

## بررسی ویژگی‌های نوری و مقاومتی خمیر کاغذهای شیمیایی-مکانیکی (CMP) رنگ‌بری شده با توالی‌های اکسیژن، پروکسید هیدروژن و دی تیونیت سدیم

رامین ویسی<sup>۱</sup> و محمدرضا سلیمی‌فر<sup>۲</sup>

\*<sup>۱</sup> - نویسنده مسئول، دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، پست الکترونیک: vaysi\_r452@yahoo.com

<sup>۲</sup> - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۶

### چکیده

این تحقیق باهدف تأثیر رنگ‌بری با روش کاملاً بدون کلر (TCF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذ CMP انجام شد. به همین منظور مقداری خمیر رنگ‌بری نشده شیمیایی-مکانیکی (CMP) به صورت تصادفی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. سپس این خمیرها با توالی‌های دو و سه مرحله‌ای OP, PY, OPY, O(Eo)P و با استفاده از اکسیژن (O)، پروکسید هیدروژن (P)، استخراج قلیایی با اکسیژن (Eo) و دی تیونیت سدیم (Y) رنگ‌بری گردید. از خمیر کاغذهای مذکور کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه  $70 \text{ gr/m}^2$  تهیه و خواص نوری و مقاومتی آنها طبق آزمون‌های استاندارد TAPPI اندازه‌گیری و مقایسه شد. نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری بدون ترکیبات کلر (TCF) روشنی، سبزرنگی، مقاومت به پارگی، کششی، ترکیدن و تابش افزایش و ماتی و فاکتور  $a^*$  کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ CMP کاهش را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، نقش توالی رنگ‌بری سه مرحله‌ای O(Eo)P و همچنین توالی‌های رنگ‌بری دو مرحله‌ای (PY) و (OP) در رنگ‌بری خمیر کاغذ CMP و بهبود روشنی و مقاومت‌های کاغذ حاصل مؤثرتر از توالی یک مرحله‌ای (P) و خمیر رنگ‌بری نشده کارخانه بوده است.

واژه‌های کلیدی: خمیر کاغذ CMP، توالی رنگ‌بری، پروکسید هیدروژن، رنگ‌بری کاملاً بدون کلر، خواص نوری و مقاومتی.

### مقدمه

هیدروژن رنگ‌بری می‌شود و معمولاً برای تولید کاغذ چاپ و تحریر سفارشی ویژگی‌های نوری و مقاومتی مطلوبی را ندارد. برای افزایش کارایی رنگ‌بری سعی بر آن است تا به جای یک مرحله رنگ‌بری از توالی‌های رنگ‌بری دو و یا سه مرحله‌ای استفاده گردد. با توجه به اینکه خمیر کاغذهای شیمیایی-مکانیکی (CMP) بازدهی بالایی دارد، حضور لیگنین و اجزای جدا شده از آن در طی پخت و همچنین وجود ناخالصی‌های موجود در این نوع خمیر کاغذها می‌تواند از عوامل مهم کاهش کیفیت و ویژگی‌های کاغذ تولیدی در کوتاه‌مدت، زرد شدن و شکننده شدن آنها را به وجود آورده و یا تخریب نوری آنها را تسریع کند. علاوه بر آن در اثر

امروزه با افزایش جمعیت و افزایش تقاضای مصرف کاغذ و فراورده‌های آن از یک طرف، محدودیت سطح جنگل‌های تجاری و رقابت صنایع چوب و کاغذ و همچنین توجه به مسائل زیست محیطی از طرف دیگر استفاده از خمیرهای مکانیکی و پربازده را مورد توجه قرار داده است. در حال حاضر سالیانه حدود ۵۲۰۰۰ تن کاغذ روزنامه و حدود ۳۸۰۰۰ تن در سال کاغذ چاپ و تحریر سفارشی از چوب‌های ممرز، راش و صنوبر و از فرایند شیمیایی-مکانیکی (CMP) در کارخانه چوب و کاغذ مازندران تولید می‌شود. خمیر کاغذ CMP تولیدی یک مرحله با پروکسید

مقاومت به پارگی و مقاومت به ترکیدن در دو توالی رنگ‌بری OD(E<sub>p</sub>)P و OD(E<sub>p</sub>)D نسبت به توالی EH کارخانه (شاهد) افزایش محسوسی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، در بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، ابتدا توالی رنگ‌بری OD(E<sub>p</sub>)P و پس از آن توالی OD(E<sub>p</sub>)D نسبت به توالی رنگ‌بری EH کارخانه (شاهد) بهتر شناخته شد.

Hashemi (۲۰۱۵) با بررسی رنگ‌بری خمیر کاغذ سودای ساقه توتون با روش کاملاً بدون کلر (TCF) گزارش کرد که با افزایش استفاده از هیدروکسید سدیم و پروکسید هیدروژن، روشنی خمیر کاغذ حاصل افزایش و عددکاپای آن کاهش یافته است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مرحله کی‌لیت سازی اولیه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بر روشنی، عدد کاپا و بازده خمیر کاغذ رنگ‌بری شده مؤثر است و این تیمار کمترین روشنی و بیشترین عددکاپا و بازده را در میان همه تیمارها داشته است. در نهایت، تیمار ۳ درصد سودسوزآور به همراه ۵ درصد پروکسید هیدروژن با مرحله کی‌لیت سازی اولیه که دارای بیشترین روشنی (۴۴/۵۰ درصد) و کمترین بازده (۸۳/۲۰ درصد) بوده، به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

Hedjazi (۲۰۰۷) با بررسی رنگ‌بری خمیر کاغذ سودا از کاه گندم با روش کاملاً بدون کلر (TCF) گزارش کرد که با استفاده از فرایند رنگ‌بری کاملاً بدون کلر O/Q/OP می‌توان از یکسو روشنی و ویژگی‌های مقاومتی بیشتری را در مقایسه با توالی CEH به‌دست آورد و از سوی دیگر، مقدار AOX را به صفر رساند که این حالت از لحاظ زیست‌محیطی اهمیت زیادی دارد.

Forsskahl و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی تأثیر کروموفورهای مشتق شده از کربوهیدرات‌ها طی زردی خمیرهای پر بازده و TCF گزارش کردند که افزایش ۵- هیدروکسی متیل -۲- فرم آلدئید (HMF)، بدرنگی خمیر کاغذ را تقویت می‌کند و HMF به‌عنوان یک واسطه در زردی خمیرهای کاغذ عمل می‌کند. اگرچه زردی اولیه در طول موج حدود ۵۰ نانومتر در خمیرهای مکانیکی - شیمیایی نیز اتفاق می‌افتد.

رنگ‌بری و ادامه لیگنین‌زدایی از خمیر کاغذ به همراه شستشو، عوامل بدرنگی کاغذ بخصوص کروموفورهای جاذب نور و کینون‌های جدا شده از لیگنین، مواد عصاره‌ای ناشی از چوب و یون‌های فلزی موجود در خمیر حذف یا به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، در نتیجه خمیر و کاغذ حاصل به‌صورت سفید شده تغییر رنگ داده و ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذ حاصل بهبود و یا تغییرات محسوسی را از خود نشان خواهد داد (Vaysi, 2015). در شرایط متداول جهانی، از سیستم رنگ‌بری با حفظ لیگنین بخصوص برای سفیدسازی خمیرهای مکانیکی و پر بازده استفاده می‌شود. در صورتی که در رنگ‌بری با حذف لیگنین معمولاً از کلر و یا ترکیبات کلر استفاده می‌گردد، به‌طوری که در مرحله کلر زنی (C) مقادیر زیادی پساب تولید می‌شود و علاوه بر مزایای کلر، به علت تولید ترکیبات کلرینه شده لیگنین (AOX)، مرحله کلر زنی (C) حذف می‌گردد، در صورتی که ترکیبات کلردار بخصوص هیپوکلریت (NaOCl) و دی اکسید کلر (ClO<sub>2</sub>) نیز حذف گردد و به‌جای آنها از اکسیژن (O<sub>2</sub>)، ازن (O<sub>3</sub>)، پروکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) و یا ترکیبی از آنها استفاده شود، در این شرایط، به این سیستم، رنگ‌بری کاملاً بدون کلر (TCF) گفته می‌شود (Vaysi, 2015). از این‌رو در این تحقیق سعی بر آن است تا با استفاده از توالی‌های رنگ‌بری OP, OPY, PY و O(E<sub>0</sub>)P ضمن حذف مرحله کلر زنی و حتی ترکیبات کلر، تأثیر توالی‌های رنگ‌بری کاملاً بدون کلر (TCF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی-مکانیکی (CMP) تولیدی کارخانه چوب و کاغذ مازندران در شمال ایران بررسی و مناسب‌ترین نتایج گزارش شود.

در این ارتباط Vaysi (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر رنگ‌بری بدون عنصر کلر (ECF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی خمیر کاغذ سودای باگاس گزارش کرد که در طی رنگ‌بری با توالی‌های مذکور، عدد کاپا و مقدار لیگنین باقی‌مانده در خمیر کاهش داشته است. در اثر رنگ‌بری روشنی، سبزرنگی و نسبت K/S کاغذ حاصل از خمیر سودای باگاس افزایش را نشان می‌دهد. در میان تیمارهای رنگ‌بری مختلف، ویژگی‌های روشنی، ماتی، ضریب جذب، مقاومت کششی،

## مواد و روش‌ها

## تهیه نمونه‌های آزمایشی

برای انجام این تحقیق، حدود ۱۵ کیلوگرم خمیر رنگ‌بری نشده شیمیایی-مکانیکی (CMP) به صورت تصادفی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتخاب شد.

## رنگ‌بری خمیر کاغذ CMP

بعد از لیگنین‌زدایی با اکسیژن، بخشی از خمیرهای مورد نظر با توجه به شرایط ایجاد شده در جدول ۱ و پس از کی‌لیت کردن با DTPA، با پروکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) رنگ‌بری شد. مرحله پیش‌تیمار با عامل کی‌لیت کننده (DTPA) و رنگ‌بری در داخل کیسه‌های پلاستیکی و در حمام آب گرم انجام شد. بخش دیگری از خمیر کاغذها نیز با هیدروکسید سدیم و اکسیژن ( $E_0$ )، پروکسید هیدروژن (P) و دی تیونیت سدیم (Y) به صورت جداگانه رنگ‌بری شد و بعد خمیر رنگ‌بری شده CMP با آب مقطر شستشو گردید (جدول ۱) (Barzan, 2002; Mirshokraie, 2005; TAPPI, 2009). بعد از رنگ‌بری با پروکسید هیدروژن و شستشو، خمیر رنگ‌بری شده با پالایشگر آزمایشگاهی PFI Mill تا رسیدن به درجه روانی CSF ۳۰۰ پالایش شد.

## لیگنین‌زدایی با اکسیژن

عملیات لیگنین‌زدایی با اکسیژن در دیگ پخت آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس انجام شد. سیلندرهاى این دیگ پخت توسط المنت‌های برقی که محیط خارجی آن را احاطه کرده بودند گرم شد، این سیلندرها به بازوی محرکی متصل بود که ۲ سیلندر موجود را کاملاً می‌چرخانید و بر اساس این چرخش خمیر موجود در سیلندرها کاملاً با اکسیژن داخل آن ترکیب شده و واکنش شیمیایی لازم در خمیر اتفاق افتاد. عمل تزریق اکسیژن از طریق یک کیسول اکسیژن که به یک مانومتر متصل بود، انجام شد. برای آماده‌سازی خمیر کاغذ برای لیگنین‌زدایی با اکسیژن، ابتدا لازم است نمونه خمیر هواخشک رنگ‌بری نشده CMP را به درصد خشکی ۱۰٪ رسانده و برای جلوگیری از تخریب

جدول ۱- شرایط رنگ‌بری با توالی‌های OP, OPY, PY و O(E<sub>0</sub>)P برای خمیر CMP

شرایط	پیش‌تیمار با DTPA	O	E <sub>0</sub>	Y	P
درصد خشکی	۴	۱۰	۱۰	۴	۱۲
دما (OC)	۲۵	۱۰۰	۸۵	۶۵	۷۵
زمان (min)	۳۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
فشار (bar)	-	۶	-	-	-
DTPA (%)	۰/۳	-	-	۰/۲۵	-
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	-	-	-	-	۳
NaOH (%)	-	۱/۵	۱/۲	-	۱/۵
O <sub>2</sub> (%)	-	۰/۵	۰/۵	-	-
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (%)	-	-	-	۳	-
pH نهایی	۵/۱	۱۱	۱۱	۴	۹/۱
نسبت وزنی NaOH/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-	-	-	-	۰/۷
سولفات منیزیم	-	۰/۵	-	-	-
سیلیکات سدیم	-	-	-	-	۳

از آزمون‌های ۹۸-  $T_{414} \text{ om}$ ، ۰۲-  $T_{403} \text{ om}$ ، ۹۶-  $T_{494} \text{ om}$  و ۸۸-  $T_{498} \text{ om}$  استاندارد TAPPI اندازه‌گیری و مقایسه شد (Barzan, 2002; TAPPI, 2009).

#### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. برای بررسی اثر متقابل متغیرها و گروه‌بندی میانگین‌ها از طرح کاملاً تصادفی، آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و گروه‌بندی میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد.

#### نتایج

مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی در سطح متغیرها مقایسه میانگین ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذ حاصل خمیرکاغذ CMP طی توالی‌های رنگ‌بری کاملاً بدون کلر (TCF) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین میانگین کلیه مشخصه‌ها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲).

اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز

برای اندازه‌گیری خواص نوری و مقاومتی کاغذهای حاصل از خمیرکاغذ رنگ‌بری شده طی توالی‌های OP، OPY، PY و  $O(E_0)P$  و همچنین خمیرکاغذ CMP رنگ‌بری نشده کارخانه چوب و کاغذ مازندران (شاهد)، ابتدا طبق آزمون شماره ۸۸-  $T_{205} \text{ om}$  استاندارد TAPPI، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه  $70 \text{ gr/m}^2$  تهیه شد. برای اندازه‌گیری خواص نوری کاغذهای تهیه شده از دستگاه اسپکتروفوتومتری استفاده شد. این دستگاه در سیستم CIElab قادر به تشخیص رنگ فرآورده‌های کاغذی می‌باشد. عملکرد این سیستم بر اساس خاصیت انعکاس نور از سطح مورد مطالعه، استوار است. به طوری که فاکتورهای  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بر این اساس و همچنین ویژگی‌های ماتی و روشنی به ترتیب با استفاده از آزمون استاندارد ۹۶-  $T_{425} \text{ om}$  و استاندارد ۹۸-  $T_{452} \text{ om}$  تعیین شد. سپس ویژگی‌های مقاومتی بخصوص مقاومت به پارگی، ترک‌شدن، کششی و طول پارگی کاغذهای حاصل به ترتیب با استفاده

جدول ۲- تجزیه واریانس یک طرفه ویژگی‌های خمیرکاغذ CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)

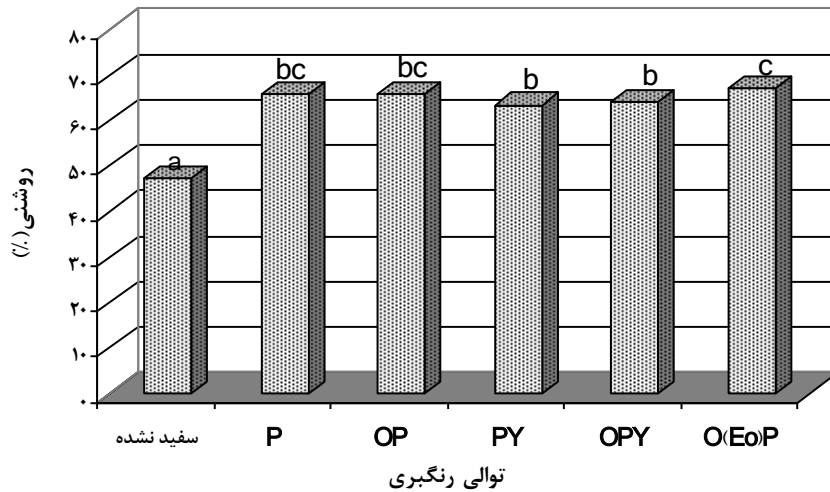
مشخصه	روشنی		فاکتور $a^*$		مقاومت به پارگی		مقاومت کششی		مقاومت به ترک‌شدن	
	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری
تیمارها	۷۲/۹	۰/۰۰۰۱	۱۳۰/۸	۰/۰۰۱	۸۴/۲	۰/۰۰۰۱	۳۱/۶	۰/۰۰۰۱	۶۳/۹۸	۰/۰۰۰۱

پخت، کروموفورها و اجزای لیگنین از الیاف خمیرکاغذ CMP تخریب، انحلال و جداسازی می‌شوند، ظاهراً نقش توالی رنگ‌بری سه مرحله‌ای در سفیدسازی خمیرکاغذ CMP و بهبود روشنی خمیر حاصل بیشتر از توالی یک مرحله‌ای کارخانه (P) بوده است. در این میان استفاده از پروکسید هیدروژن به عنوان یک رنگ‌بر اکسایشی نیز مؤثرتر

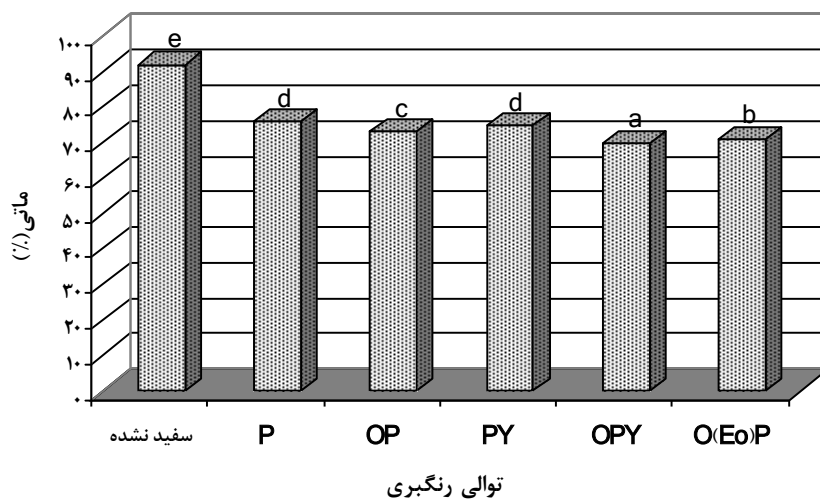
مقایسه روشنی کاغذ حاصل از خمیرکاغذهای CMP نتایج نشان داد در اثر رنگ‌بری روشنی کاغذ حاصل از خمیرکاغذ CMP افزایش محسوسی را داشته است. در بین توالی‌های مختلف، بیشترین روشنی طی رنگ‌بری با توالی  $O(E_0)P$  (۶۷٪) و کمترین آن در خمیرکاغذ CMP سفید نشده (۴۷/۳۰٪) مشاهده شد. با توجه به اینکه در طی

خمیر کاغذ حاصل سفید شده است (Luiss, 2002; Bajpai, 1998). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین روشنی تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۱).

از دی تیونیت سدیم به نظر می‌رسد. نتایج سایر تحقیقات نشان داد که در توالی رنگ‌بری OD(Ep)P با وجود یک ماده رنگ‌بر قوی همانند پروکسید هیدروژن باعث شده تا در مراحل پایانی توالی رنگ‌بری، لیگنین باقی‌مانده در خمیر حذف یا کاهش و یا به صورت اکسایشی تغییر رنگ داشته و



شکل ۱- مقایسه روشنی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)

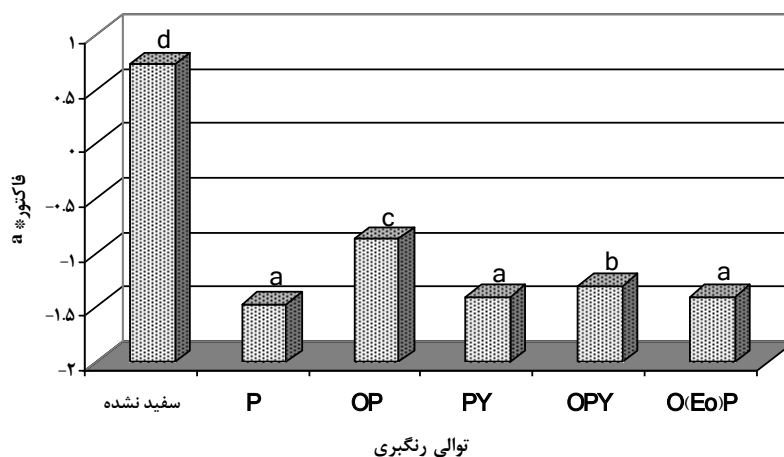


شکل ۲- مقایسه ماتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)

کاغذ می‌باشد. نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری فاکتور  $a^*$  کاهش و سبزرنگی کاغذ رنگ‌بری شده افزایش را نشان می‌دهد. به طوری که کمترین فاکتور  $a^*$  و بیشترین سبزی در کاغذ حاصل از توالی رنگ‌بری P کارخانه (-۱/۴۷) مشاهده شد. همچنین بیشترین فاکتور  $a^*$  و کمترین سبزی در کاغذ حاصل از خمیر کاغذ رنگ‌بری نشده (۰/۷۳) مشاهده شد. با توجه به اینکه کروموفورها و کینون‌های جدا شده از لیگنین که جاذب نور هستند در طی رنگ‌بری حذف و یا کاهش می‌یابند، در نتیجه قرمز رنگی در کاغذهای سفید شده کاهش و سبزرنگی که مناسب کاغذهای چاپ و تحریر است افزایش را نشان می‌دهد (Vaysi, 2015; Tran, 2003). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین فاکتور  $a^*$  تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۳).

مقایسه ماتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری ماتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذ CMP کاهش یافته است. در بین توالی‌های مختلف، بیشترین ماتی (۹۱/۸٪) مربوط به کاغذ رنگ‌بری نشده کارخانه و کمترین آن (۶۹/۶٪) مربوط به توالی رنگ‌بری OPY بوده است. با توجه به اینکه در اثر رنگ‌بری گروه‌های رنگ‌ساز موجود در خمیر حذف می‌گردد، در نتیجه عبور نور از کاغذ حاصل از خمیرهای سفید شده بیشتر و ماتی کاغذ سفید شده نسبت به سایر نمونه‌های آزمون‌های کاهش محسوس را نشان می‌دهد (Paullsson, 2001; Vaysi, 2015). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین ماتی تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲).

مقایسه فاکتور  $a^*$  کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP فاکتور  $a^*$  نشان‌دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز در



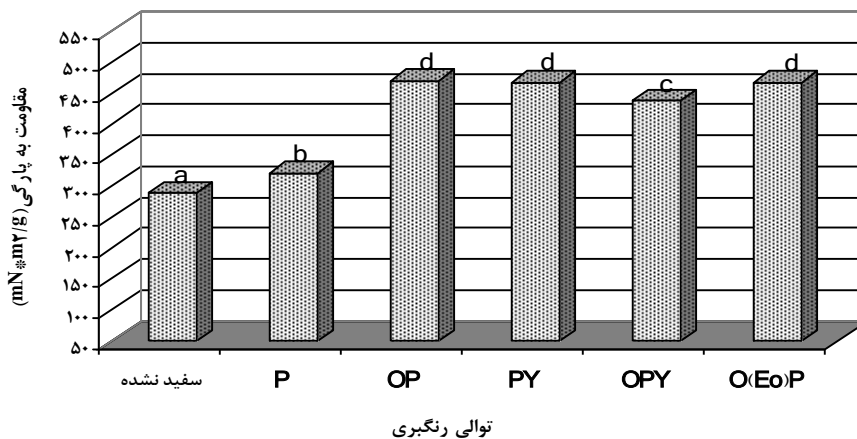
شکل ۳- مقایسه فاکتور  $a^*$  کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)

مقایسه شاخص مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری شاخص مقاومت به پارگی افزایش یافته است. به طوری که کمترین شاخص مقاومت به پارگی در کاغذ سفید نشده کارخانه

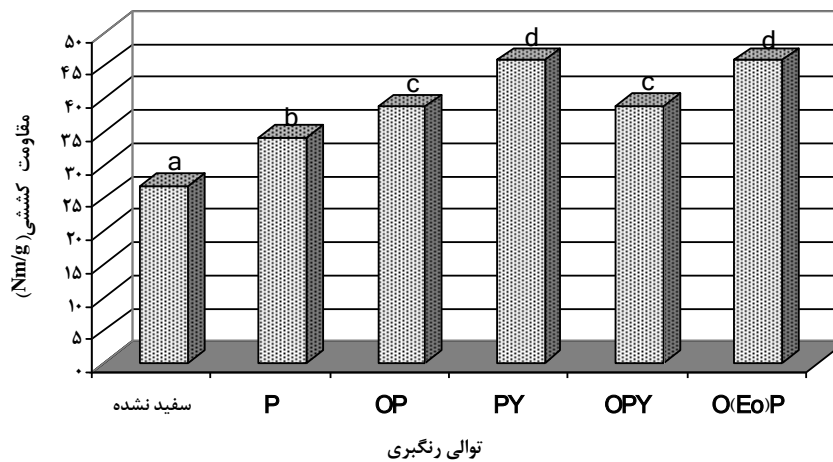
مقایسه شاخص مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری شاخص مقاومت به پارگی افزایش یافته است. به طوری که کمترین شاخص مقاومت به پارگی در کاغذ سفید نشده کارخانه

شاخص مقاومت به پارگی کاغذ حاصل نیز شده است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین میزان شاخص مقاومت به پارگی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۴).

پارگی کاغذ حاصل از رنگ‌بری افزایش یافته است (Vaysi, 2015). این تأثیر که در اثر کاهش و یا اکسایش لیگنین بوده در توالی‌های رنگ‌بری OP, PY و O(E<sub>0</sub>)P تأثیر بیشتری در افزایش انعطاف‌پذیری الیاف داشته و باعث افزایش



شکل ۴- مقایسه مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)



شکل ۵- مقایسه مقاومت کششی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)

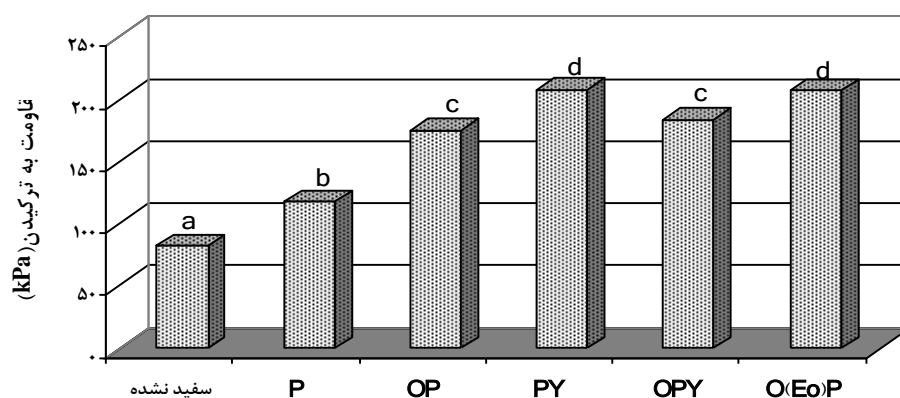
رنگ‌بری شده، کاغذهای حاصل از دو توالی PY و O(E<sub>0</sub>)P بیشترین مقاومت به کشش (۴۶۸ Nm/g) و کاغذ حاصل از خمیر رنگ‌بری نشده کمترین شاخص مقاومت کششی (۲۸۸/۳ Nm/g) را داشته‌اند. در اثر رنگ‌بری و کاهش مقدار و تأثیر

مقایسه شاخص مقاومت کششی کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری مقاومت کششی نمونه‌های آزمون افزایش یافته است. در میان نمونه‌های

لیگنین بر الیاف، گروه‌های هیدروکسیل بیشتری در دسترس بوده، سطح اتصال و سطح پیوند افزایش یافته و مقاومت کششی کاغذهای حاصل از خمیر رنگ‌بری شده افزایش محسوسی را نشان داده است (Vaysi, 2015; Cater, 1996). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین شاخص مقاومت کششی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۵).

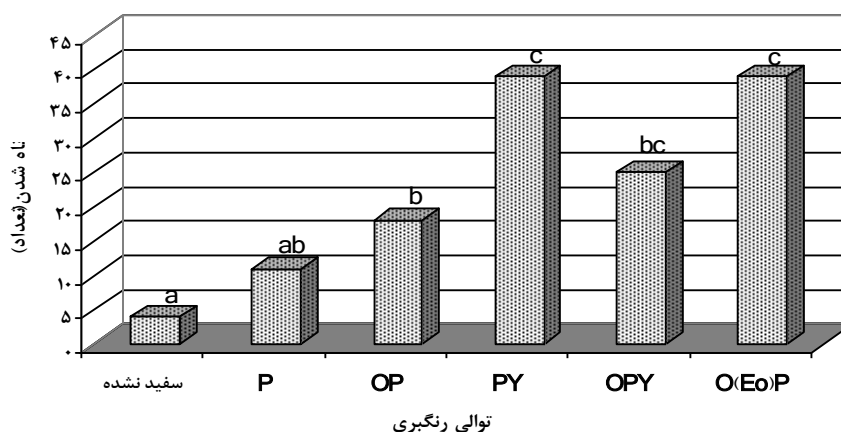
مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به ترکیدن

مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به ترکیدن



توالی رنگ‌بری

شکل ۶- مقایسه مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)



شکل ۷- مقایسه مقاومت به تاشدن کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP

رنگ‌بری شده با روش کاملاً بدون کلر (TCF)



نسبت به توالی EH کارخانه (شاهد) افزایش محسوسی را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، در بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، ابتدا توالی رنگ‌بری OD(E<sub>p</sub>)P و پس از آن توالی OD(E<sub>p</sub>)D نسبت به توالی رنگ‌بری EH کارخانه (شاهد) بهتر شناخته شد (Vaysi, 2015). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داد که حذف ترکیبات و گروه‌های آروماتیکی، گروه‌های رنگ‌ساز و گروه‌های جاذب نور در طی توالی رنگ‌بری است که باعث بهبود مقاومت‌های کاغذ شده است (Jeffries, 1996; Coasta, 2007). همچنین به علت وجود کینون‌ها و ترکیبات جدا شده از لیگنین در خمیرهای مکانیکی است که جذب نور توسط ترکیبات موجود در کاغذ حاصل افزایش و تخریب نوری نیز تشدید می‌گردد (Buchert, 1994).

#### منابع مورد استفاده

- Barzan A. and Soraki, S., 2002. Procedure for pulp and paper testing and experiment, Mazandaran Wood and Paper Industries, Sari, Iran, 111-121, (in Persian).
- Buchert, J., Tenkanen, M., Kantelinen, A. and Viikari, L., 1994. Application of xylanases in the pulp and paper industry, *Bioresource Technology*, 50(1): 65-72.
- Bajpai, P., 1998. *Biotechnology for environmental protection in pulp and paper industry*. Springer. Germany, Pp: 91-107.
- Costa, M.M. and Colodette, J.L., 2007. The impact of kappa number composition on eucalyptus kraft pulp bleachability, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 24(1): 61-71.
- Cater, Henry A., 1996. The chemistry of paper preservation, *Journal of Chemical Education*, 73(11), 1068-1073.
- Forsskahl I., Tylli, H. and Olkkonen, C., 2000. Participation of carbohydrate – derived chromospheres in the yellowing of high – yield and TCF pulps, *Journal of pulp and paper science*, 26(7): 98-104.
- Hashemi, S.R., 2015. Investigation on TCF bleaching of Tobacco stalk soda pulp, *Iranian j. of wood and paper sci. and technology* 29(4), 619-628.
- Hedjazi, S. and Jahan Latibari, A., 2007. Investigation on TCF bleaching of wheat straw soda pulp, *Journal of the Natural Res.*, 59(4), 935-951.
- Jeffries, T.W. and Viikari, L., 1996. *Enzymes for pulp and paper processing*, American chemical society,

مقاومت به تاشدن کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای CMP نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به تاشدن (۳۹ عدد) در کاغذ حاصل از دو توالی PY و O(EO)P و کمترین آن (۴ عدد) مربوط به کاغذ حاصل از خمیر رنگ‌بری نشده بوده است. به طوری که در اثر رنگ‌بری و کاهش مقدار و تأثیر لیگنین بر الیاف سطح و مقاومت اتصال افزایش یافته و مقاومت به تاشدن کاغذ در بین کلیه تیمارهای رنگ‌بری شده افزایش یافته است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین مقاومت به تاشدن نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۷).

#### بحث

این تحقیق باهدف بررسی تأثیر رنگ‌بری بدون ترکیبات کلر (TCF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذ CMP انجام شد. نتایج نشان داد که در اثر رنگ‌بری بدون ترکیبات کلر (TCF) روشنی، سبزرنگی، مقاومت به پارگی، کششی، ترکیدن و تاشدن افزایش و ماتی و فاکتور a\* کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ CMP کاهش را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین میزان ویژگی‌های کاغذهای حاصل در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. نتایج سایر تحقیقات نشان داد که در توالی رنگ‌بری OD(E<sub>p</sub>)P با وجود یک ماده رنگ‌بر قوی همانند پروکسید هیدروژن باعث شده تا در مراحل پایانی رنگ‌بری، لیگنین باقی مانده در خمیر حذف یا کاهش یافته و یا به صورت اکسایشی تغییر رنگ داشته و خمیر کاغذ حاصل سفیدتر شده است (Xue, 2002; Bajpai, 1998). در این تحقیق استفاده از پروکسید هیدروژن به عنوان یک رنگ‌بر اکسایشی نیز مؤثرتر از دی تیونیت سدیم به نظر رسید. نتایج سایر تحقیقات نشان داد در اثر رنگ‌بری روشنی، سبزرنگی و نسبت K/S کاغذ حاصل از خمیر سودای باگاس افزایش یافته است. در بین تیمارهای رنگ‌بری مختلف، ویژگی‌های روشنی، ماتی، ضریب جذب، مقاومت کششی، مقاومت به پارگی و مقاومت به ترکیدن در دو توالی رنگ‌بری OD(E<sub>p</sub>)P و OD(E<sub>p</sub>)D

- Tran A.V., 2003. Thermal yellowing of hard wood kraft pulp bleaching with a chlorine dioxide based sequence , Journal of pulp and paper science , 28(4),115-116.
- Technical Association of Pulp and Paper Industry, 2009. Standard Test method, TAPPI Press, Atlanta, GA.USA.
- Vaysi, R., 2015. A Study on the possibility of extraction, identification and removal of metallic ions and resins in bleached bagasse pulp by ECF stages , Iranian journal of wood and paper science research, 30(1), 72-84.
- Xue, C., 2002. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bleaching of mechanical pulps , Journal of pulp and paper science, 28(1), p.30.
- Washington, DC, 326p.
- Luiss, A.J. and Jackson, 2002. Textbook of pulping technology, McGraw-Hill, New York, NY, 126-132.
- Mirshokraie S.A., 2003. Pulp and paper technology, Aeeizh publication, Tehran, Iran, 209-210p, (Translated in Persian).
- Mirshokraie S.A. and Abdolkhani A., 2005. Effects of metallic ions on brightness CMP pulp of hardwoods in north of Iran, Iranian journal national resource,58 (2),405-414, (in Persian).
- Paullsson, M., Lucian A. and Arthur J., 2001. Photo-yellowing of untreated chemi-thermo-mechanical pulp under argon, ambient and oxygen atmosphere, Journal of wood chemistry and technology ,21 (4),343-360.

Archive of SID

## Investigation on optical and mechanical properties of oxygen, hydrogen peroxide and sodium dithionite bleached chemi-mechanical pulps (CMP)

R. Vaysi<sup>1\*</sup> and M.R. Salimifard<sup>2</sup>

1\*- Corresponding Author, Associate Prof., Islamic Azad University of Chalous, Iran, Email:vaysi\_r452@yahoo.com.

2- Graduated in Wood and Paper Technology, Islamic Azad University of Chalous, Iran

Received: April, 2017

Accepted: July, 2017

### Abstract

This study investigate the effect of TCF bleaching on optical and mechanical properties of CMP pulp. Some unbleached CMP pulps were randomly selected from Mazandaran Wood and Paper Industries (MWPI). Then these pulps were bleached with two and three stage OP, OPY, PY and O(Eo)P bleaching sequences using oxygen(O), alkali extraction with oxygen (Eo), sodium dithionite(Y). Hand sheets were prepared from bleached pulps with 70 gr/m<sup>2</sup> basis weight and then the optical and mechanical properties were measured according to TAPPI Standard test methods and compared. The results showed that brightness, greenness, fold, tensile and tear strength were increased and opacity and a\* factor were decreased. In general, the impact three stage O(Eo)P and two OP and PY bleaching sequences were more effective than P stage in improving the brightness and paper strength.

**Keywords:** CMP pulp, hydrogen peroxide, oxygen, TCF bleaching, optical and mechanical properties.