Archive of SID

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و سوم، شماره چهارم، ۱۳۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir

بررسی ویژگی‌های نوری و مکانیکی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده باطله اداری به روش خنثی

سید محسن میری[۱]، علی قاسمیان[۲] و *محمدهادی آریائی‌منفرد[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۰۲ /۱۳۹٤/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: مرکب‌زدایی قلیایی متداول دارای محدودیت‌هایی مثل زرد شدن الیاف مکانیکی در محیط قلیایی (تیره شدن قلیایی)، بازده کمتر به‌علت انحلال بیشتر مواد در محیط به شدت قلیایی، افزایش هزینه‌ها و بار آلودگی پساب به‌علت استفاده از موادی مانند هیدروکسید سدیم و سیلیکات سدیم می‌باشد. این محدودیت‌ها موجب شده تا روش جدیدی به نام مرکب‌زدایی خنثی با هدف کاهش pH محیط مرکب زدایی تا سطح خنثی ابداع گردد. این تحقیق با هدف بررسی امکان جایگزینی مرکب‌زدایی کاغذ باطله اداری به روش خنثی به‌جای مرکب‌زدایی متداول در pH قلیایی انجام شده است.

مواد و روش‌ها: مخلوط کاغذ باطله اداری با استفاده از سولفیت سدیم در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد وزن خشک خمیرکاغذ و مدت زمان ۱۵، ۳۰ و ٤۵ دقیقه تیمار شده و ویژگی‌های نوری و مکانیکی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده براساس روش‌های استاندارد آئین‌نامه تاپی اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از معادله نرمال‌سازی نشان داد که تیمارهای A، B، C، D، E، F، G، H و I به ترتیب دارای امتیازهای ۱/۵۰۹۵، ۱/٤۵۱۷، ۱/٤۷۳۵، ۱/٤۰۷، ۱/٤۸۷۵، ۱/٤۸٤۳، ۱/۵٤۱٦، ۱/۵۲٦٦ و

*مسئول مکاتبه: Hadiaryaie@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱/٤۹٦۳ بوده‌اند و تیمار شاهد دارای امتیاز ۱/۵۸۲۱ بوده که در بین همه تیمارها دارای امتیاز بالاتری بود. ولی از بین تیمارهای مرکب‌زدایی خنثی تیمار G و H دارای بالاترین امتیازات بوده‌اند که به‌ترتیب دارای ۳ درصد سولفیت سدیم و زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه می‌باشند. بنابراین استفاده از ۳ درصد سولفیت سدیم به‌عنوان مقدار بهینه برای مرحله تیمار شیمیایی معرفی می‌شود که می‌تواند جایگزین مواد شیمیایی روش متداول مثل هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن، سیلیکات سدیم و غیره شود. زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه دارای شرایط بهتری نسبت به زمان ٤۵ دقیقه داشتند که می‌توان از این دو زمان جهت تیمار شیمیایی مرحله خمیرسازی مجدد استفاده کرد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد تیمار سولفیت سدیم ۳ درصد در زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه دارای شرایط بهتری نسبت به سایر تیمارها می‌باشد. همچنین، رتبه‌بندی تیمارهای آزمایشی نشان داد که تیمار حاوی ۳ درصد سولفیت سدیم و زمان ۳۰ دقیقه در مقایسه با سایر تیمارها و همچنین تیمار انجام شده به روش قلیایی، از امتیاز بیشتری برخوردار بوده و به‌عبارت دیگر بهترین تیمار از نظر مجموع خواص نوری و مقاومتی می‌باشد. نتایج ارزیابی نوری و مکانیکی خمیر کاغذ حاصل از این تیمار به تیمار شاهد قلیایی خیلی نزدیک بوده و هر دو تیمار دارای درجه‌روشنی نزدیک به هم و با اختلاف خیلی کمی می‌باشند. ارزیابی‌ها نشان داد مرکب‌زدایی به روش خنثی می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش متداول قلیایی باشد.

واژه‌های کلیدی: کاغذ باطله، بازیافت، مرکب‌زدایی متداول قلیایی، مرکب‌زدایی خنثی

مقدمه

محدود بودن سطح جنگل‌های دنیا و تخریب شدید آن‌ها از یک سو و کاهش منابع ماده اولیه جهت تولید کاغذ از سوی دیگر، اهمیت بازیافت کاغذ در صنایع کاغذسازی را ضروری ساخته است. در کشور ایران نیز با توجه به میزان تولید و مصرف انواع فرآورده‌های کاغذی و افزایش شکاف موجود بین روند تولید و مصرف، لزوم توجه به امر بازیافت محصولات کاغذی روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد (۵).

www.SID.ir

Archive of SID

تنوع وسیعی از کاغذهای بازیافتی مرکب‌زدایی می‌شوند، که هر یک از این کاغذها تفاوت‌هایی به لحاظ منشاء الیاف دارند. به‌عنوان مثال کاغذ روزنامه کهنه[1] عمدتاً شامل الیاف خمیرکاغذهای مکانیکی رنگ‌بری شده و یا الیاف بازیافتی می‌باشد، در صورتی‌که کاغذ مجله کهنه[2] معمولاً علاوه‌بر الیاف مذکور دارای مقداری خمیرکاغذ شیمیایی رنگ‌بری شده می‌باشند. اما کاغذهای باطله اداری به‌طور کامل دارای خمیرکاغذ شیمیایی رنگ‌بری شده هستند (٤). درمرکب‌زدایی به روش متداول pH نهایی در خمیرسازی کاغذ در محدوده قلیایی تنظیم می‌شود زیرا محیط قلیایی سبب واکشیدگی الیاف در اثر جذب آب و افزایش انعطاف‌پذیری آن‌ها می‌شود و لذا این در حالی است که محدوده مناسب pH برای خمیرسازی مجدد[3] کاغذ باطله در حدود ۹/۵ تا ۱۰/۵ تنظیم می‌شود (٦).

کاهش سطح pH باعث صرفه‌جویی در هزینه مواد شیمیایی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. معمولاً در مرکب‌زدایی خنثی حقیقی فقط از عوامل فعال در سطح که به‌صورت مخلوطی از عوامل فعال در سطح مصنوعی می‌باشد به خمیرساز کاغذ اضافه می‌شود (٦). در مرکب‌زدایی با قلیای کم علاوه‌بر عوامل فعال در سطح از سیلیکات سدیم نیز استفاده می‌شود. افزودن سولفیت سدیم به مرحله خمیرسازی مجدد همراه با مواد کمک کننده به مرکب‌زدایی سیستم دیگری است که با موفقیت کمتری همراه بود (۹). استفاده کمتر از مواد شیمیایی در مرکب‌زدایی خنثی مثل هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن، سیلیکات سدیم و یا عوامل کی‌لیت کننده باعث صرفه‌جویی در هزینه مواد شیمیایی می‌شود. در همه شکل‌های مرکب‌زدایی خنثی با وجود حذف مقدار مشابه مرکب از خمیرکاغذ بازیافتی، درجه‌روشنی خمیرکاغذ نهایی در مقایسه با مرکب‌زدایی قلیایی به‌علت حذف پراکسید هیدروژن از مرحله خمیرساز کاغذ کمتر گزارش شده است. این اختلاف درجه‌روشنی می‌تواند به‌وسیله فرآیندهایی که دارای پراکنده‌ساز یا یک مرحله رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن باشند جبران شود (۷). از دیگر مزایای کم کردن pH، بهبود حذف مواد چسبناک[4] می‌باشد (٤).

روش‌های مرکب‌زدایی در آینده، نه تنها باید عملکرد بهتری نسبت به روش‌های متداول داشته باشند بلکه باید ضوابط زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تری را نیز رعایت نمایند. مراکز تحقیقاتی برخی از کشورهای پیشرفته نظیر آلمان و ایالات متحده آمریکا در حال تحقیق و گسترش تکنولوژی

1- Old Newsprint(ONP)
2- Old Magazine(OMG)
3- Repulping
4- Stickies

www.SID.ir

Archive of SID

مرکب‌زدایی خنثی برای کاغذ باطله روزنامه و مجله می‌باشند. امروزه با توجه به نیاز بازار، چندین ماده شیمیایی مرکب‌زدایی پیشنهاد شده است. یکی از این مواد سولفیت سدیم می‌باشد که در سیستم مرکب‌زدایی با قلیایی کم به‌عنوان ترکیب اولیه به خمیرساز کاغذ اضافه می‌شود. اخیراً بسیاری از کارخانه‌ها هر دو تکنولوژی مرکب‌زدایی نزدیک به خنثی و قلیای کم را با استفاده از سولفیت سدیم به‌صورت تجاری به‌کار گرفته‌اند. در این تکنولوژی‌ها کارآیی مرکب‌زدایی بهبود یافته و در مقایسه با تکنیک‌های مرکب‌زدایی که نیاز به هیدروکسید سدیم دارند صرفه‌جویی قابل توجهی حاصل شده است (۱۳).

از جمله مزایای مرکب‌زدایی خنثی صرفه‌جویی در هزینه‌ها به دلیل کاهش مصرف مواد شیمیایی، بهبود کیفیت پساب، بهبود قابلیت گذر و ایجاد رسوب کمتر در ماشین کاغذ می‌شود. همچنین از نقطه نظر ایمنی سیستم، به‌علت نداشتن جابجایی هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن محیط امنی برای کار به‌وجود خواهد آمد. مرکب‌زدایی خنثی دارای معایبی شامل، جداسازی مرکب کمتر، تفکیک مرکب کمتر، رسوب مجدد مرکب بر روی الیاف بیشتر و حذف کمتر مرکب در شناورسازی می‌باشد (۹).

مرکب‌زدایی خنثی با استفاده از سولفیت سدیم در مقایسه با مرکب‌زدایی متداول قلیایی در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی توسط نیکودیموس و هاینس (۲۰۱۱) انجام شده است. این محققین کارآیی روش مرکب‌زدایی جدید را به‌دلیل حذف مرکب، افزایش درجه‌روشنی، افزایش بازده و صرفه‌جویی هزینه‌ها مؤثر دانستند. نتایج مقیاس آزمایشگاهی نشان داد که مرکب‌زدایی خنثی نسبت به قلیایی، جداسازی مرکب قابل قبول و مشابه دارد و با مقدار مرکب کمتر و تجزیه و تفکیک مرکب بیشتر می‌باشد همچنین افت بازده قابل ملاحظه‌ای نداشته و حذف مرکب بهبود پیدا کرده است. درجه‌روشنی بعد از شناورسازی نسبت به خمیرسازی قلیایی به‌علت حذف مرکب بیشتر بوده است (۱۰). نتایج مقیاس صنعتی نشان داد که در مرکب‌زدایی خنثی، جداسازی مرکب موفقیت‌آمیز بوده و کارآیی مرکب‌زدایی ۲ تا ٤ درصد افزایش یافته و درجه‌روشنی کاغذ بعد از شناوسازی نیز بهبود یافته است (۹).

شرایط بهینه و پارامترهای خمیرسازی در مرکب‌زدایی خنثی کاغذ روزنامه کهنه و تأثیر آن بر کارآیی مرکب‌زدایی و مقایسه آن را با مرکب‌زدایی قلیایی پیش از این توسط ژانگ و وانگ (۲۰۱۱) بررسی شده است. نتایج این تحقیق نشان داد درصد خشکی کم و زمان کوتاه خمیرسازی بیشترین سهم را در حذف مرکب در مرحله خمیرسازی خنثی داشته است. همچنین درجه حرارت کم در

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله خمیرکاغذسازی مرکب‌زدایی خنثی می‌تواند بهبود بیشتری در کارآیی مرکب‌زدایی و کاهش مصرف انرژی حرارتی داشته باشد. مقایسه مرکب‌زدایی خنثی و قلیایی کاغذ روزنامه باطله نشان داد که درصد خشکی کم خمیرسازی در حذف مرکب در مرکب‌زدایی خنثی سهیم بوده در صورتی‌که درصد خشکی زیاد در مرکب‌زدایی قلیایی یک مزیت محسوب می‌شود (١٤). همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده خنثی نسبت به خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده قلیایی قابلیت رنگ‌بری بهتری با پراکسید هیدروژن دارد (١٢).

مرکب‌زدایی قلیایی متداول معایب و محدودیت‌هایی مثل زرد شدن الیاف مکانیکی در محیط قلیایی (تیره شدن قلیایی)، بازده کمتر به‌علت انحلال بیشتر مواد در اثر وجود مواد شیمیایی بیشتر، افزایش هزینه‌ها و بار آلودگی پساب به‌علت استفاده از مواد شیمیایی مثل هیدروکسید سدیم و سیلیکات سدیم دارا می‌باشد. این محدودیت‌ها و معایب موجب شده که دست‌اندرکاران صنعت بازیافت کاغذ به فکر استفاده از روش‌های جدیدی برای کاهش این معایب باشند. تغییر ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در مرکب‌زدایی قلیایی متداول با هدف کاهش pH تا سطح خنثی که به مرکب‌زدایی خنثی معروف است یکی از مهمترین این نو آوری هاست (٨, ١٠).

هدف از این تحقیق بررسی قابلیت مرکب‌زدایی کاغذ باطله اداری با استفاده از روش مرکب‌زدایی خنثی در سطوح مختلف سولفیت سدیم و همچنین زمان‌های مختلف تیمار، در مقایسه با روش متداول قلیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

کاغذهای باطله مورد استفاده در این تحقیق، کاغذ باطله اداری (MOW[1]) چاپ شده با دستگاه کپی در زمان چاپ کمتر از یک ماه بوده و از انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌صورت تصادفی تهیه و در کیسه‌های پلی اتیلنی درب بسته برای جلوگیری از تغییرات رطوبت نگهداری شدند. مشخصات نوری این نوع کاغذ پیش از این توسط آریائی منفرد و همکاران (٢٠١٣) گزارش شده است (٣).

1- Mixed Office Waste Paper

www.SID.ir

Archive of SID

خمیرسازی مجدد کاغذهای باطله: نمونه کاغذ باطله اداری بازیافتی توزین شده و درصد خشکی آن‌ها به ۵ درصد رسانده شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا الیاف کاغذ کمی نرم شوند. نمونه‌های خمیرکاغذ به‌همراه ۰/۲ درصد پلی سوربات ۸۰ (براساس وزن خشک) به‌مدت ۱۰ دقیقه در داخل دستگاه پراکنده‌ساز قرار گرفتند. در ادامه درصد خشکی نمونه‌ها به ۸ درصد رسانده شد. سپس تیمار با مواد شیمیایی در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد سولفیت سدیم بر اساس وزن خشک خمیرکاغذ انجام شد. هر یک از نمونه‌ها به حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و طی زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ٤۵ دقیقه تحت تیمار شیمیایی قرار گرفتند. نمونه شاهد نیز با استفاده از مواد شیمیایی متداول قلیایی در pH بین ۱۰ تا ۱۲ مرکب‌زدایی شد (۲، ۳ و ٤). مقادیر مواد شیمیایی مورد استفاده و شرایط تیمارهای شیمیایی در جدول ۱ و ۲ آورده شده است (۲ و ۳).

جدول ۱- مواد و شرایط تیمار شیمیایی در محیط قلیایی.

Table 1. Material and chemical treatment conditions in alkaline environment.

نوع ماده (Chemicals)	مقدار (Quantity, %)	درصد خلوص (Purity)	شرایط (Condition)	مقدار (Quantity)
هیدروکسید سدیم (Sodium Hydroxide)	1	98-100	درصد خشکی (Consistency %)	8
پراکسیدهیدروژن (Hydrogen Peroxide)	1	35	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) (Temperature $^{\circ}C$)	50
سیلیکات سدیم (Sodium Silicate)	2	100	زمان (دقیقه) (Time, min)	20
پلی‌سوربات ۸۰ (Polysorbates 80)	0.2	66.2		
کلرید کلسیم (شناورسازی) (Calcium Chloride) (Flotation)	0.33	100		
DTPA	0.3	100		

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مواد و شرایط تیمار شیمیایی در محیط خنثی.

Table 2. Material and chemical treatment condition in neutral environment.

نوع ماده (Chemicals)	مقدار (درصد) (Quantity, %)	درصد خلوص (Purity)	شرایط (Condition)	مقدار (Quantity)
سولفیت سدیم (Sodium Sulfite)	1, 2 & 3	98-100	درصد خشکی (درصد) (Consistency %)	8
DTPA	0.3	100	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) (Temperature °C)	50
کلرید کلسیم (شناورسازی) (Calcium Chloride) (flotation)	0.33	100	زمان (دقیقه) (Time, min)	15, 30 & 45
پلی‌سوربات ۸۰ (Polysorbates 80)	0.2	66.2		

مرکب‌زدایی: مرکب‌زدایی از نمونه‌های خمیرکاغذ تیمار شده به‌وسیله ترکیبی از روش‌های شناورسازی و شستشو انجام شد. بخش عمده عمل مرکب‌زدایی (جدا شدن اتصال فیزیکی بین ذرات مرکب و الیاف) در مرحله خمیرسازی مجدد و درون دستگاه خمیرساز اتفاق می‌افتد. لذا در مرحله شناورسازی تنها با استفاده از ماده کف‌زا در سوسپانسیون رقیق خمیرکاغذ و هوای ورودی به آن، ذرات مرکب جدا شده از الیاف به حباب‌های هوا چسبیده و به سطح مایع منتقل و با جداسازی و خروج کف سیاه رنگ حاوی ذرات مرکب و نرمه‌های الیاف عملیات مرکب‌زدایی تکمیل می‌شود (۳). در این تحقیق از پلی‌سوربات ۸۰ و کلرید کلسیم به‌عنوان ماده کف‌زا و جمع‌کننده استفاده شد. سایر شرایط ثابت در مرحله شناورسازی به شرح جدول ۳ بوده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- شرایط ثابت در مرحله شناورسازی.

Table 3. Flotation constant conditions.

شرایط (condition)	مقدار (quantity)
درصد خشکی (درصد) (consistency%)	0.8
درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) (Temperature$^{\circ C}$)	25
زمان (دقیقه) (Time, min)	20
pH	~8
ظرفیت دستگاه (لیتر) (Capacity, Lit.)	20
سرعت هم زدن (rpm) (Stirring speed)	1300
سرعت جریان هوا (لیتر در دقیقه) (Air flow rate, Lit. Per min.)	6

به‌منظور تهیهٔ کاغذ دست‌ساز با وزن پایه ۶۰±۳ g/m^2 از استاندارد ۹۷ -sp ۲۱۸ T آئین‌نامه تاپی[1] استفاده شد. اندازه‌گیری درجه‌روشنی و درجه زردی طبق استاندارد ۰۲–om ٤٥٢ T آئین‌نامه تاپی انجام گرفت. اندازه‌گیری ماتی کاغذ طبق استاندارد ۰۱–om T٤٢٥ آئین‌نامه تاپی انجام گرفت. مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده بر اساس استاندارد ۹۲–om T٤٠٤ آئین‌نامه تاپی انجام شد. مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده بر اساس استاندارد شماره ۰۲– om ٤٠٣ T آئین‌نامه تاپی انجام شد. مقاومت به پاره شدن کاغذهای ساخته شده بر اساس استاندارد شماره ۰٤– om ٤١٤ T آئین‌نامه تاپی انجام شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها، از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه ANOVA با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و نرم‌افزار ۱٦ Minitab استفاده گردید. سپس گروه‌بندی میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن صورت پذیرفت.

1- TAPPI (Technical Association of Pulp and Paper Industry)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

در تمامی جداول و شکل‌های مربوط به‌این تحقیق، جهت معرفی تیمارها از نمادهای جدول ٤ استفاده شده است:

جدول ٤- نام اختصاری تیمارهای مرکب‌زدایی.

Table 4. Abbreviation of deinking treatments.

علامت اختصاری (abbreviation)	توضیحات (explanation)
شاهد (blank)	مواد شیمیایی متداول قلیایی Conventional alkaline chemical
A	۱ درصد سولفیت سدیم در ۱۵ دقیقه 1% Sodium sulfite in 15 min.
B	۲ درصد سولفیت سدیم در ۱۵ دقیقه 2% Sodium sulfite in 15 min.
C	۳ درصد سولفیت سدیم در ۱۵ دقیقه 3% Sodium sulfite in 15 min.
D	۱ درصد سولفیت سدیم در ۳۰ دقیقه 1% Sodium sulfite in 30 min.
E	۲ درصد سولفیت سدیم در ۳۰ دقیقه 2% Sodium sulfite in 30 min.
F	۳ درصد سولفیت سدیم در ۳۰ دقیقه 3% Sodium sulfite in 30 min.
G	۱ درصد سولفیت سدیم در ٤٥ دقیقه 1% Sodium sulfite in 45 min.
H	۲ درصد سولفیت سدیم در ٤٥ دقیقه 2% Sodium sulfite in 45 min.
I	۳ درصد سولفیت سدیم در ٤٥ دقیقه 3% Sodium sulfite in 45 min.

pH اولیه، نهایی و شناورسازی تیمارهای مختلف آزمایش: مقادیر pH در ابتدای تیمار و بعد از تیمار و همچنین در سلول شناورسازی اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل در جدول ۵ و شکل ۱ آورده شده است.

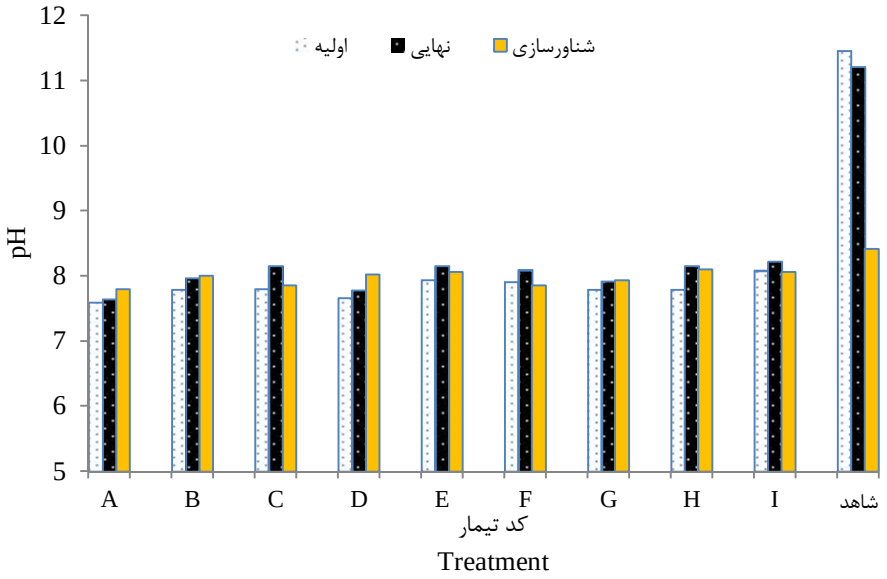
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقادیر به‌دست آمده **pH**.

Table 5. pH achieved values.

شاهد Blank	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
11.64	8.08	7.79	7.79	7.91	7.94	7.66	7.8	7.79	7.59	pH اولیه Initial pH
11.21	8.22	8.15	7.92	8.09	8.15	7.78	8.15	7.97	7.64	pH نهایی Finale pH
8.42	8.06	8.1	7.94	7.86	8.06	8.03	7.86	8.01	7.8	pH شناورسازی Flotation pH



شکل ۱- تغییرات pH اولیه، نهایی و شناورسازی برای تیمارهای مختلف.

Figure 1. Initial, final and flotation pH changes for various treatments.

نتایج آزمون تجزیه واریانس تیمارهای مختلف نشان داد که بین pH اولیه و نهایی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. کاهش pH اولیه با افزایش سطح سولفیت سدیم معنی‌دار نبوده است. همچنین مدت زمان تیمار تأثیر قابل توجهی بر pH اولیه نداشته است. تمامی سطوح pH اولیه بین ٦ تا ٨ می‌باشند که این نتایج با تحقیقات مورو و همکاران (۲۰۰۵)، روسنکرس و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد (۹ و ۱۱). مورو و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند مرکب‌زدایی خنثی

www.SID.ir

Archive of SID

دوغاب روزنامه و مجله در محیطی با قلیای کم و یا نزدیک به خنثی با pH خمیرساز در محدوده ۸/۲ تا ۸/۵ امکان‌پذیر می‌باشد (۹). pH نهایی، افزایش اندکی نسبت به pH اولیه داشته که به‌نظر می‌رسد افزایش درجه حرارت تیمار باعث افزایش اندک pH در تیمارهای مختلف شده است. در مورد تیمار قلیایی، pH اولیه در محدوده بین ۱۰ تا ۱۲ بوده است که این محدوده به‌طور متداول در مرکب‌زدایی قلیایی استفاده می‌شود (٤). قاسمیان و خلیلی (۲۰۱۱) اعلام نمودند مرکب‌زدایی متداول در محدوده قلیایی تنظیم می‌شود زیرا در محیط قلیایی الیاف کاغذ مقدار زیادی آب جذب کرده و واکشیده شده و قابلیت انعطاف آن‌ها بیشتر شده که به حذف ذرات مرکب کمک می‌کند. همچنین واکنش صابونی شدن یا هیدرولیز رزین‌های مرکب چاپ در محیط قلیایی انجام می‌شود (٤).

pH شناورسازی در محدوده نزدیک ۸ انجام شده است و بین مرکب‌زدایی خنثی و قلیایی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به این‌که خمیرکاغذ بعد از تیمار شیمیایی وارد سلول شناورسازی می‌شود و در آنجا درصد خشکی آن تا سطح ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد، این عمل باعث تعدیل سطح pH به محدوده خنثی شده است. همچنین نوع مواد موجود در خمیرکاغذ بازیافتی مهم بوده و ترکیباتی که در مرحله خمیرسازی مجدد حل شده‌اند باعث کاهش pH می‌شوند (٤). با افزایش سطح pH به بیشتر از ۹، کارآیی فرآیند شناورسازی افت کرده به همین منظور pH بین ٦ تا ۹ ثابت می‌ماند. pH بهینه سلول شناورسازی برای رسیدن به بهترین درجه‌روشنی در حدود ٦ می‌باشد (٦). ابوالقاسمی و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند مرکب‌زدایی در شرایط خنثی و نزدیک به آن بهترین بازده شناورسازی را دارد و pH ۸ تا ۹ را به‌عنوان بهترین محدوده شناورسازی اعلام نمودند (۱).

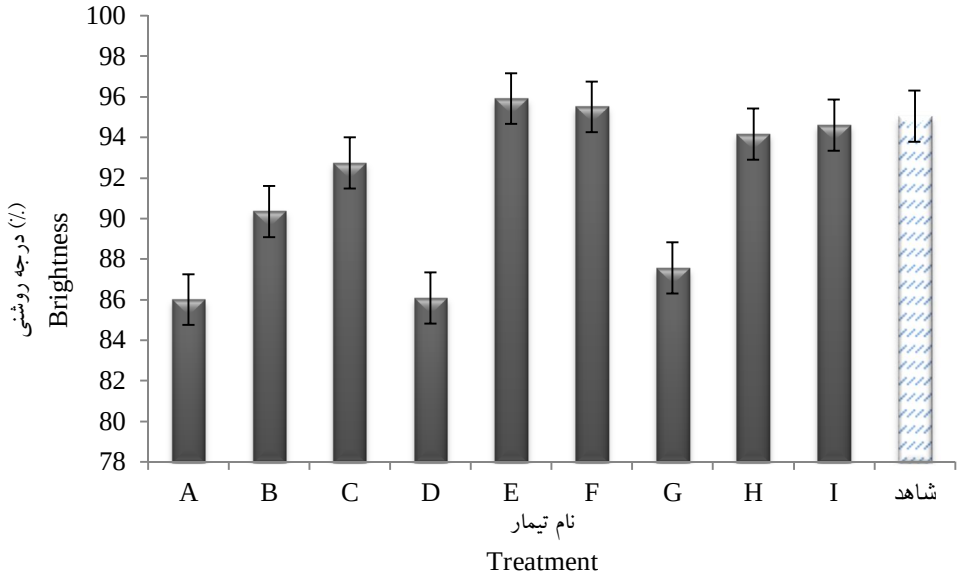
ویژگی‌های نوری

درجه‌روشنی: نتایج آزمون تجزیه واریانس درجه‌روشنی نشان داد که زمان تأثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نداشته است ولی درصد سولفیت سدیم و اثر متقابل زمان و سولفیت سدیم بر درجه‌روشنی تأثیر معنی‌داری داشته‌اند. با توجه به شکل ۲ کمترین درجه روشنی مربوط به تیمارهای با ۱ درصد سولفیت سدیم می‌باشد و با افزایش سولفیت، درجه‌روشنی خمیر کاغذ افزایش یافته است که علت آن را می‌تواند افزایش غلظت مواد شیمیایی دانست که موجب افزایش تخریب مرکب‌های چاپ شده است. بیشترین درجه‌روشنی مربوط به تیمار قلیایی بوده و به‌نظر می‌رسد حذف بیشتر ذرات مرکب از سطح الیاف دلیل اصلی این پدیده باشد. نیکودیموس و هاینس (۲۰۱۱) اعلام کردند سولفیت

www.SID.ir

Archive of SID

سدیم برای جلوگیری از تیره شدن خمیرکاغذ در فرآیند مرکب‌زدایی مؤثر است، آن‌ها همچنین اعلام کردند که در مرکب‌زدایی خنثی، حذف ذرات مرکب در مرحله شناورسازی ضعیف‌تر می‌باشد (۱۰).



شکل ۲- تغییرات درجه‌روشنی کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف.

Figure 2. The handsheet brightness variations in different treatments.

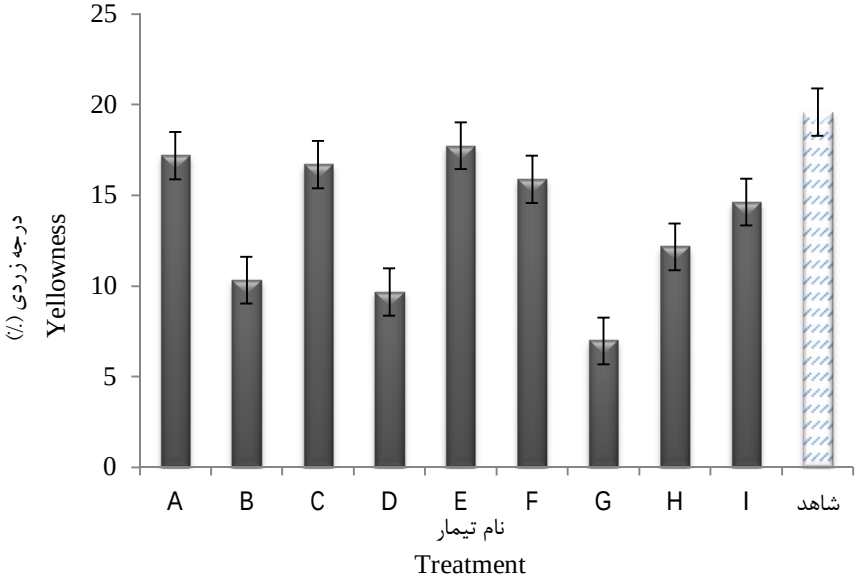
نیکودیموس و همکاران (۲۰۱۱) افزایش درجه روشنی خمیر را بعد از مرحله شناورسازی به میزان دو واحد اعلام کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مرکب‌زدایی در محیط خنثی درجه‌روشنی مناسبی جهت تولید کاغذ با کیفیت پایین‌تر نسبت به کاغذ اولیه را می‌دهد (۱۰).

درجه زردی: نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه نشان داد که هر دو عامل زمان و درصد سولفیت سدیم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان درجه‌زردی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده‌اند. با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود که در اثر تیمار با سولفیت سدیم زردی در کاغذ حاصل نسبت به نمونه تیمار شده به روش قلیایی کاهش داشته است. این نتایج ناشی از کاهش سطح قلیا و کاهش pH تا سطح خنثی می‌باشد. محققین زیادی اعلام کردند که با افزایش قلیا پدیده تیره شدن قلیایی اتفاق می‌افتد که این موضوع باعث زرد شدن خمیرکاغذ می‌شود. این پدیده در خمیرکاغذهای مکانیکی مشهودتر است

www.SID.ir

Archive of SID

(١٤). به‌نظر می‌رسد بخشی از افزایش زردی خمیر حین افزایش زمان تیمار سولفیت سدیم به‌دلیل دمای بالای محیط و زمان بیشتر تیمار شدن خمیر بوده است (٤).



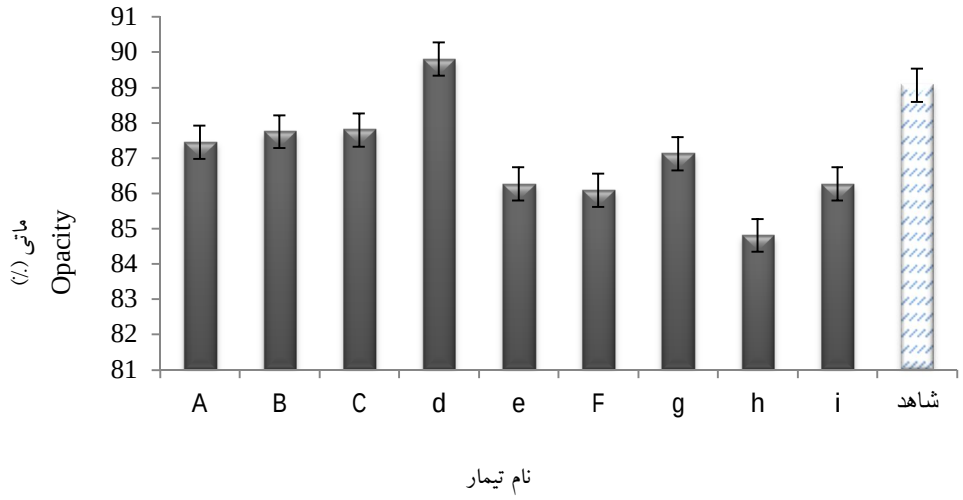
شکل ٣- تغییرات درجه‌زردی کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف.

Figure 3. The handsheet yellowness variations in different treatments.

ماتی: نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه نشان داد که هر دو عامل زمان و درصد سولفیت سدیم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان ماتی در سطح اطمینان ٩٥ درصد معنی‌دار بوده‌اند. شکل ٤ نشان می‌دهد بیشترین ماتی در سطح ٢ درصد سولفیت و زمان ١٥ دقیقه می‌باشد. همچنین خمیر کاغذ تیمار قلیایی دارای ماتی زیادی می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- تغییرات ماتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف.

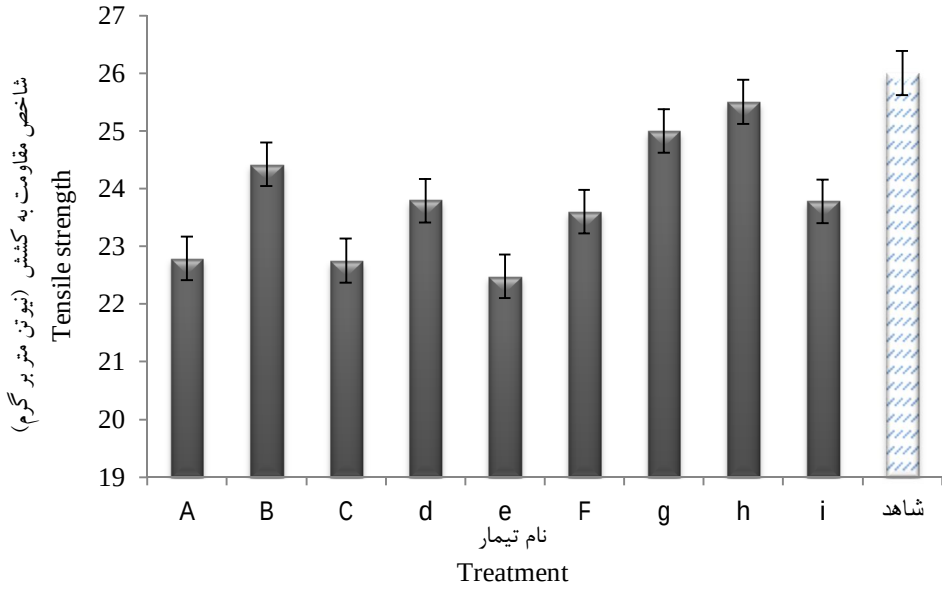
Figure 4. The handsheet opacity variations in different treatments.

ویژگی‌های مکانیکی

مقاومت به کشش: نتایج تجزیه واریانس دو طرفه مقاومت به کشش نشان داد هر دو عامل زمان و درصد سولفیت سدیم در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بوده‌اند (شکل ۵). بیشترین مقاومت به کشش مربوط به تیمار قلیایی است و هر چه از سطوح pH قلیایی به سطوح پایین‌تر می‌رویم مقاومت به کشش کاهش پیدا می‌کند. هیدروکسید سدیم مقاومت کاغذ ساخته شده از الیاف خشک را افزایش می‌دهد این اثر ممکن است به‌علت واکشیدگی الیاف یا هیدرولیز پیوندهای استری دیواره الیاف باشد که در نتیجه باعث افزایش انعطاف‌پذیری الیاف و ایجاد پیوندهای داخلی الیاف شده که موجب افزایش مقاومت کاغذ نهایی می‌شود (٤). بیشترین مقاومت در بین تیمارهای خنثی مربوط به سطح ۳ درصد سولفیت سدیم می‌باشد که با افزایش زمان باعث افزایش مقاومت‌های کاغذ نهایی شده است. آنچنان که در شکل قابل مشاهده است بیشترین مقاومت به کشش مربوط به تیمار h با ۳ درصد سولفیت سدیم و ۳۰ دقیقه تیمار می‌باشد. به‌نظر می‌رسد علت افزایش مقاومت کششی با افزایش مقدار سولفیت نرمتر شدن الیاف و آزاد شدن بیشتر گروه‌های عاملی در محیط می‌باشد و در نهایت سطح پیوند ایجاد شده و مقاومت کششی افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



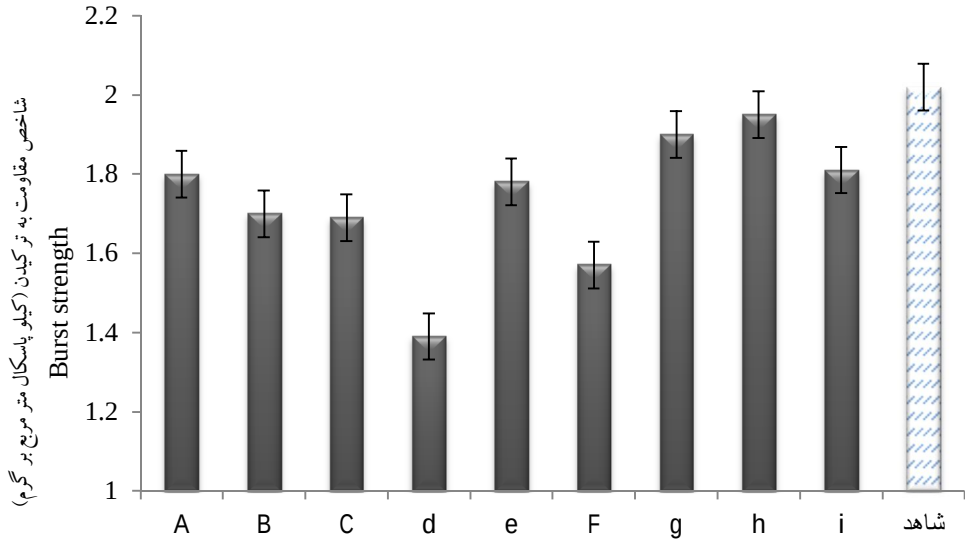
شکل ۵- تغییرات شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف.

Figure 5. The handsheet tensile strength variations in different treatments.

مقاومت به ترکیدن: نتایج تجزیه واریانس آزمون مقاومت به ترکیدن نشان داد که زمان تیمار تأثیر معنی‌داری بر این مقاومت نداشته است ولی درصد سولفیت سدیم و اثر متقابل زمان و سولفیت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بر مقاومت به ترکیدن داشته‌اند (شکل ٦). تیمار قلیایی دارای بیشترین مقاومت به ترکیدن بوده که علت آن را می‌توان واکشیدگی الیاف در محیط قلیایی دانست. این واکشیدگی باعث افزایش جذب آب الیاف و افزایش انعطاف‌پذیری الیاف شده و در نهایت منجر به افزایش سطح پیوند بین الیاف می‌شود (٤). مقاومت به ترکیدن بستگی به میزان سطح پیوند بین الیاف دارد و مرکب‌زدایی در محیط قلیایی باعث افزایش مقاومت به ترکیدن می‌شود (۱). بیشترین مقاومت به ترکیدن در بین تیمارهای مرکب‌زدایی خنثی تیمار h با سولفیت سدیم ۳ درصد و زمان ۳۰ دقیقه می‌باشد. این تیمار دارای کمترین میزان حجیمی بوده و این نشان دهنده افزایش اتصال بین الیاف می‌باشد. کمترین مقاومت مربوط به تیمارهای با سولفیت سدیم ۱ درصد می‌باشد که علت آن کاهش میزان حذف ذرات مرکب و واکشیدگی اندک الیاف در سطح ۱ درصد به‌دلیل انعطاف‌پذیری کمتر الیاف و میزان سطح نسبی اتصال کمتر می‌باشد (۹).

www.SID.ir

Archive of SID



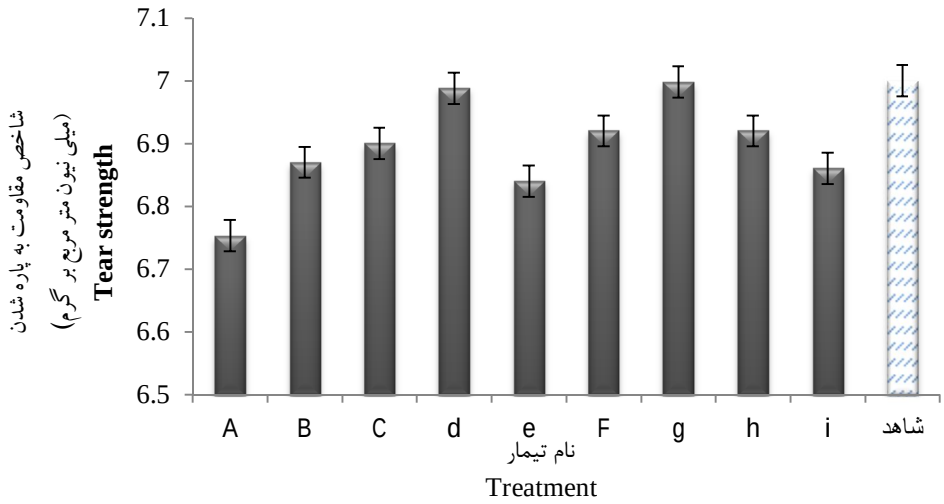
شکل ٦- تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف.

Figure 6. The handsheet burst strength variations in different treatments.

مقاومت به پاره شدن: نتایج آزمون تجزیه واریانس مقاومت به پاره شدن نشان داد که زمان تأثیر معنی‌داری نداشته ولی درصد سولفیت سدیم و اثر متقابل زمان و سولفیت سدیم بر مقاومت به پاره شدن در سطح احتمال ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری داشته است. نتایج شکل ۷ نشان می‌دهد بیشترین مقاومت به پاره شدن مربوط به تیمار قلیایی بوده و تیمارهای خنثی دارای مقاومت کمتری هستند. مقاومت به پاره شدن به پیوند بین الیاف، همچنین مقاومت تک تک الیاف بستگی دارد (۱). نتایج اندازه‌گیری مقاومت به پاره شدن نشان می‌دهد سطوح مختلف تیمار با سولفیت سدیم تفاوت معنی‌داری با تیمار قلیایی ندارد. به‌نظر می‌رسد تیمارهای مورد استفاده برای مرکب‌زدایی تأثیر مهمی بر ساختار کلی دیواره الیاف نداشته‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- تغییرات شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف.

Figure 7. The handsheet tear strength variations in different treatments.

رتبه‌بندی تیمارهای آزمایش به روش امتیازدهی: برای تعیین بهترین تیمار از نظر مجموع خواص نوری و مکانیکی، ضرایبی به شرح زیر در نظر گرفته شد. در محاسبه ضرایب مذکور، درصد اهمیت آن بر اساس محصول موردنظر می‌تواند متغیر باشد. با توجه به این‌که بهترین محصول حاصل ممکن کاغذی با یک درجه پایین‌تر از کاغذ اولیه است، درصدهای پیشنهادی جهت ساخت کاغذهای چاپ و تحریر می‌باشد. درصد اهمیت هر یک از خواص نوری و مکانیکی به شرح زیر در نظر گرفته شد:

درجه‌روشنی (X_1): ۳۰ درصد

ماتی (X_2): ۱۷ درصد

درجه زردی (X_3): ۵ درصد

مقاومت به کشش (X_4): ۲۵ درصد

مقاومت به پاره شدن (X_5): ۱۸ درصد

مقاومت به ترکیدن (X_6): ۵ درصد

با داشتن میانگین کل هر یک از خواص نوری و مکانیکی بعد از مرکب‌زدایی (جدول ۵)، معادله نرمال‌سازی برای داده‌های حاصل از آزمایش‌ها به شرح زیر به‌دست آمد:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- میانگین نتایج ویژگی‌های نوری و مکانیکی خمیرکاغذهای دست‌ساز.

Table 5. The average results of optical and mechanical properties of handsheets.

مقاومت به ترکیدن (Burst strength) ($KPam^2/g$)	مقاومت به پاره شدن (Tear strength) (mNm/g)	مقاومت به کشش (Tensile strength) (Nm/g)	زردی (Yellowness) (ISO%)	مات (Opacity) (%)	درجه روشنی (Brightness) (ISO%)	ویژگی‌ها (Properties) / تیمارها (Treatments)
2.02	7	26	19.59	89.07	95.04	شاهد (قلیایی) Blank (alkaline)
2.07	6.75	22.79	17.19	87.45	95.03	A
1.71	6.87	23.79	10.33	87.75	90.34	B
1.69	7.11	22.75	16.69	87.8	92.74	C
1.39	6.98	23.79	9.67	89.81	86.08	D
1.78	6.84	22.48	17.73	86.27	95.91	E
1.57	6.92	23.60	15.89	86.09	95.5	F
1.90	6.99	29.17	6.97	87.12	87.56	G
1.83	6.92	26	12.16	84.81	94.16	H
1.81	6.86	23.78	14.63	86.27	64.61	I
1.77	6.92	24.41	14.08	87.24	91.62	میانگین (Average)

$$Y=[۰/۰۰۵۶۱۸\ X_۱ + ۰/۰۰۱۷۸۱\ X_۲ - ۰/۰۰۳٤۳\ X_۳ + ۰/۰۱۸۳٦\ X_٤ + ۰/۰۲٦۰٤۹\ X_٥ + ۰/۰۸۰٦٤٥\ X_٦]$$

بر اساس معادله فوق، امتیاز تعلق گرفته به هر یک از تیمارهای مرکب‌زدایی و رتبه‌بندی آن‌ها به شرح جدول ٦ محاسبه شد.

جدول ٦- امتیاز تعلق گرفته برای تیمارهای مختلف آزمایش.

Table 6. Points awarded for various treatments.

کد تیمار (Treatments)	شاهد (Blank)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
امتیاز (Point)	1.582	1.509	1.451	1.473	1.407	1.487	1.484	1.541	1.526	1.496
رتبه (Score)	1	4	9	8	10	6	7	2	3	5

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از تیمارهای مختلف مرکب‌زدایی، رتبه محاسبه شده و بهترین تیمار آزمایشی از نظر مجموع ویژگی‌های نوری و مقاومتی تعیین شد (جدول ۷). نتایج حاصل از رتبه‌دهی نشان داد تیمار شاهد دارای امتیاز ۱/۵۸۲۱ بود که در بین همه تیمارها دارای امتیاز بیشتری بود. ولی از بین تیمارهای مرکب‌زدایی خنثی تیمار G و H دارای بالاترین امتیازات به‌ترتیب دارای ۳ درصد سولفیت سدیم و زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه می‌باشند. از این رو استفاده از ۳ درصد سولفیت سدیم به‌عنوان مقدار بهینه برای مرحله تیمار شیمیایی معرفی می‌شود که می‌تواند جایگزین مواد شیمیایی روش متداول مثل هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن، سیلیکات سدیم و غیره شود. زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه دارای شرایط بهتری نسبت به زمان ٤٥ دقیقه داشتند از و می‌توان از این دو زمان جهت تیمار شیمیایی مرحله خمیرسازی مجدد استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق، بررسی امکان جایگزینی مرکب‌زدایی کاغذ باطله اداری به روش خنثی به جای مرکب‌زدایی متداول قلیایی به‌منظور کاهش مشکلات به‌وجود آمده در این روش مانند تیره شدن خمیرکاغذ در محیط قلیایی و افزایش بار آلودگی پساب، افزایش هزینه‌ها و افزایش مشکلات زیست‌محیطی می‌باشد. در این تحقیق از سولفیت سدیم برای تیمار شیمیایی در مرحله خمیرسازی مجدد استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد تیمار دارای درصد سولفیت سدیم ۳ درصد و زمان‌های ۱۵ و ۳۰ دقیقه دارای شرایط بهتری نسبت به سایر تیمارها بوده است. نتایج این تیمار با تیمار شاهد قلیایی خیلی نزدیک بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش متداول باشد. هر دو تیمار دارای درجه‌روشنی نزدیک به هم و با اختلاف خیلی کمی می‌باشند و درجه روشنی نزدیک ۹٤ درصد ISO می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد مرکب‌زدایی خنثی به سبب کاهش مصرف مواد شیمیایی، صرفه‌جویی در هزینه‌های تولید و به‌دلیل اثرات کمتر زیست‌محیطی می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای مرکب‌زدایی قلیایی متداول مطرح باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Abolghaseme, H., Manzorolajdad, M., and Shafarody, A. 2007. Optimization of Pulping Operating Condition on Deinking Yield from ONP by Flotation Method. Iran, Journal of chemistry Engineering, 31: 6. 28-41. (In Persian)
2. Aryaie monfared, M.H., Resalati, H., Ghasemian, and Marandi, M. 2010. Effect of Medium pH Variations on Enzymatic Deinking Efficiency of Office Waste Papers with Cellulase from *Aspergillus niger*. Journal of wood and forest science and technology, 17: 1. 17-32. (In persian)
3. Aryaie Monfared, M.H., Resalati, H., and Ghasemian, Ali. 2012, Enzymatic Deinking of Office Waste Papers in the Comparison with Conventional Chemical Method: part 1- appearance and optical properties of paper, Journal of wood and forest science and technology, 18: 4. 59-76. (In persian)
4. Ghasemian, A., and Khalili, A. 2011. Fundamentals and Procedures of Paper Recycling. Aeij, Press, Tehran. 169p. (In persian)
5. Ghasemian, A., and Akbarpoor, I. 2011. Strategy of paper recycling and its position in the Supply of Raw Material in the Pulp and Paper Industries of Iran. The 1st National Conference on Iranian Road Map at 1404 for Supplying Raw Material and Development of Wood and Paper Industries. IRAN, Gorgan, 22-23 Nov.
6. Hannuksela, T., and Rosencrance, S. 2008. Deinking chemistry. Kemira chemicals Inc. 2p.
7. Lapierre, L., Bouchard, J., Dorris, G., Pembroke, C., Allen, J., and Hill, G. 2004. Mill trials on near-neutral sulphite deinking. Part I. Pulp and Paper Canada, 105: 2. 42-46.
8. Latibari, A.J., Khosravani, A., and Rahmaninia, M. 2007. Technology of Paper Recycling. Aeeizh, Press. 540p. (In persian)
9. Morrow, H., Horacek, B., Hale, K., and Rosencrance, S. 2005. True Neutral Deinking. *Paper age Journal*. Sep/Oct. 34-35.
10. Nicodimos, E., and Haynes, R.D. 2011. Introduction of Sodium Sulfite Free Neutral Deinking. TAPPI Peers Conference. Pp: 67-71.
11. Rosencrance, S., Horacek, B., and Hale, K. 2005. A unique new ONP/OMG true neutral deinking technology". Paptac annual meeting, Montreal, Canada. 211–214.
12. Scott, W.A. 1989. Properties of paper: an introduction, Translated by Afra, E., Aeeizh Press, Tehran. 338p.
13. Vahlroos, S., Korkko, M., Rosencrance, S., and Ninimaki, J. 2007. “Comparison of DIP bleachability between traditional soap and reduced alkaline chemistries”, proceeding from 8th Research Forum on Recycling, Niagara Falls, Ontario, Canada. 292-301.
14. Zhang, Xiao Lin., Wang, Ru Min. 2011. OMG Neutral Deinking Technical Conditions and Mechanism. Advanced Materials Research. 236–238: 1351-1354.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (4), 2016
http://jwfst.gau.ac.ir

Investigation on Optical and Mechanical Properties of MOW Deinked Pulp by Neutral Deinking

S.M. Miri[1], A. Ghasemian[2] and *M.H. Aryaie Monfared[3]
[1]M.Sc. Graduated, of Pulp and Paper Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
[2]Associate Prof., of Pulp and Paper Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., of Pulp and Paper Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 07/24/2015 ; Accepted: 12/22/2015

Abstract

Literature and purpose: conventional alkaline deinking has some limitations such as yellowing mechanical fibers in alkali environment (alkaline darkening), low yield due to the dissolution of most of the material in the presence of chemicals, increasing costs and water effluent result from chemicals such as sodium hydroxide and sodium silicate. These limitations caused trends to reduce the pH of repulping to a neutral level, which is known as neutral deinking. This study was done to investigate the possibility of using neutral deinking as an alternative for alkaline conventional deinking of mixed office waste papers, to reduce the problems like alkaline darkening and waste waters pollution load.

Materials and methods: Mixed office waste papers was treated using sodium sulfite at three levels of 1, 2 and 3 percent (base on oven dry weight of pulp) at treatment times of 15, 30 and 45 min. The physical, mechanical and optical properties of deinked pulp were measured according to standard TAPPI test methods.

Results: The results of the Scoring equation shown that treatments A, B, C, D, E, F, G, H and I, have scores of 1.5095, 1.4517, 1.4735, 1.407, 1.4875, 1.4843, 1.5416, 1.5266 and 1.4963 respectively, And blank treatment with 5821/1score among all treatments was rated higher. But among neutral deinking treatments, G and H are the highest ratings. Which has 3% sodium sulfite and time are 15 and 30 minutes respectively. So, the use of 3% sodium sulfite as the optimal value for the chemical treatment that can replace for chemicals in conventional methods, such as

*Correspound author: Hadiaryaie@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

sodium hydroxide, hydrogen peroxide, sodium, etc. Times 15 and 30 had a better condition than 45 minutes; it can be used as chemical treatment time in the re-pulping stage.
Conclusion: The results showed that treatment with 3% sodium sulfite for 15 and 30 min had better results than other treatments. Furthermore, scoring method indicated that treatment by 3% sodium sulfite for 30 min which used for deinking of MOW pulp had higher score compared with other treatments and also conventional alkaline deinking treatment. In other words, it has the best results in both optical and mechanical properties. The results of optical and mechanical investigations of this treatment were close to the conventional alkali treatment and can be the suitable alternative for conventional method.

Keywords: Waste paper, Recycling, Conventional alkaline deinking, Neutral deinking

www.SID.ir