

شناسایی پارامترهای کیفی و کمی کاغذسازی الیاف خمیر OCC

چکیده

امروزه رقابت زیادی برای تولید کاغذهای بسته‌بندی از الیاف بازیافتی وجود دارد. اما موفقیت در این رقابت در گرو بهبود ویژگی‌های مقاومتی آن است. لذا زمانی که صحبت از الیاف بازیافتی به میان می‌آید، اولین و مهم‌ترین چالش مناسب‌سازی آن برای خمیر و کاغذسازی است. جهت دستیابی به این هدف اطلاعات کمی و کیفی کاغذسازی الیاف کاغذهای باطله کمک زیادی خواهد نمود. از این رو در این تحقیق، برخی پارامترهای کاغذسازی همچون میانگین و توزیع طولی الیاف، نوع و میزان خمیر و نیز میزان نشاسته موجود در الیاف بازیافتی OCC مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که الیاف آن دارای پراکنش نایکنواخت طولی و بیش از ۸۵ درصد الیاف، میانگین طول کمتر از یک میلی‌متر و در دامنه ۰/۶۵-۰/۴۷ میلی‌متر دارند. بی‌شک، این نایکنواختی توزیع طول الیاف و میانگین پایین آن باعث افت ویژگی‌های مقاومتی کاغذ خواهد شد. رنگ‌آمیزی الیاف با معرف رنگی "C" Graff نشان داد که بخش عمده الیاف و در حدود ۷۲/۹۱ درصد مربوط به خمیر کرافت و بیشتر از منابع سوزنی‌برگ (۳۳/۳۳ درصد) است. همچنین مقدار نشاسته استخراج‌شده از کاغذ $۲/۳۲ \pm ۰/۲۵$ درصد اندازه‌گیری شد. باید در نظر داشت این مقدار نشاسته می‌تواند در فرآیند بازیافت، تعادل بار الکتریکی پایانه‌تر ماشین کاغذ را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد.

واژگان کلیدی: الیاف بازیافتی، کاغذهای بسته‌بندی، طول الیاف، معرف رنگی گراف "سی"، نشاسته.

حمیدرضا رودی^{۱*}

یحیی همزه^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی فناوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس زیراب، مازندران، ایران

^۲ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

h_rudi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۰

مقدمه

کارتن کنگره‌ای کهنه OCC یکی از انواع کاغذهای بازیافتی است که به دلیل کمبود مواد اولیه در صنایع کاغذسازی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مواد اولیه سلولزی، بارها در چرخه تولید این صنعت قرار می‌گیرد و عمدتاً

جهت تولید کاغذهای بسته‌بندی^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دسته از خمیرها به دلیل استفاده مکرر، نسبت به خمیرهای الیاف بکر^۲ دارای مشخصه‌های نامطلوبی همچون میانگین طول الیاف کمتر [۱].

^۱ Packaging papers

^۲ Virgin pulp

دستگاه کلاسه‌بندی الیاف^۷ بر روی غربال ۲۰۰ مش غربال شدند. الیاف با نرمه و بدون نرمه خمیر تهیه‌شده برای ادامه آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری میانگین و توزیع طول الیاف از دستگاه KAJAANI FS-200 و L&W Fiber Tester مستقر در آزمایشگاه فناوری خمیر و کاغذ انستیتو فناوری آسیا کشور تایلند و بر اساس استاندارد T271 Pm-91 استفاده شد. بدین منظور از خمیر پس از جداساز الیاف^۸ (خمیر با نرمه) و خمیر پس از دستگاه کلاسه‌بندی الیاف (خمیر بدون نرمه) نمونه‌هایی تهیه و اندازه‌گیری طول الیاف و پراکنش آن انجام شد. پس از آماده‌سازی ۵-۲ لیتر سوسپانسیون الیاف با خشکی حدود ۰/۰۲ درصد جهت عبور ۶۰-۴۰ الیاف از کاپیلاری^۹ بخش آنالیز تصویر^{۱۰} دستگاه، ۵۰ میلی‌لیتر از این سوسپانسیون به بشر مخصوص منتقل و با قرار دادن آن بر روی کنسول^{۱۱} دستگاه و اجرای نرم‌افزار طبق دستورالعمل، دستگاه اطلاعات مربوط به حدود ۳۰۰۰ الیاف را بررسی و ارائه می‌کند.

برای شناسایی نوع الیاف موجود در خمیر و نیز برآورد میزان کمی نوع خمیر، پس از آماده‌سازی معرف رنگ‌آمیزی "C" Graff با ترکیبات شیمیایی $AlCl_3 + CaCl_2 + ZnCl_2 + KI + I_2$ بر اساس استاندارد SCAN-G 4:90، آنالیز کیفی و کمی نوع خمیر با استفاده از جدول استاندارد رنگ و میکروسکوپ نوری Olympus BX50 انجام شد. برای این منظور، مقداری از خمیر الیاف مورد آزمایش انتخاب و سپس پراکنده‌سازی الیاف این خمیر با جداساز الیاف در آب گرم انجام شد.^{۱۲} با اضافه کردن آب خالص درصد خشکی خمیر به ۰/۵ گرم بر لیتر رسانده شد. برای تهیه هر اسلاید مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون الیاف به شیشه‌های اسلاید منتقل شده و با استفاده از قطره‌چکان مقداری معرف رنگی "C" Graff تهیه‌شده به آن اضافه و خشک کردن اسلاید بر روی صفحه گرم^{۱۳} انجام شد. انواع مختلف الیاف بر اساس نوع رنگی که در اثر واکنش با معرف رنگی به خود گرفتند، شناسایی شدند. شناسایی کمی نوع الیاف بر اساس

نایکنواختی توزیع طولی الیاف، استخوانی شدن الیاف^۱ [۲]، سخت شدن پلی‌ساکاریدها^۲ [۳]، هم‌کشیدگی منافذ دیواره سلولی [۴]، بسته شدن آن^۳ [۵]، دیواره سلولی نازک‌تر [۶]، افت قابلیت پیوندپذیری الیاف [۷]، کاهش متورم شدن الیاف و کاهش ترشوندگی الیاف [۸]، کاهش انعطاف‌پذیری الیاف [۹]، کهنگی الیاف^۴ [۱۰]، داشتن الیاف متنوع و آسیب‌دیده [۱۱]، وجود مواد شیمیایی مختلف از جمله نشاسته کاتیونی [۱]، ذرات جوهر [۱۲]، چسب‌ها، موم‌ها [۱۳]، ناخالصی‌های غیرسلولزی [۱۴] است. در نتیجه با داشتن این معایب، کاغذهای تولیدی از این نوع خمیر در حالت معمول از ویژگی‌های مقاومتی پایین‌تر و نایکنواختی مشخصه‌های مقاومتی و کیفی در روند تولید برخوردار خواهد بود؛ بنابراین اطلاع از پارامترهای کیفی و کمی کاغذسازی الیاف بازیافتی بر نوسان خواص مختلف کاغذهای تهیه‌شده، تولیدکننده را در تهیه فرآورده نهایی مرغوب‌تر و موفقیت در بازار عرضه این محصول رهنمون خواهد ساخت. لذا در این تحقیق سعی شده است تا بعضی از پارامترهای کاغذسازی الیاف بازیافتی همچون میانگین و پراکنش طولی الیاف، نوع و میزان الیاف مربوط به فرآیندهای مختلف تولید از منابع متفاوت لیگنوسلولزی و نیز میزان نشاسته موجود در خمیر الیاف بازیافتی OCC مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از الیاف کارتن‌های کنگره‌ای کهنه OCC به‌عنوان یکی از رایج‌ترین منابع فیبری صنایع کاغذسازی استفاده‌شده است. کاغذها پس از حذف قسمت‌های زائد، با دست در اندازه‌های تقریبی ۲/۵×۲/۵ سانتیمتری ریزریز شدند. سپس طبق روش‌های استاندارد آیین‌نامه SCAN، پس از خیساندن آن در آب شهری (با میانگین هدایت الکتریکی تقریبی ۲۲۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) حداقل به مدت ۴ ساعت، الیاف آن با استفاده از دستگاه آزمایشگاهی کوبنده والی^۵ جداسازی و در ادامه، به‌منظور تهیه الیاف خمیر بدون نرمه^۶، خمیر OCC توسط

⁷ Bauer McNett

⁸ Disintegrator

⁹ Capillary

¹⁰ Image analysis

¹¹ Console

¹² Hot disintegration (85°C)

¹³ Hot plate

¹ Fiber hornification

² Polysaccharide hardening

³ Pores closure

⁴ Fiber aging

⁵ Valley beater

⁶ Decrilled pulp

طول الیاف می‌شود. لذا، دو میانگین اخیر جهت حذف اثر ابعاد نرمه بر کاهش میانگین طول الیاف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در میان سه نوع میانگین ذکر شده، میانگین طولی وزن شده الیاف بجهت همبستگی بهتر با ویژگی‌های کاغذ و وابستگی کمتر به میزان نرمه‌های الیاف بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵].

توزیع طولی الیاف در خمیر OCC در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بیشتر الیاف بازیافتی را خرده‌های الیاف تشکیل می‌دهند و حدود ۹۰-۸۵ درصد الیاف خمیر OCC دارای طول کمتر از یک میلی‌متر می‌باشند. نکته قابل ذکر دیگر اینکه چون در سیستم L&W FIBER TESTER میانگین طول الیاف از حد پایین ۰/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود تا اثر ابعاد نرمه در کاهش میانگین طول الیاف کاهش یابد، از این‌رو، میانگین حسابی طول الیاف در سیستم اخیر بیشتر از میانگین طول الیاف در سیستم KAJAANI FIBER ANALYZER FS-200 اندازه‌گیری شده است.

نتایج نشان می‌دهد الیاف بازیافتی OCC دارای میانگین کم طولی و نایکنواختی در توزیع آن است که عمدتاً ناشی از تخریب ساختار الیاف است. میانگین طول الیاف پایین الیاف بازیافتی یکی از چهار عیب اساسی آن به شمار می‌رود که باعث افت مقاومت‌های کاغذ حاصل از آن می‌شود [۸]. البته برخی محققین اعتقاد دارند که تأثیر کاهش طول الیاف بر مقاومت‌های کاغذ نسبت به پارامترهای دیگر قابل‌اغماض است [۱۶]. در هر صورت به دلیل تکرار بازیافت و استفاده مکرر الیاف بازیافتی در تولید و قرار گرفتن در چرخه پالایش و کوبش و سایر تیمارهای مکانیکی که تخریب ساختار ترد و استخوانی این الیاف را به دنبال دارد، میزان نرمه‌های الیاف بشدت افزایش می‌یابد [۵]. در نتیجه میانگین طول الیاف کاهش یافته است. پدیده استخوانی شدن نیز نه تنها ساختاری ضعیف و شکننده در الیاف بازیافتی ایجاد می‌کند، بلکه دسترس‌پذیری به ساختار پلی‌ساکاریدها را بشدت کاهش می‌دهد. از این‌رو، گزارش شده است که به علت دسترسی پایین آنزیم‌ها به سلولز در الیاف بازیافتی، کارایی تیمار آنزیمی فرآیند تبدیل پلی‌ساکاریدها به گلوکز بسیار کاهش می‌یابد [۱۷].

شمارش دقیق تعداد الیاف با یکرنگ واضح در هر نمونه اسلاید و تبدیل آن به درصد بر اساس تعداد کل الیاف شمارش شده صورت گرفت.

برای تعیین میزان نشاسته موجود در خمیر کاغذ از استاندارد رایج T419 om-11 استفاده شد. بر اساس این روش، پس از استخراج نشاسته از خمیر با چندین مرحله شستشوی با اسید نیتریک اشباع (۱۲ نرمال) و نمونه‌برداری از آب زیر صافی خمیر کاغذ، اضافه نمودن محلول یدید پتاسیم و طیف‌سنجی مرئی فرابنفش^۱ و تهیه نمودار شاهد، میزان نشاسته موجود بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید.

$$\text{درصد نشاسته} = \frac{A}{ab} \times V_0 \times \frac{V_f}{V_a} \times \frac{1}{10S} \quad (\text{معادله ۱})$$

A = جذب خالص نشاسته؛

S = وزن خشک نمونه خمیر (گرم)؛

V = حجم محلول نشاسته پس از استخراج (۵۰۰ یا ۱۰۰۰ میلی‌لیتر)؛

V_f = حجم نهایی محلول نشاسته زمانی که رنگ اندازه‌گیری می‌شود (۵۰ میلی‌لیتر)؛

V_a = حجم نمونه برای آزمایش (معمولاً ۲۵ میلی‌لیتر)؛

b = طول عبور سلول^۲ طیف‌سنجی (یک سانتی‌متر)؛

a = ضریب جذب نشاسته (litersg⁻¹cm⁻¹) تعیین شده از

نمودار کالیبره شده

نتایج و بحث

توزیع و میانگین طول الیاف

نتایج بررسی میانگین طول الیاف در شکل ۱ ارائه شده است. میانگین (حسابی^۳) طول الیاف در خمیر با نرمه، ۰/۴۷ میلی‌متر و در خمیر بدون نرمه، ۰/۶۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در این شکل میانگین طولی وزن شده^۴ و میانگین وزنی وزن شده^۵ الیاف نیز ارائه شده است. از آنجائی که ابعاد نرمه‌های الیاف بسیار کم است (کمتر از ۷۵ میکرون)، اضافه شدن آن باعث افت فراوان میانگین

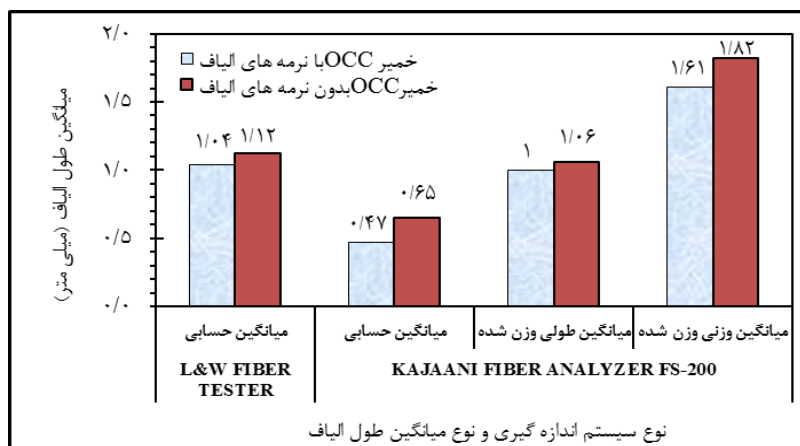
^۱ UV-Visible spectroscopy

^۲ Cell pathlength

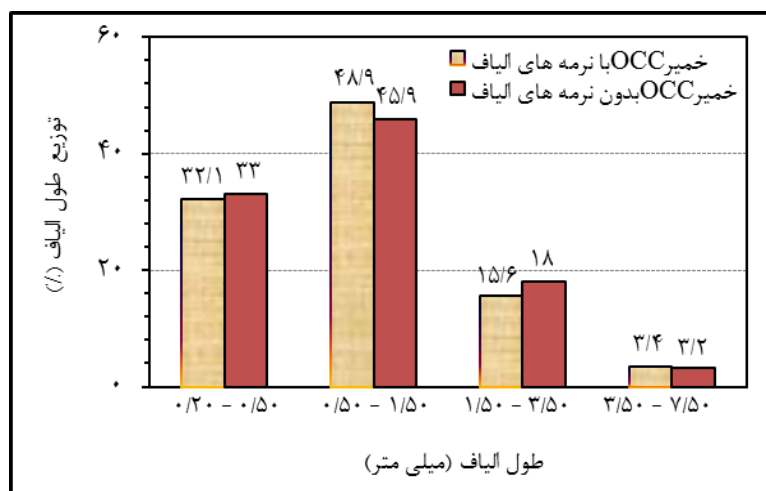
^۳ Arithmetic (numerical) average length

^۴ Length-weighted average length

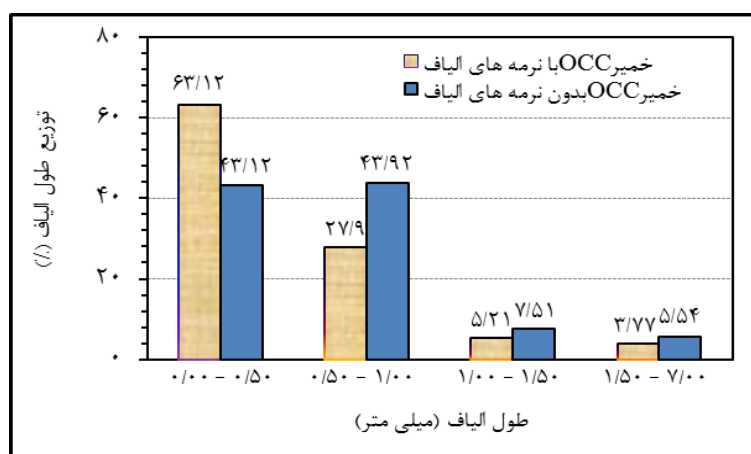
^۵ Weight-weighted average length



شکل ۱- میانگین طول الیاف خمیر با نرمه و خمیر بدون نرمه OCC



شکل ۲- توزیع طول الیاف در خمیر با نرمه و خمیر بدون نرمه OCC



شکل ۳- توزیع طول الیاف در خمیر با نرمه و خمیر بدون نرمه OCC

این‌بین، معرف رنگ‌آمیزی "C" Graff دامنه کاربردی وسیعی برای شناسایی انواع مختلف الیاف مورد استفاده در صنعت خمیر کاغذ را داراست. شناسایی نوع الیاف بر اساس نوع فرآیند خمیر کاغذسازی با استفاده از این معرف رنگی به علت وضوح تفاوت در رنگ الیاف رنگ‌آمیزی شده کار تقریباً آسانی است. برای مثال؛ همانطوری که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود پس از رنگ‌آمیزی خمیر OCC با این معرف رنگی، الیاف خمیر سفید نشده سوزنی‌برگان موجود در آن به رنگ قهوه‌ای نمایان می‌شود که با استفاده از میکروسکوپ نوری و با بزرگنمایی حداقل 40X به راحتی قابل تشخیص و شناسایی است. ولی تفکیک بین الیاف حاصل از روش‌های مختلف یک فرآیند خمیر کاغذسازی به علت تفاوت اندک در سایه و شدت رنگ به تجربه و تجزیه و تحلیل بیشتری نیاز دارد. برای مثال؛ با رنگ‌آمیزی خمیرهای مختلف مکانیکی، الیاف آن به رنگ زرد با چگالی رنگ بسیار متفاوتی دیده می‌شود؛ و تشخیص اینکه این الیاف متعلق به کدام روش خمیر کاغذسازی مکانیکی برای مثال؛ SGW^۴ یا CTMP^۵ است، کار نسبتاً پیچیده‌ای است. نتایج این بررسی حاکی از حضور الیاف زیر در خمیر OCC بوده است:

نایکنواختی توزیع طولی الیاف بازیافتی از دیگر نواقص اساسی آن است. طوری که درصد جزء الیاف با طول کمتر و بخصوص میزان نرمه‌های الیاف با تکرار بازیافت بشدت افزایش می‌یابد [۱]. بعلاوه، حجم زیاد الیاف ریز موجود در خمیر، مشخصه‌های فرآیند تولید را نیز تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. برای مثال؛ به علت افزایش میزان نرمه‌های الیاف، زمان آگیری از خمیر الیاف افزایش و در نتیجه نرخ تولید کاغذ کاهش می‌یابد [۱۸]. بدیهی است کاهش مقاومت‌های وابسته به طول الیاف به علت تخریب ساختار الیاف و کوتاه شده آن نیز از معایب دیگر آن بشمار می‌رود [۱۹]. بعلاوه، نرمه‌های الیاف خمیرهای بازیافتی در حقیقت پرکننده‌های کاملاً خنثی هستند که هیچ‌گونه قابلیت جذب آب و واکنشیدگی ندارند [۲۰]. این اجزاء نسبت به الیاف بدون نرمه به علت سطح ویژه بیشتر 30-5 برابر نشاسته جذب می‌کند [۱].

شناسایی کمی و کیفی انواع الیاف موجود در

خمیر OCC

به‌طور کلی برای شناسایی الیاف موجود در یک خمیر می‌توان از معرف‌های مختلف رنگی از جمله هرزبرگ^۱، لوفتون-مریت^۲، الکساندر^۳ و "C" Graff استفاده نمود. در



شکل ۴- تصویر تعدادی از الیاف موجود در خمیر OCC

¹ Herzberg stain

² Lofton-Merritt stain

³ Alexander stain

⁴ Stone Ground Wood

⁵ Chemi Thermo Mechanical Pulp

نسبت‌های تقریبی الیاف مختلف موجود در خمیر OCC در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد:

جدول ۱- شناسایی کیفی و کمی الیاف خمیر OCC

نسبت (%)	رنگ	نوع خمیر
۳۹/۵۸	آبی	کرافت سفیدشده پهن برگان
۲۰/۸۳	خاکستری	کرافت سفیدشده سوزنی‌برگان
۱۲/۵۰	قهوه‌ای	کرافت سفیدنشده سوزنی‌برگان
۱۶/۶۶	سبز	خمیرهای نیمه شیمیایی
۱۰/۴۱	زرد روشن	خمیرهای مکانیکی

نمونه‌برداری از آب زیر صافی، اضافه نمودن محلول یدید پتاسیم و طیف‌سنجی مرئی فرابنفش و تهیه نمودار شاهد، بر اساس فرمول مربوطه میانگین میزان نشاسته موجود $۲۵/۰ \pm ۲/۳۲$ درصد محاسبه گردید. در شکل ۵ نمودار شاهد جذب نشاسته در ۵۸۰ نانومتر در غلظت‌های مختلف و جدول ۲ میزان نشاسته برای نمونه‌هایی از خمیرکاغذ OCC بر اساس نمودار شاهد ارائه شده است.

با توجه به بحث بازیافت، اضافه کردن مواد افزودنی شیمیایی در پایانه تر ماشین کاغذ نیز تا حدود زیادی به‌عنوان یک فرآیند برگشت‌پذیر مطرح است. به‌عبارت‌دیگر، خیلی از این مواد شیمیایی همچون نشاسته کاتیونی طوری آماده‌سازی می‌شوند که تمایل زیادی دارند تا به‌صورت چسبیده به الیاف سلولزی باقی بمانند [۱]؛ بنابراین قسمت عمده‌ای از این مواد افزودنی به همراه الیاف بازیافت می‌شوند. از بزرگ‌ترین معایب آن این است که پس از بازیافت کاغذهای باطله و فرآیند بازتولید کاغذ از الیاف بازیافتی، افزودنی‌های پایانه تر (همچون نشاسته کاتیونی) ویژگی‌های بار الکتریکی الیاف و سیستم کاغذسازی را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۲۵]؛ بنابراین اطلاع از مقدار مواد موجود و میزان تأثیرگذاری آن‌ها کمک زیادی به بهینه‌سازی فرآیند بازتولید کاغذ از این الیاف می‌نماید.

واکنش این الیاف با معرف "C" Graff حاکی از حضور الیاف مربوط به فرآیندهای گوناگون خمیرکاغذسازی از جمله؛ مکانیکی، نیمه شیمیایی (NSSC)^۱ و شیمیایی (کرافت)^۲ است. در این میان خمیرهای شیمیایی کرافت بسته به نوع کاغذ در درجات متفاوت سفیدشده یا سفیدنشده و در حدود ۷۲/۹۱ درصد و عمدتاً از منابع الیاف بلند سوزنی‌برگ (۳۳/۳۳٪) شناسایی شدند. گزارش شده است که از فرآیند خمیرکاغذسازی کرافت عمدتاً جهت تولید کاغذ لاینر^۳ استفاده می‌شود [۲۱]. این کاغذها دارای مقاومت کششی و سفتی کششی^۴ بالایی است. کاغذهای حاصل از روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) به دلیل مقدار بالای همی سلولز و لیگنین باقیمانده دارای شقی^۵ بالایی است که برای کاغذ کنگره‌ای^۶ ایده آل است [۲۲]. از خمیر کرافت سفیدنشده نیز برای تهیه این نوع کاغذها استفاده می‌شود [۲۳]. از خمیرهای مکانیکی (همچون CTMP) به علت بالک بالای آن نسبت به خمیرهای شیمیایی جهت تهیه کاغذ و مقوای (چندلایه و بخصوص برای لایه مرکزی آن) با سفتی و شقی بیشتر در گراماژ پایین استفاده می‌شود [۲۴].

اندازه‌گیری میزان نشاسته موجود در خمیر OCC

پس از استخراج نشاسته از نمونه‌های انتخاب‌شده از خمیر OCC با چندین مرحله شستشوی اسیدی و

^۱ Neutral sulfite semichemical

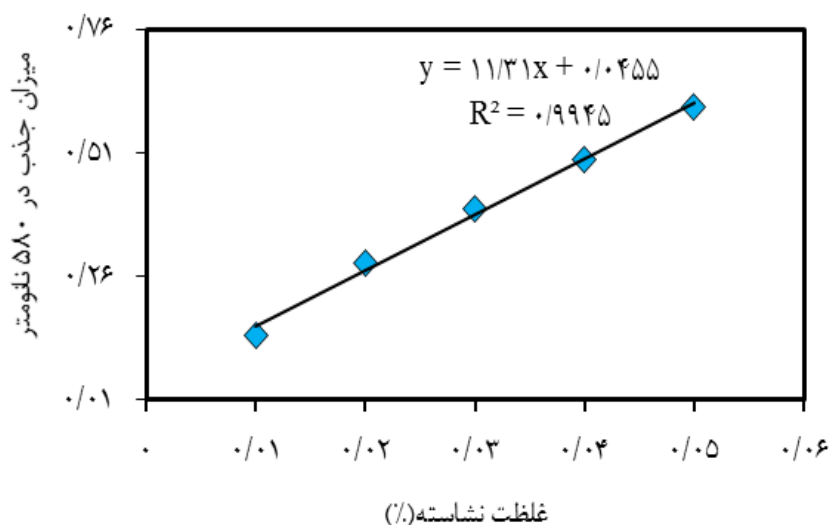
^۲ Kraft

^۳ Liner

^۴ Tensile stiffness

^۵ Stiffness

^۶ Fluting paper



شکل ۵ - نمودار شاهد جذب نشاسته با طیف‌سنجی UV (۵۸۰ نانومتر) در غلظت‌های مختلف

جدول ۲ - برآورد میزان نشاسته برای دو نمونه خمیر کاغذ OCC بر اساس نمودار شاهد

نمونه	میانگین میزان جذب	وزن نمونه (گرم)	درصد برآورد شده نشاسته در خمیر کاغذ
۱	۰/۲۹۱	۱/۰۳۱۸	۲/۴۹۴
۲	۰/۳۵۲	۱/۰۲۲۶	۲/۱۴۶

* درصد محاسبه شده برای هر نمونه نتیجه ۵ تکرار استخراج و رانش طیف‌سنجی است.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق عبارت‌اند از:

مختلف الیاف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ از فرآیندهای گوناگون خمیر کاغذسازی و با ویژگی‌های متفاوت است که برای تهیه انواع مختلف کاغذهای بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳. میانگین مقدار نشاسته موجود در ساختار الیاف OCC نیز بیش از دو درصد (۲/۳۲٪) اندازه‌گیری شده است.

۱. میانگین طول الیاف در خمیر OCC، ۰/۶۵ - ۰/۴۷ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. حدود ۸۵-۹۰ درصد الیاف دارای طول کمتر از یک میلی‌متر می‌باشند. میزان نرمه‌های الیاف در این خمیر نیز حدود ۲۰ درصد اندازه‌گیری شد.
۲. بررسی الیاف کاغذهای OCC با فن رنگ‌آمیزی با معرف "C" Graff، نشان‌دهنده حضور انواع

- [1] Malton, S., Kuys, K., Parker, I. and Vanderhoek, N., 1998. Adsorption of cationic starch on eucalypt pulp fibers and fines. *Appita Journal*, 51(4):292-298.
- [2] Billosta, V., Brandstrom, J., Cochaux, A., Joseau, J.P. and Ruel, K., 2006. Ultrastructural organization of the wood cell wall can explain modifications caused in fibers during the pulping process. *Cellulose Chemistry and Technology*, 40(3-4):223-229.
- [3] Atalla, R. H., 1977. The full potential of native cellulose fibers. *Southern Pulp and Paper Manufacturer*, 40(8):12-15.
- [4] Haggkvist, M., Li, T. Q. and Odberg, L., 1998. Effects of drying and pressing on the pore structure in the cellulose fiber wall studied by H-1 and H-2 NMR relaxation. *Cellulose*, 5(1):33-49.
- [5] De Ruvo, A. and Htun, M., 1981. Fundamental and practical aspects of paper making with recycled fibers in *The Role of Fundamental Research in Paper Making*. 7th Fundamental Research Symposium held at Cambridge, September, England, p 195-225.
- [6] Ghasemian, A., Ghaffari, M. and Ashori, A., 2012. Strength enhancing effect of cationic starch on mixed recycled and virgin pulps. *Carbohydrate Polymers*, 87:1269–1274.
- [7] Scallan, A. M., 1998. Mechanisms of hornification. Proc. Improvement of recyclability and the recycling paper industry of the Future. Nov.24-26 La Palmas de Gran Canaria, Spain, p 312-314.
- [8] Ellis, R. L. and Sendlachek, K. M., 1993. Recycled versus virgin-fiber characteristics: A comparison in *Secondary Fiber Recycling*. R. J. Spangenberg (ed.), TAPPI Press, Atlanta, USA, p 7-19.
- [9] Hubbe, M. A. and Zhang, M., 2005. Recovered kraft fibers and wet-end dry-strength polymers. Proc. TAPPI 2005 Practical Papermakers Conf., TAPPI Press, Atlanta, digital document.
- [10] Gerspach, W., Luo, C. and Gottsching, L., 1993. Modeling of the age distribution of fibers in recycling systems. *Papier*, 47(6):288-299.
- [11] Hubbe, M.A. and Heitmann, J. A., 2007. Review of factors affecting the release of water from cellulosic fibers during paper manufacture. *BioResources*, 2(3):500-533.
- [12] Etzler, F. M., Buche, M., Bobalek, J. F. and Weiss, M. A., 1995. Surface free energy of paper and inks: Printability issues. Proc. TAPPI 1995 Papermakers Conf., TAPPI Press, Atlanta, USA, 660 p.
- [13] Watanabe, A. and Mitsuhiro, S., 2005. A report on an investigation of recyclability of troublesome paper materials in the paper recycling process. *Tappi Journal*, 59(7):17-32.
- [14] Hubbe, M. A., Rojas, O. J. and Venditti, R. A., 2006. Control of tacky deposits on paper machines – A review. *Nordic Pulp Paper Res. J.*, 21(2):154-171.
- [15] Clark, J. A., 1985. *Pulp Technology and Treatment for Paper*. 2nd Ed., Miller Freeman, San Fransico, California, 97p.
- [16] Ackermann, C., Gottsching, L. and Pakarinen, H., 2000. Papermaking potential of recycled fiber. in L. Gottsching H. Pakarinen (eds.), *Recycled Fiber and Deinking*, Papermaking Science and Technology Series, Fapet Oy, Helsinki, Finland, Ch. 10, 358-438 p.
- [17] Nazhad, M.M., Ramos, L.P., Paszner, L. and Saddler, J.N., 1995. Structural constraints affecting the initial enzymatic hydrolysis of recycled paper. *Enzyme and Microbial Technology*, 17:68–74.
- [18] Wistara, N. and Young R.A., 1999. Properties and treatment of pulps from recycled paper. Part I. Physical and chemical properties of pulps. *Cellulose*, 6: 291-324.
- [19] Hubbe, M.A., Venditti, R.A. and Rojas, J.O., 2007. What happens to cellulosic fibers during papermaking and recycling, A Review. *BioResources*, 2(4):739-788.
- [20] Laivins, G. V. and Scallan, A. M., 1996. The influence of drying and beating on the swelling of fines. *J. Pulp Paper Sci.*, 22(5):178-184.
- [21] Brodin, I., 2009. Chemical properties and thermal behavior of kraft lignins. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. (<http://kth.diva-portal.org/smash.get/diva2:234300/FULLTEXT01>)

- [22] Rudi, H., Ebrahimi, G., Hamzeh, Y., Behrooz, R. and Nazhad, M. M., 2012. Deposition of Cationic and Anionic Starch on Recycled Fibers by Layer-by-Layer Technique, PhD Thesis, University of Tehran, February. 127p. (In Persian).
- [23] Dence, C.W. and Reeve, D.W., 1998. Pulp bleaching: Principles and Practice. TAPPI Press, Atlanta, USA, 582 p.
- [24] Bengtsson, G., 2005. CTMP in production of high quality packaging board. International mechanical pulping conference. Oslo, Norway, p 7-13.
- [25] Sjostrom, L. and Odberg, L., 1997. Influence of wet-end chemicals on the recyclability of paper. Papier, 51(6):69-73.

Identification of quantitative and qualitative papermaking parameters of OCC pulp fibers

Abstract

Nowadays, there is a great competition for the production of packaging paper from recycled fibers. But success in this competition depends on improving its strength properties. Thus when it comes to talk about recycled fiber, the first and the most important challenge is to tailor it for pulp and papermaking. Quantitative and qualitative papermaking information of recycled papers will significantly help to achieve this objective. Therefore in current research, some of papermaking parameters such as: average fiber length and distribution, the kind and amount of pulp and also the existing quantity of starch in OCC pulp were studied. The results showed that its fibers length has uneven distribution in a way that fiber length in more than 85% of OCC fibers were less than 1 millimeter (in the range of 0.47-0.65mm). Undoubtedly, this uneven fiber length distribution and its low length average would decrease the strength properties of paper. Fiber staining analysis applying Graff "C" stain represented that main section of fibers approximately 72.91% is from Kraft pulp, and mainly softwood resources (33.33%). Moreover, the amount of extracted starch was measured nearly $2.32 \pm 0.25\%$. It should be considered that in recycling process, this amount of starch can strongly affect the chemical charge balance in wet end section of paper machine.

Keywords: recycled fibers, packaging papers, fiber length, graff "C" stain, starch.

H.R. Rudi^{1*}
Y. Hamzeh²

¹ Assistant professor, Department of Cellulose and Paper Technology, Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Zirab Campus, Mazandaran, Iran.

² Professor, Department of Wood & Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Corresponding author:
h_rudi@sbu.ac.ir

Received: 2015.04.17
Accepted: 2015.06.10