

جزء سازی 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 جزء سازی 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 مقاومت های مکانیکی کاغذ مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین از طریق جزء سازی الیاف، نقش هر کدام از اجزای الیاف بلند و کوتاه خمیر کاغذ OCC به طور دقیق تر مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. نتایج تحقیق نشان داد که جزء جزء سازی الیاف خمیر کاغذ OCC می تواند 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 معنی دار مقاومت های مکانیکی کاغذ نسبت به خمیر کاغذ کرافت بکر گردید. بررسی نتایج نشان داد جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC باعث کاهش مقاومت های مکانیکی کاغذ می گردد ولی با توجه به بهبود مقاومت های مکانیکی کاغذ از طریق پالایش جزء الیاف بلند، امکان استفاده از جزء الیاف کوتاه، بدون اینکه مقاومت های 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 جزء جزء سازی الیاف خمیر کاغذ OCC و پالایش آن می توان تا ۵۰ درصد خمیر کاغذ OCC را با خمیر کاغذ کرافت بکر مخلوط نمود و به خواصی بهتر از کاغذ کرافت بکر دست یافت.

واژه های کلیدی: بازیافت کاغذ، OCC، الیاف بازیافتی، کرافت، جزء جزء سازی، مقاومت به کشش، مقاومت به پاره شدن.

مقدمه

می باشند. این موضوع در مورد کاغذهای بسته بندی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، زیرا مقاومت های مکانیکی این گونه کاغذها از ضرورت های اولیه و مهم جهت استفاده از آنها در صنایع بسته بندی است. بنابراین بهبود خواص مقاومتی کاغذهای بازیافتی یکی از چالش های پیش روی تولیدکننده های کاغذ می باشد. کاغذهای کرافت سفید نشده بخش بسیار مهمی از مصرف کاغذ در جهان را به خود اختصاص می دهند. 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 بسته بندی فرآورده های صنعتی، نیاز به کاغذهای بسته بندی 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 می دهد که کاغذهای بازیافتی از ویژگی های کاغذهای بکر برخوردار نیستند (Mckinney, 1995) و به عبارت دیگر از نظر خواص مقاومتی ضعیف تر 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 (Lumiainen (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 طبقه بندی 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، درصد های 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.

طبقه بندی الیاف خمیر کاغذ OCC

طبقه بندی الیاف بر اساس استاندارد شماره T233om-92 آیین نامه TAPPI انجام گرفت. خمیر کاغذهای کرافت و OCC توسط دستگاه طبقه بندی 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. شرایط اختلاط خمیر کاغذ OCC جزء جزء شده و خمیر کاغذ کرافت

تیمار	خمیر کاغذ کرافت (درصد)	جزء الیاف بلند OCC (درصد)	جزء الیاف کوتاه OCC (درصد)
۱	۱۰۰	۰	۰
۲	۹۰	۰	۰
۳	۸۵	۱۰	۵
۴	۸۰	۱۰	۱۰
۵	۷۰	۰	۰
۶	۶۵	۳۰	۵
۷	۶۰	۱۰	۱۰
۸	۵۰	۰	۰
۹	۴۵	۵۰	۵
۱۰	۴۰	۱۰	۱۰

ساخت کاغذهای دست ساز

از هر ترکیب خمیر کاغذ، کاغذهای دست ساز ۱۲۰ گرم بر مترمربع با استفاده از دستگاه ساخت کاغذ دست ساز^۱ کارخانه چوب و کاغذ مازندران بر اساس استاندارد شماره 88 T205-om آیین نامه TAPPI (Tappi Standard Methods, 2005) ساخته شد.

اندازه گیری ویژگی های کاغذ دست ساز

پس از ساخت کاغذهای دست ساز خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز بر اساس دستورالعمل های آیین نامه TAPPI به شرح زیر انجام گرفت.

وزن پایه: T 410 om-88 ؛ ضخامت: T 410 om-89 ؛ مقاومت به عبور هوا: T 547 om-88 ؛ مقاومت به کشش: T 404 om-92 ؛ مقاومت به ترکیدن: T 403 om-91 ؛ مقاومت به پاره شدن: T 414 om-98

دوام در برابر تا شدن: T 511 om-88

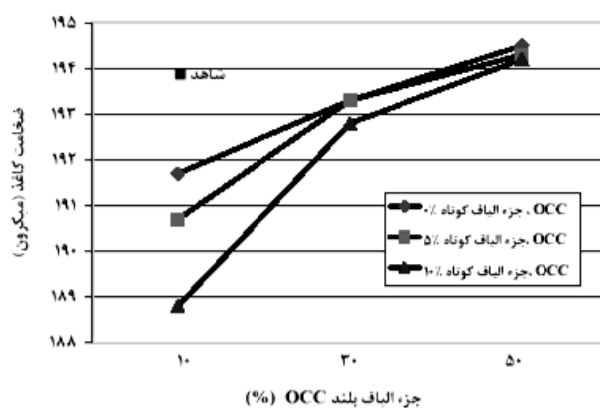
نتایج

ضخامت کاغذ

در شکل ۱ تاثیر اختلاط خمیر کاغذ OCC جزء جزء شده با خمیر کاغذ کرافت بر ضخامت کاغذهای دست ساز نشان داده شده است. ضخامت کاغذهای دست ساز حاصل از اختلاط خمیر کاغذ OCC با خمیر کاغذ کرافت در بسیاری از موارد کمتر از خمیر شاهد می باشد. این موضوع بویژه به هنگام استفاده از ۱۰ درصد جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC نمایان می شود. نکته حایز اهمیت این که افزایش جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC در همه موارد باعث کاهش ضخامت کاغذهای دست ساز گردید. همچنین بیشترین تاثیر جزء الیاف کوتاه خمیر کاغذ OCC بر تغییرات ضخامت کاغذهای دست ساز، به هنگام استفاده از حداقل جزء الیاف بلند خمیر کاغذ OCC نمایان گردید.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین ضخامت کاغذهای دست ساز حاصل از خمیر شاهد و اختلاط اجزای خمیر کاغذ OCC با خمیر کرافت در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود ندارد (شکل ۱).

¹ Handsheet Maker

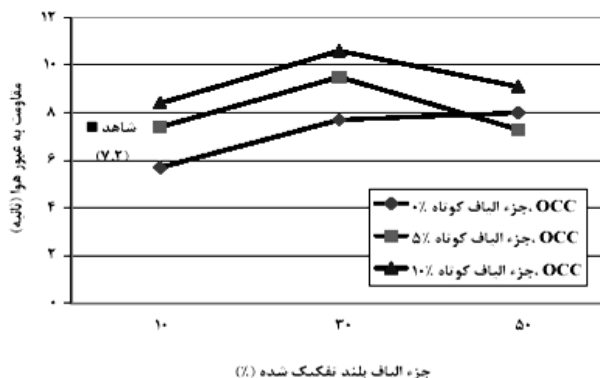


شکل ۱. تاثیر اختلاط خمیر OCC تفکیک شده با خمیر کرافت بر ضخامت کاغذ

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 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

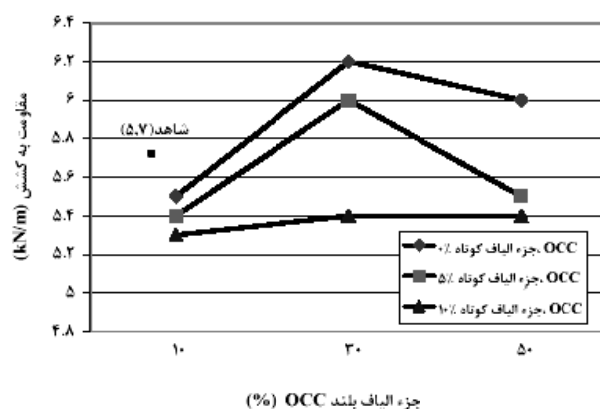
تيمار	تعداد	مقاومت به عبور هوا (ثانيه) $\alpha=0.05$				
		۱	۲	۳	۴	۵
۲	۳	۵/۶				
۱	۳	۶/۹	۶/۹			
۹	۳	۷/۱	۷/۱	۷/۱		
۳	۳	۷/۴	۷/۴			
۵	۳	۷/۷	۷/۷	۷/۷		
۸	۳	۸/۳	۸/۳	۸/۳		
۴	۳	۸/۴	۸/۴	۸/۴		
۱۰	۳	۸/۹	۸/۹			
۶	۳	۹/۵	۹/۵			
۷	۳	۱۱/۱				

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 کاهش مقاومت به كشش كاغذهاى دست ساز نسبت به نمونه شاهد گرديده است. در اين ميان تنها خميرهايي كه

حاوی 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.

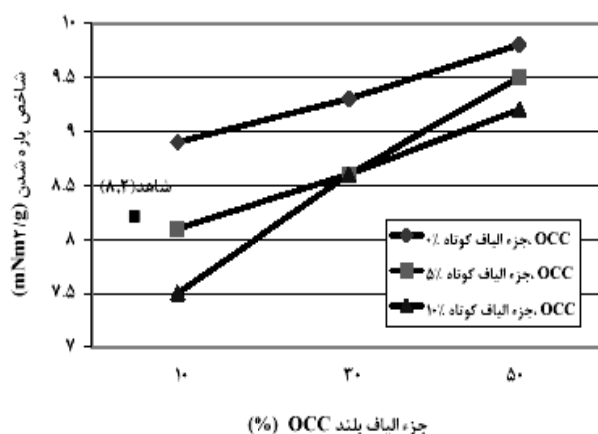


شكل ۳. تاثير اختلاط خمير OCC تفكيك شده با خمير كرافت بر مقاومت به كشش كاغذ

مقاومت به پاره شدن

در شکل ۴ نتایج مقاومت به پاره شدن کاغذهای دستساز نشان داده شده است. استفاده از اجزای خمیر کاغذ OCC می تواند 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 داشته اند، به این معنی که با افزایش مصرف

این گونه الیاف مقاومت کاغذهای دستساز به پاره شدن کاهش یافته است. البته با توجه به شکل، مشخص می گردد 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

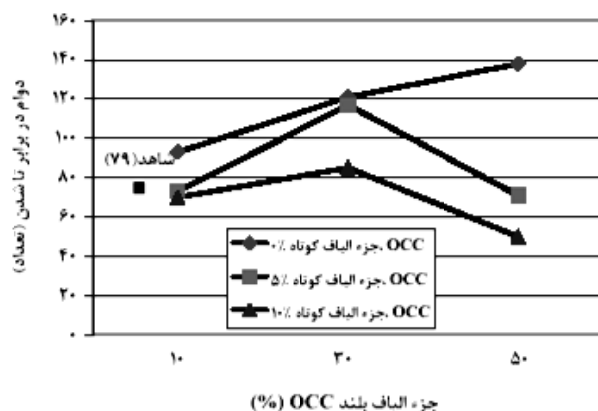
نتايج نشان داد كه افزودن اجزاي الياف بلند خمير كاغذ OCC باعث افزايش مقاومت كاغذ به تا شدن مي‌گردد. در حالي كه افزودن اجزاي الياف کوتاه خمير كاغذ OCC از مقاومت كاغذ به تا شدن مي‌كاهد.

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. بيشترين 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

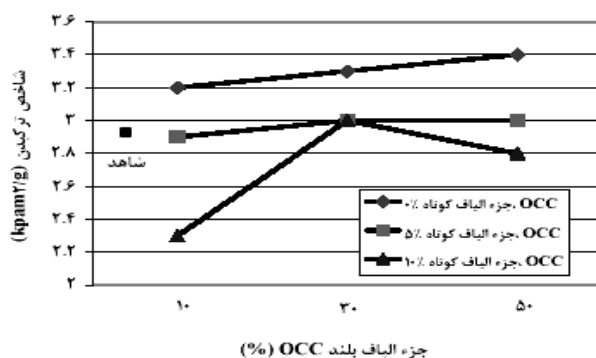
جدول ۷. نتایج آزمون دانکن مقاومت کاغذهای دست‌ساز به تا شدن

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 خمیر کاغذ OCC می توان به مقاومتی مشابه خمیر کاغذ شاهد دست یافت.

جدول ۸. نتایج آزمون دانکن مربوط به مشخصه مقاومت کاغذهای دستساز به ترکیدن

تیمار	تعداد	مقاومت به ترکیدن (Kpa) $\alpha=0/05$		
		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 نتیجه گیری

خمیر کاغذ OCC نوعی از خمیر کاغذهای بازیافتی بوده که شامل مخلوطی از خمیر کاغذهای کرافت و نیمه شیمیایی است. همان طوری که نتایج آزمون طبقه بندی الیاف نشان داد خمیر کاغذ OCC نسبت به خمیر کاغذ کرافت بکر از الیاف کوتاه تری برخوردار است. علاوه بر آن نسبت ذرات ریز فیبری در این خمیر کاغذ بیشتر از خمیر کاغذ کرافت بکر است. علاوه بر اینکه نسبت الیاف کوتاه در خمیر کاغذ OCC در مقایسه با خمیر کاغذ کرافت بکر کمی بیشتر است، ساختار الیاف خمیر کاغذ OCC نیز با خمیر کاغذ کرافت بکر متفاوت است. الیاف خمیر کاغذ OCC دست کم یک مرحله خشک شده اند. از آنجایی که فرآیند خشک کردن کاغذ باعث بروز تغییراتی ساختاری در الیاف می گردد، می توان انتظار داشت که ساختار الیاف خمیر کاغذ OCC دارای تفاوت هایی با الیاف خمیر کاغذ کرافت باشد. یکی از مشخص ترین تفاوت های ساختاری الیاف بازیافتی در مقایسه با الیاف بکر، ساختار

کمر انعطاف پذیر آنها است (Mousa-Nazhad, 2005). این ویژگی بر کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذهای بازیافتی اثر گذاشته و به همین دلیل خواص کاغذهای بازیافتی از کاغذهای بکر متمایز است. با توجه به اینکه الیاف بازیافتی به طور معمول ضعیف تر از الیاف بکر هستند، مقاومت های مکانیکی کاغذهای بازیافتی کمتر از کاغذهای بکر است (Lumiainen, 1992). در این تحقیق با توجه به ضعف الیاف بازیافتی، سعی شد با به کارگیری تلفیقی از روش های فیزیکی و مکانیکی تاثیر اختلاط الیاف خمیر کاغذ OCC با خمیر کاغذ کرافت بر خواص کاغذ مورد بررسی قرار گیرد. نتایج تحقیقات نشان می دهد که پالایش الیاف بازیافتی می تواند به بهبود مقاومت های مکانیکی کاغذ منجر شود (طلایی پور، ۱۳۸۸; Abubakr, 1995).

پالایش الیاف از طریق تاثیر بر لایه های مختلف دیواره الیاف سلولزی باعث بهبود نفوذ آب به این لایه ها شده و در نتیجه انعطاف پذیری الیاف افزایش می یابد. از طرف دیگر پالایش الیاف

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 مى‌دهد كه اين تغييرات مقاومتى معنى‌دار 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 معنى‌دارى ايجاد گردد. در مورد مقاومت به پاره شدن، نتايج نشان داد كه با افزون شدن الياف بلند خمير كاغذ OCC مقاومت كاغذ بهبود يافته و در بسيارى از موارد از خمير كاغذ شاهد بيشتر مى‌گردد. اين افزايش مقاومت زمانى كه از مقادير كمتر جزء الياف کوتاه OCC استفاده مى‌شود و يا هنگامى كه اين نوع الياف مصرف نمى‌شدند شدت بيشترى مى‌يابد. به نظر مى‌رسد 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 معنى‌دارى در مقاومت به پاره شدن كاغذ نمى‌گردد (طلايى‌پور، ۱۳۸۸). با اين وجود جزء‌سازى الياف خمير كاغذ OCC و بهره‌گيرى از اجزاي با الياف بلند اين نوع خمير باعث بهبود مقاومت به پاره شدن در كاغذهاى دست‌ساز 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 معنى‌دارى وجود دارد (Abubakr, 1995). در مورد مقاومت به تا شدن نيز نتايج نشان داد كه افزون شدن ۳۰ درصد جزء الياف بلند OCC مى‌تواند باعث

افزايش مقاومت به تا شدن كاغذ نسبت به خمير كاغذ كرافت بكر گردد. نکته جالب توجه اين كه با وجودى كه انعطاف‌پذيرى الياف بازيافتى كمتر از الياف بكر است، ولي جزء‌سازى الياف خمير OCC و پالايش جزء الياف بلند آن باعث شده تا انعطاف‌پذيرى 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 مى‌دهد، مگر اينكه از جزء الياف کوتاه OCC استفاده نگردد كه در اين صورت مقاومت كاغذ به تا شدن به طور معنى‌دارى از كاغذ كرافت بكر بيشتر مى‌باشد. نتايج تحقيقات حاكي از آن است كه با افزايش پالايش الياف بازيافتى، الياف انعطاف‌پذيرتر شده و مقاومت به تا شدن كاغذ ساخته شده از آنها افزايش مى‌يابد (طلايى‌پور، ۱۳۸۸). با توجه به نتايج داده‌هاى مقاومت به تا شدن كاغذ نتيجه گرفته مى‌شود 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 تركيبن مشاهده گرديد. به عبارت ديگر افزايش مصرف جزء الياف بلند خمير كاغذ OCC كه مورد پالايش نيز قرار گرفته باعث بهبود مقاومت كاغذ به تركيبن شده است. اين در حالى است كه اگر جزء الياف کوتاه OCC مورد مصرف قرار نگيرد، بيشترين مقاومت به تركيبن حاصل مى‌گردد كه از كاغذ كرافت بكر نيز بيشتر است. مقاومت به تركيبن كاغذهاى حاصل از اختلاط اجزاي بلند و کوتاه خمير OCC با خمير كرافت نيز مشابه كاغذ كرافت بكر بوده و بين آنها اختلاف معنى‌دارى وجود ندارد. نتايج نشان داد كه تا ۵۰ درصد خمير كاغذ OCC را مى‌توان 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.