فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۹، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۴۲۱-۴۱۱، (۱۳۹۳)

تأثیر سطوح مختلف دی‌تیونیت سدیم و زمان رنگ‌بری بر ویژگی‌های نوری، مکانیکی و COD مخلوط خمیرکاغذهای بازیافتی روزنامه و مجله باطله رنگ‌بری شده

حمیدرضا مهری ایرائی[۱]، علی قاسمیان[۲]، حسین رسالتی[۳]، احمدرضا سرائیان[۲] و ایمان اکبرپور[۴*]

۱- کارشناس ارشد، صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار، تکنولوژی خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استاد تکنولوژی خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
پست‌الکترونیک: iman_akbarpour@yahoo.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده روزنامه و مجله باطله با دی‌تیونیت سدیم انجام گردید. رنگ‌بری خمیرکاغذ با استفاده از ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد دی‌تیونیت سدیم و زمان‌های مختلف ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه انجام شد. خمیرکاغذهای حاصل تا درجه روانی CSF ۳۰۰ پالایش شده و از آنها کاغذ دست‌ساز استاندارد (g/m^2) ساخته شد. ویژگی‌های نوری، مکانیکی و COD پساب رنگ‌بری، مطابق با استانداردهای TAPPI اندازه‌گیری شدند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که درجه روشنی خمیرکاغذ با افزایش درصد مصرف دی‌تیونیت سدیم و زمان رنگ‌بری افزایش معنی‌داری یافت (حداکثر مقدار ۶۱/۱۲ درصد ایزو). با افزایش درصد ماده رنگ‌بر، ویژگی‌های مکانیکی و COD پساب افزایش یافته و حجیمی و ماتی کاغذ کاهش یافت، اما این تغییرات به‌لحاظ آماری معنی‌دار نبودند. همچنین افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ دقیقه منجر به بهبود معنی‌دار شاخص مقاومت به کشش (۲۶/۲Nm/g)، شاخص مقاومت به ترکیدن (۱/۸۷ $kPa.m^2/g$) و شاخص مقاومت به پاره شدن (۷/۰۳ mNm^2/g) و کاهش ماتی (تا ۹۵/۶ درصد ایزو) کاغذهای حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: کاغذ روزنامه باطله، کاغذ مجله باطله، مرکب‌زدایی، رنگ‌بری، دی‌تیونیت سدیم.

مقدمه

امروزه با توجه به کاهش شدید سطح جنگل‌های قابل بهره‌برداری در کشور، بازیافت و استفاده مجدد از کاغذهای باطله می‌تواند بخش عمده‌ای از مشکلات مربوط به تأمین ماده اولیه صنایع خمیرکاغذ را برطرف سازد (Ghasemian *et al.*, 2004؛ Akbarpour, 2009؛ Akbarpour *et al.*, 2010؛ Ghasemian and Khalili, 2012). کاغذهای روزنامه و مجله باطله قسمت عمده‌ای از کاغذهای چاپ شده باطله در کشور را تشکیل می‌دهند (Akbarpour *et al.*, 2010 ؛ Latibari *et al.*, 2007؛ Akbarpour *et al.*, 2011). از آن‌جا که این کاغذها چاپ شده و حاوی مرکب هستند، برای استفاده مجدد باید آنها را مرکب‌زدایی[1] کرد. درجه روشنی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده حاصل از این کاغذها معمولاً کمتر از درجه روشنی روزنامه بوده و نیاز به رنگ‌بری در آنها احساس می‌شود. ماده اولیه برای تولید کاغذ روزنامه و مجله، خمیرکاغذ مکانیکی بوده و رنگ‌بری آنها از نوع رنگ‌بری با حفظ لیگنین[2] و نوع واکنش

1- Deinking
2- Lignin-preserving bleaching

Archive of SID
www.SID.ir

آنها با لیگنین به صورت اکسایشی و یا کاهشی می‌باشد (Latibari et al., 2007؛ Mirshokrai, 2001؛ Bajpai, 2006؛ Suess, 2010 ؛ Sixta, 2006). دی‌تیونیت سدیم یکی از متداول‌ترین ماده رنگ‌بر برای رنگ‌بری خمیرکاغذ مکانیکی و همچنین خمیرکاغذ بازیافتی می‌باشد (Gullichsen and Hanna, 1999 ؛ Mirshokrai, 2001 ؛ Bajpai, 2005). یون‌های بی‌سولفیت (HSO_3^-) و رادیکال آنیون دی‌اکسید گوگرد ($SO_2^{\cdot-}$)، در فرایند رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم به‌عنوان عوامل فعال رنگ‌بری بوده و تحت pH تقریباً خنثی (۵/۵–۶/۵) و طبق رابطه‌های ۱ و ۲ از هیدرولیز یون دی‌تیونیت ایجاد می‌شوند (Helio and Perdo, 2012)

رابطه ۱ $S_2O_4^{2-} \rightarrow 2SO_2^{\cdot-}$

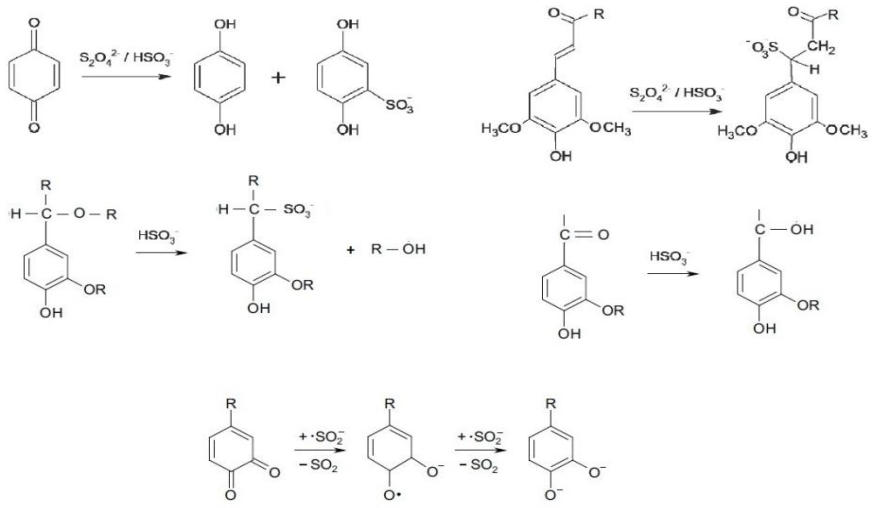
رابطه ۲ $S_2O_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow 2HSO_3^- + 2H^+ + 2e^-$

همچنین رادیکال‌های آنیون دی‌اکسید گوگرد موجود در محیط رنگ‌بری می‌توانند با هم واکنش دهند و در نتیجه آن دی‌اکسید گوگرد و آنیون تولید می‌شود (رابطه۳). دی‌اکسید گوگرد نیز بعد با آب واکنش می‌دهد که نتیجه آن تولید یون بی‌سولفیت است (رابطه۴).

رابطه ۳ $2SO_2^{\cdot-} \rightarrow SO_2 + SO_2^{2-}$

رابطه ۴ $SO_2 \rightarrow H_2O + HSO_3^- + H^+$

این یون‌ها با حمله به گروه‌های رنگ‌ساز و تغییر آنها به گروه‌های بی‌رنگ و آب‌دوست، سبب افزایش درجه روشنی و آب‌دوستی خمیرکاغذ می‌شوند. در شکل ۱ تغییر شکل گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده در رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم نشان داده شده است (Gullichsen and Hanna, 1999 ؛ Bajpai, 2005 ؛ Helio and Pedro, 2012).



شکل ۱– تغییر گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین خمیرکاغذ به گروه‌های بی‌رنگ در رنگ‌بری با دی‌تیونیت

(Helio and Pedro, 2012 ؛ Suess, 2010 ؛ Sixta, 2006 ؛ Bajpai, 2005؛ Gullichsen and Hanna, 1999)

نتایج بررسی ویژگی‌های نوری و مکانیکی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده مخلوط کاغذهای روزنامه و مجله باطله در مقایسه با خمیرکاغذ CMP داخلی بیانگر آن بوده که درجه روشنی خمیرکاغذ CMP بیشتر از خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده است (Ghasemian *et al.*, 2004). همچنین تأثیر رنگ‌بری یک‌مرحله‌ای با فرامیدین سولفینیک اسید (FAS)، دی‌تیونیت سدیم (Y) و پروکسید

www.SID.ir

هیدروژن (P) و رنگ‌بری دو مرحله‌ای با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم (PY) بر ویژگی‌های نوری مخلوط خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده روزنامه و مجله حکایت از آن دارد که خمیرکاغذهای حاصل از رنگ‌بری با P و PY از درجه روشنی بیشتری برخوردار بوده اما درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از Y و FAS نیز برای تولید روزنامه کافی است (Joachimides and Hache, 1999).

نتایج رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده کاغذ روزنامه باطله کشور کانادا با استفاده از دی‌تیونیت سدیم و پروکسید هیدروژن نشان داد که درجه روشنی خمیرکاغذ حاصل از رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم تا سطح مصرف ۱ درصد ماده رنگ‌بر، تقریباً معادل با پراکسید هیدروژن بوده اما با افزایش درصد مصرف ماده رنگ‌بر، درجه روشنی خمیرکاغذ حاصل از رنگبری با پروکسید هیدروژن بیشتر است. همچنین ویژگی‌های کلی خمیرکاغذ حاصل از رنگ‌بری با پروکسید هیدروژن بهتر از رنگ‌بری با دی-تیونیت سدیم گزارش شده است.

بررسی تأثیر رنگ‌بری یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای خمیرکاغذ TMP کاج بالزام با FAS، بوروهیدرید سدیم، دی‌تیونیت سدیم (Y) و پروکسید هیدروژن (P) نشان داد که درجه روشنی خمیرکاغذ حاصل از رنگ‌بری با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم در مقایسه با سایر تیمارهای رنگ‌بری یک مرحله‌ای، تقریباً بیشتر بوده است. همچنین نتایج تحقیقات بیانگر آن بوده که در بین رنگ‌بری‌های دو مرحله‌ای انجام شده، درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهایی که مرحله اول آن با پروکسید هیدروژن انجام شده است، از تیمارهای دیگر بیشتر بوده و تقریباً معادل هم می-باشند (Daneault and Leduc, 1995).

بررسی‌های به‌عمل آمده از مطالعه تخریب کاهشی گروه-های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین باقی‌مانده در خمیرکاغذ در اثر رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم نشان داد که این ماده رنگ‌بر با کاهش و ایجاد گروه‌های هیدروکسیل و سولفیت در ساختار لیگنین خمیرکاغذ، سبب تغییر و تا حدودی تخریب ساختار گروه‌های رنگ‌ساز موکونیک اسید، گروه‌های کربنی با پیوند مزدوج، سیناپیک اسید و تبدیل گروه‌های کینونی به گروه‌های بی‌رنگ می‌شود (Helio and Perdo, 2012).

در این تحقیق، استفاده از دی‌تیونیت سدیم در رنگ‌بری مخلوط خمیرکاغذهای روزنامه و مجله باطله بررسی گردید؛ و تأثیر سطوح مختلف دی‌تیونیت سدیم و همچنین زمان‌های مختلف رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم بر ویژگی‌های نوری، مکانیکی و بار آلودگی پساب خمیرکاغذهای حاصل ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: کاغذهای باطله مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاغذهای روزنامه و مجله باطله تازه چاپ شده بوده که به‌ترتیب با نسبت ۳۰ به ۷۰ درصد مورد استفاده قرار گرفتند. این کاغذها از مراکز و دفاتر فروش کاغذ باطله در گرگان تهیه شدند.

تهیه خمیرکاغذ بازیافتی و مرکب‌زدایی آنها

مرکب‌زدایی مخلوط خمیرکاغذهای بازیافتی با استفاده از روش شناورسازی انجام شد. برای انجام این کار مخلوط خمیرکاغذ بازیافتی با درصد خشکی ۵ درصد به مدت یک ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا الیاف کاغذ کمی نرم شوند. سپس نمونه‌های خمیرکاغذ به همراه ۰/۲ درصد پلی سوربات ۸۰ (براساس وزن خشک خمیرکاغذ)، در داخل دستگاه پراکنده‌ساز (ساخت شرکت PTS موجود در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) قرار گرفته و تحت ۲۵۰۰۰ دور الیاف آن جدا شد. پس از تنظیم درصد خشکی به ۸ درصد، هر یک از نمونه‌ها به حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و طی مدت زمان ۲۰ دقیقه با هیدروکسید سدیم (۱٪)، پروکسید هیدروژن (۱٪)، سیلیکات سدیم (۲٪) و DTPA (۰/۳٪) تیمار شیمیایی (مرکب‌زدایی شیمیایی) شدند. پس از انجام تیمار شیمیایی و آب‌گیری خمیرکاغذ بر روی الک با مش ۲۰۰، درصد خشکی خمیرکاغذ به ۰/۵ درصد تنظیم و فرایند شناورسازی در داخل سلول شناورسازی (با ظرفیت ۲۰ لیتر) برای جداسازی ذرات مرکب و سایر آلاینده‌های باقی‌مانده همراه با افزودن ۰/۳۳ درصد کلرید کلسیم در شرایط مدت زمان: ۲۰ دقیقه، سرعت جریان هوا: حدود ۶ لیتر بر دقیقه و محدوده pH ۸–۹ انجام شد (شکل ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲- سلول شناورسازی آزمایشگاهی برای جداسازی ذرات مرکب

رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده با دی‌تیونیت سدیم

رنگ‌بری خمیرکاغذهای مرکب‌زدایی شده با استفاده از دی‌تیونیت سدیم در سطوح مختلف ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد و زمان‌های مختلف ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه انجام شد. عوامل متغیر این تحقیق شامل میزان مصرف دی‌تیونیت سدیم و زمان رنگ‌بری است. سایر شرایط رنگ‌بری شامل درصد خشکی (۴ درصد)، دما (۷۰ °C)، pH اولیه (۶-۵/۵) و DTPA[1] (۰/۳ درصد) به‌عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند. لازم به یادآوری است که یون‌های فلزی سنگین مثل آهن و مس تأثیر منفی بر کارآیی رنگ‌بری با دی‌تیونیت دارند، بنابراین استفاده از عوامل کی‌لیت‌ساز مانند DTPA و EDTA[2] در فرایند رنگ‌بری می‌تواند تأثیر مطلوب بر کارآیی رنگ‌بری داشته باشد (Auhorn and Melzer, 1981 ؛ Bajpai, 2005). البته عوامل کی‌لیت‌ساز اغلب به‌صورت مخلوط با دی تیونیت سدیم مصرف می‌شوند (Bajpai, 2005).

در ادامه خمیرکاغذ به‌وسیله آب مقطر شست‌وشو داده شده و طبق استاندارد T۲۴۸ sp-۰۰ تا درجه روانی حدود CSF ۳۰۰ پالایش و از آنها ورقه دست‌ساز (وزن پایه ۶۰ گرمی) ساخته شد. پساب حاصل از شستشو نیز به‌منظور اندازه‌گیری مقدار بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب (COD)[3] (پس از صاف نمودن روی الک با مش ۳۰۰)، در قوطی پلاستیکی قرار داده و فریز شدند.

1- Diethylenetriamine pentaacetic acid
2- Ethylenediaminetetraacetic acid
3- Chemical Oxygen Demand

اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی کاغذ

الف) تعیین ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای ساخته شده طبق دستورالعمل‌های آئین‌نامه تاپی[4] انجام شد. ویژگی‌های نوری کاغذ شامل درجه روشنی و ماتی به‌ترتیب طبق استانداردهای T۴۵۲ om-۰۲) و (T۴۲۵om-۰۱) و ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی کاغذ شامل ضخامت، مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی به‌ترتیب مطابق با استانداردهای T۴۱۱ om-۰۵، T۴۱۴ om-۰۴ و T۴۰۳ om-۰۲، T۴۰۴ om-۹۲ اندازه‌گیری شدند. همچنین COD لیکور خمیرکاغذ مطابق با دستورالعمل شماره ۶۰۶۰ آئین‌نامه ایزو[5] اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل نتایج این تحقیق از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. آزمون تجزیه واریانس نمونه‌ها با روش ANOVA و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن، توسط نرم افزار SPSS انجام شد. لازم به ذکر است که از هر یک از نمونه‌ها، ۳ تکرار در نظر گرفته شد.

نتایج

COD لیکور رنگ‌بری

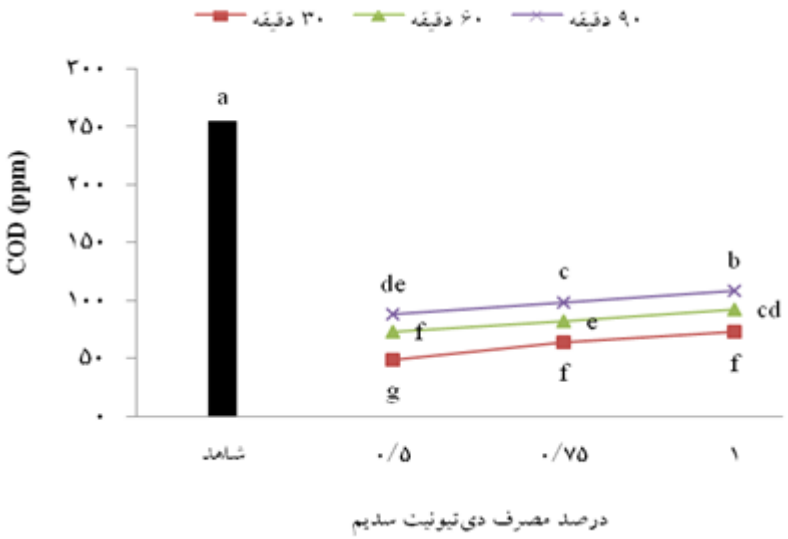
نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین بار COD حاصل از تیمارهای مختلف آزمایشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر COD اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه جداگانه قرار داده است (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود افزایش درصد ماده رنگ‌بر به‌طور معنی‌داری COD پساب را افزایش داده است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، یون‌های بی‌سولفیت (HSO_3^-) و رادیکال آنیون دی‌اکسید گوگرد ($SO_2^{\cdot-}$)، یون‌های فعال در رنگ‌بری با دی‌تیونیت سدیم می‌باشند. سازوکار واکنشی رادیکال آنیون دی‌اکسید گوگرد، تغییر ساختار گروه‌های رنگ‌ساز لیگنین و یون بی‌سولفیت تخریب و تغییر ساختار گروه‌های رنگ‌ساز است (شکل ۱). بنابراین به نظر می‌رسد با افزایش درصد مصرف دی‌تیونیت سدیم مقدار غلظت یون بی‌سولفیت و واکنش آن با لیگنین افزایش یافته و در نتیجه بار آلودگی COD یافته است.

4- Technical Association of the Pulp & Paper Industry
5- ISO

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین با افزایش زمان رنگ‌بری میزان بار آلودگی COD افزایش یافته است که دلیل محتمل آن می‌تواند طولانی‌تر شدن زمان واکنش و همچنین انحلال حرارتی لیگنین باشد (Sixta, 2006).



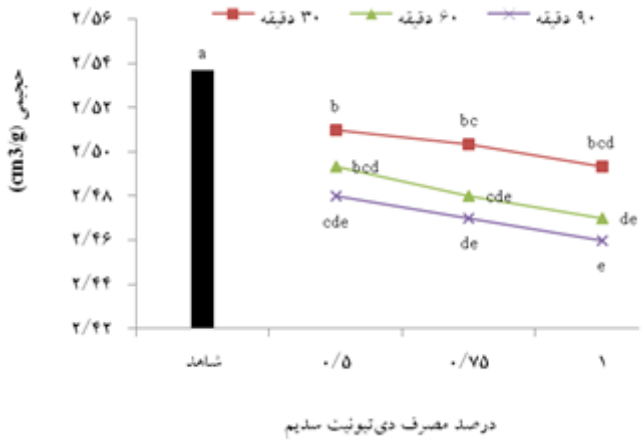
شکل ۳- مقایسه بار **COD** پساب لیکور رنگ‌بری خمیرکاغذ

حجیمی کاغذ

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین حجیمی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر حجیمی اندازه‌گیری شده را در ۵ گروه قرار داده است (شکل۴). البته حجیمی کاغذهای رنگ‌بری شده نسبت به کاغذ مرکب‌زدایی شده کاهش یافته است. تحقیقات انجام شده توسط محققان مختلف نشان داده که در طی رنگ‌بری خمیرکاغذ با دی‌تیونیت سدیم، گروه‌های آب‌دوست هیدروکسیل و سولفیت در ساختار لیگنین ایجاد شده و لیگنین خمیرکاغذ نیز در اثر واکنش با ماده رنگ‌بر و انحلال حرارتی تخریب می‌شود که در نتیجه آن آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بین الیاف افزایش می‌یابد (Helio Leduc *et al.*, 1992 and Pedro, 2012;). به نظر می‌رسد که در رنگ‌بری‌های انجام شده، آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بین الیاف افزایش یافته و این پدیده سبب کاهش حجیمی (افزایش دانسیته) کاغذهای رنگ‌بری شده نسبت به کاغذ مرکب‌زدایی شده است. البته افزایش درصد ماده رنگ‌بر تأثیر معنی‌داری بر کاهش حجیمی خمیرکاغذ نداشته است. احتمالاً مقدار گروه‌های آب‌دوست که در اثر افزایش درصد ماده رنگ‌بر و طی واکنش آن با لیگنین موجود در ساختار خمیرکاغذ ایجاد شود به مقداری نبوده که به‌طور معنی‌داری حجیمی کاغذ را کاهش دهد. همچنین نتایج به‌دست آمده از تأثیر زمان‌های مختلف رنگ‌بری حکایت از آن دارد که با افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ دقیقه، حجیمی کاغذهای حاصل از رنگ‌بری به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، دلیل آن می‌تواند به آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بهتر الیاف در اثر طولانی‌تر شدن زمان واکنش و همچنین انحلال احتمالی لیگنین در اثر حرارت باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- تغییرات حجیمی کاغذ بازیافتی در اثر تغییر شرایط فرآوری

درجه روشنی کاغذ

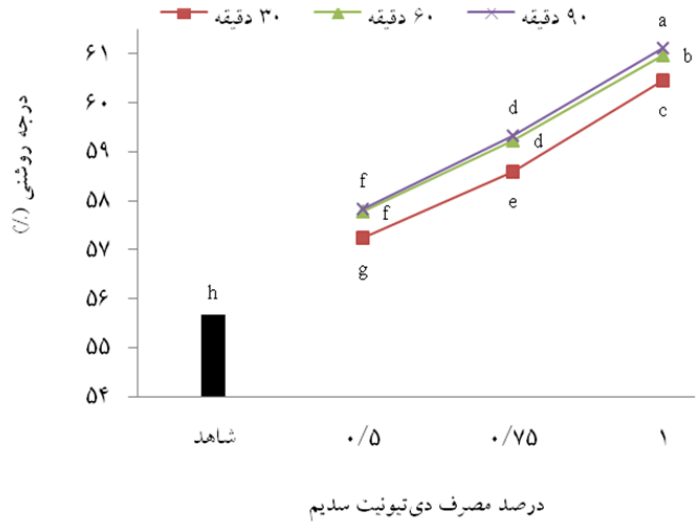
نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین درجه روشنی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشته و آزمون دانکن مقادیر درجه روشنی اندازه‌گیری شده را در ۸ گروه جداگانه قرار داده است (شکل ۵). درجه روشنی کاغذهای رنگ‌بری شده نسبت به کاغذ مرکب‌زدایی شده افزایش یافته و دلیل احتمالی آن تخریب و تغییر گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین در نتیجه واکنش یون‌های بی‌سولفیت و رادیکال آنیون دی‌اکسید گوگرد با خمیرکاغذ است (Helio Gullichsen and Hanna, 1999 and Pedro, 2012;). بیشترین درجه روشنی در کاغذها، در رنگ‌بری با مصرف ۱٪ دی‌تیونیت و مدت زمان ۹۰ دقیقه مشاهده شده و کاغذهای حاصل از رنگ‌بری با ۰/۵٪ دی‌تیونیت و مدت زمان ۳۰ دقیقه کمترین درجه روشنی را نشان دادند. نتایج بررسی تأثیر سطوح مختلف دی‌تیونیت سدیم مصرفی در رنگ‌بری بیانگر آن بوده که با افزایش درصد ماده رنگ‌بر درجه روشنی افزایش یافته است که احتمالاً دلیل آن می‌تواند افزایش تغییر و تخریب گروه‌های رنگ‌ساز لیگنین به گروه‌های بی‌رنگ در نتیجه افزایش غلظت یون‌های فعال و واکنش آن با لیگنین باشد (Daneault and Leduc, ؛Joachimides and Hache, 1991 1995 ; Bajpai, 2005). البته با افزایش زمان رنگ‌بری میزان درجه روشنی خمیرکاغذ افزایش معنی‌داری یافت است. در زمان‌های طولانی‌تر احتمالاً با افزایش میزان واکنش، تغییر و تخریب گروه‌های رنگ‌ساز لیگنین به گروه‌های بی‌رنگ بیشتر رخ داده، در نتیجه با خروج بخش عمده‌ای از این گروه‌ها از ساختار خمیرکاغذ، درجه روشنی کاغذ نهایی بهبود یافته است (Suess, 2010). همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، در رنگ‌بری با ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد دی‌تیونیت سدیم با افزایش زمان رنگ‌بری از ۶۰ به ۹۰ دقیقه تغییر معنی‌داری در درجه روشنی خمیرکاغذ دیده نشده است. در رنگ‌بری خمیرکاغذ با دی‌تیونیت سدیم، واکنش‌های رنگ‌بری و تیرگی حرارتی در رقابت با هم رخ می‌دهند (Suess, 2010). به نظر می‌رسد در تیمارهای با ۰/۵٪ و ۰/۷۵٪ دی‌تیونیت با مدت زمان ۹۰ دقیقه، میزان دی‌تیونیت سدیم باقی‌مانده در محیط واکنش تنها به اندازه‌ای بوده است که توانسته از تیرگی حرارتی خمیرکاغذ جلوگیری کند.

ماتی کاغذ

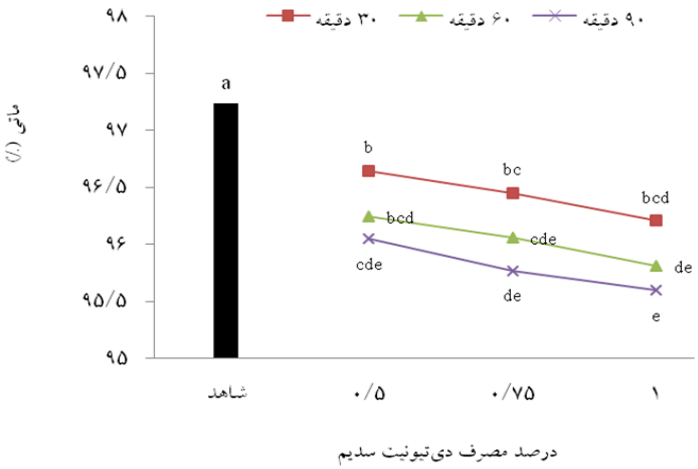
نتایج آزمون تجزیه واریانس بیانگر آن بوده که بین ماتی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری که طبق آزمون دانکن، مقادیر ماتی اندازه‌گیری شده در ۵ گروه جداگانه قرار گرفته است (شکل ۶). ماتی کاغذهای رنگ‌بری شده در مقایسه با خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده کاهش یافته و دلیل احتمالی آن کاهش تفرق و شکست نور در بین الیاف در نتیجه کاهش حجیمی است (Afra, 2003 Suess, 2010; Sixta, 2006;). با توجه به شکل ۶،

Archive of SID
www.SID.ir

افزایش درصد ماده رنگ‌بر تأثیر معنی‌داری بر ماتی نداشته است، اما با افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ دقیقه ماتی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که احتمالاً دلیل آن کاهش تفرق و شکست نور در بین الیاف در نتیجه کاهش حجیمی است. همچنین با افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ دقیقه حجیمی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است که احتمالاً دلیل آن کاهش تفرق و شکست نور در بین الیاف در نتیجه کاهش معنی‌دار در میزان حجیمی است.



شکل ۵- تغییرات درجه روشنی کاغذ بازیافتی در اثر تغییر شرایط فرآوری



شکل ۶- تغییرات ماتی کاغذ بازیافتی در اثر تغییر شرایط فرآوری

شاخص مقاومت به کشش کاغذ

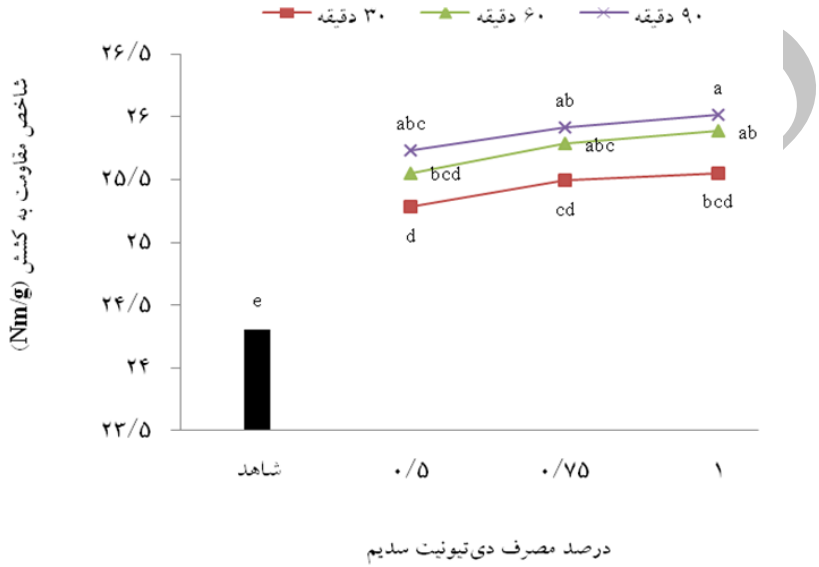
نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای آزمایشی مختلف آزمایش اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. آزمون دانکن مقادیر شاخص مقاومت به کشش اندازه‌گیری شده را در ۵ گروه قرار داده

www.SID.ir

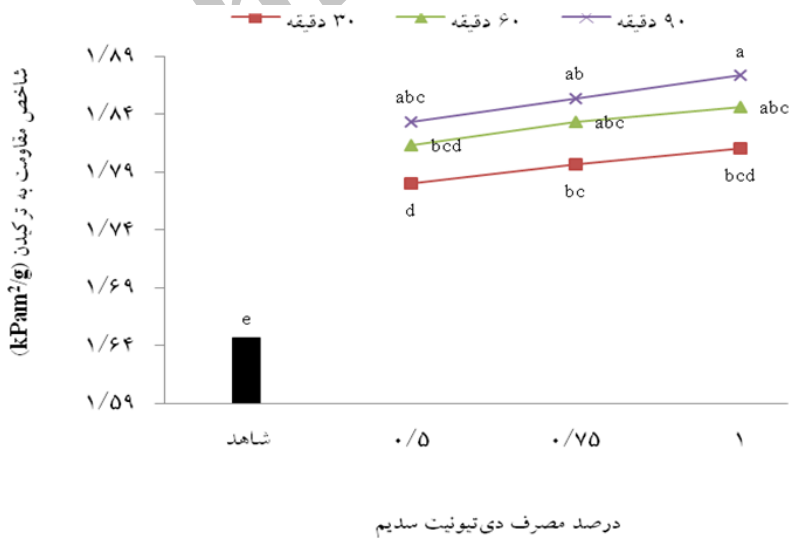
است (شکل ۷). شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای رنگ‌بری شده نسبت به خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده افزایش یافته و افزایش آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بین الیاف در نتیجه انحلال حرارتی و ایجاد گروه‌های آب‌دوست در لیگنین می‌تواند دلیل احتمالی آن باشد (Leduc *et al.*, 1992; Afra, 2003). البته افزایش درصد ماده رنگ‌بر تأثیر معنی‌داری بر افزایش شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذ نداشته اما افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ دقیقه منجر به بهبود معنی‌دار شاخص مقاومت به کشش کاغذ شده است که احتمالاً دلیل آن بهبود انعطاف‌پذیری و توسعه سطح اتصال بین الیاف در نتیجه طولانی‌تر شدن زمان واکنش و همچنین انحلال حرارتی لیگنین است.

شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ

نتایج آزمون تجزیه واریانس مقاومت به ترکیدن نیز نتایج مشابهی با شاخص مقاومت به کشش کاغذها نشان داده و با روندی مشابه با آن تغییر یافته است (شکل ۸).



شکل ۷- تغییرات شاخص مقاومت به کشش کاغذ بازیافتی در اثر تغییر شرایط فرآوری

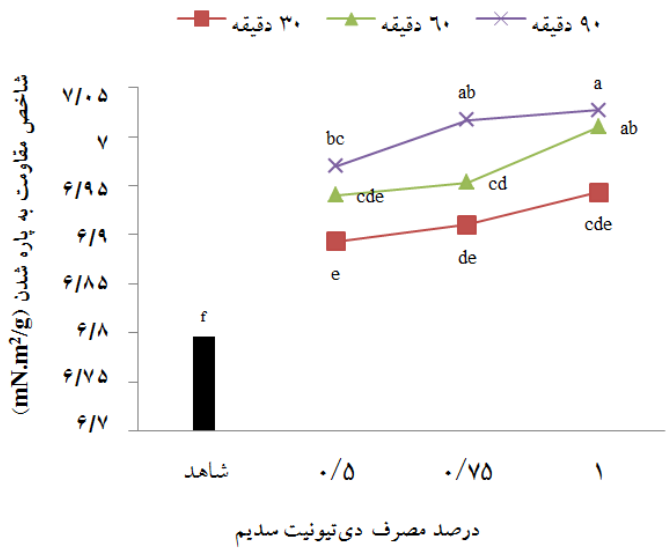


شکل ۸- تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ بازیافتی در اثر تغییر شرایط فرآوری

www.SID.ir

شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر شاخص مقاومت به پاره شدن اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه قرار داده است (شکل ۹). شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای رنگ‌بری شده نسبت به خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده افزایش یافته است که احتمالاً دلیل آن افزایش آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و اتصال بین الیاف در نتیجه انحلال حرارتی و ایجاد گروه‌های آب‌دوست در لیگنین است (Afra, Leduc *et al.*, 1992; 2003). در بین خمیرکاغذهای مختلف رنگ‌بری شده، خمیرکاغذ رنگ‌بری شده با ۱٪ دی‌تیونیت و مدت زمان ۹۰ دقیقه دارای بیشترین شاخص مقاومت به پاره شدن و خمیرکاغذ رنگ‌بری شده با ۰/۵٪ دی‌تیونیت به مدت ۳۰ دقیقه کمترین شاخص مقاومت به پاره شدن را نشان دادند. همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، افزایش درصد ماده رنگ‌بر تأثیر معنی‌داری بر شاخص مقاومت به پاره شدن نداشته ولی با افزایش زمان رنگ‌بری شاخص مقاومت به پاره شدن افزایش یافته که احتمالاً دلیل آن افزایش آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری الیاف در نتیجه طولانی‌تر شدن زمان واکنش و همچنین انحلال حرارتی لیگنین است.



شکل ۹- تغییرات شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ بازیافتی در اثر تغییر شرایط فرآوری

بحث

نتایج این پژوهش نشان داده است که رنگ‌بری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده موجب افزایش بار آلودگی پساب، درجه روشنی، شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به پاره شدن و کاهش حجیمی و ماتی خمیرکاغذ می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، درجه روشنی خمیرکاغذ با افزایش درصد ماده رنگ‌بر و زمان رنگ‌بری افزایش می‌یابد. البته افزایش درصد ماده رنگ‌بر تأثیر معنی‌داری در افزایش ویژگی‌های مکانیکی و کاهش حجیمی و ماتی خمیرکاغذ نداشته است. همچنین نتایج بررسی تأثیر افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ دقیقه حکایت از آن داشته که با افزایش زمان رنگ‌بری، شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل به‌طور معنی‌داری بهبود یافته و مقادیر حجیمی و ماتی کاغذ کمی کاهش یافتند، این در حالیست که افزایش زمان رنگ‌بری از ۳۰ به ۹۰ منجر به تغییر معنی‌دار این ویژگی‌ها شده است.

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

- Afra, E. 2003. Properties of paper. Agriculture Science Press, 392p. (In persian).
-Akbarpour, I. 2009. Enzymatic deinking of old newspaper. M.Sc., Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 121p. (In Persian).
- Akbarpour, I., and Resalati. The effect of different concentrations of Cellulase enzyme on optical and physical properties of ONP deinked pulp 2011. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 2(1): 1-15 (In Persian).
-Akbarpour, I., Resalati., and Saraeian, A.R. 2010. Investigation on the deinkability of Old newspaper. J. of Wood & Forest Science and Technology, 17(2): 73-87. (In Persian).
- Bajpai, P. 2005. Environmentally benign approaches for pulp bleaching. Thapar Center for Industrial Research Development Patiala, India, 289p.
- Daneault, C., Leduc, C. 1995. Bleaching efficiency of formamidine sulfinic acid (FAS) in comparison to hydrosulfite, borohydride, and peroxide in one and two stages. Tappi Journal, 78 (7): 97-106.
- Ghasemian, A., and Khalili, A. 2012. Fundamentals and Procedures of Paper Recycling, Aeij Press, Tehran, 184p. (In Persian)
- Ghasemian, A., Resalati, H., and Pinder, K. (2004). Deinking of ONP and OMG, Part 1: Comparison of properties of ONP and OMG deinked compared to local CMP pulp. Iranian Journal of Natural Resources, 57(3): 537-550.
- Gullichsen, J., Hanna, P .2000. Recycle fiber and deinking. Book 7, Papermaking Science and Technology, Fapet Oy, Helsinki, Findland, 427p.
- Helio, J.M., and Pedro, E.G. 2012. Reductive degradation of residual chromospheres in kraft pulp with sodium dithionite. Tappi J., 11(3): 59-67.
- Latibari, A., Khosravani, A., and Rahmaninia, M. 2007. Technology of paper recycling, Aeij Press, Tehran, 540p. (In Persian).
- Joachimides, T., and Hache, M. 1991. Bleaching deinking pulp. Tappi J., 211-216.
- Leduc, C., Pelletier, C., Marchildon and Daneault, C. 1992. Bleaching of the deinked pulp from newsprint. Tappi Proceeding Conf.,249-254.
- Melzer, J., Auhorn, W., 1981. Optimisation du Processus de Blanchiment de la Pate Mecaniquepar l'emploi de Sequestrants. In: BASF International Symposium, Ludwigshafen, 19 p.
- Mirshokrai, A. 2001. Guide to waste paper. Tehran Aiezh Press. 2nd Edition., 140p. (In Persian)
- Sixta, H. 2006. Handbook of Pulp, Volume 1, 1352p.
- Suess, H.U. 2010. Pulp bleaching today, 227-276.

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of different charges of sodium dithionite and bleaching times on the optical and mechanical properties and COD of bleached recycled mixed ONP and OMG pulps

H.R. Mehri Iraie[1], A. Ghasemian[2], H. Resalati[3], A.R. Saraeyan[2] and I. Akbarpour[4*]

1- M.Sc. Graduate of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Gorgan, Iran
2- Associate Professor of Pulp and Paper Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, GUASNR, Gorgan, Iran
3- Professor of Pulp and Paper Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
4*- Corresponding Author, Ph.D Candidate of Pulp and Paper Industries, Faculty of Wood and Paper Engineering, GUASNR, Gorgan, Iran, Email:iman_akbarpour@yahoo.com

Received: Nov., 2013 Accepted: May, 2014

Abstract

This research was conducted to investigate the bleaching of combined old newspapers (ONP) and old magazines (OMG) deinked pulp using sodium dithionite. The pulp was bleached using 0.5, 0.75, and 1% sodium dithionite and different times of 30, 60 and 90 minutes. The pulps were then refined to 300 ml, CSF freeness and standard handsheets were made from the refined pulps. The optical and mechanical properties of handsheets and the COD of bleaching effluent were measured according to TAPPI standard test methods. The results showed that the brightness of paper was increased significantly with increase in time and sodium dithionite charge. When the charge of bleaching agent increased, the mechanical properties of handsheets and COD load of bleaching effluent were increased and paper bulk and opacity decreased but these changes were not statistically significant. Increasing the bleaching time from 30 to 90 minutes resulted in a significant improvement in tensile, burst and tear indices but the opacity of paper was reduced.

Key Words: Old newspaper, Old magazine, Deinking, Bleaching, Sodium dithionite.

Archive of SID

www.SID.ir