

تأثیر اکسایش الیاف بازیافتی بر روی خواص کاغذ بدست آمده

مانیا جدیدی^{۱*}، نورالدین نظرنژاد^۲ و سید مجید ذبیح زاده^۳

*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

پست الکترونیک: m_badele-88@yahoo.com

۲- استادیار، صنایع چوب و کاغذ، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

چکیده

این تحقیق برای بررسی امکان افزایش خصوصیات مقاومتی و نوری کاغذهای ساخته شده از الیاف باطله اکسیدشده انجام شد. در این مطالعه نمونه‌های کاغذ روزنامه باطله به صورت تصادفی انتخاب و پس از تبدیل به خمیر کاغذ، جوهرزدایی شد و بعد بخشی از آن پالایش گردید. هر دو خمیر بازیافتی پالایش شده و پالایش نشده به دو گروه تقسیم گردید. در هر دو مورد یک گروه از خمیرها، بدون تیمار با پروکسید هیدروژن و فقط با افزودن ۲٪ نشاسته کاتیونی به کاغذ دست‌ساز استاندارد تبدیل شد (نمونه‌های شاهد). گروه دوم هر دو نوع خمیر ابتدا با درصدهای مختلف ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پروکسید هیدروژن در شرایط قلیایی تیمار شد و بعد به الیاف اکسید شده ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار افزوده شد و در نهایت از آنها کاغذهای دست‌ساز استاندارد تهیه شد و خواص مقاومتی و نوری آنها طبق استانداردهای TAPPI اندازه‌گیری شد. همچنین برای مشخص شدن اثر اکسیدکننده‌ها بر روی سطوح الیاف خمیر، طیف FTIR گرفته شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که تیمار با پروکسید، شاخص‌های مقاومتی کاغذهای ساخته شده از روزنامه باطله را افزایش داد. این افزایش زمانی که از ۳٪ پروکسید استفاده می‌شود بارزتر بوده و کمترین مقدار مقاومت‌ها مربوط به نمونه‌های شاهد است. همچنین، پالایش نیز در افزایش خواص مقاومتی تأثیر مثبتی داشت. نتایج خواص نوری اندازه‌گیری شده نیز نشان داد با افزایش شدت تیمار برای هر دو خمیر پالایش شده و پالایش نشده روشنی افزایش، زردی کاهش و ماتی کاهش جزئی داشت. البته بیشترین درجه روشنی زمانی است که از پراکسید ۳٪ استفاده شود. پالایش نیز منجر به افزایش روشنی و زردی و کاهش ماتی کاغذ شد. همچنین طیف FTIR نشان داد که نمونه‌های خمیر اکسیدشده بیشترین جذب را در عدد موج ۱۶۵۰ که مربوط به گروه کربوکسیل است، داشتند.

واژه‌های کلیدی: الیاف بازیافتی، گروه کربوکسیل، پروکسید هیدروژن، نشاسته کاتیونی، خواص کاغذ.

مقدمه

بهره‌برداری از جنگل‌ها و محدود کردن آلاینده‌ها به‌ویژه آلاینده‌های حاصل از تولیدات صنعتی، سبب گردیده که بازیافت تمامی فرآورده‌های مصرفی به‌عنوان راهکاری ضروری و گریزناپذیر در جامعه جهانی مطرح شود و

محدودیت در مواد اولیه سلولزی و نیاز روزافزون جوامع بشری به فرآورده‌های سلولزی بویژه کاغذ و همچنین وضع قوانین زیست‌محیطی برای کاهش

الیاف فرایند رنگبری با پروکسید هیدروژن است. خاصیت آنیونی الیاف سبب می‌شود تمایل الیاف به جذب مواد افزودنی کاتیونی زیاد گردد (میرشکرایی، ۱۳۸۱). افزودنی سنتی برای افزایش مقاومت درونی کاغذ، انواع نشاسته است (اسموک، ۱۳۸۲). به‌منظور ماندگاری حداکثر نشاسته بر روی الیاف و پرکننده‌های با بار منفی باید از نشاسته کاتیونی استفاده شود (Brouwer و همکاران، ۲۰۰۲). نشاسته کاتیونی بدلیل دارا بودن پلیمرهای کاتیونی، مؤثرتر و قویتر از سایر افزودنی‌ها عمل کرده و علاوه بر نقش تکمیلی در نگهداری مواد دوغاب، آبگیری را نیز بهبود می‌بخشد (John Lesi، ۱۹۹۸).

نگهداری نشاسته توسط الیاف ارتباط نزدیکی با مقدار کربوکسیل آنها دارد (بدلیل طبیعت آنیونی)؛ به طوری که هر چه مقدار گروه کربوکسیل روی الیاف بیشتر باشد نشاسته بیشتری جذب می‌شود و دیگر اجزای آنیونی موجود در خمیر کاغذ خیلی سریع نشاسته را جذب می‌کنند (Martin و Marton، ۱۹۷۶).

Nishi و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر پالایش خمیر برای تعیین بار سطح و بار کل خمیر کرافت بازده بالا سوزنی‌برگ، نشان دادند که بار سطح الیاف به شدت به درجه پالایش وابسته است اما بار کل متأثر از پالایش نیست.

Zheng و همکاران (۲۰۰۵) خمیر کرافت سوزنی‌برگ رنگبری شده با روش ECF را با پروکسید قلیایی در درجه حرارت 60°C و ۲٪ هیدروکسید سدیم به مدت ۲ ساعت با درصد خشکی ۱۰٪ تیمار کردند. نتایج آنها نشان داد که بار الیاف یا گروه‌های کربوکسیل، بر اثر تیمار با پروکسید افزایش می‌یابد و این افزایش منجر به افزایش مقاومت کاغذ از جمله افزایش شاخص کشش کاغذ می‌شود.

بواسطه آن پژوهش‌های گسترده علمی و کاربردی پیگیری گردد. در مورد کاغذ، متأسفانه در اثر تکرار بازیافت ویژگی‌های مختلف، به‌ویژه ویژگی‌های مقاومتی به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد (اسموک، ۱۳۸۲). استفاده از مواد افزودنی، افزایش مقاومت تر و خشک یکی از راه‌های افزایش شاخص‌های مقاومتی کاغذ می‌باشد. خصوصیات سطح الیاف، بر تمایل آنها به جذب افزودنی‌های مختلف شیمیایی تأثیر می‌گذارد. جذب و ماندگاری پلی‌الکترولیت‌ها به‌عنوان افزودنی توسط ذرات موجود در سوسپانسون کاغذسازی شدیداً تحت تأثیر بار الکترواستاتیکی قرار دارد. الیاف سلولزی به دلیل داشتن گروه‌های اسیدی که در هنگام پخت شیمیایی و رنگبری خمیر ایجاد شده است، تا حدودی خاصیت آنیونی دارد. این گروه‌های اسیدی ممکن است گروه‌های کربوکسیلیک (COOH) باشد. گروه کربوکسیل یک گروه عاملی قابل یونی شدن است که در الیاف چوبی وجود دارد و از نظر شیمی پایه بدلیل اثر آن بر بار سطحی الیاف اهمیت خاص دارد. این گروه در هنگام تخریب قلیایی سبب تولید گروه‌های انتهایی اسید کربوکسیلیک در پایانه کاهنده زنجیرهای سلولزی و همی سلولزی می‌گردد، در تیمارهای اکسایشی خمیر (مثل رنگبری) نیز ایجاد می‌شود. همچنین این گروه ممکن است به طور طبیعی در همی سلولزها وجود داشته باشد (میرشکرایی، ۱۳۸۱؛ همزه، ۱۳۸۷). مقدار کربوکسیل خمیر بر کارایی رزین‌ها مؤثر است، زیرا گروه‌های کربوکسیل یونیزه شده آنیونی، محل‌های جذب خوبی برای مولکول‌های رزین هستند و هر چه درصد گروه کربوکسیل الیاف بیشتر باشد، جذب و ماندگاری رزین‌ها سریعتر و بیشتر خواهد شد (همزه، ۱۳۸۷). یکی از روش‌های کاربردی برای افزایش مقدار گروه کربوکسیل

گروه کربوکسیل الیاف خمیر در مرحله پروکسید هیدروژن قلیایی می‌تواند تا ۲۴٪ افزایش یابد.

Howard و همکاران (۱۹۹۸) با افزودن نشاسته کاتیونی به خمیر کاغذ بازیافتی و بررسی اتصال بین لیفی مشاهده نمودند که متصل شدن نشاسته به الیاف بازیافتی به احیای نقاط اتصال از دست رفته سطح الیاف می‌انجامد و قدرت اتصال بین لیفی را افزایش داده است، و در نتیجه خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز تا حد خمیر بکر ارتقاء می‌یابد.

Martin (۱۹۷۶) با بررسی جذب نشاسته بر روی الیاف سلولزی نشان داد که جذب نشاسته کاتیونی برگشت‌ناپذیر است و ۸۵٪ نشاسته کاتیونی جذب شده حتی با قرار گرفتن در معرض آب داغ در الیاف باقی می‌ماند و تنها تیمار با اسید قوی ممکن است موجب جدا شدن نشاسته کاتیونی از سطح الیاف گردد.

مواد و روشها

در این تحقیق خمیر کاغذ روزنامه باطله به‌عنوان ماده اولیه استفاده شده است. ابتدا کاغذ روزنامه باطله با خمیرساز آزمایشگاهی به خمیر کاغذ تبدیل شد و بعد جوهرزدایی گردید. شرایط جوهرزدایی پس از آزمایش‌های مقدماتی بشرح زیر بدست آمد.

خمیر با درصد خشکی ۳٪ بوسیله مواد شیمیایی مطابق با درصدهای ذکر شده در جدول ۱ در حمام آب با دمای ۶۰°C به مدت ۶۰ دقیقه تیمار گردید. سپس برای جداسازی ذرات جوهر از سوسپانسیون خمیر بر روی الک ۲۰۰ مش با آب مقطر شستشو شد.

Zhang و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه مقدار گروه کربوکسیل خمیر کرافت سوزنی‌برگ که با توالی مختلف رنگبری شدند نشان دادند که پروکسید هیدروژن بار الیاف را به مقدار ۲۰٪ افزایش می‌دهد. این افزایش زمانی اتفاق می‌افتد که از پروکسید در مرحله انتهایی رنگبری به جای دیوکسید کلر (D) در توالی رنگبری استفاده شود.

Toven نیز در سال ۲۰۰۳ تأثیر رنگبری را بر بار الیاف خمیر کرافت سوزنی‌برگ بررسی نمود. در این بررسی از توالی رنگبری مختلفی مانند OD(Eo)Z(Po) استفاده نمود. نتایج او نشان داد وقتی توالی انتهایی رنگبری Q(Po) جایگزین D_1ED_2 شود بار الیاف خمیر خشک $6/8 \text{ mmol}/100\text{g}$ می‌شود که به میزان $38/8\%$ افزایش نشان می‌دهد. همچنین در مقایسه مشابه، توالی ODEoQ(Po) در مقابل $ODEoD_1ED_2$ ، بار الیاف به میزان $43/1\%$ زمانی که از توالی Po در انتهای رنگبری استفاده شود، افزایش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهد که مرحله Po (پروکسید هیدروژن با اکسیژن) بار الیاف را افزایش می‌دهد.

Zhang و همکاران (۱۹۹۴) با بررسی تأثیر رنگبری گروه کربوکسیل الیاف خمیر مکانیکی نشان دادند که تیمار با پراکسید، مقدار گروه کربوکسیل خمیر TMP و CTMP را افزایش می‌دهد.

مطالعات Barzyke و همکارانش (۱۹۹۷) نشان دادند که پروکسید قلیایی در افزایش بار الیاف خمیر کرافت مؤثر است.

Zhang و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه بر روی خمیر کرافت سوزنی‌برگ رنگبری شده به روش ECF نشان دادند که با تیمار ۱٪ پراکسید و ۲٪ NaOH در دمای ۸۰°C در مدت ۶۰ دقیقه و در درصد خشکی ۱۰٪ مقدار

جدول ۱- شرایط جوهرزدایی الیاف خمیر کاغذ بازیافتی

مواد شیمیایی	هیدروکسید سدیم	هیدروکسید کلسیم	اسید پالمیتیک	اسید استتاریک	اولئیک اسید
درصد	۴	۱	۲	۲	۲
<p>درجهروانی خمیر کاغذ بازیافتی جوهرزدایی شده CSF ۵۱۳ بود. بخشی از این خمیر بازیافتی با پالاینده آزمایشگاهی (PFI Mill) تا رسیدن به درجهروانی حدود CSF ۳۰۰ پالایش شد و بخش دیگر بدون پالایش در نظر گرفته شد.</p> <p>در حالت اول خمیر پالایش شده و نشده، بدون تیمار با پروکسید هیدروژن و فقط با افزودن ۲٪ نشاسته کاتیونی به کاغذ دست‌ساز استاندارد تبدیل شد (نمونه‌های شاهد).</p> <p>در حالت دوم خمیر ابتدا با درصدهای مختلف ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پروکسید هیدروژن در شرایط قلیایی تیمار گردید و</p>					
<p>بعد به الیاف اکسید شده به میزان ۲٪ نشاسته کاتیونی افزوده شد.</p> <p>پیش از رنگبری اکسایشی با پروکسید هیدروژن، سوسپانسیون خمیر با درصد خشکی ۳٪ بوسیله ۵/۰٪ DTPA در pH = ۵-۵/۵ در حمام آب با دمای ۶۰°C به مدت ۳۰ دقیقه کی‌لیت‌سازی شد.</p> <p>پس از خروج یون‌های فلزی از خمیر، تیمار با پروکسید هیدروژن با سه سطح مختلف در داخل کیسه‌های پلاستیکی و در حمام آب گرم طبق شرایط ذکر شده در جدول ۲ انجام شد.</p>					

جدول ۲- شرایط تیمار خمیر کاغذ بازیافتی با پراکسید هیدروژن

دما (°C)	سیلیکات سدیم (%)	پراکسید هیدروژن (%)	NaOH/H ₂ O ₂	pH	زمان (h)	خشکی (%)
۷۰	۳	۲، ۳، ۴	۰/۸	۱۰-۱۱	۱/۵	۱۰

ساخته شده براساس استاندارد TAPPI به شماره‌های T494-، T414-om88، T494-om88، T403-om91 و om88 به ترتیب برای مقاومت در برابر ترکیدگی، مقاومت به کشش، مقاومت به پاره‌شدن و طول پاره‌شدن اندازه‌گیری شد، همچنین خواص نوری شامل ماتی و سفیدی با شماره‌های استاندارد به ترتیب T425-om91 و T452-om92 اندازه‌گیری شد.

همچنین برای مشخص نمودن اثر اکسیدکننده‌ها (افزایش گروه‌های کربوکسیل) بر روی سطوح الیاف خمیر، از نمونه‌های خمیر روزنامه بازیافتی شاهد، نمونه‌های تیمار شده با ۲٪ پراکسید هیدروژن و همچنین

پس از اتمام تیمار با پروکسید هیدروژن به منظور خروج مواد شیمیایی رنگبر و پائین آوردن pH تا حدود ۶ خمیر کاغذ با آب مقطر شسته شد. سپس به درصد خشکی ۳ رسانده و با ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار گردید. به منظور این تیمار ۲٪ نشاسته کاتیونی را به خمیر تیمار شده با پراکسید با ۳ cons اضافه می‌کنیم و به مدت ۱۰ دقیقه برای ایجاد واکنش بین الیاف آنیونی و نشاسته کاتیونی محلول بهم زده شد.

سپس کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۵ ± ۶۰ گرم بر متر مربع طبق استاندارد T205SP-95 آئین‌نامه TAPPI ساخته شد. در نهایت خواص مقاومتی کاغذهای

نمونه‌های اکسید شده‌ای که با ۲٪ نشاسته کاتیونی نیز تیمار شده‌اند طیف FTIR گرفته شد.

نتایج در قالب طرح فاکتورریل و به‌وسیله آزمون تجزیه واریانس تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها بوسیله آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

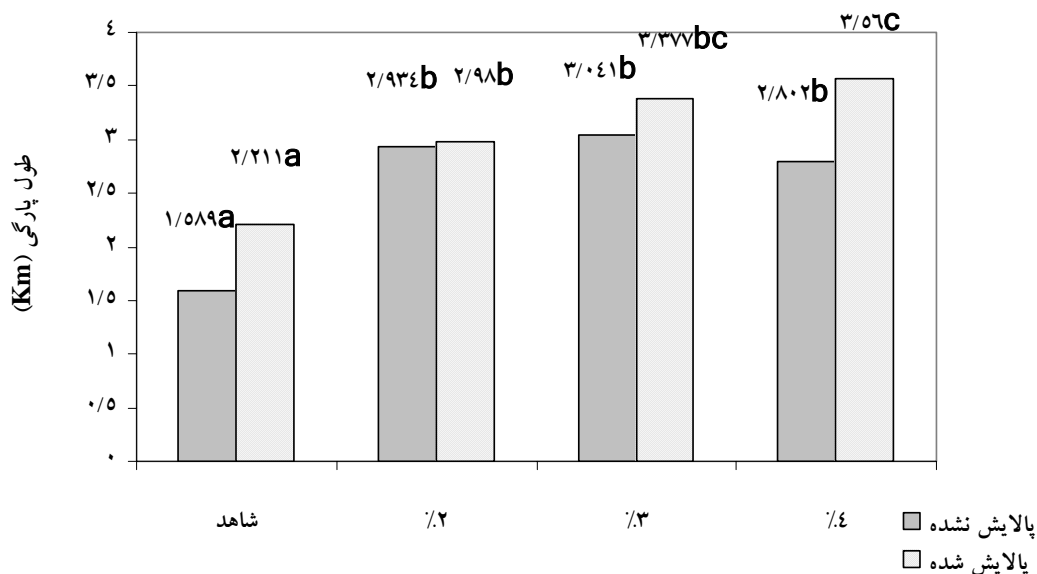
گروه کربوکسیل ظرفیت یونی مواد سلولزی را نشان می‌دهد. همچنین توانایی جذب مواد کاتیونی را در طی فرآیند و تورم الیاف چوبی و تشکیل اتصال الیاف را منجر می‌شود. ثبات و خواص الکتریکی کاغذ به مقدار اتصال یون‌های فلزی بوسیله گروه کربوکسیل الیاف چوبی وابسته است. همچنین این گروه‌های اسیدی نقش مهمی را برای اصلاح الیاف چوبی بازی می‌کنند، چون دارای مکان‌هایی برای افزایش و واکنش استخلافی است و در نهایت می‌تواند ویسکوزیته را افزایش دهد (Chai و همکاران، ۲۰۰۳).

میانگین نتایج مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده برای کاغذ روزنامه بازیافتی پالایش‌شده، پالایش نشده، شاهد و تیمار شده با پروکسید به‌همراه نتایج آزمون دانکن در شکل‌های ۱ تا ۴ آورده شده است. نتایج نمودارها نشان می‌دهد با افزایش شدت تیمار تا ۳٪ تمام مقاومت‌های مربوط به خمیر پالایش نشده، افزایش می‌یابد.

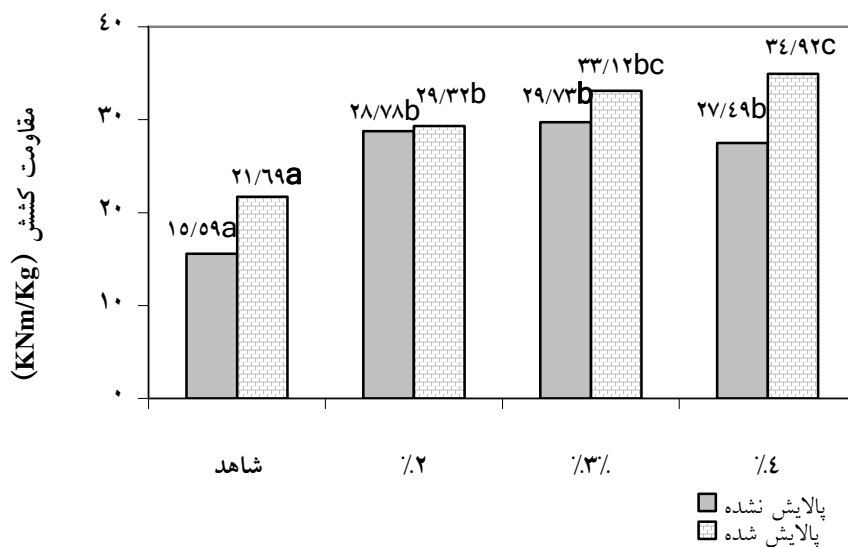
شکل ۱ نتایج میانگین طول‌پارگی کاغذهای ساخته شده از خمیر کاغذ بازیافتی پالایش‌شده، پالایش نشده،

شاهد و نمونه‌هایی که با درصد‌های مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در اثر تیمار با پروکسید هیدروژن تا ۳٪ طول پارگی الیاف پالایش‌شده و نشده افزایش می‌یابد، در حالی که در مقدار تیمار ۴٪ طول پارگی الیاف پالایش نشده کاهش و پالایش‌شده افزایش می‌یابد. بالاترین مقدار طول‌پارگی کاغذ مربوط به تیمار ۴٪ پروکسید هیدروژن نمونه‌های پالایش‌شده و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد پالایش نشده است.

شکل ۲ نتایج مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده از خمیر کاغذ بازیافتی پالایش‌شده، پالایش نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصد‌های مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شکل ۲ نشان می‌دهد که تیمار پروکسید هیدروژن تا ۳٪ باعث افزایش مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده از خمیرهای پالایش‌شده و پالایش نشده، شده است. همچنین تیمار تا ۴٪ منجر به کاهش مقاومت به کشش خمیرهای پالایش‌شده می‌شود و باعث افزایش مقاومت به کشش خمیرهای پالایش‌شده، شده است. بنابراین نمونه‌های پالایش‌شده با ۴٪ پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند، به نحوی که بیشترین مقدار و نمونه شاهد پالایش نشده کمترین مقدار را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - اثر تیمار با پروکسید هیدروژن و پالایش بر طول پارگی کاغذ



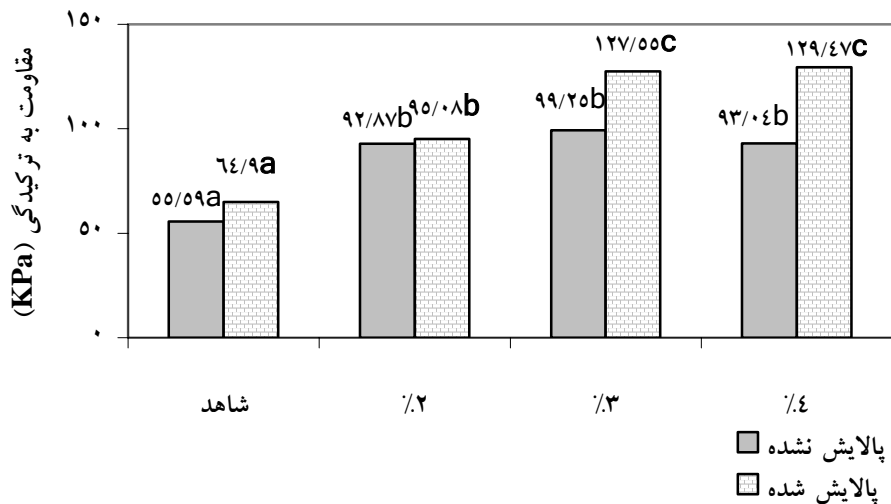
شکل ۲ - اثر تیمار با پراکسید هیدروژن و پالایش بر مقاومت کشش کاغذ

هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شکل ۳ نشان می‌دهد که تیمار پروکسید هیدروژن تا ۳٪ باعث افزایش مقاومت به ترکیبگی کاغذهای ساخته شده

شکل ۳ نتایج مقاومت به ترکیبگی کاغذهای ساخته شده از خمیر کاغذ بازیافتی پالایش شده، پالایش نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصد‌های مختلف پروکسید

نمونه‌های پالایش شده با ۰.۴٪ پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند، به طوری که بیشترین مقدار و نمونه شاهد پالایش نشده کمترین مقدار را نشان می‌دهد.

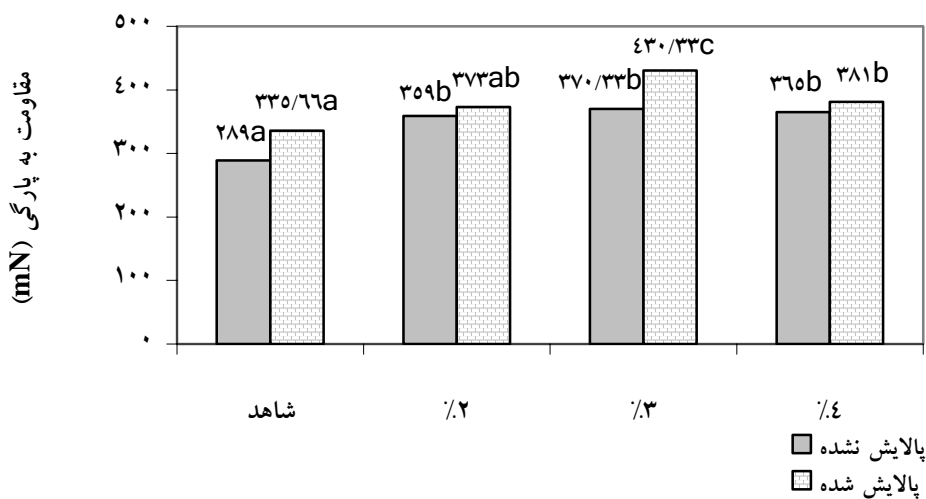
از خمیرهای پالایش شده و پالایش نشده، شده است. همچنین تیمار تا ۰.۴٪ منجر به کاهش مقاومت به ترکیدگی خمیرهای پالایش نشده می‌شود و باعث افزایش مقاومت به ترکیدگی خمیرهای پالایش شده، شده است. بنابراین



شکل ۳ - اثر تیمار با پراکسید هیدروژن و پالایش بر مقاومت به ترکیدگی کاغذ

مقاومت هم در مورد خمیرهای پالایش شده و هم در مورد خمیرهای پالایش نشده افزایش یافته است ولی با افزایش تیمار پروکسید هیدروژن به ۰.۴٪ کاهش یافته است.

شکل ۴ نتایج مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده از خمیر کاغذ بازیافتی پالایش شده، پالایش نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود با افزایش تیمار پروکسید هیدروژن تا ۰.۳٪ این



شکل ۴- اثر تیمار با پراکسید هیدروژن و پالایش بر مقاومت به پارگی کاغذ

احتمال ۱٪ در تمام موارد اختلاف معنی داری بین مقادیر مربوط وجود دارد و با افزایش شدت تیمار مقاومت‌ها بطور معنی دار افزایش یافته است.

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای ساخته شده از خمیر بازیافتی پالایش نشده که با درصد‌های متفاوت پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان می‌دهد که در سطح

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی خمیر بازیافتی پالایش نشده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پراکسید هیدروژن

معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی			خصوصیات
			کل	خطا	تیمار	
۰/۰۰۶	۹/۱۱۶**	۱۱۹۴/۷۴۰	۱۱	۸	۳	مقاومت به ترکیدن
۰/۰۰۰	۳۰/۲۲۹**	۱۳۱/۶۹۶	۱۱	۸	۳	مقاومت به کشش
۰/۰۰۰	۳۰/۲۵۴**	۱/۳۶۸	۱۱	۸	۳	طول پارگی
۰/۰۰۵	۹/۸۵۹**	۴۳۷۱	۱۱	۸	۳	مقاومت به پاره شدن

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

سطح احتمال ۱٪ در تمام موارد اختلاف معنی داری بین مقادیر مربوط وجود دارد و با افزایش شدت تیمار مقاومت‌ها بطور معنی دار افزایش یافته است.

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای ساخته شده از خمیر بازیافتی پالایش شده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پروکسید هیدروژن را نشان می‌دهد. همان طور که دیده می‌شود در

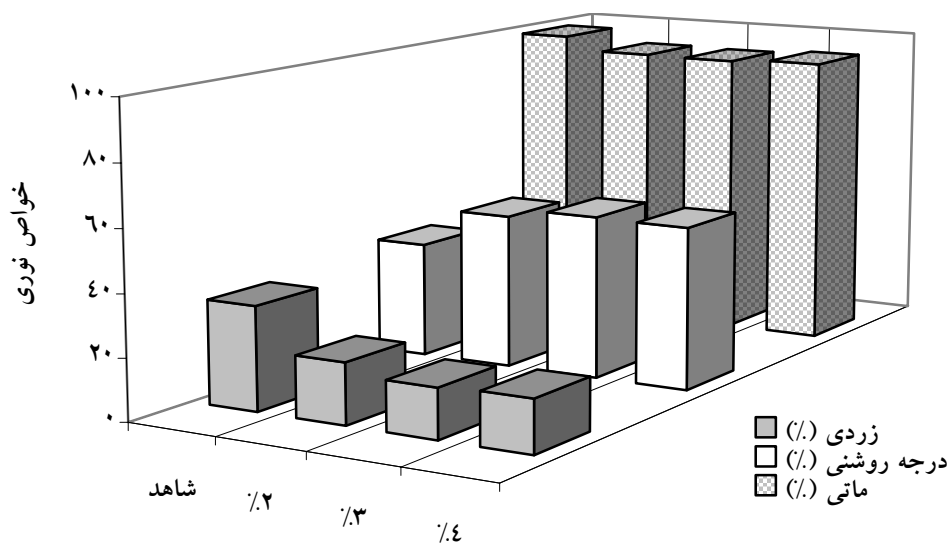
جدول ۴ - نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی خمیر بازیافتی پالایش شده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۰.۲٪، ۰.۳٪ و ۰.۴٪ پراکسید هیدروژن

معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی			خصوصیات
			کل	خطا	تیمار	
۰/۰۰۱	۱۷/۳۴۲**	۲۷۶۳/۰۱۵	۱۱	۸	۳	مقاومت به ترکیدن
۰/۰۰۱	۱۴/۲۴۶**	۱۰۳/۳۴۱	۱۱	۸	۳	مقاومت به کشش
۰/۰۰۱	۱۴/۲۴۶**	۱/۰۷۳	۱۱	۸	۳	طول پارگی
۰/۰۰۶	۸/۹۱۲**	۲۵۴۸/۸۸۹	۱۱	۸	۳	مقاومت به پاره شدن

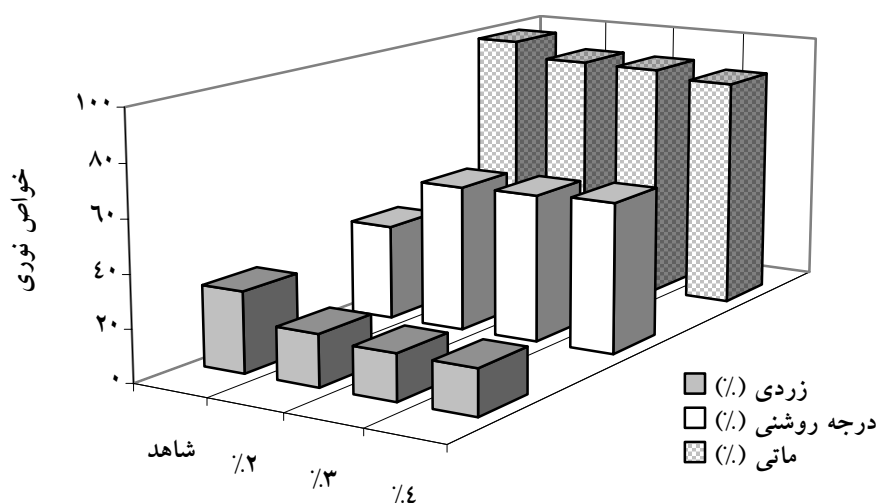
** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

است. همان طور که دیده می‌شود با افزایش تیمار پروکسید هیدروژن روشنی افزایش، زردی و ماتی کاهش می‌یابد.

نتایج خواص نوری کاغذ روزنامه بازیافتی پالایش نشده و پالایش شده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با پروکسید هیدروژن در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده



شکل ۵- نتایج خواص نوری خمیر کاغذ بازیافتی پالایش نشده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۰.۲٪، ۰.۳٪ و ۰.۴٪ پروکسید هیدروژن



شکل ۶- نتایج خواص نوری خمیر کاغذ بازیافتی پالایش شده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پروکسید هیدروژن

۱٪ آورده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که در سطح احتمال ۱٪ در تمام موارد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد و با افزایش شدت تیمار مقاومت‌ها به طور معنی‌دار افزایش یافته است.

جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس بین داده‌های خواص نوری کاغذهای ساخته شده از نمونه‌های روزنامه بازیافتی پالایش شده، پالایش نشده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با درصد‌های مختلف پروکسید هیدروژن در سطح احتمال

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس خواص نوری خمیر بازیافتی پالایش نشده، پالایش شده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ۴٪ پراکسید هیدروژن

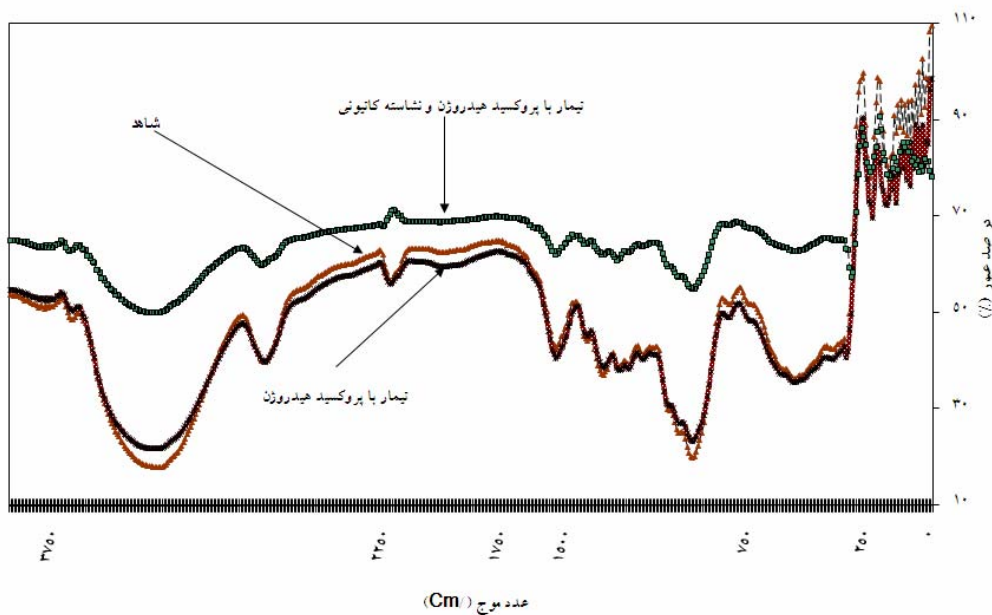
معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی			مقاومت‌های مورد مقایسه	
			کل	خطا	تیمار		
۰/۰۰۰	۳۱۹/۶۷۴**	۱۶۰/۳۷۰	۱۱	۸	۳	U.R	درجه روشنی
۰/۰۰۰	۱۳۹۶/۶۱۵**	۳۰۴/۹۲۷	۱۱	۸	۳	R	
۰/۰۰۰	۳۴/۶۵۲**	۱۹۸/۵۲۸	۱۱	۸	۳	U.R	زردی
۰/۰۰۰	۳۴۹/۴۹۹**	۱۱۸/۸۳۰	۱۱	۸	۳	R	
۰/۰۰۰	۲۷/۴۳۶**	۱۴/۹۳۰	۱۱	۸	۳	U.R	ماتی
۰/۰۰۰	۱۲۹/۳۷۴**	۲۵/۲۸۱	۱۱	۸	۳	R	

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

R پالایش نشده**R پالایش شده**

شکل ۷، طیف FTIR نمونه‌های شاهد، اکسید شده و همچنین نمونه‌های اکسید شده‌ای که با ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. شرایط ۱ دیگرام مربوط به نمونه شاهد و شرایط ۲ و ۳ به ترتیب دیگرام‌های مربوط به نمونه‌های الیاف بازیافتی تیمار شده

با پراکسید هیدروژن و الیاف بازیافتی اکسید شده‌ای که با ۲٪ نشاسته کاتیونی نیز تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. مقایسه دیگرام‌ها نشان می‌دهد، پیک مربوط به عدد موج ۱۶۵۰ که مربوط به گروه کربوکسیل می‌باشد، در نمونه اکسید شده نسبت به نمونه شاهد بیشتر بوده و نمونه شاهد نیز نسبت به نمونه بازیافتی اکسید شده‌ای که با ۲٪ نشاسته کاتیونی نیز تیمار شده بیشتر است.



شکل ۷- طیف سنجی FTIR خمیر کاغذهای بازیافتی روزنامه در شرایط مختلف تیمار

بحث

مقاومت‌های کاغذ الیاف بازیافتی از الیاف بکر ضعیف‌تر است و برای بهبود آن از روش‌های مختلفی مانند مخلوط الیاف بلند با الیاف بازیافتی، پالایش و به‌کارگیری افزودنی‌های طبیعی و مصنوعی بهبوددهنده مقاومت استفاده می‌شود. تیمار اکسایش پالایش به‌همراه استفاده از نشاسته کاتیونی نیز می‌تواند یکی از راه‌های

افزایش مقاومت کاغذهای بازیافتی باشد. همان‌طور که در شکل‌های ۱ تا ۴ بخش نتایج دیده می‌شود پالایش باعث افزایش مقاومت‌ها شده است. البته پالایش خمیر باعث افزایش انعطاف‌پذیری و فیبریله شدن خوب الیاف می‌گردد که منجر به ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و افزایش پیوند بین الیاف می‌شود (کرد، ۱۳۸۸). در واقع پالایش منجر به افزایش سطوح الیاف شده که این امر

نتیجه افزایش تیمار از ۳٪ به ۴٪ بدلیل عدم وجود سطح کافی قابل دسترس برای اکسایش بیشتر می‌باشد، در حالی که مقاومت نمونه‌های پالایش شده بدلیل داشتن سطح قابل دسترس بیشتر با افزایش شدت تیمار از ۳٪ به ۴٪ افزایش یافته است. به بیان دیگر در نمونه‌های پالایش شده در این نمونه‌ها بدلیل له‌شدگی و فیبریله شدن الیاف، سطح بیشتری ایجاد شده و در معرض عوامل واکنش‌گر قرار می‌گیرد که با افزایش درصد تیمار تا ۴٪، سطح کافی برای آنیونی شدن بیشتر وجود خواهد داشت که منجر به جذب نشاسته کاتیونی بیشتر و در نهایت افزایش مقاومت‌های مربوط به پیوند بین الیاف شده است.

مقاومت به پارگی نمونه‌های کاغذهای پالایش شده و پالایش نشده با افزایش شدت تیمار تا ۳٪ افزایش می‌یابد و بعد با افزایش شدت تیمار به ۴٪ کاهش می‌یابد. همانند سایر مقاومت‌ها تیمار پالایش و همچنین اکسایش بدلیل افزایش پیوند بین الیاف تا حدی منجر به افزایش این مقاومت شده است. ولی از آنجایی که این مقاومت بیشتر به مقاومت تک تک الیاف بستگی دارد تأثیر تیمارها در افزایش آن نسبت به مقاومت‌های دیگر کمتر بوده است. به طوری که مقاومت به پارگی نمونه‌های شاهد پالایش شده بیشتر از نمونه‌های پالایش نشده بوده است ولی از نظر گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار گرفته‌اند. درجه‌روشنی کاغذهای ساخته شده از خمیرهای پالایش شده و پالایش نشده در اثر تیمار اکسایش با توجه به شدت تیمار افزایش یافته است. رادیکال‌های هیدروکسیل حاصل از تجزیه پروکسید، اکسیدکننده قوی لیگنین هستند و با حذف و تغییر ساختارهای گروه‌های کروموفور باعث افزایش روشنی خمیر می‌شوند (میرشکرایی، ۱۳۸۱). از طرف دیگر درجه‌روشنی نمونه‌های پالایش شده بیشتر از نمونه‌های پالایش نشده است. پالایش منجر به

موجب انطباق بیشتر الیاف بر روی یکدیگر در نقاط تماس، افزایش دانسیته و ایجاد ساختاری با پیوندهای بیشتر می‌شود و این امر منجر به افزایش مقاومت‌های کاغذ می‌گردد (همزه، ۱۳۸۷).

مقاومت‌های کشش، ترکیدگی و طول پارگی نمونه‌های پالایش شده و پالایش نشده با افزایش شدت تیمار تا ۳٪ افزایش و بعد تا ۴٪ در نمونه‌های پالایش نشده کاهش و در نمونه‌های پالایش شده افزایش یافته است.

خصوصیات سطح الیاف، بر تمایل آنها به جذب افزودنی‌های مختلف شیمیایی تأثیر می‌گذارد. جذب و ماندگاری پلی‌الکترولیت‌های افزودنی توسط ذرات موجود در سوسپانسیون کاغذسازی بشدت تحت تأثیر بار الکترواستاتیکی قرار دارد. الیاف سلولزی به دلیل داشتن گروه‌های اسیدی که در هنگام پخت شیمیایی و رنگبری خمیر ایجاد شده است تا حدودی خاصیت آنیونی دارد. این گروه‌های اسیدی ممکن است کربوکسیلیک (COOH) باشد (میرشکرایی، ۱۳۸۱؛ همزه، ۱۳۸۷). یکی از روش‌های کاربردی برای افزایش مقدار گروه کربوکسیل الیاف، اکسایش و رنگبری با پراکسید هیدروژن است. خاصیت آنیونی الیاف سبب می‌شود تمایل الیاف به جذب مواد افزودنی کاتیونی زیاد گردد (میرشکرایی، ۱۳۸۱). شکل ۷ که طیف مربوط به نمونه‌های اکسید شده آورده شده، نشان می‌دهد که میزان گروه‌های کربوکسیل نسبت به نمونه شاهد بیشتر شده است. Zhang (۱۹۹۴، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) با مطالعه بر روی خمیر کرافت سوزنی‌برگ خمیرهای مکانیکی نشان داد که بار الیاف در نتیجه تیمار با پراکسید افزایش می‌یابد و این افزایش منجر به افزایش مقاومت‌های کاغذ از جمله افزایش شاخص کشش کاغذ شده است. کاهش مقاومت‌های نمونه‌های پالایش نشده در

- کرد، ب. ۱۳۸۸. تأثیر پالایش بر خصوصیات خمیر کاغذ حاصل از چوب اکالیپتوس کاملوتسیس. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۴، شماره ۱، صفحه ۱۳۳-۱۲۵.

- Barzyk, D.1997.The impact of acidic group content and location on the beating bonding characteristics of holocellulose soft wood pulp.P.h.d thesis.Institute of paper science and technology: Atland G.A.P.123.
- Brouwer, P.H., Bass, J. .2002.Anionic Wet-End Starch: A Wealth of Possibilities to Improve Paper Quality and/or Reduce paper Costs, Technology Summit Proceedings.
- Chai, X.S., Hou, Q.X., Zhu, J.Y., Chen, S.L., Wang, S.F. And Lucia, L.2003.Deterination of carboxyl groups in wood fibers by headspace Gas Chromatography.International Symposium on wood and pulping chemistry.
- Howard, R.C., and Jowsay.C.J. 1989. Effect of cationic starch on the tensile strength of paper.pulp and paper science J.15 (6). 225.
- John Lessi Web.1998.Comparision of Dry Strength Additives on paper parameters. TAPPI Journal.84 (10).
- Martin, J. and Marton.G.1976.Wet end Starch: adsorption of starch on cellulosic fibers.TAPPI Journal.59 (12):121-124.
- Nishi, k. Bhardwaj, k. Hoang, v and Kien L.Nguyen. 2007. Effect Of Refining on Pulp Surface Charge accessible to poly dadmac and FTIR characteristics bond of high yield Kraft fiber. Bioresource Technology.Vol, 98. Issue, 4. Pages: 962-966.
- Toven, K.2003. Paper Properties and swelling Properties of ozone-based ECF bleached Softwood Kraft pulps.TAPPI Journal.86 (2), 3-7.
- Zhang, Y.; Sjogren, B.; Engstrand, P.; and Htun, M.1994.Determination of charged groups in mechanical pulp fibers and their influence on pulp properties. Journal of Wood Chemistry Technology.14 (1), 83-102
- Zhang, D.C., Kim,D., Allisem, A., Dang, Z., and Raguskas,A.J., 2005. The fate of fiber charge during peroxide bleaching and oxygen deignification. Pulp bleaches Conf. Stockholm, Sweden.
- Zhang,D.; Pu ,Y.; Courchene,C.E.; Chai, X.S. and Ragauskas,A.2006.Total fiber charge of fully bleach SW Kraft pulps. A Comparative study. Journal of pulp and paper Sci.32 (4).231-237.
- Zheng,D., Elder,T. and Arthur J.Ragauskas.2006.Influence of Kraft pulping on Carboxyl ate Content of Softwood Kraft Pulps.Copyright© American Chemical Society.2006,45(13).pp:4509-4519

افزایش اتصالات به هنگام تشکیل کاغذ می‌گردد، در نتیجه باعث افزایش تقابل نوری، کاهش پراکندگی و انعکاس نور می‌شود و این موضوع سبب افزایش میزان عبور و در نهایت کاهش ماتی و همچنین باعث افزایش انعکاس که در نهایت منجر به افزایش درجه روشنی می‌شود (نوری، ۱۳۸۷). به علاوه اینکه در نتیجه پالایش، لیگنین و جوهر کاغذ بیشتر در معرض عوامل واکنش گر رنگزدا قرار گرفته و فرایند رنگبری بهتر انجام می‌شود.

درصد ماتی و زردی کاغذهای پالایش شده و پالایش نشده با افزایش تیمار کاهش یافته است. به طوری که در مورد درصد ماتی، کاهش نمونه‌های پالایش شده بیشتر از نمونه‌های پالایش نشده بوده است. پالایش بدلیل افزایش اتصالات و افزایش تقابل نوری باعث کاهش انعکاس نور شده، و در نهایت منجر به کاهش ماتی می‌شود (نوری، ۱۳۸۷). در کل کاهش لیگنین و ذرات جوهر و همچنین کاهش دانسیته و افزایش تخلخل بافت کاغذ که در اثر تیمار پراکسید تا حدی ایجاد می‌گردد، منجر به کاهش ماتی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- اسموک، گ.، ۱۳۸۲. فن آوری خمیر و کاغذ. ترجمه دکتر سید احمد میر شکرایی. انتشارات آبیژ، تهران، ۵۲۰ صفحه.
- میر شکرایی، س.ا.، صادقی فرح، ۱۳۸۱. شیمی کاغذ، (ترجمه). انتشارات آبیژ، تهران، ۱۸۴ صفحه.
- نوری، ح.، قاسمیان، ع.، شالبافان، ع.، حاجی حسنی، ر.، ۱۳۸۷. تعیین حد مطلوب پالایش کاغذ حاصل از کرافت لاینر بازیافتی. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه ۱۹-۱۲.
- همزه، ی.، رستم پور هفتخوانی، ا.، ۱۳۸۷. اصول شیمی کاغذ سازی. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۴ صفحه.

Effects of oxidized recycled fibers on paper properties

Jadidi, M.^{1*}, Nazarnezhad, N.² and Zabihzadeh, M.³

1*- Corresponding author, MSc. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari, Iran.

Email: m_badele-88@yahoo.com

2-Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari, Iran.

3- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari, Iran.

Received: April, 2011

Accepted: April, 2012

Abstract

This research was conducted to find a procedure to increase the optical and strength properties of papers made from oxidized waste newspaper fibers. Samples of waste newspapers were randomly selected and deinked, then one part of deinked pulp was refined. Both refined and unrefined recycled pulp were divided into two groups. In each case, a group of pulps was used to make standard hand sheets (control samples) without hydrogen peroxide treatment and only adding 2% cationic starch. Second group was subjected to different percentages of hydrogen peroxide (2%, 3% & 4%) in alkaline conditions, then 2% cationic starch was added to oxidized fibers prior to hand sheeting preparation and then standard hand sheets were made. Optical and strength properties of all hand sheets were determined according to TAPPI standards. Also FTIR spectra was taken to specify the effect of oxidation on surfaces of pulp fibers. Results showed that treatment with oxidizing agent increased the strength indices of papers. This increase was more evident when 3% hydrogen peroxide was applied. The strengths of the control samples were the lowest. Moreover, refining imposed the positive effect on strength properties. Results of optical properties measurements indicated that as the extent of treatment for both refined and unrefined pulps increases, the brightness increased, and both the yellowness and opacity decreased. The highest brightness was reached when 3% peroxide was used. Also refining results in increased in brightness and yellowness but decreases opacity. FTIR spectra showed that samples of oxidized pulp had the greatest absorption at wave number of 1650 which pertains to carboxyl group.

Key words: Waste fiber, hydrogen peroxide, cationic starch, paper properties.