

بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ رنگ‌بری شده سودا - اکسیژن از کارتن کنگره‌ای کهنه

وحید دلتواز^۱، احمد جهان لیباری^{۲*}، سید احمد میرشکرایی^۳ و سید محمدجواد سپیده دم^۴

۱- کارشناس ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج پست الکترونیک: Latibari.aj@kiauo.ac.ir

۳- استاد، صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه پیام نور

۴- استادیار، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تهیه خمیر کاغذ رنگ‌بری شده سودا - اکسیژن از الیاف بازیافتی کارتن کنگره‌ای کهنه (OCC) انجام شده است. برای تعیین شرایط مطلوب لیگنین زدایی از چهار مقدار هیدروکسیدسدیم (۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ درصد)، سه زمان پخت (۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه) و دو دمای پخت (۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) و فشار اکسیژن ۶ بار استفاده گردید. پس از هر پخت بازده و عددکاپا اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که استفاده از ۹٪ هیدروکسیدسدیم، زمان پخت ۱۵۰ دقیقه و دمای پخت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، مناسبترین ترکیب شرایط لیگنین زدایی است. بازده و عددکاپای این خمیر کاغذ به ترتیب ۷۲/۴۴٪ و ۲۴/۷۲٪ اندازه‌گیری شده است. ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ انتخابی شامل شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر کشش و شاخص مقاومت در برابر پاره شدن به ترتیب ۲/۲۷ kPa.m²/g، ۲۹/۱۹ Nm/g و ۱۰/۲۴ mN.m²/g اندازه‌گیری شده است. این خمیر کاغذ با استفاده از روش رنگ‌بری کاملاً بدون کلر رنگ‌بری شده و با مصرف ۳٪ پروکسید هیدروژن و ۲٪ هیدروکسیدسدیم؛ درجه‌روشنی به ۵۷/۹۲٪ ایزو افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: سودا - اکسیژن، رنگ‌بری کاملاً بدون کلر، کارتن کنگره‌ای کهنه (OCC)، لیگنین زدایی، ویژگی‌های مقاومتی

مقدمه

حفظ منابع جنگلی کمک شایانی گردد. در فرایند استفاده مجدد از کاغذهای باطله برای تولید محصولات مرغوب‌تر و با ارزش افزوده بیشتر، طراحی فرایندی با فناوری مناسب از پیش نیازهای اساسی و تعیین‌کننده است. طبق اظهارات کارشناسان برای تولید هر تن خمیر کاغذ رنگ‌بری شده از چوب حداقل به ۳ تن و یا ۶ مترمکعب چوب

محدودیت منابع ماده اولیه تولید خمیر کاغذ و مصرف انرژی بسیار زیاد برای تولید خمیر کاغذ از چوب، کارشناسان امر تولید را مجاب به توجه بیشتر به بازیافت کرده است؛ تا از طریق بازگرداندن این منبع آماده و ارزان الیاف به چرخه تولید، هزینه‌های تولید کاهش یابد و به

کنگره‌ای کهنه و انجام لیگنین‌زدایی و رنگ‌بری خمیر کاغذ تولید شده است، به نحوی که بتوان از خمیرکاغذ رنگ‌بری شده برای تهیه کاغذ چاپ و تحریر استفاده کرد. با وجودی که تحقیقات محدودی در استفاده از فرایندهای متداول لیگنین‌زدایی برای پخت الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه انجام گرفته شده است، ولی می‌توان از نتایج تحقیقات مشابه بر روی منابع اولیه غیر چوبی بهره‌برداری کرد. آزادفر (۱۳۸۸)، در راستای استفاده از الیاف دست دوم و برای افزایش ویژگی‌های کیفی خمیرکاغذهای بازیافتی OCC، با استفاده از فرایندهای لیگنین‌زدایی بدون سولفور و کلر (دوست‌دار محیط‌زیست) قادر به ارتقاء خمیرکاغذ بازیافتی شده است. در این بررسی ابتدا با استفاده از فرایند سودا - آنتراکینون لیگنین‌زدایی اولیه بر روی الیاف صورت گرفت و عددکاپا از ۸۶ به ۱۷/۴ در بازده خمیرکاغذ ۷۵٪ تقلیل یافت. سپس با استفاده از فرایند لیگنین‌زدایی توسط اکسیژن، لیگنین‌زدایی ادامه داده شد و عددکاپا تا حدود ۵۰٪ و بازده خمیرکاغذ از ۷۵٪ به ۶۷/۵٪ کاهش یافت. رنگبری خمیرکاغذ فراوری شده توسط اکسیژن با استفاده از پراکسید هیدروژن انجام شد، به طوری که میزان روشنی خمیرکاغذ لیگنین‌زدایی شده با اکسیژن پس از رنگبری از ۴۴٪ ISO به ۶۱/۴٪ ISO افزایش پیدا کرد و بازده نهایی خمیرکاغذ از ۶۷/۵٪ به ۵۹/۵٪ کاهش یافت.

De Ruvo (۱۹۸۶)، در یک بررسی که روی خمیرکاغذهای OCC اروپایی انجام داده است عنوان می‌کند که سوزنی‌برگان ۵۵٪ و پهن‌برگان ۴۵٪ الیاف خمیرکاغذهای OCC اروپایی را تشکیل می‌دهند، همچنین عددکاپای آن را حدود ۷۰ اعلام نموده است.

Bisner و همکاران (۱۹۹۳)، در یک تحقیق که بر

استحصال شده از جنگل‌ها مورد نیاز است (Saijonkari - Pahkala, ۲۰۰۱).

یکی از منابع تولید در دسترس کاغذهای قهوه‌ای مصرف شده و کهنه بخش بسته‌بندی است، که از نظر مصرف، یکی از پُر مصرف‌ترین انواع کاغذها به شمار می‌آیند. از این الیاف بازیافتی در سطح گسترده‌ای برای تولید انواع کاغذهای سنگین نظیر کاغذ کرافت و لاینر استفاده می‌شود. این کاغذها از نظر کیفیت در سطح بسیار پایینی قرار دارند و فرایند تولید آنها نیز از فناوری بسیار قدیمی بهره می‌برند، و بهره‌وری ماشین‌آلات به نسبت تولید محصول در سطح بسیار پایینی قرار دارند. اما استفاده از روش‌های نوین تولید و بهینه‌سازی الیاف کهنه توسط فراوری‌های شیمیایی و مکانیکی به منظور افزایش سطح کیفی الیاف می‌تواند راهکاری جهت تولید کاغذهای مرغوب‌تر باشد. در اجرای این تفکر و نگرش قادر خواهیم بود به ارزش افزوده بیشتری دست پیدا کنیم.

توسعه فرایندهای خمیرکاغذ سازی با استفاده از بازیافت الیاف کهنه نیازمند نوعی فناوری است که قادر باشد از قابلیت خمیرکاغذهای بازیافتی به طور کامل بهره‌برداری نماید. بدین‌گونه که گزینش‌پذیری در فرایندهای خمیرکاغذ سازی و رنگ‌بری باید در سطح بالایی باشد تا بتوان خمیرکاغذی با بازده زیاد و ویژگی‌های مقاومتی خوب تولید کرد. رنگ‌بری خمیرکاغذها باید با استفاده از توالی‌های بدون عنصر کلر^۱ و توالی‌های کاملاً بدون کلر^۲ انجام شود، تا با استفاده از این فناوری‌ها بتوان در جهت بسته شدن سیستم آب کارخانه‌های خمیرکاغذ قدم برداشت.

هدف این بررسی بهره‌گیری از الیاف کاغذهای کارتن

1 - Elemental Chlorine Free (ECF)

2 - Totally Chlorine Free (TCF)

چگونگی تأثیر لیگنین‌زدایی توسط اوزن بر قابلیت ایجاد پیوند و یا اتصال را ارزیابی کرد.

Jahan Latibari و همکاران (۲۰۰۶)، توالی رنگ‌بری TCF بر روی خمیر کاغذ سودا - آنتراکینون از کاه گندم را مورد مطالعه قرار دادند. خمیر کاغذسازی در شرایط متفاوت نشان داد که خمیر کاغذسازی سودا - آنتراکینون با ۱۶٪ قلیائیت فعال در دمای ۱۶۰°C و برای ۹۰ دقیقه خمیر کاغذی با بازده مناسب برای رنگ‌بری ایجاد می‌کند. رنگ‌بری TCF با توالی OQ(OP)P - OQ(OP) انجام شده است. لیگنین‌زدایی با اکسیژن با قلیائیت ۲/۵٪ در ۹۰ درجه سانتیگراد و ۹۰ دقیقه زمان باعث لیگنین‌زدایی بیشتر از ۵۰٪ می‌شود. در مرحله بعدی (OP) شرایط شدیدتری برای رسیدن به روشنی ۸۰٪ ISO مورد نیاز است (۴٪ H₂O₂، ۲/۷۵٪ NaOH، ۹۰ دقیقه زمان و دمای ۹۸ درجه سانتیگراد). با یک مرحله P به‌عنوان مرحله نهایی، درجه‌روشنی تا ۸۵-۸۴٪ ایزو ارتقاء می‌یابد. رنگ‌بری فقط باعث مقدار کمی کاهش در مقاومت به کشش و ترکیدن شد و در مقاومت در پاره شدن تغییر حاصل نشد. یک مرحله کوتاه در پالایشگر جوکرو برای رسیدن به طول پاره شدن ۷ km مناسب بود. نتایج مطالعه نشان داد که رنگ‌بری TCF را می‌توان به طور مؤثری برای خمیر کاغذ سودا - آنتراکینون بر روی ساقه گندم مورد استفاده قرار داد.

مواد و روشها

نمونه‌برداری: کارتن‌های کنگره‌ای استفاده شده در این بررسی از ضایعات و کناره‌بری‌های بدون چاپ کارخانه تولید ورق کارتن، به صورت عدل‌های پرس شده تهیه شد. این ضایعات پس از تهیه به آزمایشگاه خمیرکاغذ و

روی نمونه‌های OCC آمریکای شمالی انجام داده‌اند میزان لیاف سوزنی‌برگ را حدود ۶۰ - ۸۰٪ و مقدار لیاف پهن‌برگ را ۲۰ - ۴۰٪ گزارش نموده‌اند، در ضمن مقدار عددکاپای OCC آمریکای شمالی را ۸۰ تا ۱۰۰ اعلام کرده‌اند.

Patt و Mielisch (۱۹۹۷) با استفاده از توالی رنگ‌بری OQ(OP)P مؤثر بودن این سیستم را برای تولید خمیر کاغذ کرافت سوزنی‌برگ کاملاً رنگ‌بری شده با توالی TCF را تصریح می‌نمایند. این محققان نشان داده‌اند که این سیستم می‌تواند پروکسید هیدروژن را در دمای نسبتاً کم (۵۰ سانتی‌گراد) فعال کرده و دماهای بالاتر می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای زمان ماندگاری را کاهش دهد. به نحوی که با یک یا دو مرحله پروکسید هیدروژن درجه‌روشنی بین ۸۸ تا ۹۰ درصد ISO ایجاد می‌شود.

Zanuttini و McDonough (۲۰۰۲)، در جهت ارتقاء ویژگی‌های خمیرکاغذ OCC، استفاده از سطوح مختلف اوزن در درصد خشکی متوسط خمیرکاغذ را مورد بررسی قرار داده‌اند. علاوه بر خمیرکاغذ OCC، خمیرکاغذهای مورد استفاده در تولید کاغذ کرافت لاینر و کاغذ کنگره‌ای میانی ورق کارتن نیز بررسی شد. مقایسه‌ای بین عملکرد اوزن و تأثیر عملکرد قلیایی و پالایش که هر دو به‌عنوان عامل ارتقاء مقاومت خمیرکاغذ هستند نیز انجام شد. نتایج نشان داد که ویژگی‌های مناسب انواع کاغذ کارتن مانند CMT، SSCT و IB به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرد. این گونه اصلاحات را می‌توان توسط پالایش و فراوری قلیایی در خمیرکاغذ OCC ایجاد کرد. قلیایی بیشتر بر درجه روانی خمیرکاغذ تأثیر می‌گذارد ولی مواد آلی در پساب نیز افزایش می‌یابد. با مطالعه تأثیر عملکرد و واکنش اوزن بر خمیرکاغذهای با عددکاپای زیاد می‌توان

کاغذسازی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج منتقل گردید.

آماده سازی OCC: به منظور آماده سازی و جداسازی الیاف کارتن کنگره ای کهنه، ابتدا این ضایعات به قطعه های کوچکتر به ابعاد ۳ سانتیمتر خرد شدند. پس از نمونه گیری و تعیین میزان رطوبت، قطعه های بریده شده کارتن در کیسه های پلی اتیلنی بزرگ بسته بندی شدند.

برای جداسازی الیاف، با توجه به میزان رطوبت، مقدار لازم بریده های کارتن از کیسه های پلی اتیلنی برداشته شد و پس از خیساندن در آب، برای یکنواخت شدن و جداسازی الیاف کاغذ از دستگاه بازکننده الیاف آزمایشگاهی استفاده شد. خمیر کاغذ حاصل از مخلوط آب و قطعه های کارتن بر روی غربال با اندازه سوراخ ۴۰۰ مش به خوبی شستشو شد. در آخرین مرحله شستشو از آب مقطر استفاده گردید، ولی کماکان مقداری از چسب ناشسته موجود ورق کارتن در الیاف باقی می ماند که اجتناب ناپذیر است.

لیگنین زدایی

برای انجام فرایند لیگنین زدایی^۱، ۱۰۰ گرم خمیر کاغذ OCC (مبناء وزن خشک) بعد از شستشوی کامل با آب مقطر به داخل دستگاه دایجستر انتقال یافت و مایع پختی که در شرایط آزمایشگاهی تهیه شده به آن اضافه شد. سپس نسبت به پُر کردن باقی مانده محفظه دایجستر از گاز اکسیژن اقدام گردید. در تمام مدت فرآوری، دایجستر در حال گردش دورانی بوده تا خمیر کاغذ با مایع پخت و همچنین اکسیژن در تماس باشد.

شرایط ثابت لیگنین زدایی شامل، فشار اکسیژن: ۶ بار؛

درصد خشکی خمیر کاغذ: ۱۰ درصد ($L/W = 9/1$)؛ سولفات منیزیم: ۰/۵ درصد و شرایط متغیر پخت شامل: دما در دو سطح ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد؛ زمان در سه سطح ۹، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه؛ هیدروکسید سدیم ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵ درصد انتخاب شده اند.

رنگبری با پروکسید هیدروژن

برای مرحله رنگبری ابتدا کیلیت سازی فلزات واسطه توسط DTPA انجام شد. برای کیلیت سازی، ابتدا ۱۰ گرم خمیر کاغذ (مبناء وزن خشک) با استفاده از آب یونزدایی شده تا درصد خشکی سه درصد رقیق شده و بعد با اضافه کردن اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، pH سوسپانسیون خمیر کاغذ تا ۵ کاهش داده شد. کیلیت سازی با اضافه کردن ۳٪ دی اتیلن تری آمین پنتااستیکاسید ((DTPA به عنوان کمپلکس ساز، در کیسه های سربسته پلی اتیلنی در حمام آبی ۷۰ درجه سانتی گراد همراه با مالش دهی دستی به مدت ۳۰ دقیقه، انجام گردید. پس از طی زمان فرآوری، خمیر کاغذ کیلیت شده با آب یونزدایی شده در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد شستشو داده شد.

برای انجام رنگبری، خمیر کاغذ شستشو شده به کیسه پلی اتیلنی منتقل شده و مواد شیمیایی به آن اضافه شد. ابتدا هیدروکسید سدیم اضافه شده و خمیر کاغذ به طور کامل توسط دست در داخل کیسه مالش داده شد تا تمام الیاف آغشته به هیدروکسید سدیم شوند. سپس سیلیکات سدیم و سولفات منیزیم را به خمیر کاغذ اضافه کرده و pH خمیر کاغذ اندازه گیری شد (اگر pH خمیر کاغذ از ۱۱ بالاتر باشد برای کنترل آن و همچنین جلوگیری از تخریب پروکسید هیدروژن از اسید سولفوریک

تجزیه و تحلیل اطلاعات

تحلیل آماری نتایج براساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها براساس روش دانکن انجام شد. برای پردازش نتایج حاصل از کلیه اندازه‌گیری‌ها از نرم افزار^۱ SPSS استفاده شد.

نتایج

با توجه به اینکه تاکنون لیگنین‌زدایی از الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه انجام نشد و یا اینکه به طور خیلی محدود بوده است، بنابراین تأثیر عوامل مختلف لیگنین‌زدایی بر رفتار این الیاف مشخص نمی‌باشد. بدین علت سعی شده است عوامل تأثیرگذار بر چگونگی لیگنین‌زدایی مانند زمان پخت و همچنین میزان قلیایی (مقدار NaOH تزریق شده) به طور جامع‌تری بررسی گردد. تأثیر این عوامل بر بازده و عددکاپای بعد از پخت خمیر کاغذ و همچنین میزان قلیایی باقی‌مانده اندازه‌گیری شده و در جدول ۱ خلاصه شده است.

با زیاد شدن قلیایی تزریق شده، بازده خمیر کاغذ کاهش می‌یابد و در محدوده مورد بررسی (زمان پخت ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه) حدود ۷٪ کاهش یافته و از ۷۲/۵۵٪ به ۶۵/۱۷٪ رسیده است. در زمان پخت ۱۵۰ دقیقه نه تنها بازده کاهش نیافته بلکه مطلوب‌تر نیز شده و اُفت بازده در اثر زیاد شدن قلیایی کمتر بوده است. تأثیر قلیایی بر عددکاپا محسوس‌تر است و در زمان پخت ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه، عددکاپا از مقدار اولیه ۶۹/۹۴ به ترتیب به ۲۹/۹ و ۲۷ کاهش یافته است. داده‌ها نشان می‌دهد که با مقدار کمتر قلیایی (۹٪) می‌توان عددکاپا را کاهش داد و تأثیر زمان پخت و قلیابیت خیلی زیاد نمی‌باشد.

۰/۱ نرمال استفاده می‌شود). در مرحله آخر پروکسید هیدروژن به خمیر کاغذ اضافه شده و پس از تنظیم درصد خشکی خمیر کاغذ (۱۰ درصد) توسط دستگاه دوخت حرارتی دهانه کیسه پلی‌اتیلنی دوخته شده و در حین زمان رنگ‌بری، خمیر کاغذها توسط دست مالش داده شدند این عمل هر ۱۰ دقیقه یکبار انجام شد.

شرایط ثابت رنگ‌بری شامل: درصد خشکی ۱۰٪؛ دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد؛ زمان ۱۲۰ دقیقه؛ سیلیکات سدیم ۰/۳ درصد؛ سولفات منیزیم ۰/۵ درصد؛ هیدروکسید سدیم ۰/۲٪ و شرایط متغیر رنگ‌بری شامل پروکسید هیدروژن در پنج سطح (۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵ و ۴ درصد) انتخاب شده است.

پس از پایان زمان رنگ‌بری، خمیر کاغذ رنگ‌بری شده روی الک با اندازه سوراخ‌های ۴۰۰ مش ریخته شد و مایع رنگ‌بری آن برای اندازه‌گیری میزان هیدروکسید سدیم و پروکسید هیدروژن باقی‌مانده جداسازی شد. پس از شستشوی خمیر کاغذ، pH آن توسط اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال به حد خنثی رسانده شد و پس از آن از هریک از خمیر کاغذهای رنگ‌بری شده، کاغذهای دست‌ساز تهیه گردید و کاغذهای دست‌ساز طبق دستورالعمل شماره T219sp-07، آیین‌نامه TAPPI در کیسه‌های تیره برای دور بودن از تابش نور و اشعه UV نگهداری شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیر کاغذ

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های خمیر کاغذهای سودا - اکسیژن و همچنین خمیر کاغذهای رنگ‌بری شده از دستورالعمل‌های مربوطه در آیین‌نامه‌های Tappi استفاده شده است.

دقیقه و دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد دارای میانگین عددکاپای کمتری نسبت به دیگر شرایط می‌باشد. به طوری که بر اثر افزایش زمان پخت و تأثیر طولانی‌تر اکسیژن بر روی لیگنین عددکاپا کاهش یافته است و کمترین میانگین عددکاپا در زمان پخت ۱۵۰ دقیقه بدست آمده است.

تجزیه و تحلیل آماری تأثیر عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده انجام شده است. اثر مستقل زمان پخت و هیدروکسیدسدیم و همچنین تأثیر متقابل زمان و هیدروکسیدسدیم بر عددکاپا در سطح ۹۹٪ معنادار شده است. با توجه به گروه‌بندیهای دانکن، خمیرکاغذ تهیه شده با میزان مصرف هیدروکسیدسدیم ۹ درصد بالاترین میانگین بازده را دارد. از طرف دیگر زمان ۱۵۰

جدول ۱- تأثیر عوامل لیگنین‌زدایی بر بازده، عددکاپا و قلیای باقی‌مانده

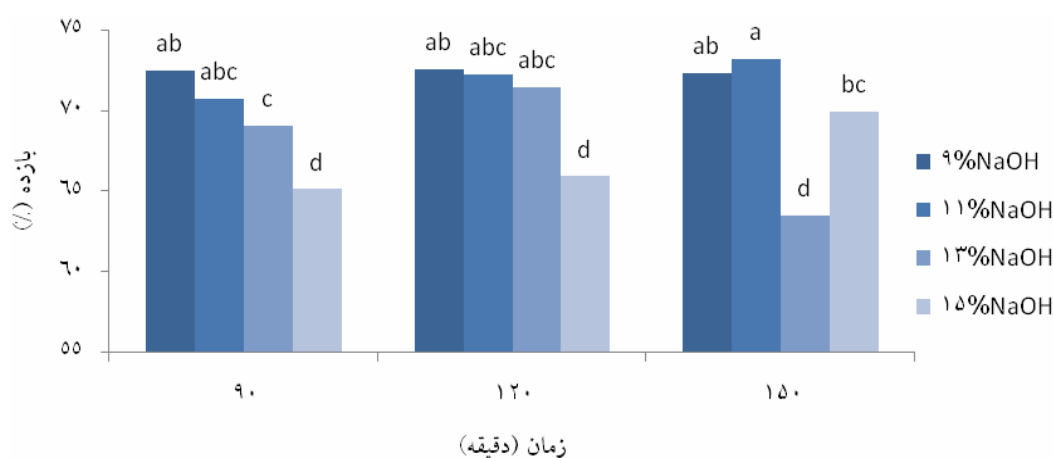
دمای (°C)	زمان (دقیقه)	NaOH (%)	بازده (%)	عددکاپا	NaOH باقی مانده (%)
			۹۱/۷۵	۶۹/۹۴	-
		۹	۷۲/۵۵	۳۲/۵	۱/۲۲۱
		۱۱	۷۰/۷۷	۳۴/۶	۱/۸۶
	۹۰	۱۳	۶۹/۱۳	۳۱/۵	۳/۴۱۱
		۱۵	۶۵/۱۷	۳۴/۸	۳/۴۸۷
		۹	۷۲/۶۴	۳۰/۷۲	۰/۸۹
		۱۱	۷۱/۲۶	۳۲/۴	۱/۵۱
۱۲۰	۱۲۰	۱۳	۷۱/۴۸	۲۹/۷	۱/۶۷۵
		۱۵	۶۵/۹۶	۲۹/۹	۲/۳۹
		۹	۷۲/۳۲	۳۲/۳۱	۰/۹۹۶
		۱۱	۷۳/۲۳	۳۱/۸	۱/۰۱۸
	۱۵۰	۱۳	۶۳/۵	۲۸/۷	۱/۹
		۱۵	۶۹/۹۶	۲۷	۲/۲۴۶
	۹۰		۷۲/۲۶	۳۱/۱۷	۰/۴۲۵
۱۵۰	۱۲۰	۹	۷۲	۲۸/۵۲	۰/۳۵۴
	۱۵۰		۷۲/۴۴	۲۴/۷۲	۰/۳۶۳

کمترین مقدار بوده و اختلاف آن با میانگین عددکاپای پخت با هیدروکسیدسدیم ۹ درصد حدود ۱/۸ می‌باشد. ولی با توجه به اینکه میانگین بازده پخت ۹ درصد

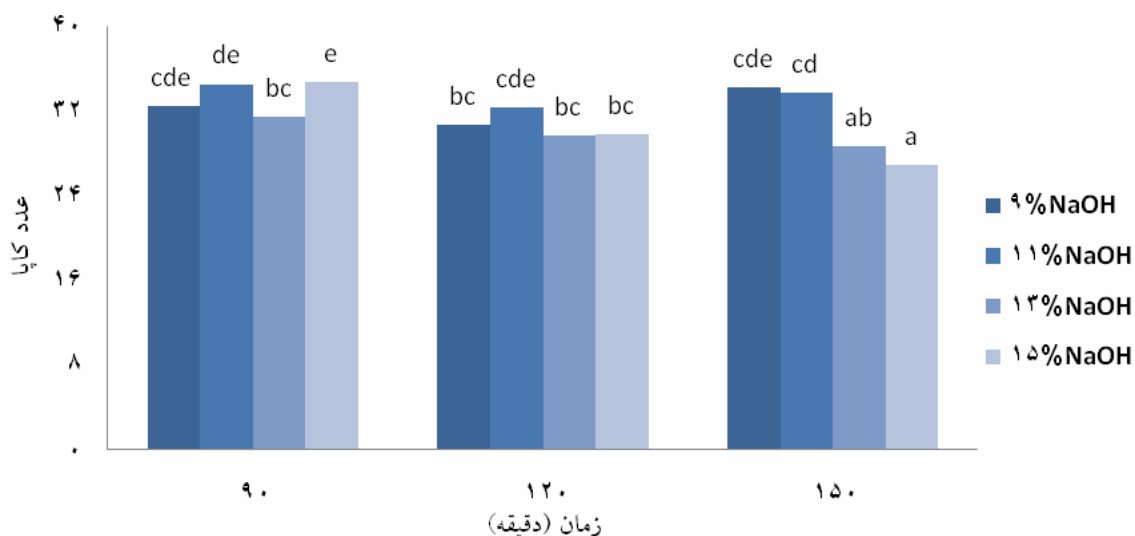
در گروه‌بندی دانکن میانگین‌های عددکاپا در سطوح مختلف هیدروکسیدسدیم در ۴ گروه قرار گرفته‌اند و میانگین عددکاپای پخت با هیدروکسیدسدیم ۱۳ درصد،

مقاومتی این خمیر کاغذ شامل شاخص مقاومت به ترکیدن، شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به پاره شدن در درجه روانی ۱۹^۰ به ترتیب $2/27 \text{ kPa} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ ، $29/9 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{g}$ و $10/24 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ اندازه گیری شده است. روشنی و ماتی این درجه خمیر کاغذ به ترتیب $18/47$ درصد ایزو بود $38/83$ درصد ایزو و از این خمیر کاغذ برای رنگبری TCF استفاده شده است.

هیدروکسید سدیم نسبت به میانگین بازده پخت با ۱۳ درصد هیدروکسید سدیم حدود $4/5$ درصد بیشتر است، بنابراین خمیر کاغذ تهیه شده با ۹ درصد هیدروکسید سدیم قابل قبول می‌باشد. خمیر کاغذ تهیه شده با استفاده از زمان ۱۵۰ دقیقه، و دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و هیدروکسید سدیم ۹ درصد مطلوب‌ترین تشخیص داده شد. به طوری که ویژگی‌های



شکل ۱ - نمودار اثر متقابل هیدروکسید سدیم و زمان در سطوح مختلف بر میانگین بازده



شکل ۲ - نمودار اثر متقابل هیدروکسید سدیم و زمان در سطوح مختلف بر عدد کاپا

رنگبری کاملاً بدون کلر (TCF)

شده است.

نتایج رنگبری TCF خمیرکاغذ انتخابی در جدول ۲ و ۳ خلاصه شده است. با مصرف ۳/۵ درصد پروکسید هیدروژن و ۲٪ هیدروکسید سدیم، روشنی خمیرکاغذ از مقدار اولیه ۴۷/۸٪ به ۵۷/۹۲٪ ایزو افزایش یافته است. ویژگی مقاومتی خمیرکاغذ رنگبری شده شامل شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر کشش و مقاومت در برابر پاره شدن به ترتیب $1/76 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ ، $32/29 \text{ Nm/g}$ و $10/02 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ اندازه گیری شده است.

عوامل مختلفی در فرایند رنگبری TCF تأثیرگذار هستند. این عوامل شامل ویژگی های خمیرکاغذ به ویژه عددکاپای آن و همچنین عوامل مرتبط با فرایند رنگبری نظیر دما، زمان، درصد خشکی و همچنین مقدار مواد شیمیایی مصرف شده می باشند. در این بررسی خمیرکاغذ با پایین ترین عددکاپا (۲۴/۷۲) انتخاب شده است. دما، زمان و درصد خشکی به ترتیب معادل ۷۰ درجه سانتی گراد، ۱۲۰ دقیقه، و ۱۰٪ ثابت در نظر گرفته

جدول ۲ - نتایج رنگبری با پروکسید هیدروژن خمیرکاغذ انتخابی (مقدار هیدروکسید سدیم معادل ۲٪ ثابت بوده است).

پراکسید هیدروژن (%)	بازده (%)	عددکاپا	درجه روشنی (%ISO)	درجه ماتی (%ISO)	پراکسید هیدروژن باقیمانده (%)	قلیایی باقیمانده (%)
خمیرکاغذ انتخابی	۷۲/۴۴	۲۴/۷۲	۴۷/۸	۸۳/۳۸	-	-
۲	۹۳/۶۳	۱۳/۵۵	۵۶/۸۸	۷۹/۴۳	۰/۶۲	۱/۷۴
۲,۵	۹۲/۹۴	۱۵/۲۲	۵۷/۲۸	۷۷/۵۳	۰/۶۱	۱/۵۶
۳	۹۳/۶۲	۱۴/۸۳	۵۷/۹۲	۷۶/۷۹	۲/۰۶	۱/۶۳
۳,۵	۸۹/۵	۱۴/۲۵	۵۷/۹۲	۷۶/۷۶	۱/۱۳	۱/۳۴
۴	۹۴/۱۲	۱۵/۲۱	۵۸/۱۳	۷۶/۰۲	۱/۲۶	۱/۷۷

جدول ۳ - نتایج آزمون های مقاومتی خمیرکاغذ های رنگبری شده با پروکسید هیدروژن

پراکسید هیدروژن (%)	شاخص مقاومت در برابر ترکیدن ($\text{kPa.m}^2/\text{g}$)	شاخص مقاومت در برابر کشش (Nm/g)	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن ($\text{mN.m}^2/\text{g}$)	طول پاره شدن (Km)	ضخامت (μm)	دانسیته (g/m^3)
خمیرکاغذ انتخابی	۲/۲۷	۲۹/۱۹	۱۰/۲۴	۲/۹۷	۸	۰/۶۹۸
۲	۲/۱۴	۲۷/۳۳	۱۰/۶۷	۲/۷۹	۸/۱	۰/۶۶۴
۲,۵	۱/۷۹	۳۳/۰۶	۱۰/۱۵	۳/۳۸	۱۰/۸	۰/۶۲۶
۳	۱/۷۶	۳۲/۴۹	۱۰/۰۲	۳/۳۱	۱۱/۵	۰/۶۶۹
۳,۵	۱/۶۵	۳۱/۲۶	۹/۵۲	۳/۱۹	۱۱	۰/۶۴۹
۴	۲/۰۴	۳۱/۳۱	۱۰/۱۷	۳/۵۳	۱۲/۵	۰/۶۰۶

بحث

بحث ارتقاء کیفی الیاف بازیافتی مخصوصاً کارتن‌های کنگره‌ای کهنه جدید می‌باشد. بنابراین اطلاعات زیادی در مورد فرایندهایی که بر روی خمیر کاغذهای OCC انجام شده باشد در دسترس نیست. بنابراین نتایج این بررسی فقط با نتایج و اطلاعات محدودی که در زمینه ارتقاء ویژگی‌های کیفی کارتن‌های کنگره‌ای کهنه از طریق تیمارهای لیگنین‌زدا انجام شده است مقایسه می‌گردد.

در طراحی اولیه آزمایش چنین تصور می‌شد که الیاف OCC به صورت جدا از هم هستند، از این رو تأثیر مواد قلیایی بر روی آنها خیلی سریع خواهد بود. بنابراین در ابتدا هر سه عامل دمای پخت، زمان پخت و همچنین قلیائیت مؤثر در حد پایینی انتخاب گردید. ولی برخلاف تصور اولیه مشاهده شد که لیگنین‌زدایی الیاف OCC خیلی سریع و آسان نمی‌باشد و استفاده از شرایط شدیدتر پخت خمیر کاغذ ضروریست. دلیل ظهور چنین رفتار دور از انتظار می‌تواند ناشی از این عامل باشد که در مورد الیاف OCC نخست لیگنین‌زدایی توده‌ای اتفاق افتاده و در مرحله لیگنین‌زدایی باقی‌مانده (Residual delignification) است و لذا جداسازی لیگنین در این مرحله خیلی آسان نخواهد بود. در ثانی الیاف OCC از یک نوع خاص که با یک فرایند مشخص تولید شده باشد نبوده، بلکه شامل مخلوطی از الیاف تولید شده با

فرایندهای مختلف نظیر سولفیت خنثی و کرافت می‌باشد که این پدیده نیز لیگنین‌زدایی را مشکل‌تر می‌کند. بنابراین لیگنین‌زدایی باید با استفاده از مقدار قلیایی کمتر و مدت زمان طولانی‌تر انجام شود.

مقاومت کاغذهای دست‌ساز از خمیر کاغذ OCC و مقایسه آن با نتایج خمیر کاغذ انتخابی نشان‌دهنده افزایش مقاومت‌ها است. با ارتقاء سطح کیفی الیاف و حذف لیگنین موجود در خمیر کاغذ و تأثیر شرایط پخت خمیر کاغذ بر روی الیاف، پیوندهای هیدروژنی بین الیاف افزایش یافته است.

به علاوه اینکه خواص نوری این خمیر کاغذ نیز ارتقاء یافته است. زیرا اکسیژن توانایی واکنش به‌عنوان یک عامل رنگ بر خمیر کاغذ را دارد. بنابراین تأثیر اکسیژن بر درجه‌روشنی خمیر کاغذ کاملاً مشخص و نمایان است.

ویژگی‌های خمیر کاغذ تهیه شده با شرایط بهینه سودا - اکسیژن (هیدروکسید سدیم ۹٪، زمان پخت ۱۵۰ دقیقه، دما پخت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و فشار اکسیژن تزریق شده ۶ بار) و مقایسه آن با خمیر کاغذ سایر بررسی‌ها نظیر فرایند سودا - آنتراکینون (هیدروکسید سدیم ۱۵٪، زمان پخت ۹۰ دقیقه، دمای پخت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، انتراکینون ۰/۱٪) با توالی اکسیژن (هیدروکسید سدیم ۳٪، دما ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۹۰ دقیقه و فشار اکسیژن تزریق شده ۶ بار) (آزادفر، ۱۳۸۸) به شرح جدول زیر می‌باشد.

جدول ۴ - مقایسه‌ای سه نوع خمیر کاغذ

نوع خمیر کاغذ	بازده %	عدد کاپا	درجه روشنی %Iso	درجه مات %Iso	شاخص مقاومت در برابر ترکیدن (kPa.m ² /g)	شاخص مقاومت در برابر کشش (Nm/g)	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن (mN.m ² /g)
سودا - اکسیژن	۷۲/۴۴	۲۴/۷۲	۴۷/۸	۸۳/۳۸	۲/۲۷	۲۹/۱۹	۱۰/۲۴
سودا - آنتراکینون با توالی O ₂	۶۷/۵۴	۸/۵۵	۴۳/۸	۹۷/۵۷	۱/۳۴	۲۱/۵۶	۸/۱۹

- با روش کاملاً بدون کلر (TCF). فصلنامه منابع طبیعی ایران. دوره ۵۹، شماره ۴، صفحات؛ ۹۵۱-۹۳۵.
- جهان لتیباری، ا.، خسروانی، ا. و رحمانی نیا، م. ۱۳۸۶. فناوری بازیافت کاغذ (تالیف و ترجمه). تهران، انتشارات آرویج. ۵۴۰ ص.
- Bisner, H.M, Campbell, R., McKean, W.T. (1993). Bleached Kraft Pulp from OCC, Progress in Paper Recycling, Available in www.sciencedirect.com.
- De Ruvo, J., (1986). Upgrading of Pulp from Corrugated Containers by Oxygen Delignification; TAPPI J. 35 (6):100-103
- Economou A.M., Economides D.G., (1999). Upgrading Recovered Papers with Low Mechanical Pulp Content to High Brightness Products by TCF Bleaching, Progress in Paper Recycling, Available in www.sciencedirect.com.
- Jahan Latibari, A., Hedjazi, S, Patt, R., Kordsachia, O. and Tschirner, U. (2006). Totally Chlorine Free (TCF). Bleaching of Wheat Straw Soda/Anthraquinone Pulp. Cellulose Chemistry and Technology. Vol 40. P:413-420.
- Patt, R. and Mielisch, H-J. (1997) "Application of a Catalyst in TCF Pulp Bleaching", Proceedings of 5th Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and other Wood Components. Curitiba , Brazil , 4458.
- Saijonkari-Pahkala, K. (2001). Nonwood Plants As Raw Material for Pulp and Paper. Agricultural and Food Science in Finland. Vol.10. Supplement1.
- United States Patent . Oxygen Delignification Of Old Corrugated Containers . Patent Number 5,486,268 . (1996).
- Zanuttini, M. and McDonough, T. (2002) "Upgrading of OCC Pulp by Medium - Consistency Ozone Treatment" 2002 – Pulping Conferece, São Paulo – Brazil.

همان طور که مشاهده می شود بازده خمیر کاغذ فراوری شده با فرایند سودا - اکسیژن بیشتر است. ولی از نظر عددکاپا، خمیر کاغذ سودا- آنتراکینون با توالی O₂ از شرایط مطلوب تری برخوردار است، اما با وجودی که میزان عددکاپا در سطح پایین تری قرار دارد ولی درجه روشنی خمیر کاغذ سودا - اکسیژن بیشتر است. مقاومت های خمیر کاغذ سودا اکسیژن بسیار مطلوب تر نشان می دهد. خمیر کاغذ برتر با استفاده از توالی TCF رنگبری شده و روشنی خمیر کاغذ از مقدار اولیه ۴۷/۸٪ به ۵۷/۹۲٪ افزایش یافته است.

منابع مورد استفاده

- آزاد فر، م، ع. ۱۳۸۸. ارتقای ویژگی های کیفی الیاف کارتن های کهنه (OCC) از طریق تیمارهای لیگنین زدا. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس. ۷۶ ص.
- اسموک، گری. ۱۳۸۲. فن آوری خمیر و کاغذ. میرشکرایی، ا. تهران، انتشارات آبیژ. ۵۰۲ ص.
- حجازی، س. ۱۳۸۴. کاربرد فرایند خمیر کاغذ سازی سولفیت فلیایی - آنتراکینون (AS/AQ) و توالی های رنگبری کاملاً بدون کلر (TCF). رساله دکترا دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۳۳۰ ص.
- حجازی، س. جهان لتیباری، ا. پات، ر. کروزاخیار، ا. پارسا پزوه، د. چیرنر، ا. ۱۳۸۵. بررسی رنگبری خمیر کاغذ سودا از کاه گندم

Investigation on the properties of totally chlorine free bleached soda - oxygen pulp from old corrugated container

Delnevaz, V.¹, Jahan-Latibari, A.*², Mirshokraie, S.A.³ and Sepidehdam, M.J.⁴

1- Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj.

2-*- Corresponding Author, Associated Professor of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. Email: Latibari.aj@kiaau.ac.ir :

3- Prof., Payame Noor University, Tehran, I.R. Iran.

4- Assistant Professor, Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Received: April, 2011

Accepted: April, 2012

Abstract

Soda - oxygen pulping of old corrugated container to produce totally chlorine free bleached pulp was investigated. In order to reach the optimum delignification condition; four levels of sodium hydroxide (9, 11, 13, and 15 %), three cooking times (90, 120, and 150 minutes) and two cooking temperatures (120, and 150 °C) at 6 bar oxygen pressure were studied. Yield and kappa number of pulps were measured. Results showed that the pulp obtained applying 9% sodium hydroxide, 150 minute delignification time and 150 °C delignification temperature which produced the pulp with the yield and kappa number of 72.44% and 24.72 respectively was suitable for further bleaching. Strength of selected pulp including burst strength, tensile strength, and tear strength indices were measured as 2.27 kPa.m²/g, 29.19 Nm/g and 10.24 mN.m²/g respectively. The pulp was bleached applying 3% H₂O₂ and 2% NaOH to reach the final brightness of 57.97% ISO.

Keywords: Soda/oxygen, old corrugated container (OCC), delignification, totally chlorine free, strength properties