استحكام الياف خمير OCC بيشتر از الياف خمير كرافت بكر بوده و در نتيجه مقاومت به پارگى كاغذهاى داراي خمير OCC بيشتر از كاغذهاى كرافت بكر است. بررسى مقاومت به پاره شدن كاغذهاى شيميايى بازيافتى نشان داد كه پالايش باعث تغييرات معنى دارى در مقاومت به پاره شدن كاغذ نمى گردد (طلايى پور، ۱۳۸۸). با اين وجود جزء‌سازى الياف خمير كاغذ OCC و بهره گيرى از اجزاي با الياف بلند اين نوع خمير باعث بهبود مقاومت به پاره شدن در كاغذهاى دست ساز شده است. در هر صورت استفاده از جزء الياف کوتاه خمير كاغذ OCC باعث کاهش مقاومت كاغذ به پاره شدن گرديده است. تحقيقات نشان داده كه بين خواص مقاومتى الياف بازيافتى جزء جزء شده و جزء جزء نشده تفاوت معنى دارى وجود دارد (Abubakr, 1995). در مورد مقاومت به تا شدن نيز نتايج نشان داد كه افزون شدن ۳۰ درصد جزء الياف بلند OCC مى تواند باعث

افزايش مقاومت به تا شدن كاغذ نسبت به خمير كاغذ كرافت بكر گردد. نکته جالب توجه اين كه با وجودى كه انعطاف پذيرى الياف بازيافتى كمتر از الياف بكر است، ولى جزء‌سازى الياف خمير OCC و پالايش جزء الياف بلند آن باعث شده تا انعطاف پذيرى الياف OCC افزايش يافته و مقاومت به تا شدن كاغذ افزايش يابد. البته افزايش بيشتر جزء الياف بلند OCC تا ۵۰ درصد تاثير معكوس داشته و مقاومت به تا شدن كاغذ را کاهش مى دهد، مگر اينكه از جزء الياف کوتاه OCC استفاده نگردد كه در اين صورت مقاومت كاغذ به تا شدن به طور معنى دارى از كاغذ كرافت بكر بيشتر مى باشد. نتايج تحقيقات حاكى از آن است كه با افزايش پالايش الياف بازيافتى، الياف انعطاف پذيرتر شده و مقاومت به تا شدن كاغذ ساخته شده از آنها افزايش مى يابد (طلايى پور، ۱۳۸۸). با توجه به نتايج داده هاى مقاومت به تا شدن كاغذ نتيجه گرفته مى شود كه كمترين مقاومت به تا شدن به هنگام استفاده از بيشترين جزء الياف کوتاه خمير كاغذ OCC حاصل گرديده است. روند تقريباً مشابهى نيز در مورد مقاومت كاغذ به تركيدن مشاهده گرديد. به عبارت ديگر افزايش مصرف جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC كه مورد پالايش نيز قرار گرفته باعث بهبود مقاومت كاغذ به تركيدن شده است. اين در حالى است كه اگر جزء الياف کوتاه OCC مورد مصرف قرار نگیرد، بيشترين مقاومت به تركيدن حاصل مى گردد كه از كاغذ كرافت بكر نيز بيشتر است. مقاومت به تركيدن كاغذهاى حاصل از اختلاط اجزاي بلند و کوتاه خمير OCC با خمير كرافت نيز مشابه كاغذ كرافت بكر بوده و بين آنها اختلاف معنى دارى وجود ندارد. نتايج نشان داد كه تا ۵۰ درصد خمير كاغذ OCC را مى توان پس از

مورد خواص فیزیکی کاغذهای دست‌ساز، نتایج تحقیق حاکی از کاهش تخلخل کاغذ و بهبود مقاومت کاغذ در برابر عبور هوا می‌باشد.

سیاسگزاری

نگارندگان از مرکز تحقیقات کارخانه چوب و کاغذ مازندران و آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران که تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز این تحقیق را در اختیار قرار دادند، قدردانی می‌نمایند.

منابع

- (۱) طلایی پور، م.، ۱۳۸۸. تأثیر پالایش خمیرشیمیایی جوهرزدایی شده بر خواص نوری، فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ. دو فصلنامه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۴ (۲): ۱۴۸-۱۵۸.
- 2) Abubakr, S., 1995. Fiber fractionation as a method of improving properties after repeated recycling. Tappi Journal, 78 (5): 123-126.
- 3) Lumiainen, J. J., 1992. Refining recycled fibers: Advantages and disadvantages. Tappi Journal, August: 92-97.
- 4) Mckinney, R. W. J., 1995. Technology of paper recycling. Chapman & Hall, UK: 181.
- 5) Mousa- Nazhad, M., 2005. Recycled fiber quality: A review. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 11 (3) 314-399.
- 6) Tappi Standard Methods. 2005. Tappi Press. USA.

پالایش با خمیر کرافت مخلوط نمود و مقاومت به ترکیدن حتی بالاتر از کاغذ کرافت بکر به دست آورد. تحقیقات سایر محققین حاکی از آن است که با پالایش الیاف بازیافتی مقاومت به ترکیدن کاغذهای بازیافتی افزایش می‌یابد (طلایی پور، ۱۳۸۸).

در نهایت، نتایج تحقیق نشان داد که جزء جزء سازی الیاف خمیر کاغذ OCC و پالایش جزء الیاف بلند آن می‌تواند باعث بهبود خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز نسبت به خمیر کاغذ کرافت بکر گردد. جزء جزء سازی الیاف خمیر کاغذ OCC این امکان را فراهم کرد تا تاثیر درصدهای مختلف جزء الیاف کوتاه OCC بر خواص کاغذ مورد مطالعه قرار گرفته و بهترین ترکیب در هر مورد تعیین گردد. از نظر مقاومت‌های مکانیکی کاغذ، در بیشتر موارد افزایش مصرف جزء الیاف کوتاه OCC باعث کاهش مقاومت‌های کاغذ گردید. این در حالی است که پالایش جزء الیاف بلند OCC از طریق بهبود اتصالات بین فیبری باعث افزایش معنی‌دار مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای دست‌ساز نسبت به کاغذ کرافت بکر شد. نتایج تحقیق نشان داد که در صورت بهره‌گیری از روش جزء جزء سازی الیاف و پالایش می‌توان تا ۵۰ درصد خمیر کاغذ OCC را با خمیر کاغذ کرافت بکر مخلوط نمود و به مقاومت‌های مکانیکی بالاتری نسبت به خمیر کاغذ کرافت بکر دست یافت. علاوه بر آن، در

Fractionation of the OCC Pulp and the Effect of Mixing the Fractionated OCC Pulps with Kraft Pulp on the Physical and Mechanical Properties of Paper

M. Talaeipour^{1*} and R. Ghorbani Kordkheili²

1*) Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Corresponding Author: m.talaeipoor@srbiau.ac.ir

2) M. Sc. Graduated in Wood and Paper Science, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

In this research, fractionation of OCC pulp was investigated. Also, the effect of refined long fiber fraction of OCC pulp blended with virgin kraft pulp on the strength of pulp was studied. The results showed that mixing the refined long fiber fraction of OCC pulp with virgin kraft pulp increased the strength of pulp. Using fiber classification method and refining the long fiber fraction of OCC pulp showed that handsheets containing 30-50 percent refined long fiber fraction of OCC pulp showed higher mechanical strengths comparing to virgin kraft pulp. Also, in comparison with virgin kraft pulp, mixing the short fiber fraction of OCC pulp with virgin kraft pulp decreased porosity and increased air permeability of hand sheets.

Keywords: Paper Recycling, OCC, Fiber Recycling, Kraft, Fractionation, Tensile Strength, Tear Strength.