

ویژگی‌های کاغذ مرغوب از الیاف ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای^۱

مجید فرضی^۱، علی اکبر عنایتی^{۲*} و داود پارسا پژوه^۳

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

پست الکترونیک: aenayati@ut.ac.ir

۳- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۰

چکیده

در این بررسی با استفاده از فرایند سودا و اعمال سه زمان پخت (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) و سه میزان قلیائیت فعال (۶، ۸ و ۱۰ درصد NaOH بر مبنای وزن خشک الیاف) به عنوان عوامل متغیر و دمای پخت 125°C و نسبت مایع پخت به ماده سلولزی $\frac{11}{1}$ (بر اساس وزن کاملاً خشک)، از الیاف ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای، خمیر کاغذ تهیه و پس از ساخت کاغذهای دست‌ساز، ویژگی‌های مقاومتی و نوری آنها اندازه‌گیری شد. شرایط مناسب برای پخت ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای شامل ۸٪ قلیائیت فعال و زمان پخت ۱۲۰ دقیقه تعیین شد. در این شرایط پخت، بازده این خمیر کاغذ ۸۶/۴۶٪ تعیین شد. خمیر کاغذ تا درجه روانی ۴۵۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی پالایش شده و ویژگی‌های مقاومتی و نوری شامل شاخص مقاومت به پاره شدن $20/12$ (m.N.m²/g)، طول پاره شدن $1/96$ (km)، شاخص مقاومت به ترکیدن $2/09$ (kpa.m²/g)، روشنی ۹۵/۸۶٪ و ماتی ۹۶/۳۹٪ اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: ضایعات پارچه پنبه‌ای، سودا، قلیائیت فعال، بازده، ویژگی‌های مقاومتی، ویژگی‌های نوری.

مقدمه

اشاره کرد. مصرف نسبتاً زیاد کاغذ و فرآورده‌های کاغذی در سال‌های اخیر از یک سو و ضرورت پیوستن به سازمان تجارت جهانی^۱ از سوی دیگر، رشد، توسعه و ارتقاء کیفی هرچه سریعتر صنایع خمیر و کاغذ را اجتناب‌ناپذیر کرده است.

صنعت خمیر کاغذ و کاغذ ایران در مسیر رشد و توسعه خود همواره با مشکلات متعددی مواجه بوده است. از جمله مهمترین مشکلات آن می‌توان به کمبود مواد اولیه مناسب، عدم مدیریت صحیح منابع موجود، در اختیار نداشتن فناوری مناسب و کمبود نیروی متخصص

۱- این پژوهش با استفاده از اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شد.

– استن، پارچه‌های نو به ترتیب ۲/۹۴٪، ۰/۹۴٪، ۲/۶۶٪ و ۱/۱۷٪ و پارچه‌های کهنه به ترتیب ۷/۹۲٪، ۰/۹۱٪، ۱/۵۷٪ و ۴/۸٪ گزارش کرده است. میانگین بازده کل بدون در نظر گرفتن شرایط پخت برای پارچه‌های نو ۸۵/۵۷٪ و برای پارچه‌های کهنه ۷۳/۶۶٪ اندازه‌گیری شده است.

با توجه به اینکه تولید کاغذهای با دوام با استفاده از ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای می‌تواند تقریباً در تمامی کشورهای جهان (به‌صورت کاغذسازی در مقیاس کوچک) مورد توجه قرار گیرد. بنابراین بررسی‌های آزمایشگاهی در زمینه تولید خمیر کاغذ و کاغذ با استفاده از پارچه‌های پنبه‌ای بازیافت شده، برای دستیابی به اطلاعات بیشتر و ارائه آن به کارخانجات مربوطه و نیز احداث واحدهای جدید تولیدی (در ایران) می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

مواد و روشها

ماده اولیه مورد نیاز به مقدار ۱۰ کیلوگرم از ضایعات پارچه پنبه‌ای (ضایعات پارچه‌پنبه‌ای سفید درجه یک) به صورت دم قیچی از یک کارخانه تولید لباس تهیه شد. به هنگام تهیه این مواد سعی شد تا پارچه‌ها سفیدرنگ باشند، از نظر شکل ظاهری سالم و در معرض تخریب توسط مواد شیمیایی قرار نگرفته باشند، حتی الامکان تمیز بوده و موادی از قبیل رنگ، چربی، نخ‌های مصنوعی و آلودگی‌های دیگر در آنها وجود نداشته باشد، پارچه‌ها صددرصد پنبه‌ای و عاری از هرگونه الیاف غیرسلولزی (پشم، ابریشم و الیاف مصنوعی) باشند و حتی الامکان خشک باشند.

به طوری که قبل از پخت بافت پارچه از هم گسیخته شده و پس از حلاجی، به رشته‌های خیلی باریک تبدیل

از آنجا که دستیابی به ماده اولیه چوبی مناسب تولید خمیر کاغذ و کاغذ به برنامه‌های مدیریتی درازمدت و سرمایه‌گذاری زیادی نیاز دارد، بنابراین در کوتاه مدت، باید منابع ماده اولیه غیرچوبی موجود مورد توجه قرار گرفته و از نظر فناوری و توجیه اقتصادی بررسی شوند. در بین منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی، پارچه‌های پنبه‌ای^۱ به علت دارا بودن سلولز زیاد (بیش از ۹۰٪) و الیاف مناسب، می‌تواند برای ساخت کاغذهای با دوام و کیفیت بالا (در مقایسه با کاغذهای تهیه شده از خمیر کاغذ چوب) مورد استفاده قرار گیرد.

در حالی که مطالعات گسترده‌ای در زمینه تولید خمیر کاغذ از منابع غیرچوبی در کشورهای در حال توسعه انجام شده است، ولی به ضایعات صنایع نساجی که به مقدار مناسبی وجود دارد، توجهی جدی نشده است. در حالی که اطلاعات موجود حکایت از آن دارد که در بعضی از کشورهای جهان از ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای (نو و کهنه) در کارخانجات متعددی (ولی در مقیاس کوچک) خمیر کاغذ و کاغذ تولید می‌گردد. در این زمینه نه تنها در کشور ما بلکه در سایر نقاط دنیا تحقیقات جامعی انجام نشده است و دانش فنی موجود، عمدتاً در اختیار کارخانجات بازیافت پارچه‌های پنبه‌ای است، که شرایط تولید خود را به طور عمده از طریق آزمون و خطا بدست آورده‌اند. از این رو در این زمینه تحقیقات جدید خیلی محدود است.

یونسی (۱۳۷۸) خواص کاغذسازی ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای نو و کهنه را بررسی کرده و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی پارچه کهنه و نو، شامل میزان سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی محلول در الکل

نگهداری شدند) بعد از تعیین درصد رطوبت برای پخت و تهیه خمیر کاغذ مورد استفاده قرار گرفتند. باتوجه به بالا بودن نسبت حجم به وزن مواد اولیه، از نسبت مایع پخت به ضایعات ۱:۱۱ استفاده شد. در این نسبت الیاف به میزان کافی به مایع پخت آغشته شده و مایع پخت تا پایان مرحله پخت در محیط واکنش وجود خواهد داشت. برای هر مرحله پخت مقدار ۲۵ گرم از ضایعات پارچه (وزن کاملاً خشک) توزین و مورد استفاده قرار گرفت.

تولید خمیر کاغذ با در نظر گرفتن زمان پخت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه و میزان قلیائیت فعال ۶، ۸ و ۱۰ درصد (براساس وزن کاملاً خشک پارچه) انجام شد.

در این بررسی، نسبت مایع پخت به ماده سلولزی

$(\frac{L}{W})$ ۱۱ به ۱ و دمای پخت در ۱۲۵ درجه سانتیگراد

ثابت در نظر گرفته شد و عوامل متغیر شامل قلیائیت و زمان پخت انتخاب گردید. برای انجام پخت‌ها از یک دایجستر آزمایشگاهی ۳ محفظه‌ای استفاده شد. با توجه به سه سطح قلیائیت و سه زمان پخت در مجموع ۹ ترکیب از عوامل متغیر بدست آمد. هر پخت در سه تکرار انجام شد و در نهایت ۲۷ پخت به مرحله اجرا درآمد.

به دلیل وجود میزان بسیار کم لیگنین، افزایش دما به صورت مرحله‌ای انجام شد. پس از رسیدن دمای پخت به مقدار $125^{\circ}C$ و با توجه به زمان‌های پخت (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه)، پخت خمیر کاغذ انجام شد. پس از آن، بخار داخل محفظه تخلیه، درب محفظه‌ها باز و خمیر کاغذ حاصل بر روی الک با اندازه سوراخ ۲۰۰ مش منتقل شد. عمل شستشو با آب فراوان انجام شد تا مایع پخت از خمیر کاغذ خارج گردد. پس از شستشو، خمیر کاغذ آبیگری شده در کیسه‌های مخصوص (جهت جلوگیری از تغییر رطوبت) نگهداری شد.

گردید. این کار بوسیله یک برس سیمی گرد مجهز به الکترو موتور با نیروی محرکه ۲۵۰ وات انجام شد.

اندازه‌گیری ابعاد الیاف

چون طول رشته‌های حاصل از فرآوری ضایعات پارچه پنبه‌ای بسیار بلند است و به علت پیچ‌خوردگی امکان اندازه‌گیری طول الیاف آنها میسر نبود، بنابراین ابعاد الیاف خمیر کاغذ، پس از پالایش توسط دستگاه PFI اندازه‌گیری شد. بدین منظور از هر خمیر کاغذ تهیه شده به مقدار ۱ گرم انتخاب و با پالایشگر از هم جدا شد و با استفاده از روش فرانکلین ابعاد آنها اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری ترکیب‌های شیمیایی

اندازه‌گیری ترکیب‌های شیمیایی ضایعات پارچه پنبه‌ای براساس دستورالعمل ۸۵-om-۲۵۷ T آئین‌نامه TAPPI انجام شد. برای این منظور به کمک آسیاب آزمایشگاهی الیاف پنبه شده به آرد تبدیل و پس از عبور از الک ۴۰ مش، از ذرات باقی‌مانده بر روی الک ۶۰ مش (برای اندازه‌گیری درصد مواد استخراجی و سلولز) و ذرات باقیمانده بر روی الک ۸۰ مش (برای تعیین درصد خاکستر) استفاده شد. اندازه‌گیری مواد استخراجی محلول در الکل-استن، سلولز، لیگنین و خاکستر به ترتیب طبق دستورالعمل‌های شماره ۸۸-om-۲۲۰ T، ۸۸-om-۲۲۷ T، ۸۸-om-۲۱۱ T آئین‌نامه TAPPI انجام گردید.

تهیه خمیر کاغذ

ضایعات پارچه‌های حلاجی شده (که به‌منظور جلوگیری از جذب رطوبت در کیسه‌های پلاستیکی

بوسیله استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی کاغذها

تعیین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن، طول پاره شدن، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن به ترتیب طبق آیین‌نامه‌های شماره ۸۸-om-14، T، ۸۸-om-14، T و ۹۱-om-03 استاندارد TAPPI انجام شد.

تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل و با استفاده از تجزیه واریانس انجام شد. سپس در صورت معنی‌دار بودن اختلاف، مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن انجام گردید.

نتایج

ابعاد الیاف و ترکیب شیمیایی

از ویژگی‌های مهم مواد لیگنوسلولزی مورد استفاده در صنایع خمیرکاغذ و کاغذ، ابعاد الیاف (به‌ویژه طول الیاف) و ترکیب شیمیایی آنها می‌باشد که بر روی ویژگی‌های کاغذ اثرگذار است. میانگین طول و قطر الیاف بعد از پالایش و ترکیب مواد شیمیایی تشکیل‌دهنده ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای در جدول ۱ آورده شده است.

تهیه کاغذ دست‌ساز و اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی و نوری از آنجا که ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ رابطه مستقیمی با درجه‌روانی آن دارد، خمیر کاغذهای مختلف تا رسیدن به درجه‌روانی $CSF 450 \pm 15$ توسط دستگاه پالایشگر، PFI پالایش شدند. به‌علت بلندی الیاف پنبه و تمایل زیاد به کلوخه‌ای شدن و پالایش دشوار آنها، به منظور باز شدن الیاف خمیر کاغذ، هر نمونه خمیر کاغذ ابتدا توسط پالایشگر صفحه‌ای سه بار با درصد خشکی کم پالایش شده و بعد بکمک دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی PFI، پالایش نهایی خمیر کاغذ انجام شد. پس از آماده‌سازی هر خمیر کاغذ، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۶۰ گرم بر مترمربع طبق دستورالعمل شماره ۸۸-om-205 آیین‌نامه TAPPI ساخته شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی و نوری

این ویژگی‌ها طبق دستورالعمل‌های TAPPI به شرح زیر انجام گرفت. پس از مشروط‌شدن نمونه‌ها در دمای $20 \pm 1^\circ C$ و رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ (برابر دستورالعمل T220-om-88)، ضخامت طبق آیین‌نامه‌ی ۸۹-om-11، T وزن پایه، طبق آیین‌نامه‌ی ۸۸-om-10، T روشنی و ماتی، طبق آیین‌نامه‌های ۹۸-om-452 و ۹۶-om-425 T

جدول ۱- میانگین طول و قطر الیاف و ترکیب شیمیایی ضایعات پارچه پنبه‌ای

ویژگی	میانگین	انحراف از معیار
طول الیاف (mm)	۱۱/۳۶	۲/۱۷
قطر الیاف (μm)	۲۰/۳	۱/۹۸
سلولز (%)	۹۵/۷۰	۰/۳۱
آلفا سلولز (%)	۹۱/۸۳	۰/۵۰۶
لیگنین (%)	۰/۸۰۳	۰/۰۳۱
خاکستر (%)	۱/۱۴	۰/۰۲۶
مواد استخراجی محلول در الکل - استن (%)	۱/۵۷۳	۰/۰۴۰

ویژگی‌های خمیر کاغذ و کاغذ دست‌ساز
 میانگین بازده و درجه‌روانی خمیر کاغذ تهیه شده از ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای و همچنین ضخامت و حجیمی کاغذ دست‌ساز با وزن پایه تقریبی ۶۰ گرم بر مترمربع تیمارهای مختلف در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۲- ویژگی‌های خمیر کاغذ و کاغذ دست‌ساز از خمیر کاغذ تیمارهای مختلف

حجیمی (cm ³ /g)	ضخامت (μ m)	وزن پایه (g/cm ²)	درجه‌روانی اولیه (CSF)	بازده (%)	زمان پخت (دقیقه)	قلیائیت (%)
۲/۴۲	۱۵۲	۶۲/۷۵	۶۳۷	۸۸/۳۹	۶۰	
۲/۲۷	۱۴۲	۶۲/۶۰	۶۵۴	۸۷/۹۶	۱۲۰	۶
۲/۲۱	۱۳۶	۶۱/۵۶	۶۵۴	۸۷/۴۵	۱۸۰	
۲/۴۳	۱۵۰	۶۱/۶۲	۶۳۷	۸۷/۳۱	۶۰	
۲/۳۳	۱۵۰	۶۴/۲۴	۶۳۷	۸۶/۴۶	۱۲۰	۸
۲/۴۱	۱۴۸	۶۱/۵۳	۶۳۷	۸۵/۶۳	۱۸۰	
۲/۷۳	۱۷۴	۶۳/۶۷	۶۵۴	۸۵/۳۰	۶۰	
۲/۶۴	۱۶۷	۶۳/۱۲	۶۰۶	۸۵/۲۳	۱۲۰	۱۰
۲/۶۷	۱۶۴	۶۱/۲۹	۶۳۷	۸۴/۸۰	۱۸۰	

(وزن پایه عملاً بین ۶۱/۲۹ تا ۶۴/۲۴ گرم بر مترمربع متغیر بوده است) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است. نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر ساخت خمیر کاغذ بر روی ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای تیمارهای مختلف در جدول ۳ و تغییرات این ویژگی‌ها به همراه گروه‌بندی آنها در شکل‌های ۱ تا ۵ آورده شده است.

به دلیل میزان کم لیگنین موجود در پارچه‌های پنبه‌ای، عددکاپای خمیر کاغذها، در حدود ۴-۳ تعیین که به علت تغییرات جزئی، تفاوت آنها معنی‌دار نشد. در این بررسی بیشترین بازده مربوط به قلیائیت ۶٪ و زمان پخت ۶۰ دقیقه و کمترین بازده مربوط به قلیائیت ۱۰٪ و زمان پخت ۱۸۰ دقیقه بود. همان طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، در ضخامت و حجیمی کاغذهای تیمارهای مختلف که با وزن پایه ۶۰ گرم بر مترمربع ساخته شده‌اند

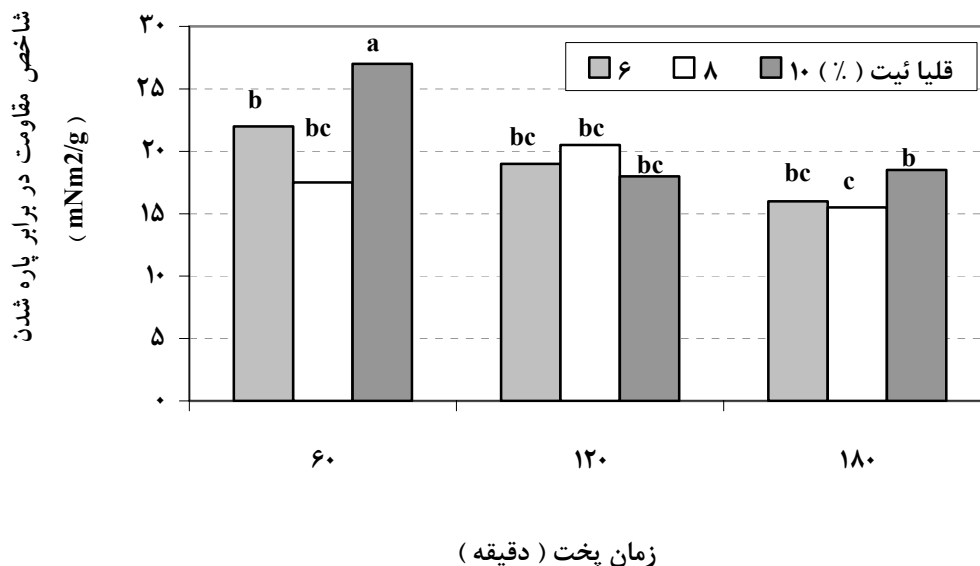
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر ویژگی‌های مکانیکی و نوری نمونه‌های کاغذ

منبع تغییرات	df	مقاومت به پاره شدن F	طول پاره شدن F	روشنی F	ماتی F
زمان پخت	۲	**۶/۷۷۵	*۴/۶۴۶	**۹۴/۹۸	**۱۵۱/۷۷۳
قلیائیت فعال	۲	*۳/۴۹۰	*۳/۶۸۲	**۱۲/۶۹۵	**۳۱/۸۷۴
زمان پخت + قلیائیت فعال	۴	۳/۱۸۸	ns۰/۷۱۶	**۱۶/۲۰۳	**۸/۷۴۰

** در سطح ۱ درصد معنی‌دار، * در سطح ۵ درصد معنی‌دار و ns معنی‌دار نیست.

شاخص مقاومت در برابر پاره شدن

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها در شکل ۱ خلاصه شده است.



شکل ۱- اثر زمان پخت و درصد قلیائیت بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ تیمارهای مختلف

شدن کاغذ معنی‌دار نبوده و طول پاره‌شدن کاغذ تیمارهای مختلف در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل ۲).

شاخص مقاومت در برابر ترکیدن

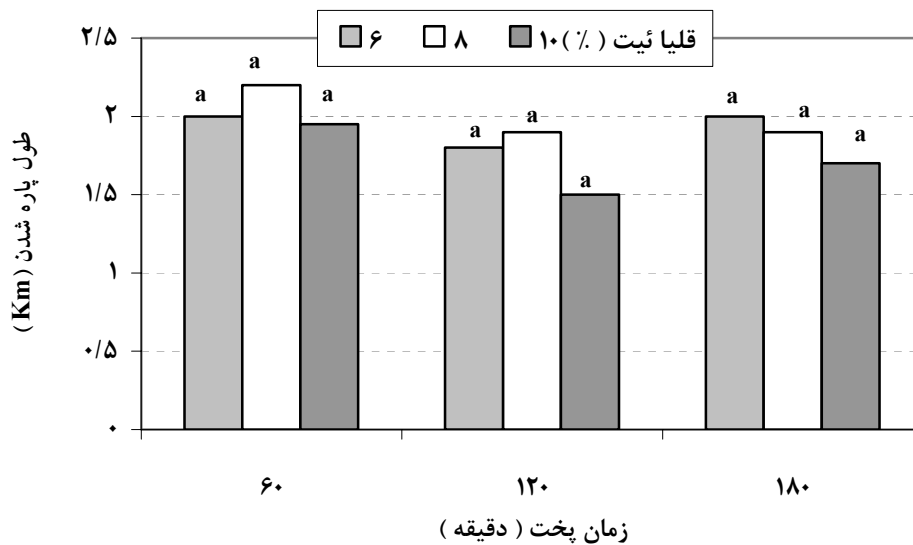
از آنجا که برای هر یک از شرایط آزمایش یک عدد میانگین^۱ بدست آمده است، بنابراین تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها امکان‌پذیر نگردید.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، قلیائیت و زمان پخت و نیز اثر متقابل آنها بر شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن نمونه کاغذهای آزمون تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌دار داشته است. به طوری که میانگین فاکتور مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذ تیمارهای مختلف در سه گروه جداگانه قرار می‌گیرد (شکل ۱).

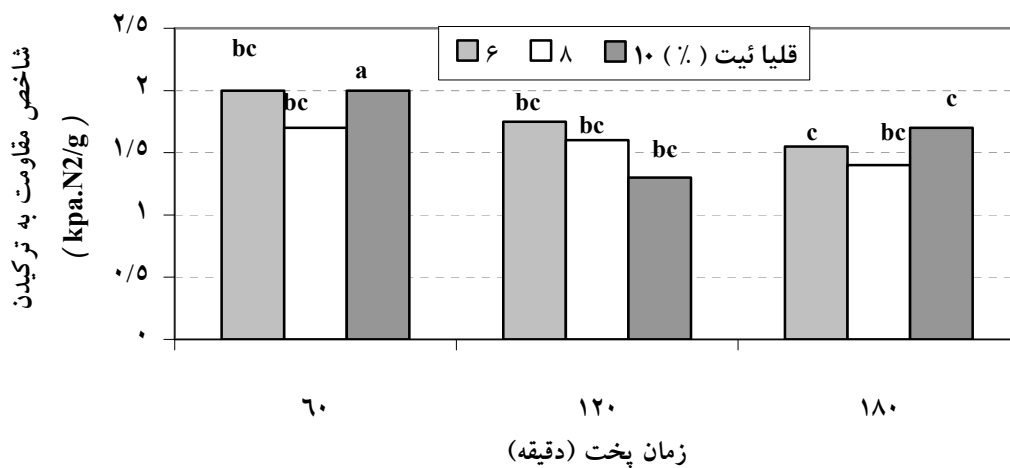
طول پاره شدن

تأثیر قلیائیت و زمان پخت بر طول پاره شدن نمونه کاغذهای آزمون تیمارهای مختلف معنی‌دار بوده است (جدول ۳). اما اثر متقابل قلیائیت و زمان بر طول پاره

۱- به علت حساسیت کم دستگاه، نمونه‌ها به صورت دسته‌های ۵ تایی آزمون شدند، بنابراین به علت محدود بودن تعداد نمونه‌ها به مقایسه میانگین‌ها اکتفا شد.



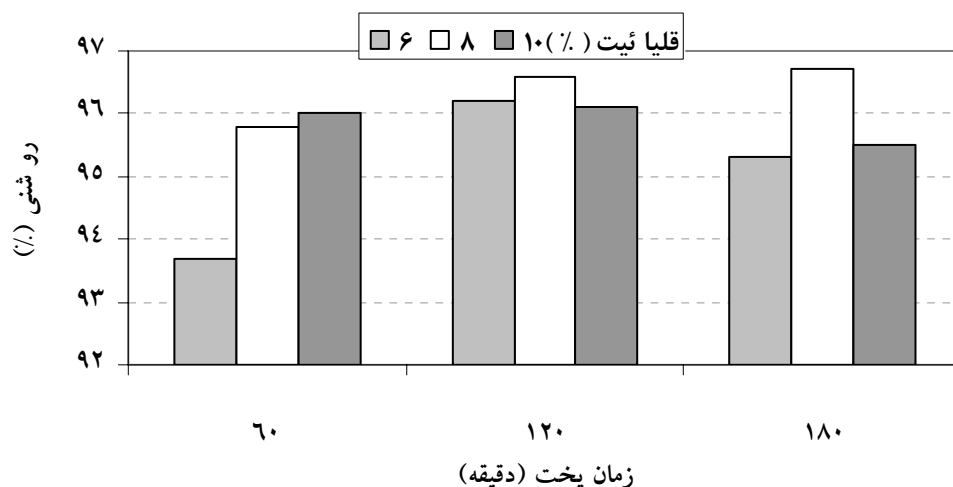
شکل ۲- اثر زمان پخت و درصد قلیائیت بر طول پاره‌شدن کاغذ تیمارهای مختلف



شکل ۳- اثر زمان پخت و درصد قلیائیت بر مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ تیمارهای مختلف

روشنی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری روشنی کاغذهای تیمارهای مختلف در شکل ۴ دیده می‌شود.



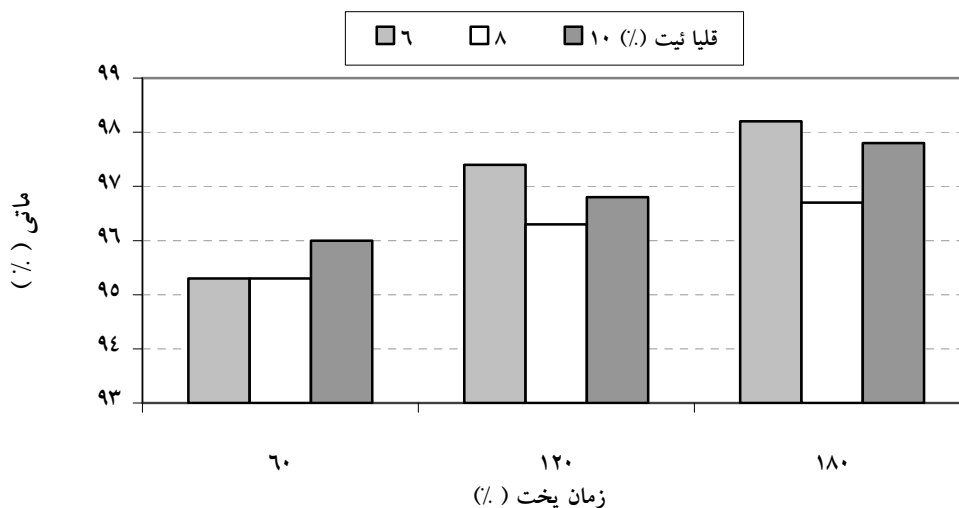
شکل ۴- اثر زمان پخت و درصد قلیائیت بر درجه‌روشنی کاغذ تیمارهای مختلف

مختلف بصورت شکل ۵ خلاصه شده است. همان طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، تأثیر قلیائیت و زمان پخت و نیز اثر متقابل آنها بر ماتی کاغذهای آزمونی تیمارهای مختلف معنی‌دار بوده است. به طوری که ماتی نمونه کاغذ تیمارهای مختلف با توجه به متغیرهای زمان پخت و قلیائیت در شش گروه جداگانه قرار گرفته‌اند (شکل ۵).

درصد قلیائیت و زمان پخت و نیز اثر متقابل آنها بر روشن‌ی کاغذهای آزمونی تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۳). با توجه به متغیرهای درصد قلیائیت و زمان پخت، میانگین روشن‌ی کاغذ تیمارهای مختلف، در چهار گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۴).

ماتی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماتی کاغذهای تیمارهای



شکل ۵- اثر زمان پخت و درصد قلیائیت بر ماتی کاغذ تیمارهای مختلف

بحث

با در نظر گرفتن نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف الیاف ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای، میانگین طول الیاف بعد از حلاجی ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای به ۱۱/۳۶ میلی‌متر کاهش یافته است که به مراتب کمتر از طول اولیه الیاف ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای می‌باشد.

مقایسه طول بعد از حلاجی الیاف با طول الیاف سایر منابع لیگنوسلولزی نشان می‌دهد که این ماده از الیاف بسیار بلندی برخوردار است. در صورتی که طول الیاف چوب ممرز ۱/۴ میلی‌متر می‌باشد که در بین پهن‌برگان ایران بلندترین الیاف را دارد. میانگین طول الیاف خمیرکاغذ تهیه شده در این بررسی حدوداً ۲/۵ برابر بیشتر از طول بلندترین الیاف سوزنی‌برگ (۴/۶ میلی‌متر)، اندازه‌گیری شده توسط Atchison (۱۹۸۷) می‌باشد.

مقایسه طول الیاف ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای با طول الیاف برخی منابع لیگنوسلولزی داخلی مانند ساقه پنبه ۰/۹۲ میلی‌متر (شکوئی ۱۳۷۶)، ساقه ذرت دانه‌ای ۰/۹۱ میلی‌متر (جهان‌لتیباری و همکاران)، ساقه آفتابگردان ۱/۱ میلی‌متر (ایزدیبار، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۵) و کاه‌گندم و برنج به ترتیب ۱/۵۲ و ۱/۳۵ میلی‌متر (کاشانی، ۱۳۷۶) نشان می‌دهد که این ضایعات از الیاف بسیار بلندی برخوردار است. بدیهی است فرآوری مناسب این الیاف می‌تواند منجر به تولید خمیرکاغذ با ویژگی‌های مقاومتی مطلوب گردد. ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای با ۹۵/۷ درصد سلولز از موقعیت ممتازی برخوردار است و به‌عنوان خمیرکاغذ آلفا سلولز تلقی می‌گردد.

مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای با نتایج بررسی‌های گزارش شده توسط Hurter Fiber Consultants (۱۹۸۳) نشان

می‌دهد که درصد سلولز (۹۵/۷ درصد) و آلفاسلولز (۹۱/۸۳ درصد) این ماده از تمام منابع لیگنوسلولزی (چوبی و غیر چوبی) بیشتر و مقدار لیگنین موجود در آن (۰/۸ درصد) از تمام منابع لیگنوسلولزی (چوبی و غیر چوبی) کمتر می‌باشد (شکوئی، ۱۳۷۶). مقدار زیاد سلولز و میزان کم لیگنین باعث دوام بسیار بالای کاغذهای ساخته شده می‌گردد. از طرف دیگر، درصد خاکستر (۱/۱۴ درصد) و مواد استخراجی محلول در الکل - استن (۱/۵۷ درصد) موجود در این ماده از بسیاری از منابع لیگنوسلولزی کمتر است. مقدار سلولز، آلفاسلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی محلول در الکل - استن موجود در ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای نو به ترتیب: ۹۴/۲۶٪، ۸۸/۹۴٪، ۰/۹۴٪، ۱/۱۷٪ و ۲/۶۶٪ گزارش شده است (یونسی، ۱۳۷۸) که تفاوت جزئی با نتایج حاصل از این تحقیق دارد.

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیرکاغذ از ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای نشان می‌دهد که بازده خمیرکاغذ با افزایش زمان پخت و قلیائیت، کاهش می‌یابد و بیشترین بازده خمیرکاغذ با مصرف ۶٪ قلیایی و در زمان پخت ۶۰ دقیقه حاصل می‌شود. به دلیل میزان کم لیگنین موجود در پارچه‌های پنبه‌ای عددکاپای اندازه‌گیری شده برای چند نمونه خمیر کاغذ تهیه شده در حدود ۴-۳ بوده است. بنابراین به دلیل تغییرات جزئی در نتایج بدست آمده از شرایط مختلف، تجزیه و تحلیل آماری آنها امکان‌پذیر نشد. در نتیجه به اعلام مقدار تقریبی عددکاپای خمیرکاغذ اکتفا می‌گردید.

با توجه به بررسی مقدار بازده خمیرکاغذ، ویژگی‌های مقاومتی و نوری و در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی هر پخت، شرایط مناسب برای پخت ضایعات پارچه‌های

(۲/۳۴) و ساقه ذرت دانه‌ای (۴/۶۲) کمتر می‌باشد که علت آن را می‌توان بالا بودن درصد سلولز و کم بودن میزان همی سلولز دانست.

در مورد ویژگی‌های نوری باید گفت که درجه روشنی خمیر کاغذ معادل ۹۵/۸۶٪ اندازه‌گیری شده است که در مقایسه با خمیر کاغذ از نی (۵۳٪-۴۴٪)، باگاس مغزگیری شده (۴۲/۴٪)، کاه گندم رنگبری شده (۸۰٪+) و کلش برنج رنگبری شده (۷۸٪) از میزان بسیار مناسبی برخوردار است. همچنین ماتی خمیر کاغذ ۹۶/۳۹٪ بدست آمد که در مقایسه با مقدار گزارش شده در مورد نی (۸۰٪)، سیزال (۷۷٪)، آباکا (۷۷/۹٪) و پنبه (۸۱/۷٪) از مقدار بسیار مطلوبی برخوردار است.

به طور خلاصه می‌توان گفت با وجود مشکلاتی که در تهیه و آماده‌سازی این نوع ضایعات وجود دارد، ولی به علت ایجاد ارزش افزوده بالا، ماده اولیه بسیار مناسبی برای تهیه کاغذهای مخصوص در مقیاس کوچک است.

منابع مورد استفاده

- شکویی، م.، ۱۳۷۶، بررسی مقایسه ای کاربرد دو فرآیند سودا و کرافت در پخت ساقه پنبه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- یونسی، م.م.، ۱۳۷۸، بررسی مناسب ترین شرایط تهیه خمیر آلفا سلولز از ضایعات پارچه‌های پنبه‌ای برای ساخت خمیر کاغذ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- Casey James.p, Pulp and Paper chemistry and chemical technology, Volume 1, 3rd.ed, New York, 1981.
- Handbook on pulp and paper industries, Small Industry Research Institute (SIRI), India, 1996.
- Pulp and paper manufacture, Volume 1, 3rd.ed, USA, 1983.
- Pulp and paper manufacture, Volume 3, 3rd.ed, USA, 1987.
- TAPPI Test Methods, TAPPI press, Atlanta, ca. USA, 1993.

پنبه‌ای برای تهیه خمیر کاغذ قلیائیت ۰.۸٪ و زمان پخت ۱۲۰ دقیقه انتخاب شد در این شرایط شاخص مقاومت در برابر پاره شدن $20/12 \text{ m.N.m}^2/\text{g}$ بدست آمد. این مقدار در مقایسه با مقدار آن در مورد کنف سفید شده (۱۲/۷)، کاه گندم سفید شده (۳/۷۴)، کلش برنج سفید شده (۶/۲۷)، ساقه پنبه (۶)، پوست دانه آفتابگردان (۳/۷)، ساقه آفتابگردان (۹/۳۰۸)، ساقه ذرت دانه‌ای (۵/۴۷)، کلش برنج (۱/۰۵ - ۰/۷۹)، کاه گندم (۱/۱ - ۰/۸۳)، و چوب خرمندی (۱۰/۲۷) بسیار قابل توجه است که ناشی از طول زیاد الیاف مورد استفاده می‌باشد.

در شرایط پخت فوق، طول پاره‌شدن کاغذ $1/96 \text{ km}$ بدست آمد. این مقدار در مقایسه با مقدار مشابه خمیر کاغذ از کلش برنج (۱/۱۱۸ - ۰/۱۶۶) و کاه گندم (۱/۳۶۶ - ۰/۲۳۹) از میزان بالاتری برخوردار بوده و در مقایسه با کنف سفید شده (۶/۲)، کاه گندم رنگبری شده (۷/۳)، کلش برنج سفید شده (۵/۳)، ساقه پنبه (۴/۱)، پوست دانه آفتابگردان (۲/۰۵۵)، ساقه آفتابگردان (۳/۲۷۱)، ساقه ذرت دانه‌ای (۶/۸۹۰) و چوب خرمندی (۳/۷۳۱) کمتر می‌باشد که علت آن را می‌توان بالا بودن درصد سلولز و کم بودن میزان همی سلولز (که به‌عنوان ماده اتصال‌دهنده در تقویت اتصالات کاغذ عمل می‌کند) دانست. این مقدار طول پاره‌شدن ($1/96 \text{ km}$) برای کاغذ چاپ و تحریر مناسب می‌باشد.

همچنین در شرایط فوق، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن $2/09 \text{ KPa.m}^2/\text{g}$ بدست آمد که در مقایسه با مقدار آن در مورد پوست دانه آفتابگردان (۰/۸۷)، کاه گندم (۱/۰۶)، کلش برنج (۱/۲) و چوب خرمندی (۰/۲۸) از میزان بالاتری برخوردار بوده و در مقایسه با کنف سفید شده (۳/۸)، کاه گندم رنگبری شده (۴/۲)، کلش برنج رنگبری شده (۳/۸)، ساقه پنبه (۳/۴۷)، ساقه آفتابگردان

Properties of high quality paper from rag fibers recycling

Farzi, M.¹, Enayati, A.A.^{2*} and Parsapajouh, D.³

1-MSc., Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Tehran University. Iran.

2*- Corresponding author, Professor, Dept. of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, Tehran University. Iran. Email: aenayati@ut.ac.ir

3-Professor, Wood and Paper Science and Technology, Natural Resources Faculty, Tehran University, Iran.

Received: May, 2011

Accepted: May, 2012

Abstract

In this investigation, soda pulps from old rags applying three pulping times (60, 120 and 180 minutes) and three levels of active alkali (6,8, and 10% NaOH based on OD weight of rag) and pulping temperature of 125° C were produced. Liquor to rag ratio was kept constant at 11:1(based on the weight of the rag). After pulping, hand sheets were made and then both strength and optical properties of hand sheets were measured. It was revealed that, the optimum condition for rag pulping was; 8% active alkali and 120 minutes. At this pulping conditions, the pulping yield and mechanical and optical properties of pulp were measured as yield; 86.46 %, tear index; 20.12 mN.m²/g, burst index; 2.09 kPa.m²/g, breaking length; 1.96 km, brightness; 95.86 % and opacity: 96.39

Key words: Rag, soda, active alkali, yield, strength properties, optical properties