فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ٤۲۲-٤۰۹، (۱۳۹۱)

تأثیر اکسایش الیاف بازیافتی بر روی خواص کاغذ بدست آمده

مانیا جدیدی[1*]، نورالدین نظرنژاد[2] و سید مجید ذبیح زاده[3]

۱*- 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 دریافت: فروردین ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

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 به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از تبدیل به خمیرکاغذ، جوهرزدایی شد و بعد بخشی از آن پالایش گردید. هر دو خمیر بازیافتی پالایش‌شده و پالایش‌نشده 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 ٤٪ 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 اندازگیری شده نیز نشان داد با افزایش شدت تیمار برای هر دو خمیر پالایش‌شده 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 ۱٦٥۰ که مربوط به گروه کربوکسیل است، داشتند.

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

مقدمه

محدودیت در مواد اولیه سلولزی و نیاز روزافزون جوامع بشری به فراورده‌های سلولزی بویژه کاغذ و همچنین وضع قوانین زیست‌محیطی برای کاهش بهره‌برداری از جنگل‌ها و محدود کردن آلاینده‌ها به‌ویژه آلاینده‌های حاصل از تولیدات صنعتی، سبب گردیده که بازیافت تمامی فراورده‌های مصرفی به‌عنوان راهکاری ضروری و گریزناپذیر در جامعه جهانی مطرح شود و

Archive of SID

www.SID.ir

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، افزاینده مقاومت‌تر 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 درهنگام تخریب قلیایی سبب تولید گروه‌های انتهایی اسید کربوکسیلیک در پایانه کاهنده زنجیرهای سلولزی و همی‌سلولزی می‌گردد، در تیمارهای اکسایشی خمیر (مثل رنگبری) نیز ایجاد می‌شود. همچنین این گروه ممکن است به طور طبیعی در همی‌سلولزها 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 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 خمیرکاغذ 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 ۶۰°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 ازجمله افزایش شاخص کشش کاغذ می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

Zhang و همکاران (۲۰۰٦) 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 ٦/٨ mmol/100g می‌شود که به میزان ۳۸/۸٪ افزایش نشان می‌دهد. همچنین در مقایسه مشابه، توالی ODEoQ(Po) در مقابل $ODEoD_1ED_2$، بار الیاف به میزان ٤۳/۱٪ 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 (۱۹۹٤) 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 ٦۰ دقیقه و در درصد خشکی ۱۰٪ مقدار گروه کربوکسیل الیاف خمیر در مرحله پروکسید هیدروژن قلیایی می‌تواند تا ۲٤٪ افزایش یابد.

Howard و همکاران (۱۹۹۸) با افزودن نشاسته کاتیونی به خمیرکاغذ 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 (۱۹۷٦) 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 خمیرکاغذ روزنامه باطله به‌عنوان ماده اولیه استفاده شده است. ابتدا کاغذ روزنامه باطله با خمیرساز آزمایشگاهی به خمیرکاغذ 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 ٦۰°C به مدت ٦۰ دقیقه تیمار گردید. سپس برای جداسازی ذرات جوهر از سوسپانسیون خمیر بر روی الک ۲۰۰ مش با آب مقطر شستشو شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- شرایط جوهرزدایی الیاف خمیر کاغذ بازیافتی

مواد شیمیایی	هیدروکسید سدیم	هیدروکسیدکلسیم	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اولئیک اسید
درصد	٤	١	٢	٢	٢

درجه‌روانی خمیرکاغذ 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.

در حالت اول خمیر پالایش‌شده و نشده، بدون تیمار با پروکسید هیدروژن و فقط با افزودن ۲٪ نشاسته کاتیونی به کاغذ دست‌ساز استاندارد تبدیل شد (نمونه‌های شاهد).

در حالت دوم خمیر ابتدا با درصدهای مختلف ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پروکسیدهیدروژن در شرایط قلیایی تیمار گردید و بعد به الیاف اکسید شده به میزان ۲٪ نشاسته کاتیونی افزوده شد.

پیش از رنگبری اکسایشی با پروکسید هیدروژن، سوسپانسیون خمیر با درصد خشکی ۳٪ بوسیله ۰/۵٪ DTPA در ۵/۵- ۵ = pH در حمام آب با دمای ٦٠°c به مدت ۳۰ دقیقه کی‌لیت‌سازی شد.

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.

جدول ۲- شرایط تیمار خمیرکاغذ بازیافتی با پراکسید هیدروژن

دما (°c)	سیلیکات‌سدیم (٪)	پراکسیدهیدروژن (٪)	$NaOH/H_2O_2$	PH	زمان (h)	خشکی (٪)
۷۰	۳	۲ ، ۳، ٤	۰/۸	۱۰ -۱۱	۱/۵	۱۰

پس از اتمام تیمار با پروکسید هیدروژن به‌منظور خروج مواد شیمیایی رنگبر و پائین آوردن pH تا حدود ٦ خمیرکاغذ با آب مقطر شسته شد. سپس به درصد خشکی ۳ رسانده و با ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار گردید. به‌منظور این تیمار ۲٪ نشاسته کاتیونی را به خمیر تیمار شده با پراکسید با cons ۳ 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 ±٦٠ گرم بر متر مربع طبق استاندارد T205SP-95 آئین‌نامه TAPPIساخته شد. در نهایت خواص مقاومتی کاغذهای ساخته شده براساس استاندارد TAPPI به شماره‌های T403-om91، T494-om88، T414-om88 و T494-om88 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 تیمارشده با ۲٪ پراکسیدهیدروژن و همچنین

Archive of SID

www.SID.ir

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

نتایج در قالب طرح فاکتوریل 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 درنهایت می‌تواند ویسکوزیته را افزایش دهد (Chai و همکاران، ۲۰۰۳).

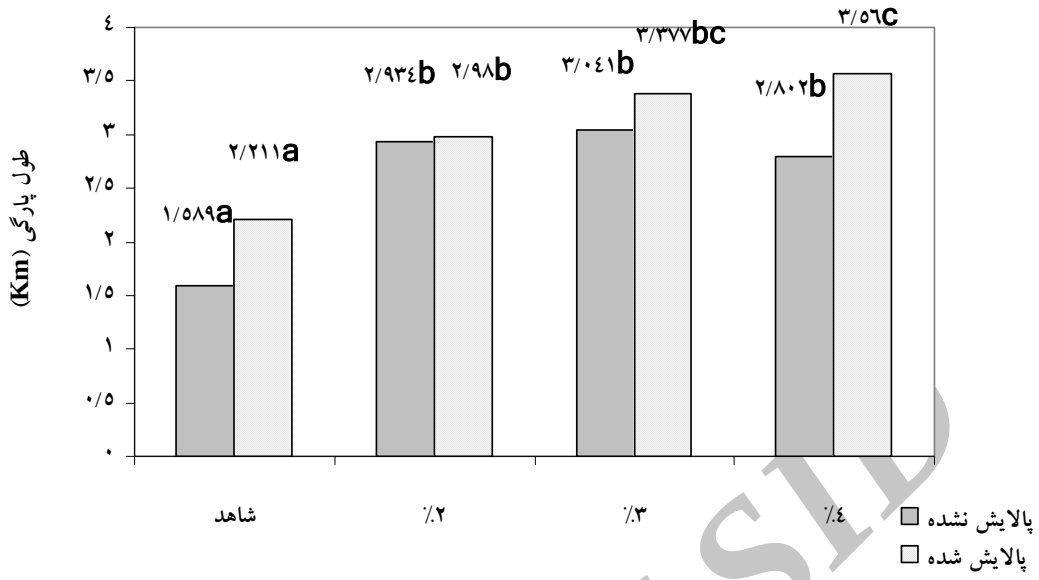
میانگین نتایج مقاومت‌های مکانیکی اندازه‌گیری شده برای کاغذ روزنامه بازیافتی پالایش‌شده، پالایش نشده، شاهد و تیمار شده با پروکسید به‌همراه نتایج آزمون دانکن در شکل‌های ۱ تا ٤ آورده شده است. نتایج نمودارها نشان می‌دهد با افزایش شدت تیمار تا ۳٪ تمام مقاومت‌های مربوط به خمیر پالایش نشده، افزایش می‌یابد.

شکل ۱ نتایج میانگین طول‌پارگی کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ بازیافتی پالایش‌شده، پالایش‌نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. همان طور 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 ٤٪ طول پارگی الیاف پالایش نشده کاهش و پالایش‌شده افزایش می‌یابد. بالاترین مقدار طول‌پارگی کاغذ مربوط به تیمار ٤٪ پروکسید هیدروژن نمونه‌های پالایش‌شده و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد پالایش نشده است.

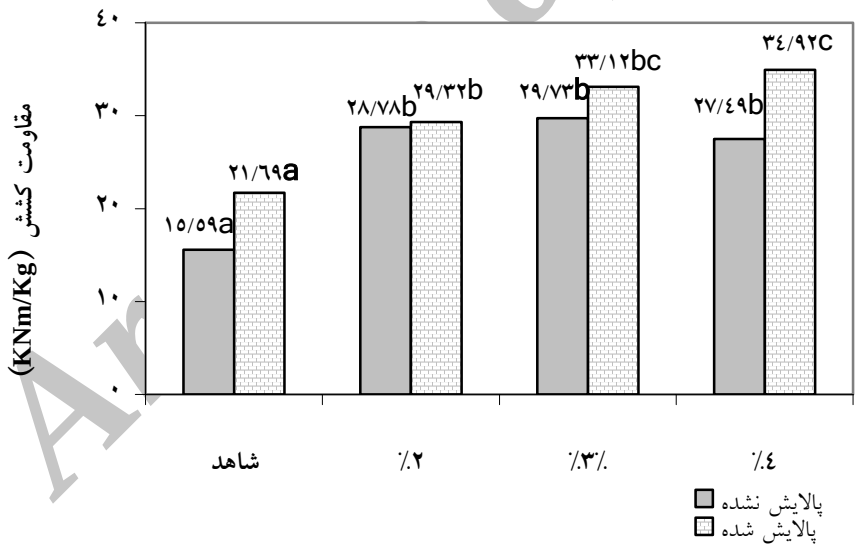
شکل ۲ نتایج مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ بازیافتی پالایش‌شده، پالایش‌نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شکل ۲ نشان می‌دهد که تیمار پروکسید هیدروژن تا ۳٪ باعث افزایش مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده از خمیرهای پالایش‌شده و پالایش‌نشده، شده است. همچنین تیمار تا ٤٪ منجر به کاهش مقاومت به کشش خمیرهای پالایش‌شده می‌شود و باعث افزایش مقاومت به کشش خمیرهای پالایش‌شده، شده است. بنابراین نمونه‌های پالایش‌شده با ٤٪ پروکسیدهیدروژن تیمار شده‌اند، به نحوی که بیشترین مقدار و نمونه شاهد پالایش‌نشده کمترین مقدار را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



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

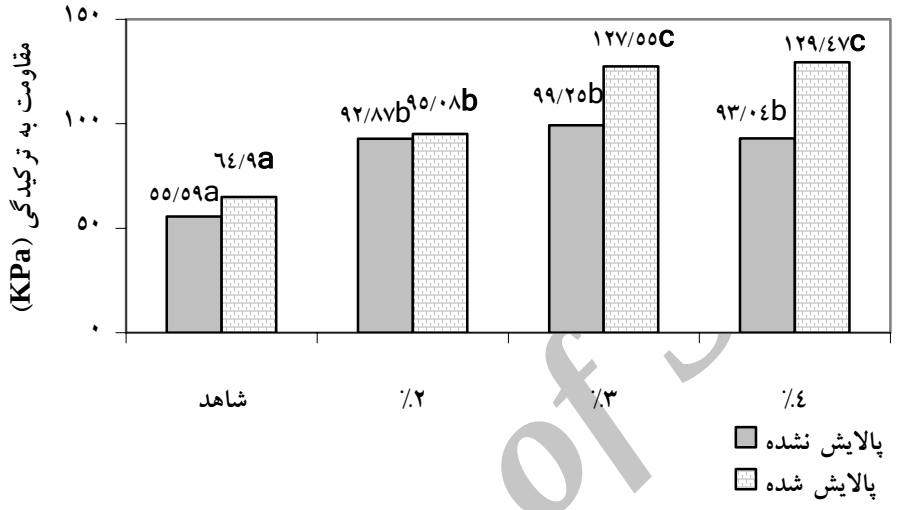


شکل ۲- اثر تیمار با پراکسیدهیدروژن و پالایش بر مقاومت کشش‌کاغذ

شکل ۳ نتایج مقاومت به ترکیدگی کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ بازیافتی پالایش‌شده، پالایش‌نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شکل ۳ نشان می‌دهد که تیمار پروکسید هیدروژن تا ۳٪ باعث افزایش مقاومت به ترکیدگی کاغذهای ساخته شده

Archive of SID
www.SID.ir

از خمیرهای پالایش‌شده و پالایش‌نشده، شده است. همچنین تیمار تا ٤٪ منجر به کاهش مقاومت به‌ترکیدگی خمیرهای پالایش‌نشده می‌شود و باعث افزایش مقاومت به‌ترکیدگی خمیرهای پالایش‌شده، شده است. بنابراین نمونه‌های پالایش‌شده با ٤٪ پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند، به طوری که بیشترین مقدار و نمونه شاهد پالایش‌نشده کمترین مقدار را نشان می‌دهد.

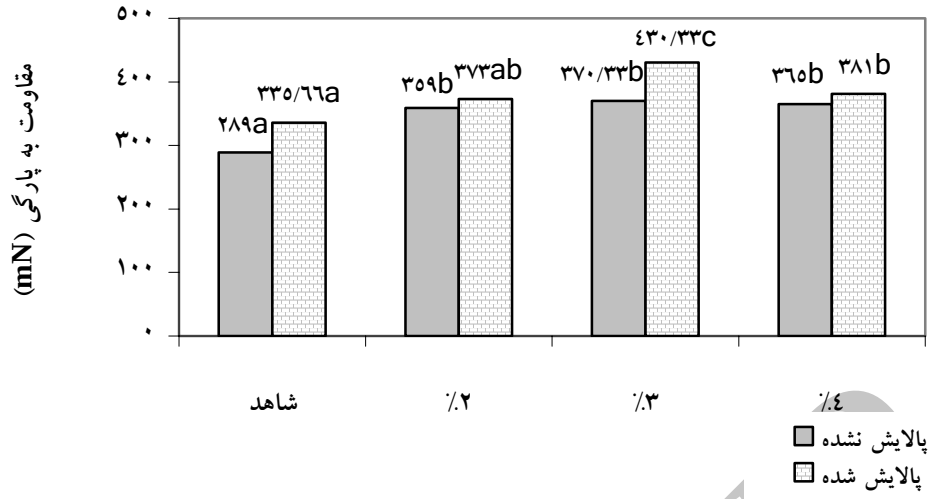


شکل ۳ - اثر تیمار با پراکسید هیدروژن و پالایش بر مقاومت به ترکیدگی کاغذ

شکل ٤ نتایج مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ بازیافتی پالایش‌شده، پالایش‌نشده، شاهد و نمونه‌هایی که با درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ٤ دیده می‌شود با افزایش تیمار پروکسید هیدروژن تا ۳٪ این مقاومت هم در مورد خمیرهای پالایش‌شده و هم در مورد خمیرهای پالایش نشده افزایش یافته است ولی با افزایش تیمار پروکسید هیدروژن به ٤٪ کاهش یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل٤- اثر تیمار با پراکسیدهیدروژن و پالایش بر مقاومت به‌پارگی کاغذ

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای ساخته شده از خمیر بازیافتی پالایش نشده که با درصدهای متفاوت پروکسیدهیدروژن تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. 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 بطور معنی‌دار افزایش یافته است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی خمیر بازیافتی پالایش نشده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پراکسید هیدروژن

خصوصیات	درجه آزادی			میانگین مربعات	F	معنی‌داری
	تیمار	خطا	کل			
مقاومت به ترکیدن	۳	۸	۱۱	۱۱۹٤/۷٤۰	۹/۱۱٦**	۰/۰۰٦
مقاومت به کشش	۳	۸	۱۱	۱۳۱/٦۹٦	۳۰/۲۲۹**	۰/۰۰۰
طول پارگی	۳	۸	۱۱	۱/۳٦۸	۳۰/۲٥٤**	۰/۰۰۰
مقاومت به پاره شدن	۳	۸	۱۱	٤۳۷۱	۹/۸٥۹**	۰/۰۰٥

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ٤ نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای ساخته شده از خمیر بازیافتی پالایش‌شده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پروکسید هیدروژن را نشان می‌دهد. همان طور که دیده می‌شود در سطح احتمال ۱٪ در تمام موارد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مربوط وجود دارد و با افزایش شدت تیمار مقاومت‌ها بطور معنی‌دار افزایش یافته است.

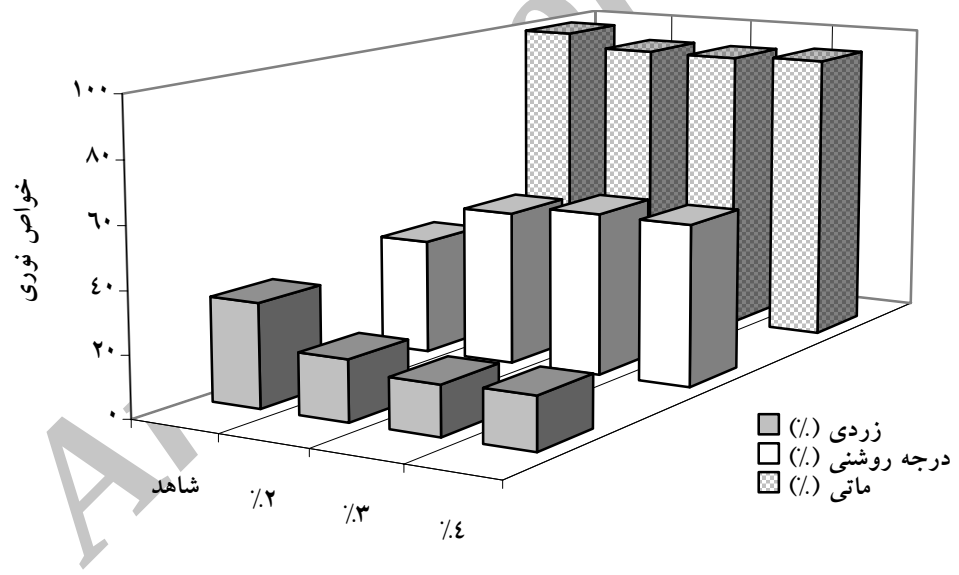
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤ - نتایج تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی خمیر بازیافتی پالایش‌شده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پراکسید هیدروژن

خصوصیات	درجه آزادی			میانگین مربعات	F	معنی‌داری
	تیمار	خطا	کل			
مقاومت به ترکیدن	۳	۸	۱۱	۲۷٦۳/۰۱٥	۱۷/۳٤۲**	۰/۰۰۱
مقاومت به کشش	۳	۸	۱۱	۱۰۳/۳٤۱	۱٤/۲٤٦**	۰/۰۰۱
طول پارگی	۳	۸	۱۱	۱/۰۷۳	۱٤/۲٤٦**	۰/۰۰۱
مقاومت به پاره شدن	۳	۸	۱۱	۲٥٤۸/۸۸۹	۸/۹۱۲**	۰/۰۰٦

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

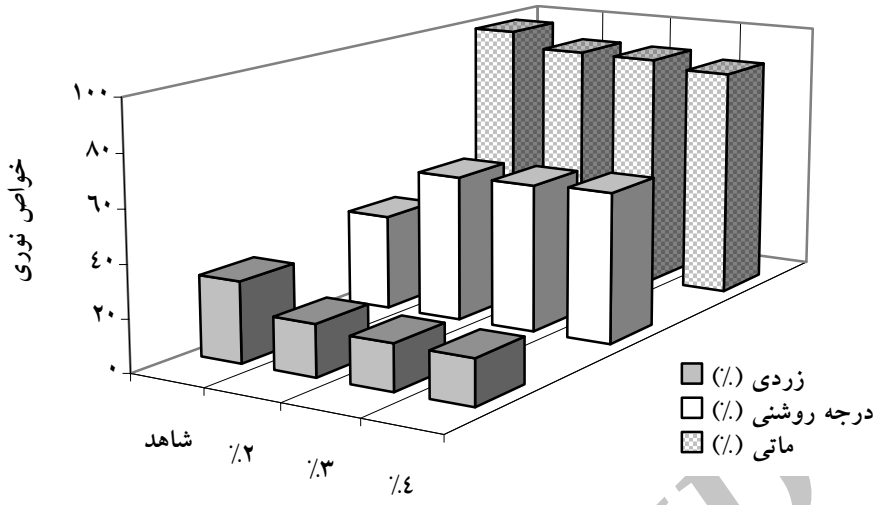
نتایج خواص نوری کاغذ روزنامه بازیافتی پالایش‌نشده و پالایش‌شده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با پروکسید هیدروژن در شکل‌های ۵ و ٦ آورده شده است. همان طور که دیده می‌شود با افزایش تیمار پروکسید هیدروژن روشنی افزایش، زردی و ماتی کاهش می‌یابد.



شکل ۵- نتایج خواص نوری خمیر کاغذ بازیافتی پالایش‌نشده نمونه‌های شاهد و تیمارشده با ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پروکسید هیدروژن

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٦- نتایج خواص نوری خمیرکاغذ بازیافتی پالایش‌شده نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پروکسید هیدروژن

جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس بین داده‌های خواص نوری کاغذهای ساخته شده از نمونه‌های روزنامه بازیافتی پالایش‌شده، پالایش‌نشده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن در سطح احتمال 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 خواص نوری خمیر بازیافتی پالایش‌نشده، پالایش‌شده، نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ۲٪، ۳٪ و ٤٪ پراکسید هیدروژن

مقاومت‌های مورد مقایسه		درجه آزادی			میانگین مربعات	F	معنی داری
		تیمار	خطا	کل			
درجه‌روشنی	U.R	۳	۸	۱۱	۱٦۰/۳۷۰	۳۱۹/٦۷٤**	۰/۰۰۰
	R	۳	۸	۱۱	۳۰٤/۹۲۷	۱۳۹٦/٦۱۵**	۰/۰۰۰
زردی	U.R	۳	۸	۱۱	۱۹۸/۵۲۸	۳٤/٦۵۲**	۰/۰۰۰
	R	۳	۸	۱۱	۱۱۸/۸۳۰	۳٤۹/٤۹۹**	۰/۰۰۰
ماتی	U.R	۳	۸	۱۱	۱٤/۹۳۰	۲۷/٤۳٦**	۰/۰۰۰
	R	۳	۸	۱۱	۲۵/۲۸۱	۱۲۹/۳۷٤**	۰/۰۰۰

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

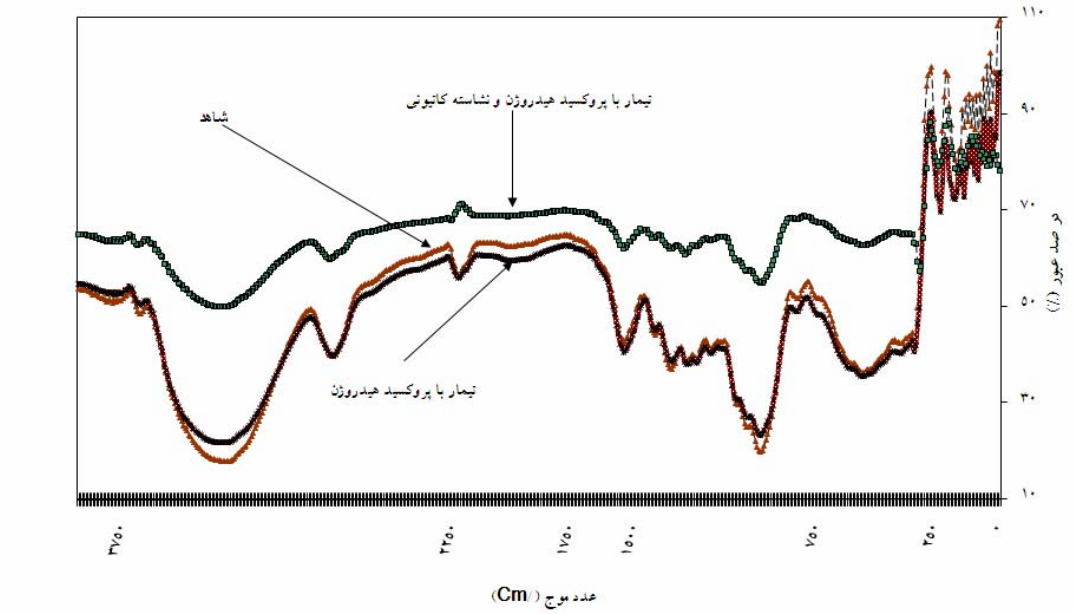
Archive of SID

www.SID.ir

R پالایش‌نشده

R پالایش‌شده

شکل ۷، طیف FTIR نمونه‌های شاهد، اکسیدشده و همچنین نمونه‌های اکسید شده‌ای که با ۲٪ نشاسته کاتیونی تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. شرایط ۱ دیاگرام مربوط به نمونه شاهد و شرایط ۲ و ۳ به‌ترتیب دیاگرام‌های مربوط به نمونه‌های الیاف بازیافتی تیمار شده با پراکسیدهیدروژن و الیاف بازیافتی اکسید شده‌ای که با ۲٪ نشاسته کاتیونی نیز تیمار شده‌اند را نشان می‌دهد. مقایسه دیاگرام‌ها نشان می‌دهد، پیک مربوط به عدد موج ۱٦٥۰ 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- طیف‌سنجی FTIR خمیرکاغذهای 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. همان طور که در شکل‌های ۱ تا ٤ 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

www.SID.ir

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 پالایش‌نشده با افزایش شدت تیمار تا ۳٪ افزایش و بعد تا ٤٪ در نمونه‌های پالایش‌نشده 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 سوسپانسون کاغذسازی بشدّت 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 (۱۹۹٤، ۲۰۰۵ و ۲۰۰٦) 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 ازجمله افزایش شاخص کشش کاغذ شده است. کاهش مقاومت‌های نمونه‌های پالایش‌نشده در نتیجه افزایش تیمار از ۳٪ به ٤٪ 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 ٤٪ افزایش یافته است. به بیان دیگر در نمونه‌های پالایش‌شده 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 ٤٪، 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 پالایش‌شده و پالایش‌نشده با افزایش شدت تیمار تا ۳٪ افزایش می‌یابد و بعد با افزایش شدت تیمار به ٤٪ کاهش می‌یابد. همانند سایر مقاومت‌ها تیمار پالایش و همچنین اکسایش بدلیل افزایش پیوند بین الیاف تا حدی منجر به افزایش این مقاومت نیز شده است. ولی از آنجایی که این مقاومت بیشتر به مقاومت تک‌تک 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 پالایش‌نشده بوده است ولی از نظر گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار گرفته‌اند. درجه‌روشنی کاغذهای ساخته شده ار خمیرهای پالایش‌شده و پالایش‌نشده 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 پالایش‌نشده است. پالایش منجر به

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش اتصالات به هنگام تشکیل کاغذ می‌گردد، در نتیجه باعث افزایش تقابل نوری، کاهش پراکندگی و انکسار 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 واکنش‌گر رنگ‌زدا قرار گرفته و فرایند رنگبری بهتر انجام می‌شود.

درصد ماتی و زردی کاغذهای پالایش شده و پالایش‌نشده با افزایش تیمار کاهش یافته است. به طوری که در مورد درصد ماتی، کاهش نمونه‌های پالایش شده بیشتر از نمونه‌های پالایش‌نشده بوده است. پالایش بدلیل افزایش اتصالات و افزایش تقابل نوری باعث کاهش انکسار 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 آییژ، تهران، ۵۲۰صفحه.
- میر شکرایی، س.ا.، صادقی فر،ح.۱۳۸۱. شیمی کاغذ، (ترجمه). انتشارات آییژ، تهران، ۱۸٤ 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، شماره۱، صفحه ۱۹-۱۲.
- همزه‌ی.، رستم پور هفتخوانی،ا.، ۱۳۸۷. اصول شیمی کاغذ سازی. انتشارات دانشگاه تهران.٤۲٤ صفحه.
- کرد، ب. ۱۳۸۸. تأثیر پالایش بر خصوصیات خمیر کاغذ حاصل از چوب اکالیپتوس کاملوتسیس. فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲٤، شماره۱، صفحه ۱۳۳-۱۲۵..
- Barzyk, D.1997.The impact of acidic group content and location on the beating bonding haracteristics 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 delegnification. 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

Archive of SID

www.SID.ir

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. Opticaland 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 decreas 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.

Archive of SID

www.SID.ir