



دانشگاه گیلان، منابع طبیعی گیلان

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

رنگبری دو مرحله‌ای خمیر کاغذ مرکب‌زدایی شده با دی‌تیونیت سدیم و پروکسید هیدروژن

حمیدرضا مهری ایرانی^۱، علی قاسمیان^۲، حسین رسالتی^۳، *محمد‌هادی آریائی منفرد^۴

و احمد رضا سرانیان^۲

^۱ دانشجوی مقطع دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ آستاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ^۴ استادیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: استفاده بهینه از کاغذهای باطله و بهبود کیفیت آن‌ها همواره یکی از اهداف در صنایع خمیر و کاغذ بوده است. این تحقیق با هدف بررسی کیفیت خمیر مخلوط کاغذهای روزنامه و مجله بازیافتی مرکب‌زدایی شده، پس از رنگبری دو مرحله‌ای با دی‌تیونیت سدیم (Y) و پروکسید هیدروژن (P) انجام گردید.

مواد و روش‌ها: رنگبری مرحله اول با استفاده از ۱ درصد پروکسید هیدروژن و رنگبری مرحله دوم با استفاده از ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد دی‌تیونیت و پروکسید هیدروژن در زمان‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش درصد مصرف پروکسید هیدروژن در مرحله دوم توالی رنگبری PP، میزان کاهش حجیمی، ماتی و افزایش میزان ویژگی‌های مقاومتی معنی‌دار نبوده ولی افزایش در میزان درجه روشنی و بار COD پساب معنی‌دار می‌باشد. همچنین افزایش زمان رنگبری در مرحله دوم توالی پراکسید هیدروژن-پراکسید هیدروژن (PP) سبب کاهش معنی‌دار در حجیمی و ماتی و

*مسئول مکاتبه: hadiaryae@gmail.com

افزایش بار COD پساب، درجه روشنی و ویژگی‌های مقاومتی شده است. با افزایش زمان رنگبری در مرحله دوم توالی رنگبری پروکسید هیدروژن-دی‌تیونیت سدیم (PY)، میزان کاهش حجیمی و ماتی و افزایش میزان ویژگی‌های مقاومتی و درجه روشنی معنی‌دار نبوده، اما با افزایش درصد ماده رنگبر، تنها افزایش میزان درجه روشنی معنی‌دار بوده است. همچنین با توجه به نتایج، با افزایش درصد ماده رنگبر در مرحله دوم توالی رنگبری پروکسید هیدروژن-دی‌تیونیت سدیم (PY) میزان افزایش بار COD پساب معنی‌دار نبوده ولی با افزایش زمان رنگبری در مرحله دوم این توالی، میزان افزایش بار COD پساب معنی‌دار بوده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، مقدار COD پساب، درجه روشنی و ویژگی‌های مقاومتی توالی‌های PP بیشتر از PY بوده در حالی که میزان حجیمی و ماتی آن کمتر از توالی PY می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده، رنگبری دو مرحله‌ای، پروکسید هیدروژن، دی‌تیونیت سدیم، اکسیژن خواهی شیمیایی

مقدمه

امروزه به دلیل کاهش روزافزون منابع جنگلی در سطح دنیا و افزایش فشارهای زیست‌محیطی، استفاده از الیاف بازیافتی به بخش ثابتی از ماده اولیه برای تولید محصولات تبدیل شده است (۵ و ۱۱). کاغذ روزنامه و مجله باطله قسمت عمده‌ای از کاغذهای باطله کشور را تشکیل می‌دهد که می‌توان با بازیافت آن علاوه بر جلوگیری از ورود حجم قابل ملاحظه‌ای از ضایعات دفعی به محیط‌زیست، قسمت عمده‌ای از ماده اولیه موردنیاز برای تولید را تأمین نمود (۲، ۹، ۱۵ و ۱۹). درجه روشنی خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده حاصل از این نوع کاغذها عموماً کمتر از درجه روشنی موردنیاز برای کاغذ چاپ و تحریر بوده و نیاز به رنگبری دارند. ماده اولیه برای تولید کاغذ روزنامه و مجله خمیرکاغذ مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی بوده و برای رنگبری آنها از عوامل رنگبر با حفظ لیگنین^۱ استفاده می‌شود. متداول‌ترین عوامل رنگبر مورد استفاده برای رنگبری خمیرکاغذهای مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم می‌باشد که با توجه به درجه روشنی مورد نیاز، در یک یا دو مرحله تحت رنگبری قرار می‌گیرند (۶، ۳ و ۱۲). یون فعال رنگبر در رنگبری پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم به ترتیب یون پرهیدروکسیل (HOO^-)، و یون‌های بی‌سولفیت

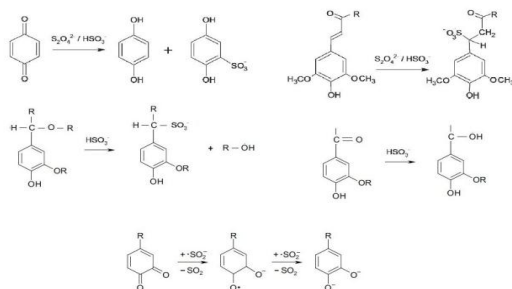
(HSO_3^-) و رادیکال دی‌اکسید گوگرد (SO_2^-) بوده (جدول ۱) که به ترتیب با اکسایش و تخریب، و کاهش و تغییر گروه‌های رنگبر موجود در ساختار لیگنین به گروه‌های بی‌رنگ (شکل ۱)، درجه روشنی خمیر کاغذ را افزایش می‌دهند (۶، ۱۲، ۱۴ و ۲۰).

جدول ۱- واکنش‌های شیمیایی در رنگبری با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم (۶ و ۱۲).

واکنش‌های شیمیایی در رنگبری با دی‌تیونیت سدیم (Chemical reactions in the sodium Dithionite bleaching)	واکنش‌های شیمیایی در رنگبری با پروکسید هیدروژن (Chemical reactions in the Hydrogen Peroxide bleaching)
$\text{S}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_2^-$	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{HOO}^- + \text{H}_2\text{O}$
$\text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HSO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HOO}^- \rightarrow \text{HO}^\bullet + \text{O}_2^\bullet + \text{H}_2\text{O}$
$\text{SO}_2^- + 2\text{SO}_2^- \rightarrow \text{SO}_2^{2+}$	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{M}^{+2} \leftrightarrow \text{M}^{+3} + \text{OH}^- + \text{OH}^\bullet$
$\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HSO}_3^- + \text{H}^+$	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{M}^{+3} \leftrightarrow \text{M}^{+2} + \text{H}^+ + \text{OOH}^\bullet$
	$\text{OOH}^\bullet \leftrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}^\bullet$
	$\text{OOH}^\bullet + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{O}_2^\bullet + \text{H}_3\text{O}^+$

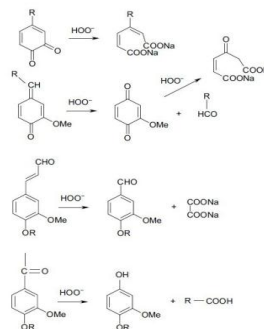
کاهش و تغییر گروه‌های رنگساز لیگنین در رنگبری با دی‌تیونیت سدیم

Reduction and change of lignin chromophore groups in the sodium Dithionite bleaching



اکسایش و تخریب گروه‌های رنگساز لیگنین در رنگبری با پروکسید هیدروژن

Oxidation and degradation of lignin chromophore groups in the Hydrogen Peroxide bleaching



شکل ۱- تخریب و تغییر گروه‌های رنگساز لیگنین به ساختارهای بی‌رنگ، در رنگبری با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم (۶، ۱۲، ۱۴ و ۲۰).

Figure 1. Change and degradation of lignin chromophore groups to unchromophore structure, in the the Hydrogen Peroxide and Sodium Dithionite bleaching (6, 12, 14 and 20).

خمیرکاغذهای مرکب‌زدایی شده دارای طیف وسیعی بوده و برای ساخت کاغذ روزنامه با درجات پایین، خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده را با یک مرحله و برای ساخت کاغذ روزنامه با درجات بالا، خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده را با استفاده از پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم در دو مرحله رنگبری می‌کنند (۶). مطالعات انجام شده نشان داده است که خواص نوری و مکانیکی مخلوط کاغذهای باطله رنگبری شده با پروکسید هیدروژن در مقایسه با رنگبری جداگانه آن‌ها بهتر بوده و دلیلی برای دسته‌بندی و رنگبری جداگانه هر یک از انواع کاغذ باطله وجود ندارد (۶ و ۲۰). رنگبری مخلوط خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده روزنامه و مجله با استفاده از رنگبری یک‌مرحله‌ای با فرمامیدین سولفینیک اسید (FAS)، دی‌تیونیت سدیم (Y) و پروکسید هیدروژن (P)، و رنگبری دو مرحله‌ای با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم (PY) نشان داده است که خمیرکاغذهای حاصل از رنگبری با P و PY از درجه روشنی بیشتری برخوردار هستند، اما درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از Y و FAS برای تولید روزنامه مناسب گزارش شده است (۱۶). رنگبری یک مرحله‌ای (P) و دو مرحله‌ای (PP و PY) خمیرکاغذ CTMP^۱ کاج بالزام^۲ با دی‌تیونیت سدیم (Y) و پروکسید هیدروژن (P) نشان داده است که درجه روشنی خمیرکاغذ رنگبری شده با فرآیند دو مرحله‌ای بیشتر از یک مرحله‌ای بود و درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از PY تقریباً معادل با PP بوده است. تحقیقات انجام شده همچنین بیانگر این موضوع بوده‌اند که هزینه رنگبری توسط رنگبری دو مرحله‌ای با PY کمتر از PP می‌باشد (۸). دانیالت و لداک^۳ (۱۹۹۵)، تأثیر رنگبری یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای خمیرکاغذ TMP کاج بالزام با فرمامیدین سولفینیک اسید (FAS)، بوروهیدرید سدیم، دی‌تیونیت سدیم (Y) و پروکسید هیدروژن (P) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که درجه روشنی خمیرکاغذ رنگبری شده با ۱ درصد پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم در مقایسه با دیگر تیمارهای رنگبری یک مرحله‌ای، از درجه روشنی بیشتری برخوردار بوده‌اند. همچنین 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 گزارش شده است (۷).

1- ChemithermomechanicalPulp

2- Abiesbalsamea

3- Daneault and Leduc

هدف از انجام این تحقیق بررسی مقایسه‌ای تأثیر سطوح مختلف مصرف پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم و همچنین زمان رنگبری در مرحله دوم توالی‌های رنگبری، بر مشخصات فنی خمیرکاغذهای مخلوط روزنامه و مجله مرکب‌زدایی شده (پس از شناورسازی)، میزان پروکسید باقی‌مانده و میزان بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) پساب رنگبری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه کاغذ بازیافتی و تیمار شیمیایی: کاغذهای باطله مورد استفاده در این تحقیق، کاغذهای روزنامه و مجله باطله تازه چاپ شده به‌ترتیب با نسبت ۳۰ و ۷۰ درصد بود. خمیرکاغذ بازیافتی هر کدام به‌طور جداگانه با درصد خشکی ۵ درصد تهیه شده و به مدت یک ساعت داخل حمام آب گرم با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (۴). سپس نمونه‌های خمیرکاغذ به همراه ۰/۲ درصد پلی‌سوربات ۸۰ براساس وزن خشک خمیرکاغذ (۲، ۳ و ۴)، در داخل دستگاه پراکنده‌ساز (ساخت شرکت PTI در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) با ۲۵۰۰۰ دور به خمیرکاغذ تبدیل شدند. با تنظیم درصد خشکی خمیرکاغذ به ۸ درصد، هر یک از نمونه‌ها به حمام آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و طی ۲۰ دقیقه با مواد شیمیایی هیدروکسید سدیم (۱ درصد)، پروکسید هیدروژن (۱ درصد)، سیلیکات سدیم (۲ درصد) و DTPA^۲ (۰/۳ درصد) تیمار شیمیایی شدند (۲، ۳، ۴، ۶ و ۱۵).
مرکب‌زدایی با شناورسازی: مرکب‌زدایی خمیرکاغذهای بازیافتی با استفاده از روش سلول شناورسازی و با استفاده از دستگاه مورد استفاده توسط آریائی منفرد و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد (۴). شناورسازی خمیرکاغذها تحت شرایط درصدخشکی ۰/۵ درصد، دمای معمولی اتاق، مدت زمان ۲۰ دقیقه همراه با افزودن ۰/۳۳ درصد کلرید کلسیم در دستگاه شناورسازی با ظرفیت ۲۰ لیتر و سرعت جریان حدود ۶ لیتر هوا در دقیقه در محدوده ۸-۹ pH انجام شد (شکل ۲).

1- Chemical oxygen demand

2- Diethylenetriaminepentaacetic acid



شکل ۲- تصویر دستگاه شناورسازی برای جداسازی ذرات مرکب.

Figure 2. Image flotation device for separating ink particles.

رنگبری خمیر کاغذ مرکب‌زدایی شده: پس از مرکب‌زدایی مخلوط خمیر کاغذهای روزنامه و مجله باطله، رنگبری مرحله اول با استفاده از ۱ درصد پروکسید هیدروژن به مدت ۹۰ دقیقه و در ادامه رنگبری مرحله دوم با استفاده از ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد پروکسید هیدروژن و دی‌تینویت سدیم، به مدت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه انجام شد (۶ و ۲۰). در پایان مراحل رنگبری پس از تنظیم pH در حدود ۵-۶ (به دلیل بالا بودن pH در پایان مرحله رنگبری با پروکسید هیدروژن، تنها pH خمیر کاغذهای رنگبری شده با پروکسید هیدروژن با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به حدود ۵-۶ رسانده شد)، خمیر کاغذها به وسیله آب مقطر شست و شو داده شده و طبق استاندارد $Ty\ 48\ sp - 00$ آئین‌نامه تاپی (TAPPI)^۱ تا درجه روانی حدود ۳۰۰ ml CSF پالایش و از آنها کاغذ دست‌ساز آزمایشگاهی (gm^{-2}) ساخته شد. پساب حاصل از شستشو نیز به منظور اندازه‌گیری مقدار بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب (پس از صاف نمودن روی الک با مش ۳۰۰)، در قوطی پلاستیکی قرار داده شدند. عوامل و شرایط ثابت و متغیر مورد استفاده برای رنگبری در جدول زیر آورده شده است.

اندازه‌گیری اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب رنگبری: بار COD پساب به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم پساب مطابق با دستورالعمل شماره ۶۰۶۰ آئین‌نامه ایزو (ISO)^۲ اندازه‌گیری شد. در این مورد اندازه‌گیری شاخص COD با استفاده از پساب حاصل از شستشو بعد از عبور از صافی انجام شد. به‌طوری که آب زیر صافی جمع‌آوری و در بطری‌های پلاستیکی قرار داده شدند، سپس طبق استاندارد اشاره شده، نمونه‌های مشخص تهیه و میزان COD آنها تعیین شد.

1- Technical Association of Pulp and Paper Industry

2- International Organization for Standardization

جدول ۲- مواد شیمیایی و شرایط مورد استفاده در مراحل مختلف رنگبری.

Table 2. Chemicals and conditions used in the various stages of bleaching.

رنگبری با دی تیونیت سدیم در مرحله دوم (Bleaching with sodium Dithionite in the second stage)	رنگبری با پروکسید هیدروژن در مرحله دوم (Bleaching with Hydrogen Peroxide in the second stage)	رنگبری با پروکسید هیدروژن در مرحله اول (شاهد) (Bleaching with Hydrogen Peroxide in the first stage (control))	عوامل و شرایط (Factors and conditions)
-	0.23	0.37	هیدروکسید سدیم (sodium hydroxide)
-	0.5 and 0.75	1	پراکسید هیدروژن (Hydrogen Peroxide)
-	3	3	سیلیکات سدیم (Sodium silicate)
0.3	0.3	0.3	DTPA
0.5 and 0.75	-	-	دی تیونیت سدیم (Sodiumdithionite)
به مقدار لازم (The needed amount)	-	-	اسید سولفوریک (Sulfuric acid)
4	8	8	درصد خشکی (Consistency) (درصد)
70	70	70	درجه حرارت (Temperature) (°C)
60, 90 and 120	60, 90 and 120	90	زمان (Minute) time
6	-	-	pH اولیه (Initial pH)
-	9.8-10.5	9.8-10.5	pH نهایی (pH final)
30	30	30	وزن خشک نمونه (Dry weight of the sample (g))

اندازه گیری پروکسید هیدروژن باقی مانده^۱ در پساب رنگبری: در پایان رنگبری پس از صاف نمودن مایع رنگبری بر روی الک با مش ۳۰۰، ۲۵ میلی لیتر، مایع صافی را توسط پیپت حباب دار در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری ریخته و ارلن بر روی همزن الکتریکی قرار داده شد. سپس به ترتیب ۱۰ میلی لیتر اسید

1- Residual peroxide

سولفوریک ۲۵ درصد، ۵ میلی‌لیتر یدید پتاسیم ۱۰ درصد و سه قطره مولیبدات آمونیوم اشباع شده بر روی آن ریخته و سپس آنقدر به مایع داخل ارلن تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال اضافه شد تا رنگ آن زرد کم رنگ شود. در این مرحله ۱۰ میلی‌لیتر محلول نشاسته به مایع اضافه شد تا رنگ آبی ظاهر شود. مجدداً افزودن تیوسولفات سدیم تا حذف رنگ آبی ادامه یافت. با استفاده از میزان تیوسولفات سدیم مصرف شده، میزان پروکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگبری طبق رابطه زیر محاسبه شد (۱۷).

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم} \times \frac{0.1 \times 0.17}{25} = \left(\frac{g}{l}\right) \text{ پروکسید هیدروژن باقیمانده در مایع رنگبری}$$

۰/۱ = نرمالیه تیوسولفات سدیم

۱۷ = اکی‌والان پروکسید هیدروژن

۲۵ = حجم نمونه تیترا شده (میلی‌لیتر)

پس از محاسبه میزان پروکسید هیدروژن موجود در مایع رنگبری بعد از رنگبری، و با دانستن میزان پروکسید هیدروژن موجود در مایع رنگبری قبل از رنگبری، درصد پروکسید هیدروژن موجود در مایع رنگبری بعد از رنگبری مطابق معادله زیر محاسبه شد:

معادله (۲)

$$100 \times \frac{\left(\frac{g}{l}\right) \text{ پروکسید هیدروژن باقیمانده در مایع رنگبری بعد از رنگبری}}{\left(\frac{g}{l}\right) \text{ پروکسید هیدروژن باقیمانده در مایع رنگبری قبل از رنگبری}} = \text{درصد پروکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگبری}$$

اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذ: ویژگی‌های کیفی کاغذ شامل ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی طبق دستور العمل‌های آئین‌نامه تاپی (سال ۲۰۰۶) به ترتیب زیر اندازه‌گیری شدند: درجه روشنی (T_{۴۵۲۰m-۰۲})، ماتی (T_{۴۲۵۰m-۰۱})، ضخامت (T_{۴۱۱۰m-۰۵})، مقاومت به کشش (T_{۴۰۴m-۹۲})، مقاومت به ترکیدن (T_{۴۰۳m-۰۲})، مقاومت به پاره شدن (T_{۴۱۴m-۰۴}). مقادیر حجمی کاغذها نیز با توجه به نسبت ضخامت کاغذ به وزن پایه کاغذ محاسبه شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاملاً تصادفی بوده و برای مقایسه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای ساخته شده و همچنین پساب لیکور، از آزمون تجزیه واریانس (با استفاده از روش ANOVA نرم‌افزار آماری

(SPSS) استفاده شده است. مقایسه میانگین‌ها داده‌ها نیز به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان آماری ۹۵ انجام گرفت. علایم اختصاری مورد استفاده برای معرفی تیمارهای مختلف آزمایش در جدول زیر آورده شده است. لازم به یادآوری است که از هر تیمار سه تکرار انجام و ویژگی‌های مربوط به آن‌ها اندازه‌گیری شد.

جدول ۳- علائم اختصاری مورد استفاده برای معرفی تیمارهای آزمایش.

Table 3. Abbreviations used as Treatments name.

توضیحات (Description)	علائم اختصاری (Abbreviations)
پروکسید هیدروژن (Hydrogen Peroxide)	P
دی‌تیونیت سدیم (Sodium Dithionite)	Y
رنگبری یک مرحله‌ای با ۱ درصد پروکسید هیدروژن به مدت ۹۰ دقیقه (The single stage bleaching by 1 percent Hydrogen Peroxide for 90 minute)	شاهد (control)

مثال: PY ← رنگبری مرحله اول با پروکسید هیدروژن و رنگبری مرحله دوم با دی‌تیونیت سدیم

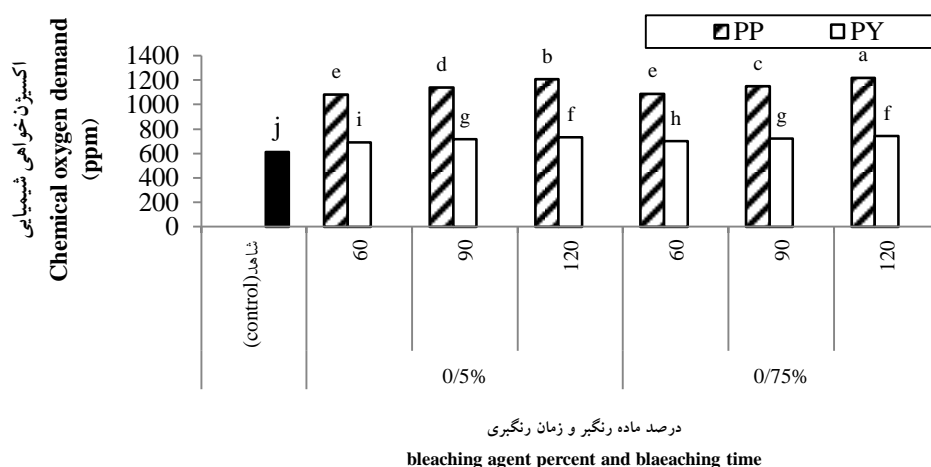
Example: PY → The first stage bleaching with Hydrogen Peroxide and the second stage bleaching with Sodium Dithionite

نتایج و بحث

ویژگی‌های پساب رنگبری

تأثیر سطوح مختلف ماده رنگبر و زمان رنگبری بر بار COD پساب رنگبری: نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین بار COD پساب حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشته و آزمون دانکن مقادیر COD پساب را در ۱۰ گروه مجزا قرار داده است (شکل ۳). بار COD پساب به لیگنین، کربوهیدرات و سایر ترکیبات آلی حل شده در پساب بستگی داشته و با افزایش میزان انحلال این مواد در پساب مقدار آن افزایش می‌یابد (۱۵، ۱۷ و ۱۹). با توجه به نتایج، با افزایش زمان و درصد ماده رنگبر در مرحله دوم از تیمارهای مختلف آزمایش، میزان بار COD پساب نسبت به رنگبری یک مرحله‌ای افزایش یافته که احتمالاً دلیل آن افزایش انحلال حرارتی، قلیایی و واکنش ماده رنگبر با خمیرکاغذ در رنگبری با پروکسید هیدروژن (۱۷)، و همچنین افزایش انحلال حرارتی و واکنش ماده رنگبر با خمیرکاغذ در رنگبری با دی‌تیونیت

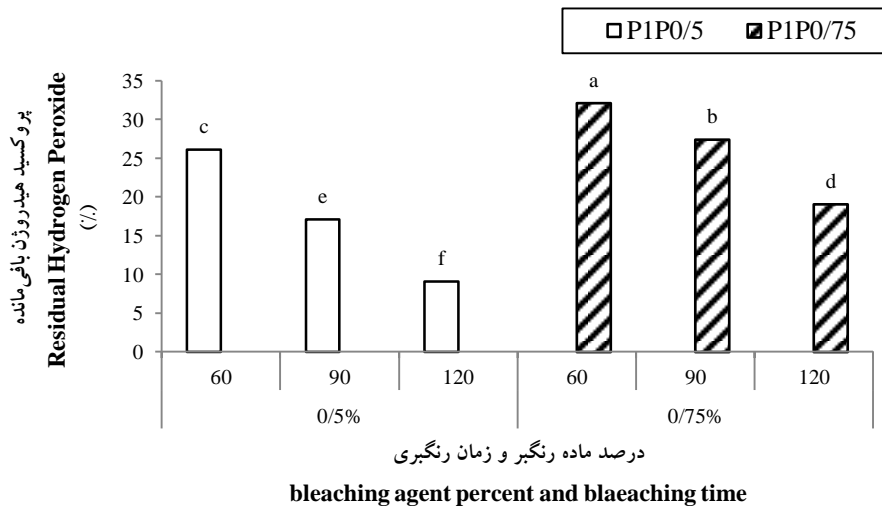
سدیم بوده است (۲۰). همچنین میزان بار COD پساب حاصل از توالی‌های رنگبری که مرحله دوم آن‌ها با استفاده از پروکسید هیدروژن انجام شده در مقایسه با دی‌تیونیت سدیم به‌طور معنی‌داری بیشتر شده که احتمالاً دلیل آن انحلال بیشتر لیگنین و دیگر ترکیبات خمیرکاغذ در نتیجه قلیایی بودن محیط رنگبری با پروکسید هیدروژن می‌باشد (۱۵).



شکل ۳- بار اکسیژن‌خواهی شیمیایی پساب تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 3. Effluent chemical oxygen demand load of various treatments.

پروکسید هیدروژن باقی‌مانده: نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین مقادیر پروکسید هیدروژن باقی‌مانده در پساب تیمارهایی که در مرحله دوم با پروکسید هیدروژن رنگبری شده‌اند، در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشته و آزمون دانکن مقادیر اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه مجزا قرار داده است (شکل ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده با افزایش درصد مصرف پروکسید هیدروژن، میزان پروکسید هیدروژن باقیمانده در لیکور رنگبری و با افزایش زمان رنگبری مقدار پروکسید هیدروژن باقی‌مانده در پساب کاهش می‌یابد که احتمالاً دلیل آن افزایش میزان تجزیه و مصرف پروکسید هیدروژن طی رنگبری تحت شرایط قلیایی می‌باشد (۶ و ۲۰).



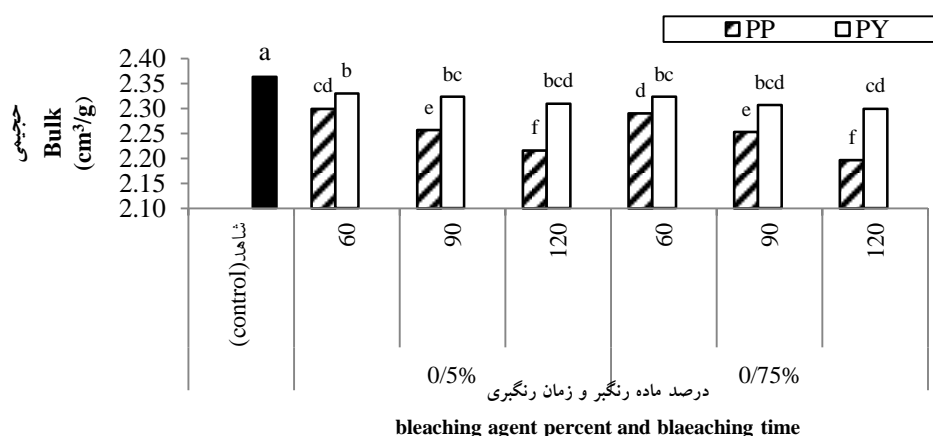
شکل ۴- پروکسید هیدروژن باقی مانده در پساب رنگبری مرحله دوم رنگبری با پروکسید هیدروژن.

Figure 4. Residual Hydrogen peroxide in the effluent of second stage of bleaching with hydrogen peroxide

ویژگی‌های فیزیکی کاغذ

حجمی: نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین حجمی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر حجمی اندازه گیری شده را در ۶ گروه مجزا قرار داده است (شکل ۵). با توجه به نتایج حجمی خمیر کاغذهایی رنگبری شده با توالی‌های PP و PY به طور معنی داری کمتر از P شده است. در طی رنگبری خمیر کاغذ با پروکسید هیدروژن و دی تیونیت سدیم به ترتیب گروه‌های آبدوست کربوکسیل و سولفون‌دار در ساختار لیگنین موجود در دیواره الیاف به وجود آمده و همچنین در نتیجه انحلال حرارتی و قلیایی لیگنین در رنگبری با پروکسید و انحلال حرارتی در رنگبری با دی تیونیت سدیم، میزان آبدوستی و انعطاف پذیری الیاف افزایش می‌یابد (۶، ۱۱ و ۲۰). به نظر می‌رسد که استفاده از مرحله دوم رنگبری با پروکسید هیدروژن و دی تیونیت سدیم سبب افزایش آب دوستی، واکنش پذیری و انعطاف پذیری الیاف شده که این پدیده سبب افزایش سطح پیوند بین الیاف و در نتیجه کاهش حجمی خمیر کاغذهای مذکور کاهش شده است (۱ و ۱۸).

در توالی‌های رنگبری PP، افزایش درصد مصرف ماده رنگبر تأثیر معنی‌داری در کاهش حجمی نداشته، در حالی که افزایش زمان رنگبری سبب کاهش معنی‌داری در حجمی کاغذهای حاصل شده است که احتمالاً دلیل آن افزایش زمان واکنش مواد شیمیایی رنگبر با خمیرکاغذ و همچنین افزایش انحلال قلیایی ترکیبات دیواره الیاف می‌باشد (۱۳). در توالی‌های رنگبری PY، افزایش زمان و درصد ماده رنگبر تأثیر معنی‌داری بر کاهش حجمی خمیرکاغذ نداشته است؛ به نظر می‌رسد میزان تشکیل گروه‌های آلدوست در ساختار لیگنین دیواره الیاف (در نتیجه افزایش غلظت و واکنش عامل فعال رنگبر با خمیرکاغذ)، و همچنین افزایش انحلال حرارتی لیگنین خمیرکاغذ در نتیجه افزایش زمان واکنش رنگبری، به اندازه‌ای نبوده که سبب افزایش معنی‌داری در سطح اتصال بین الیاف و کاهش در میزان حجمی کاغذهای حاصل شود.



شکل ۵- حجمی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش.

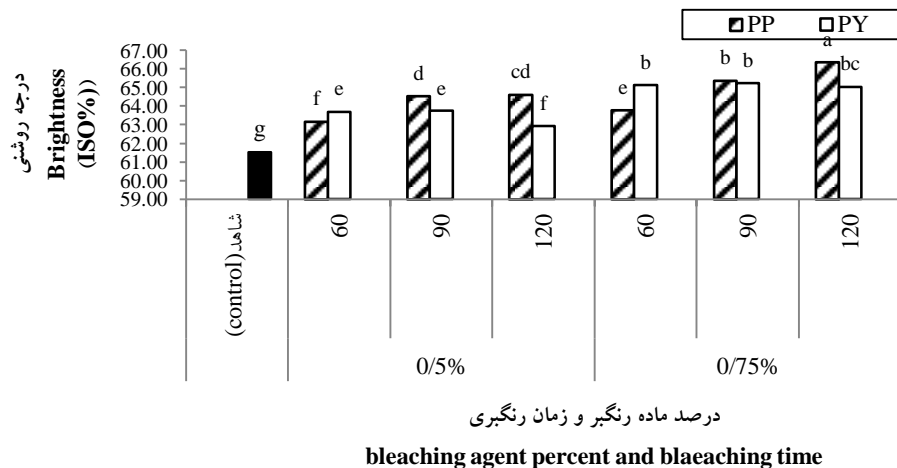
Figure 5. Bulk of the pulp from various treatments.

ویژگی‌های نوری کاغذ

الف) درجه روشنی: نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین درجه روشنی خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر درجه روشنی اندازه‌گیری شده را در ۷ گروه قرار داده است (شکل ۶). با توجه به نتایج درجه روشنی خمیرکاغذهایی که با دو مرحله رنگبری شده‌اند بیشتر از خمیرکاغذی است که

با استفاده از یک مرحله رنگبری شده است که احتمالاً دلیل آن تغییر و تخریب بیشتر گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین به گروه‌های بی‌رنگ، در طی دو مرحله رنگبری می‌باشد (۱ و ۶). در زمان رنگبری ۶۰ دقیقه درجه روشنی خمیرکاغذهای رنگبری شده با توالی PY در مقایسه با PP بیشتر شده ولی با افزایش زمان رنگبری از ۶۰ به ۹۰ و ۱۲۰ میزان درجه روشنی خمیرکاغذ حاصل از توالی PP بیشتر از PY شده است. در توالی‌های رنگبری PP، درجه روشنی با افزایش درصد ماده رنگبری و زمان رنگبری افزایش یافته است که احتمالاً دلیل آن افزایش زمان، غلظت و میزان واکنش عامل فعال رنگبر (HOO^-) با گروه‌های رنگساز موجود در ساختار لیگنین خمیرکاغذ و تبدیل آن‌ها به گروه‌های بی‌رنگی‌باشد (۲۰). در رنگبری مرحله دوم رنگبری با ۰/۵ درصد پروکسید با افزایش زمان رنگبری از ۹۰ به ۱۲۰ دقیقه میزان درجه روشنی افزایش معنی‌داری نکرده است؛ به‌نظر می‌رسد میزان پروکسید باقی‌مانده در پایان رنگبری تنها در حدی بوده که از تیرگی قلیایی و حرارتی خمیرکاغذ جلوگیری به عمل آورد (۱۲ و ۱۸).

در توالی‌های رنگبری PY افزایش درصد ماده رنگبر سبب افزایش درجه روشنی کاغذ شده که احتمالاً دلیل آن افزایش غلظت و میزان واکنش یون‌های فعال رنگبر (HSO_3^- ، SO_2^-) رنگساز موجود در ساختار لیگنین خمیرکاغذ و تبدیل آن‌ها به گروه‌های بی‌رنگ می‌باشد. همچنین در توالی‌های PY با افزایش زمان رنگبری میزان درجه روشنی افزایش نیافته به‌طوری که با افزایش زمان رنگبری از ۶۰ به ۹۰ دقیقه تغییر معنی‌داری در درجه روشنی مشاهده نشده و با افزایش زمان رنگبری از ۹۰ به ۱۲۰ دقیقه درجه روشنی کاهش یافته است. به‌نظر می‌رسد که در زمان ۹۰ دقیقه، میزان ماده رنگبر (یون فعال دی‌تیونیت) موجود در محیط واکنش تنها در حدی بوده که از تیرگی حرارتی خمیرکاغذ جلوگیری نماید و با افزایش زمان رنگبری از ۹۰ به ۱۲۰ دقیقه احتمالاً میزان یون‌های فعال رنگبری موجود در محیط واکنش در حدی نبوده که از تیرگی حرارتی خمیرکاغذ جلوگیری نماید (۶).

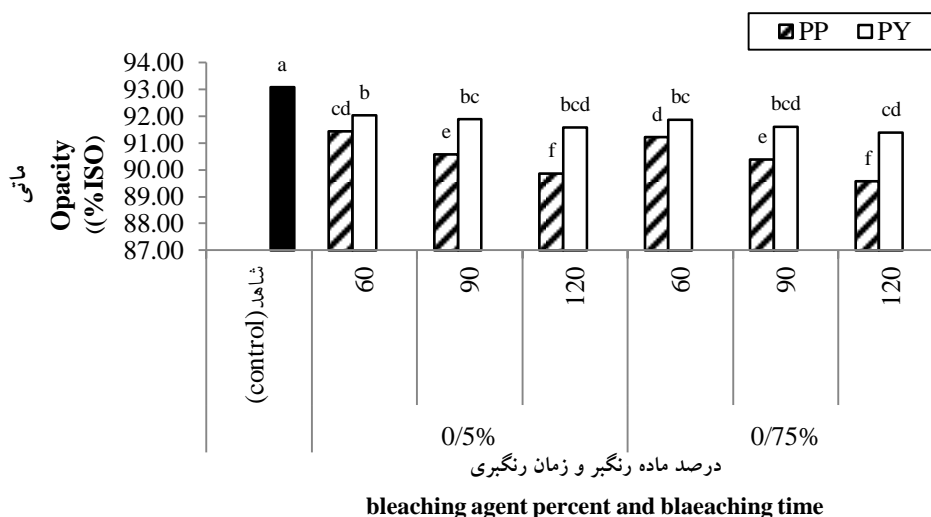


شکل ۶- درجه روشنی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 6. Brightness of the pulp from various treatments.

ماتی: نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین ماتی خمیر کاغذهای رنگبری شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر ماتی اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه قرار داده است (شکل ۷). ماتی معیاری از میزان نور عبوری از خمیر کاغذ بوده و تحت تأثیر عوامل مختلفی چون حجیمی، میزان پرس و غیره بستگی دارد. با افزایش سطح اتصال بین الیاف میزان ماتی کاهش می‌یابد زیرا با افزایش سطح اتصال بین الیاف فضای خالی بین الیاف کاهش یافته و نور بدون عبور از هوا و شکسته شدن، از فیبری به فیبر دیگر انتقال یافته و از کاغذ عبور می‌کند (۱). با توجه به نتایج ماتی خمیر کاغذهایی که با دو مرحله رنگبری شده‌اند، کمتر از خمیر کاغذی است که با استفاده از یک مرحله رنگبری شده است. به نظر می‌رسد که استفاده از مرحله دوم رنگبری با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم با افزایش آب‌دوستی، واکنشیدگی و انعطاف‌پذیری الیاف و افزایش سطح پیوند بین الیاف سبب کاهش حجیمی و همچنین فضای خالی بین الیاف شده و در نتیجه این پدیده، میزان ماتی کاغذ به دلیل کاهش شکست و بازتاب نور تابیده شده بر خمیر کاغذ، کاهش پیدا نموده است (۱، ۶). همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود میزان ماتی خمیر کاغذهایی که در مرحله دوم با استفاده از پروکسید هیدروژن رنگبری شده‌اند در مقایسه با دی‌تیونیت سدیم کمتر شده است که احتمالاً دلیل آن کمتر بودن میزان شکست و بازتاب موج تابیده شده به سطح الیاف رنگبری شده با توالی PP در مقایسه با PY، به دلیل کمتر بودن میزان حجیمی خمیر کاغذهای حاصل از توالی PP در

مقایسه با PY می‌باشد (۱، ۷). در توالی‌های رنگبری PY، افزایش زمان و درصد ماده رنگبر تأثیر معنی‌داری بر کاهش ماتی خمیر کاغذ نداشته است. همان‌طور که ذکر شده است با کاهش میزان حجیمی، ماتی به دلیل کاهش فضای خالی بین الیاف و کاهش شکست نور تابیده شده به خمیر کاغذ کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج ارائه شده در بخش مربوط به ویژگی حجیمی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش، افزایش درصد ماده رنگبر و زمان رنگبری در مرحله دوم PY، تأثیر معنی‌داری بر حجیمی خمیر کاغذهای حاصل نداشته است. به نظر می‌رسد به دلیل این‌که افزایش درصد و زمان رنگبری تأثیری معنی‌داری بر حجیمی خمیر کاغذهای حاصل نداشته، تأثیر این متغیرها بر روی میزان کاهش شکست نور تابیده شده و تغییرات ماتی نیز معنی‌دار نبوده است (۱). در توالی‌های رنگبری PP، افزایش درصد مصرف ماده رنگبر تأثیر معنی‌داری در کاهش ماتی نداشته، در حالی‌که افزایش زمان رنگبری سبب کاهش معنی‌داری در ماتی کاغذهای حاصل شده است. به نظر می‌رسد که افزایش زمان رنگبری با افزایش میزان انحلال قلیایی لیگنین خمیر کاغذ سبب افزایش آبدوستی، واکنشیدگی و سطح اتصال بین الیاف شده و این پدیده با کاهش در میزان حجیمی خمیر کاغذهای حاصل، سبب کاهش در میزان شکست نور و انعکاس نور تابیده شده به الیاف شده و در نتیجه ماتی کاهش یافته است (۱، ۱۲ و ۱۸).



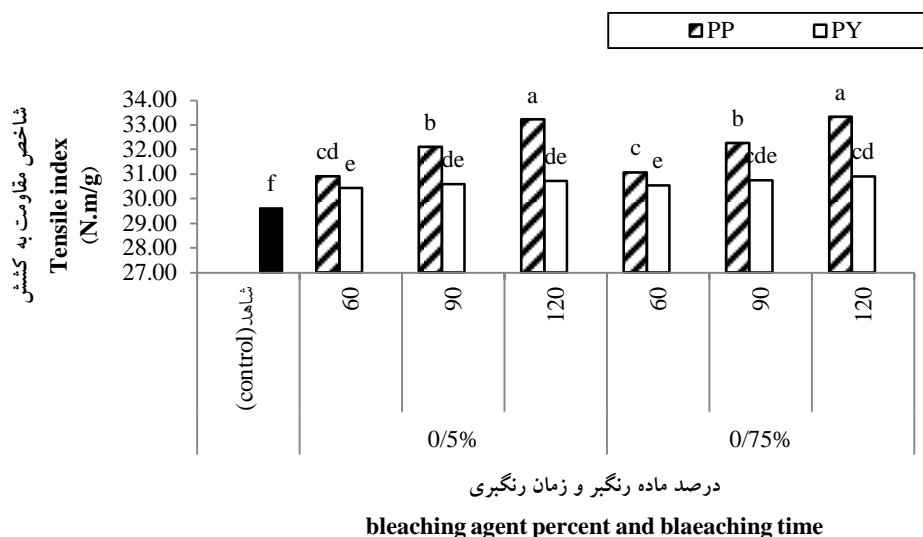
شکل ۷- ماتی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 7. Opacity of the pulp from various treatments.

ویژگی‌های مقاومتی کاغذ

شاخص مقاومت به کشش: نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای رنگبری شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر شاخص مقاومت به کشش اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه قرار داده است (شکل ۸). مقاومت به کشش تحت تأثیر سطح اتصال و پیوند بین الیاف بوده و با افزایش سطح اتصال بین الیاف مقدار آن افزایش می‌یابد (۱، ۱۵، ۱۸ و ۲۰). با توجه به نتایج به‌دست آمده، میزان شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای حاصل از توالی‌های PP و PY بیشتر از P شده است. به‌نظر می‌رسد که استفاده از رنگبری با پروکسید هیدروژن و دی‌تیونیت سدیم در مرحله دوم رنگبری با انحلال قلیایی و حرارتی لیگنین خمیرکاغذ و ایجاد گروه‌های آب‌دوست در ساختار لیگنین موجود در خمیرکاغذ سبب افزایش آب‌دوستی، واکنش‌پذیری و انعطاف‌پذیری الیاف شده است که این پدیده سبب افزایش سطح اتصال و پیوند بین الیاف شده و در نتیجه شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای مذکور افزایش پیدا نموده است (۱، ۶ و ۱۵). با توجه به نتایج میزان شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهایی که در مرحله دوم با استفاده از پروکسید هیدروژن رنگبری شده‌اند در مقایسه با دی‌تیونیت بیشتر شده است که احتمالاً دلیل آن آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بیشتر بین الیاف رنگبری شده با پروکسید هیدروژن در نتیجه انحلال بیشتر لیگنین خمیرکاغذ در محیط قلیایی مورد استفاده در این سیستم رنگبری می‌باشد (۱ و ۶). در توالی‌های رنگبری PP، افزایش درصد ماده رنگبر در مرحله دوم رنگبری تأثیر معنی‌داری بر افزایش شاخص مقاومت به کشش نداشته در حالی که با افزایش زمان رنگبری میزان شاخص مقاومت به کشش به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به‌نظر می‌رسد که با افزایش زمان رنگبری میزان آب‌دوستی، انعطاف‌پذیری و سطح اتصال بین الیاف در نتیجه افزایش در میزان انحلال قلیایی لیگنین افزایش یافته و این پدیده سبب افزایش در میزان شاخص مقاومت به کشش شده است (۱۲). در توالی‌های رنگبری PY، افزایش درصد و زمان رنگبری در مرحله دوم رنگبری تأثیر معنی‌داری در افزایش شاخص مقاومت به کشش نداشته است. به‌نظر می‌رسد میزان تشکیل گروه‌های آب‌دوست در ساختار لیگنین دیواره الیاف در نتیجه افزایش غلظت و واکنش عامل فعال رنگبر با خمیرکاغذ، و همچنین افزایش انحلال حرارتی لیگنین خمیرکاغذ در نتیجه افزایش زمان

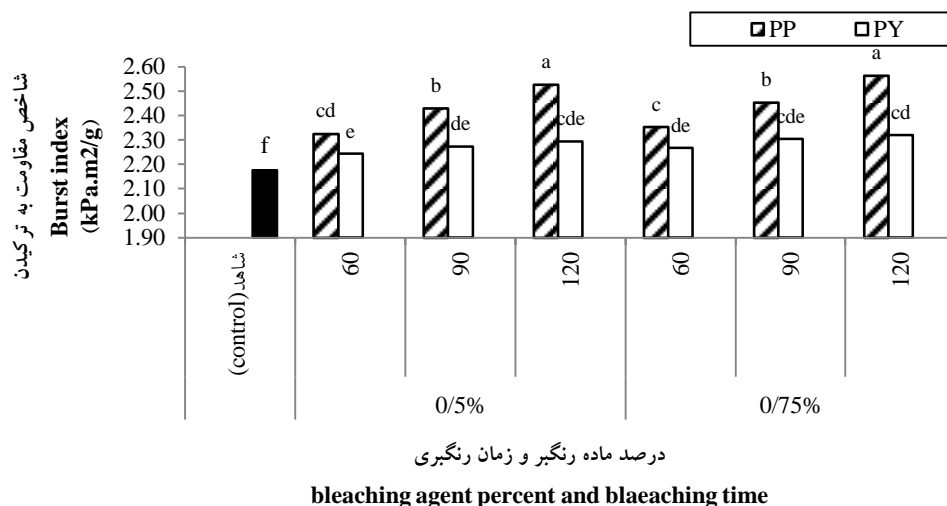
واکنش رنگبری، به اندازه‌ای نبوده که سبب افزایش معنی‌داری در سطح اتصال بین الیاف و شاخص مقاومت به کشش کاغذهای حاصل شود.



شکل ۸- شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 8. Tensile index of the pulp from various treatment.

شاخص مقاومت به ترکیدن: نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای رنگبری شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه قرار داده است (شکل ۸). با توجه به این که بین ویژگی‌های مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش کاغذ همواره رابطه نسبتاً مستقیم وجود دارد و این دو پارامتر عموماً متأثر از سطح اتصال بین الیاف قرار می‌گیرد (۱). لذا روند تغییرات مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ در سطوح مختلف ماده رنگبری و زمان‌های مختلف رنگبری در مرحله دوم، مشابه با تغییرات شاخص مقاومت به کشش بوده است.



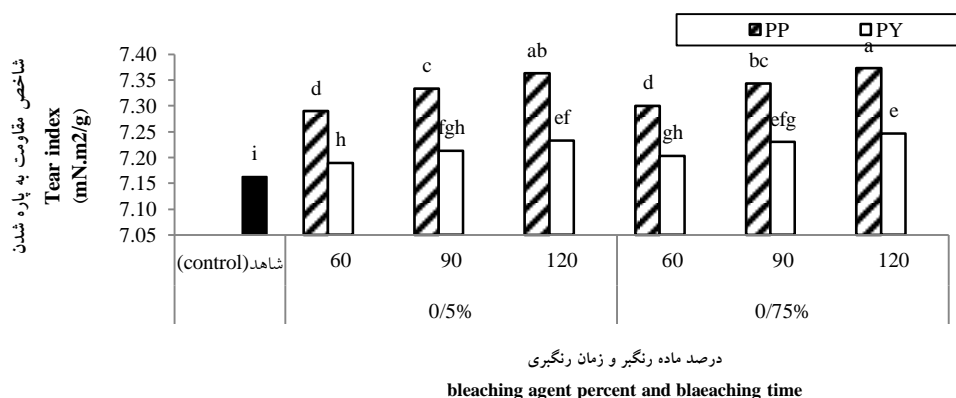
bleaching agent percent and bleaching time

شکل ۹- شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 9. Burst index of the pulp from various treatments.

شاخص مقاومت به پاره شدن: نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهای رنگبری شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر شاخص مقاومت به پاره شدن اندازه گیری شده را در ۹ گروه قرار داده است (شکل ۱۰). مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ تحت تأثیر طول الیاف، تعداد الیافی که در پاره شدن دخالت دارند، تعداد اتصالات بین الیاف و مقاومت اتصالات بستگی دارد (۱). با توجه به نتایج شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهایی که با استفاده از دو مرحله رنگبری شده‌اند بیشتر از خمیر کاغذ رنگبری شده با استفاده از یک مرحله می‌باشد که احتمالاً دلیل آن افزایش آبدوستی، انعطاف پذیری و سطح اتصال بین الیاف در نتیجه انحلال لیگنین و تشکیل گروه‌های آبدوست در ساختار لیگنین موجود در خمیر کاغذ می‌باشد (۱، ۱۲، ۱۵ و ۱۸). همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود میزان شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهایی که در مرحله دوم با استفاده از پروکسید هیدروژن رنگبری شده‌اند در مقایسه با دی‌تیونیت بیشتر شده است که احتمالاً دلیل آن آبدوستی، انعطاف پذیری و سطح اتصال بیشتر بین الیاف رنگبری شده با پروکسید هیدروژن در نتیجه انحلال بیشتر لیگنین خمیر کاغذ در محیط قلیایی مورد استفاده در این سیستم رنگبری می‌باشد (۱ و ۱۲). در توالی‌های PP، افزایش درصد ماده رنگبری تأثیر معنی داری بر شاخص مقاومت به پاره شدن نداشته ولی

با افزایش زمان رنگبری میزان این ویژگی به طور معنی داری افزایش پیدا نموده است. به نظر می رسد که با افزایش زمان رنگبری میزان آبدوستی، انعطاف پذیری و سطح اتصال بین الیاف در نتیجه افزایش انحلال لیگنین افزایش یافته و این پدیده سبب افزایش میزان شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ شده است (۱۲). در توالی های PY، افزایش درصد ماده رنگبر و همچنین افزایش زمان واکنش از ۶۰ به ۹۰ و همچنین از ۹۰ به ۱۲۰، تأثیر معنی داری در شاخص مقاومت به پاره شدن نداشته است. در توالی های PY افزایش زمان رنگبری از ۶۰ به ۱۲۰ دقیقه تأثیر معنی داری در افزایش شاخص مقاومت به پاره شدن گذاشته است در حالی که نتایج آماری برای ویژگی های شاخص مقاومت به کشش و ترکیدن این گونه نمی باشد. به نظر می رسد که افزایش سطح اتصال بین الیاف در نتیجه افزایش انحلال حرارتی لیگنین، تنها به اندازه ای بوده است که سبب افزایش در مقدار شاخص مقاومت به پاره شدن شده است.



شکل ۱۰- شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش.

Figure 10. Tear index of the pulp from various treatments.

نتیجه گیری

طی این تحقیق بررسی مقایسه ای تأثیر سطوح مختلف میزان مصرف پروکسید هیدروژن و دی تیونیت سدیم (۰/۵، ۰/۷۵ درصد) و همچنین زمان رنگبری (زمان های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه) در مرحله دوم توالی های رنگبری PP و PY، بر مشخصات فنی خمیر کاغذهای مخلوط روزنامه و مجله مرکب زدایی شده (پس از شناورسازی)، میزان پروکسید باقی مانده و میزان بار COD پساب رنگبری

انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد مصرف پروکسید هیدروژن در مرحله دوم توالی‌های PP، میزان کاهش حجیمی و ماتی و افزایش میزان ویژگی‌های مقاومتی معنی‌دار نشده ولی افزایش در میزان درجه روشنی و بار COD پساب معنی‌دار بوده است. همچنین افزایش زمان رنگبری در مرحله دوم این توالی (PP) سبب کاهش معنی‌دار در حجیمی و ماتی و افزایش بار COD پساب، درجه روشنی و ویژگی‌های مقاومتی شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده با افزایش زمان رنگبری در مرحله دوم توالی رنگبری پروکسید هیدروژن-دی‌تیونیت سدیم (PY)، میزان کاهش حجیمی و ماتی و افزایش میزان ویژگی‌های مقاومتی و درجه روشنی معنی‌دار نبوده، اما با افزایش درصد ماده رنگبر، تنها میزان افزایش درجه روشنی معنی‌دار بوده است. همچنین نتایج نشان داد که افزایش درصد ماده رنگبر در این توالی (PY) سبب افزایش معنی‌دار بار COD پساب نمی‌شود ولی با افزایش زمان رنگبری میزان COD پساب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج، بار COD پساب، درجه روشنی و ویژگی‌های مقاومتی توالی‌های PP بیشتر از PY بوده در حالی که میزان حجیمی و ماتی آن کمتر از توالی‌های PY بوده است. این نشان می‌دهد که پساب حاصل از توالی‌های رنگبری PY در مقایسه با PP با محیط زیست سازگارتر بوده و احتمالاً به تجهیزات کمتر و ارزانتری برای تصفیه پساب آن احتیاج می‌باشد. همچنین در صورتی که بخواهیم رنگبری را در مدت زمان کمتر انجام داده و کاغذی با ماتی بیشتر تولید نماییم، توالی‌های رنگبری PY به PP برتری دارد. اما در صورتی که از تجهیزات لازم برای تصفیه پساب برخوردار بوده و بخواهیم خمیرکاغذی با درجه روشنی و ویژگی‌های مقاومتی بیشتر تولید نماییم، توالی رنگبری PP بر PY ترجیح داده می‌شود.

منابع

1. Afra, E. 2003. Properties of paper. Agricultural Sciences Press, 392p. (Translated in Persian)
2. Akbarpour, I., Resalati, H., and Saraeian, A.R. 2010. Investigation on the deinkability of old newspaper. Journal Wood and Forest Science and Technology, 17(2): 73-87. (In Persian)
3. Akbarpour, I., Resalati, H., and Saraeian, A.R. 2011. Investigation on the physical and mechanical properties of waste newspaper deinked. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(2): 243-255. (In Persian)
4. AryaieMonfared, M.H., Resalati, H., and Zeinali, F. 2013. Assessment of flotation time effect on appearance properties of chemical and enzymatic

- deinked pulp by reverse power fit equation. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 19(4): 137-150. (In Persian)
5. Azad Falah, M., Mirzazad, F., and Hamzeh, Y. 2012. Influence of recycling on chemical properties and hornification of CMP and NSSC pulps. *Iranian Journal of wood and Paper Industries*, 3(1): 99-108. (In Persian)
 6. Bajpai, P. 2006. Environmentally benign approaches for pulp bleaching. Thapar Center for Industrial Research Development Patiala, India, 289p.
 7. Daneault, C., and Leduc, C. 1995. Bleaching efficiency of formamidinesulfinic acid (FAS) in comparison to hydrosulfite, borohydride, and peroxide in one and two stages. *Tappi Journal*, 78(7): 97-106.
 8. Dessureault, S., Lafreniere, S., Barbe, M.C., Leduc C., and Daneault, C. 1995. Bleaching processes for the production of mechanical and chemi-mechanical pulp of the high brightness. *Pulp and Paper Canada*, 95(7): 264-273.
 9. 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. (In Persian)
 10. Ghasemian, A., and Akbarpour, I. 2011. The strategy of paper recycling and its position on supplying the lignocellulosic materials required for local pulp and paper industries. 1st Way Map Conference for Supplying of Raw Material and Development of Wood and paper Industry at Horizon 1404, In Gorgan, 4p.
 11. Ghasemian, A., and Khalili, A. 2012. Fundamentals and Procedures of Paper Recycling, Aeeizh Press, Tehran, 161p. (In Persian)
 12. Gullichsen, J., and Hanna, P. 2000. Recycle fiber and deinking. Book 7, Papermaking Science and Technology, FapetOy, Helsinki, Finland, 427p.
 13. Helmling, O., Süß, U., and Eul, W. 1986. Upgrading of waste paper with hydrogen peroxide. In: *Tappi Pulping Conference, Proceedings*, Tappi Press, Atlanta, 407p.
 14. Helio, J.M., and Pedro, E.G. 2012. Reductive degradation of residual chromophores in kraft pulp with sodium dithionite. *Tappi Journal*, 11(3): 59-67.
 15. Latibari, A., Khosravani, A., and Rahmaninia, M. 2007. Technology of paper recycling, Aeeizh Press, Tehran. 161p. (In Persian)
 16. Joachimides, T., and Hache, M. 1991. Bleaching deinking pulp. *Tappi journal*, 9(1): 211-216.
 17. MacDonald, R.G., and Franklin, J.N. 1986. *Textbook of Pulp and Paper Manufacture*, 1966p.
 18. Mirshokrai, A. 2000. *Handbook of pulp and paper technology*, Aeeizh Press, Tehran, 520p. (Translated in Persian)
 19. Mirshokrai, A. 2001. *Guide to waste paper*. AeeizhPress, Tehran, 140p. (In Persian)
 20. Suess, H.A. 2010. *Pulp Bleaching Today*, 309p.
 21. Tschirner, U., and Wang, D. 1998. Hydrogen peroxide bleaching of recycle fiber. *Paprican, Progress in Paper Recycling*, 8(1): 15-25.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (2), 2016

http://jwfst.gau.ac.ir

Two-Stage Bleaching of Deinked Pulp with Sodium Dithionite and Hydrogen Peroxide

**H.R. Mehri Iraie¹, A. Ghasemian², H. Resalati³,
*M.H. Aryaie Monfared⁴ and A.R. Saraeyan²**

¹Ph.D. Student of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ²Associate Prof., at Pulp and Paper Industries, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ³Professor of Natural Resources Faculty, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, ⁴Assistant Prof., at Pulp and Paper Industries, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: 02/03/2015; Accepted: 08/21/2015

Abstract

Background and objectives: Efficient use of waste papers and improve their quality has always been one of the targets in the pulp and paper industries. This study aimed to compare two stages bleaching of deinked pulp of newspaper and Magazine recycled pulp mixture using Sodium Dithionite (Y) and hydrogen peroxide (P).

Materials and methods: Firstly, the pulp was bleached using 1% hydrogen peroxide and in the next stage bleaching was performed using 0.5 and 0.75 percent dithionite and of hydrogen peroxide Respectively for 60, 90 and 120 minute.

Results: The results showed that with increase dosage of hydrogen peroxide in the second stage of PP sequence, decrease in bulk, opacity and increase in strength properties wasn't significant but increase in brightness and effluent COD showed significant changes. Prolongation of bleaching time in the second stage of PP sequence cause significant reduction in bulk, opacity and increase of effluent COD, brightness and strength properties. with increase the time of bleaching reactions in second stage of PY sequence, bulk and opacity reduction and increase in strength properties and brightness wasn't significant, but with chemical dosage increasing, just brightness increasing was significant. Also, according to the results, with increase of chemical dosage in second stage of PY sequence, increase in the amount of Effluent COD load wasn't significant, but with increasing of time of

*Corresponding author: hadiaryaie@gmail.com

bleaching reactions in second stage of this sequence, increase in the amount COD load was significant.

Conclusion: Regarding to the results, effluent's COD, brightness level and strength properties of PP sequence was higher than PY while bulk and opacity of that was lower than PY ones.

Keywords: Deinked Pulp, Two stages Bleaching, Hydrogen Peroxide, Sodium Dithionite, Chemical Oxygen Demand

