

بررسی و مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ سودای باگاس رنگبری شده با توالی‌های بدون گاز کلر (ECF) و بدون ترکیبات کلردار (TCF)

رامین ویسی^{۱*} و علیرضا باقری^۲

*^۱ - نویسنده مسئول، دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، پست الکترونیک: vaysi_r452@yahoo.com

^۲ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۶

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه اثرات رنگبری بدون گاز کلر (ECF) و بدون ترکیبات کلردار (TCF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذ سودای باگاس انجام شد. به همین منظور مقداری خمیر کاغذ رنگبری نشده سودای باگاس به صورت تصادفی از کارخانه پارس خوزستان انتخاب شد. سپس این خمیر کاغذها با توالی‌های یک، دو و سه مرحله‌ای OP, P, OPY, O(Ep)P, EHP, O(Ep)H با استفاده از اکسیژن (O)، پروکسید هیدروژن (P)، استخراج قلیایی با پروکسید هیدروژن (Ep)، هیپوکلریت سدیم (H) و دی‌تیونیت سدیم (Y) رنگبری گردید. از خمیر کاغذهای مذکور کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۷۰ gr/m² تهیه و خواص نوری و مقاومتی آنها طبق آزمون‌های استاندارد TAPPI اندازه‌گیری و مقایسه شد. نتایج نشان داد که در اثر رنگبری بدون ترکیبات کلردار (TCF) و بدون گاز کلر (ECF) روشنی، سبزرنگی، مقاومت به پارگی (به جز توالی EHP)، کششی، ترکیدن، طول پارگی و تابش افزایش و ماتی و فاکتور a* کاغذهای حاصل کاهش را نشان می‌دهد. همچنین تأثیر توالی‌های TCF در بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس محسوس‌تر از توالی‌های ECF بود. به‌طور کلی، نقش توالی‌های رنگبری سه مرحله‌ای OPY و O(Ep)H و همچنین توالی رنگبری دو مرحله‌ای OP در سفیدسازی و بهبود روشنی و مقاومت‌های کاغذ حاصل مؤثرتر از توالی دو مرحله‌ای EH (شاهد) و خمیر کاغذ رنگبری نشده سودای باگاس کارخانه بوده است.

واژه‌های کلیدی: خمیر سودا، باگاس، توالی رنگبری، TCF, ECF، ویژگی نوری و مقاومتی.

مقدمه

همچنین وجود ناخالصی‌ها و اجزای شیمیایی مواد آلی و معدنی موجود در خمیر کاغذ 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 نمایند. به همین منظور در این کارخانه خمیر کاغذ سودای باگاس قبلاً با توالی CEH و در حال حاضر با توالی EH (استخراج قلیایی (E) و هیپوکلریت سدیم (H)) رنگبری می‌شود. اما در مرحله کلرزنی (C)، درصد خشکی خمیر حدود

امروزه با افزایش جمعیت و محدودیت مواد اولیه، استفاده از منابع لیگنوسولولزی غیر چوبی به یک ضرورت تبدیل شده است. بعضی از این منابع لیگنوسولولزی مانند باگاس، لیتتر پنبه و پنبه در صنایع فیبری ایران استفاده می‌شود. در حال حاضر و سالیانه مقادیر زیادی کاغذ چاپ و تحریر از باگاس در کارخانه پارس هفت‌تپه - اهواز تولید می‌گردد. در خمیر کاغذهای رنگبری نشده حضور لیگنین و اجزای جدا شده از آن در طی پخت و

Forsskahl و همکاران (۲۰۰۰) تأثیر کروموفورهای مشتق شده از لیگنین را در طی زردی خمیرهای پر بازده و TCF بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد 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 موج‌های حدود ۵۰ نانومتر در خمیر کاغذهای مکانیکی- شیمیایی نیز اتفاق می‌افتد.

Hashemi (۲۰۱۴) با بررسی رنگبری خمیر کاغذ سودا از ساقه توتون با روش کاملاً بدون کلر (TCF) گزارش کرد که با افزایش مقدار مصرف هیدروکسید سدیم و پروکسید هیدروژن، روشنی خمیر کاغذ حاصل افزایش و عدد کاپای آن کاهش می‌یابد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مرحله کی‌لیت سازی اولیه به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر روشنی، عدد کاپا و بازده خمیر کاغذ رنگ‌بری شده مؤثر است. در نهایت، تیمار ۳ درصد سود سوزآور 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.

Vaysi (۲۰۱۵) با استخراج، شناسایی و حذف یون‌های فلزی و رزین‌های موجود در خمیر کاغذ سودای باگاس رنگبری شده با توالی‌های ECF گزارش کرد که دو ترکیب اوکتا دکان و ۹-اوکتادکانوئیک اسید در خمیر کاغذ رنگبری نشده وجود دارد که در طی توالی‌های رنگبری مورد نظر از خمیر کاغذ حذف شده است. همچنین دو ترکیب ۲-۶-دی متیل -۶- نیترو -۲- هپتن -۴- ان و دودکان در مرحله رنگبری EH در خمیر موجود بوده، ولی در طی توالی‌های رنگبری

۳ درصد است و مقادیر زیادی پساب تولید می‌شود، که از نظر زیست‌محیطی بسیار مهم می‌باشد. علاوه بر مزایای کلر، به علت تولید ترکیبات کلرینه شده لیگنین (AOX)، امروزه در این کارخانه و در سیستم‌های متداول جهانی، مرحله کلر زنی (C) حذف می‌گردد و به‌جای آن از استخراج قلیایی (E)، هیپوکلریت سدیم (H)، دی‌اکسید کلر (D)، اکسیژن (O₂) و یا ترکیبی از آنها استفاده می‌گردد، که این سیستم را رنگبری بدون گاز کلر (ECF) می‌نامند. علاوه بر آن در اثر 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 باگاس و یون‌های فلزی موجود در خمیر حذف یا به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (Vaysi, 2015). در صورتی که علاوه بر مرحله کلر زنی (C)، مراحل رنگبری با هیپوکلریت (H) و دی‌اکسید کلر (D) نیز حذف گردد و به‌جای آن از اکسیژن (O₂)، ازن (O₃)، پروکسید هیدروژن (H₂O₂)، دی‌تیونیت سدیم (Y)، پلی سولفید (PS) یا ترکیبی از آنها استفاده می‌گردد، در این شرایط، به این سیستم، رنگبری با روش بدون ترکیبات کلردار (TCF) گفته می‌شود. در نتیجه خمیر 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. از این‌رو در این تحقیق سعی بر آن است تا با استفاده از رنگبری بدون ترکیبات کلردار (TCF) و بدون گاز کلر (ECF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذ حاصل از خمیر کاغذ سودای باگاس بررسی و مناسب‌ترین نتایج نیز گزارش گردد.

در این ارتباط Vaysi (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر رنگبری بدون 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. به‌طور کلی، در بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، ابتدا توالی رنگبری OD(Ep)P و پس از آن توالی OD(Ep)D نسبت به توالی رنگبری EH کارخانه (شاهد) بهتر شناخته شد.

شد. سیلندره‌های این دایجستر توسط المنت‌های برقی که محیط خارجی آن را احاطه کرده بود گرم می‌شد، 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 کاغذ اتفاق افتاد. عمل تزریق اکسیژن از طریق یک کپسول اکسیژن که به یک مانومتر متصل بود انجام شد. برای آماده سازی خمیر کاغذ برای رنگبری با اکسیژن، ابتدا لازم است نمونه خمیر کاغذ هوا خشک سودای باگاس را به درصد خشکی ۱۰٪ رسانده و برای جلوگیری از تخریب کربوهیدرات‌ها و سلولز در زمان واکنش شیمیایی با اکسیژن و لیگنین‌زدایی (رنگبری) مناسب‌تر، به خمیر سولفات منیزیم اضافه شود (Mirshokraie, 2003) (جدول ۱).

رنگبری خمیر کاغذ سودای باگاس

بعد از رنگبری با اکسیژن، بخشی از خمیر کاغذهای سودای باگاس با توجه به شرایط ایجاد شده در جدول ۱ و ۲ پس از کالیتر کردن با DTPA رنگبری شد. رنگبری در داخل کیسه‌های پلاستیکی و در حمام آب گرم انجام شد. بخش

OD(Ep)D و OD(Ep)P از خمیر کاغذ باگاس حذف شده است.

Luiss و همکاران (۲۰۰۲) با تهیه خمیر کرافت از یک گونه نی مرداب (Arundo donax) و رنگبری ECF سه مرحله‌ای با توالی رنگبری D(PO)D به روشنی حدود ۸۶ درصد رسیدند و گزارش کردند که نتایج حاصل از رنگبری خمیر کاغذ سودا و کرافت این گیاه غیر چوبی تقریباً یکسان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های آزمونی

برای انجام این تحقیق، حدود ۲۰ کیلوگرم نمونه آزمونی به صورت تصادفی از خمیر کاغذ باگاس تولیدی کارخانه پارس هفت تپه-اهواز، بعد از مرحله پخت انتخاب و بر اساس آزمون‌های استاندارد TAPPI آماده‌سازی شد.

رنگبری با اکسیژن

عملیات رنگبری با اکسیژن در دیگ پخت آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس انجام

جدول ۱- شرایط رنگبری با اکسیژن (O) و استخراج قلیایی با کمک پروکسید هیدروژن (Ep) برای خمیر کاغذ سودای باگاس

شرایط رنگبری	درصد خشکی	دما (°C)	زمان (min)	فشار (bar)	H ₂ O ₂ (%)	NaOH (%)	سولفات منیزیم (%)	O ₂ (%)	نهایی pH
O	۱۰	۱۰۰	۶۰	۶	-	۱/۵	۰/۵	۰/۵	۱۱
Ep	۱۰	۸۵	۶۰	-	۳	۱/۲	-	-	۱۱

دیگری از خمیر کاغذها نیز با هیدروکسید سدیم و پروکسید هیدروژن (EP)، پروکسید هیدروژن (P)، هیپوکلریت سدیم (H) و دی‌تیونیت سدیم (Y) به صورت جداگانه رنگبری گردید و بعد خمیر کاغذهای سودای باگاس با آب مقطر شستشو شد. بعد از پایان مراحل رنگبری طی توالی‌های OP، OPY، OPEP، EHP و O(Ep)H و پس

شستشوی آنها، خمیر کاغذ رنگبری شده سودای باگاس با پالایشگر آزمایشگاهی PFI Mill تا رسیدن به درجه روانی ۳۲۰ میلی لیتر (CSF) پالایش گردید. به طور کلی، برای افزایش گزینش‌پذیری توالی‌های رنگبری و بهبود ویژگی‌های کاغذ حاصل، خمیر کاغذهای مذکور ابتدا رنگبری و در نهایت پالایش شد.

جدول ۲- شرایط رنگبری در توالی‌های رنگبری OP، OPY، PY، O(E_P)P، EHP، O(E_P)H و برای خمیر کاغذ سودای باگاس

شرایط رنگبری	پیش تیمار با DTPA	دی تیونیت سدیم (Y)	پروکسید هیدروژن (P)	هیپوکلریت سدیم (H)
درصد خشکی	۴	۴	۱۲	۱۱
دما (°C)	۲۵	۶۵	۷۵	۵۰
زمان (min)	۳۰	۶۰	۶۰	۶۰
(%) DTPA	۰/۳	۰/۲۵	-	-
(%) H ₂ O ₂	-	-	۳	-
(%) NaOH	-	-	۱/۵	-
(%) Na ₂ S ₂ O ₄	-	۳	-	-
pH نهایی	۵/۱	۴	۹/۱	۱۰
نسبت وزنی NaOH/H ₂ O ₂	-	-	۰/۷	-
سیلیکات سدیم	-	-	۳	-
(%) NaOCl	-	-	-	۲

T ۴۹۸ om -۸۸ و T ۴۹۴ om -۹۶ ، T ۴۰۳ om -۰۲
استاندارد TAPPI اندازه‌گیری و مقایسه شد.

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 طی توالی‌های رنگبری ECF براساس آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین میانگین کلیه مشخصه‌ها در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳).

اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز: برای اندازه‌گیری خواص نوری و مقاومتی کاغذهای رنگبری نشده و رنگبری شده طی توالی OP، OPY، PY، O(E_P)P، EHP، O(E_P)H و EH کارخانه (شاهد)، ابتدا طبق آزمون شماره ۸۸- T ۲۰۵ om استاندارد TAPPI، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه ۷۰ gr/m² تهیه شد. آنگاه برای اندازه‌گیری خواص نوری کاغذهای تهیه شده از دستگاه اسپکتروفتومتری استفاده شد. این دستگاه در سیستم CIElab قادر به تشخیص رنگ فراورده‌های کاغذی می‌باشد. عملکرد این سیستم بر اساس خاصیت انعکاس نور از سطح مورد مطالعه استوار است. به طوری که ویژگی‌های نوری، فاکتورهای L^* ، a^* و b^* بر این اساس تعیین شدند. همچنین ویژگی‌های ماتمی و روشنی به ترتیب با استفاده از آزمون استاندارد ۹۶- T ۴۲۵ om و استاندارد ۹۸- om T ۴۵۲ تعیین شد. سپس ویژگی‌های مقاومتی بخصوص مقاومت به پارگی، ترکیدن، کششی و طول پارگی کاغذهای حاصل به ترتیب با استفاده از آزمونهای ۹۸- T ۴۱۴ om،

جدول ۳- تجزیه واریانس یک طرفه ویژگی‌های خمیرکاغذ سودای باگاس رنگبری شده با توالی‌های ECF و TCF

مشخصه متغیر	روشنی		فاکتور α^*		مقاومت به پارگی		مقاومت کششی		مقاومت به ترکیدن	
	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F
تیمارها	۰/۰۰۰۱	۹۱۶/۴	۰/۰۰۰۱	۴۶/۷	/۰۰۱	۲۳۴/۱	۰/۰۰۰۱	۸۲۴/۲	۰/۰۰۰۱	۴۱۷/۲

نتایج حاصل از ویژگی کاغذ حاصل از خمیرکاغذهای باگاس رنگبری شده با توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد که در طی رنگبری با توالی‌های ECF و TCF عدد کاپا و مقدار لیگنین باقی مانده در خمیر کاهش یافته است. ویژگی‌های خمیرکاغذ حاصل از رنگبری در مقایسه با نمونه شاهد افزایش و ماتی کاهش را نشان

می‌دهد. مقایسه سبزرنگی (فاکتور α^*) نمونه‌های آزمونی نشان داد که کاغذ رنگبری شده دارای ویژگی مطلوب‌تری می‌باشد. مقاومت به پارگی و کششی خمیرکاغذ رنگبری شده نیز در مقایسه با خمیرکاغذ کارخانه افزایش محسوس‌تری را نشان می‌دهد (جدول ۴).

جدول ۴- ویژگی‌های خمیرکاغذ سودای باگاس رنگبری شده با توالی‌های ECF (***) و TCF

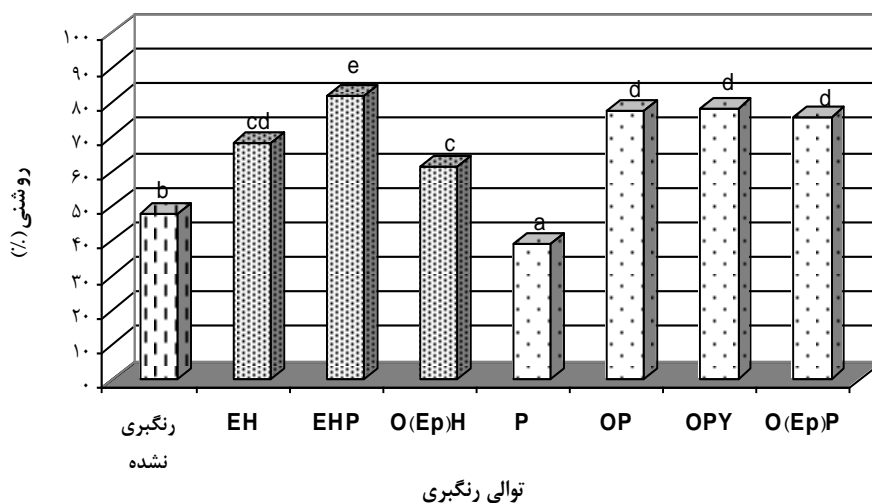
O(Ep)P	OPY	OP	**O(Ep)H	**EHP	رنگبری نشده	تیمار رنگبری
۷۹/۶۵	۷۷/۹	۷۷/۳۵	۶۱/۷	۸۲/۱	۴۷/۷	درصد روشنی
۴۳۵	۵۰۶	۵۲۲	۴۳۴	۱۳۹	۳۴۴	مقاومت به پارگی (mN)
۳۴/۲	۳۸/۵	۴۲/۶	۳۲	۲۹/۸	۲۸/۳	مقاومت کششی (Nm/g)
۳/۴۹	۳/۹۳	۴/۳۵	۳/۲۶	۳/۰۴	۲/۸۸	طول پارگی (km)

مقایسه روشنی خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های رنگبری ECF و TCF نتایج نشان داد که در اثر رنگبری روشنی خمیرکاغذ سودای باگاس افزایش داشته است. در بین توالی‌های مختلف، بیشترین روشنی با توالی رنگبری سه مرحله‌ای EHP (۸۲/۱٪) و کمترین آن طی رنگبری با پروکسید هیدروژن P (۳۹/۳٪) مشاهده شد. همچنین توالی‌های رنگبری TCF مؤثرتر از توالی‌های ECF شناخته شد. به طوری که توالی سه مرحله‌ای OPY (۷۷/۹٪)، توالی‌های دو مرحله‌ای OP و توالی سه مرحله‌ای O(Ep)P نیز باعث

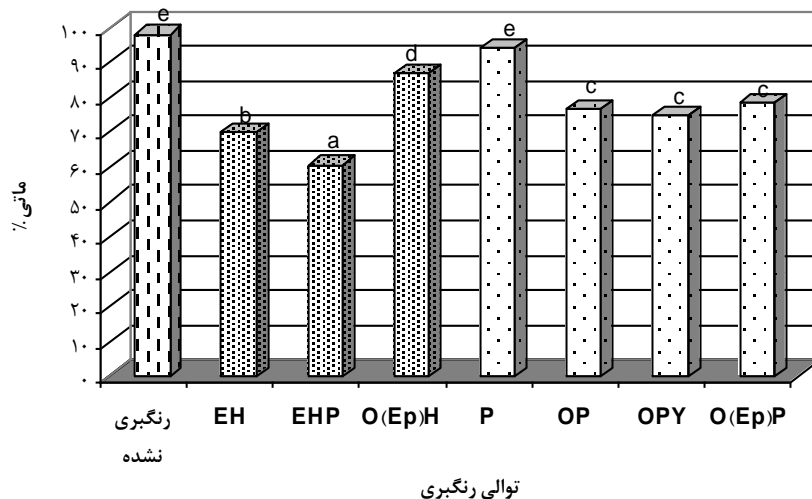
رنگبری مؤثرتر و افزایش روشنی خمیرکاغذ سودای باگاس در مقایسه با توالی رنگبری EH (شاهد) کارخانه پارس شده‌اند. با توجه به اینکه در طی پخت لیگنین در الیاف خمیرکاغذ سودای باگاس تخریب یا انحلال شده و می‌تواند در دسترسی بهتری قرار بگیرد، ظاهراً نقش همزمان اکسیژن و پروکسید هیدروژن به عنوان عوامل رنگبری اکسایشی در کاهش و یا حذف کروموفورها و اجزای جدا شده از لیگنین مؤثرتر می‌باشد. همچنین دی‌تیونیت سدیم نیز به عنوان احیا کننده، به همراه اکسیژن و پروکسید هیدروژن تأثیر مثبتی در کاهش عوامل تیرگی خمیرکاغذ و در نتیجه بهبود روشنی

سفیدتر شده است (Bajpai, 1998). همچنین نتایج نشان داد که رنگبری با توالی یک مرحله‌ای P به تنهایی تأثیر مطلوبی در افزایش روشنی خمیرکاغذ حاصل نداشته است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین روشنی تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۱).

خمیرکاغذ سودای باگاس از خود نشان داده است. نتایج سایر تحقیقات نشان داد که در طی توالی رنگبری OD(Ep)P وجود یک ماده رنگبر قوی همانند پروکسید هیدروژن باعث شده تا در مراحل پایانی توالی رنگبری، لیگنین باقی مانده در خمیر حذف یا کاهش و یا به صورت اکسایشی تغییر رنگ داشته، در نتیجه خمیرکاغذ حاصل



شکل ۱- مقایسه روشنی خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)



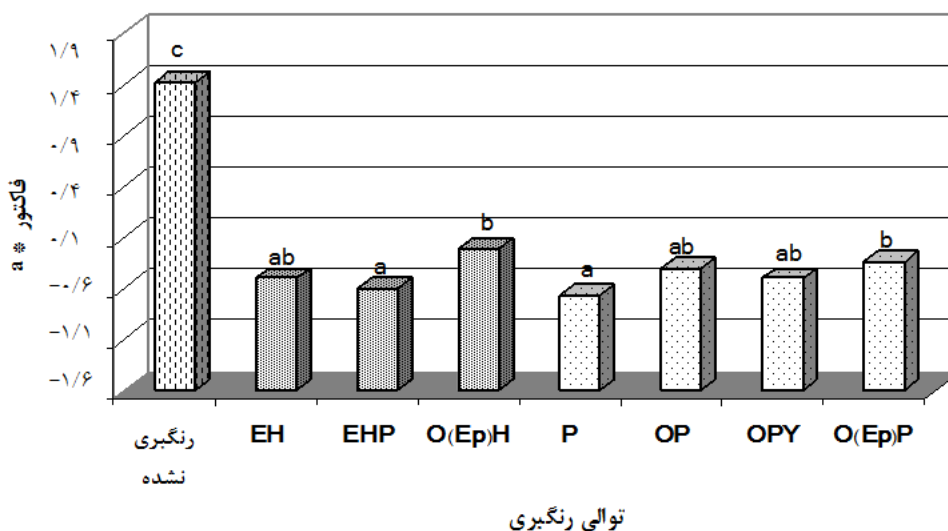
شکل ۲- مقایسه ماتی خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)

مقایسه ماتمی کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های رنگبری ECF و TCF

نتایج نشان داد که در بین توالی‌های مختلف، بیشترین ماتمی (۹۷/۹٪) مربوط به خمیرکاغذ رنگبری نشده و همچنین در کاغذ حاصل از توالی رنگبری یک مرحله‌ای P (۹۴/۲٪) و کمترین آن (۶۰/۵۳٪) مربوط به توالی سه مرحله‌ای EHP بوده است. در اثر رنگبری ماتمی خمیرکاغذ سودای باگاس کاهش داشته است، این روند کاهش در توالی‌های TCF محسوس‌تر از توالی‌های ECF می‌باشد. به طوری که توالی‌های سه مرحله‌ای O(EP)P و OPY و همچنین توالی دو مرحله‌ای OP در مقایسه با توالی دو مرحله‌ای EH (شاهد) کارخانه دارای ماتمی بیشتری بوده‌اند. با توجه به اینکه در اثر رنگبری گروه‌های رنگساز موجود در خمیرکاغذ حذف یا کاهش می‌یابد، در نتیجه عبور نور از کاغذ حاصل بیشتر شده و ماتمی کاغذ سفید شده نسبت به سایر نمونه‌های آزمون کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین ماتمی تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲).

مقایسه فاکتور a* خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های رنگبری ECF و TCF

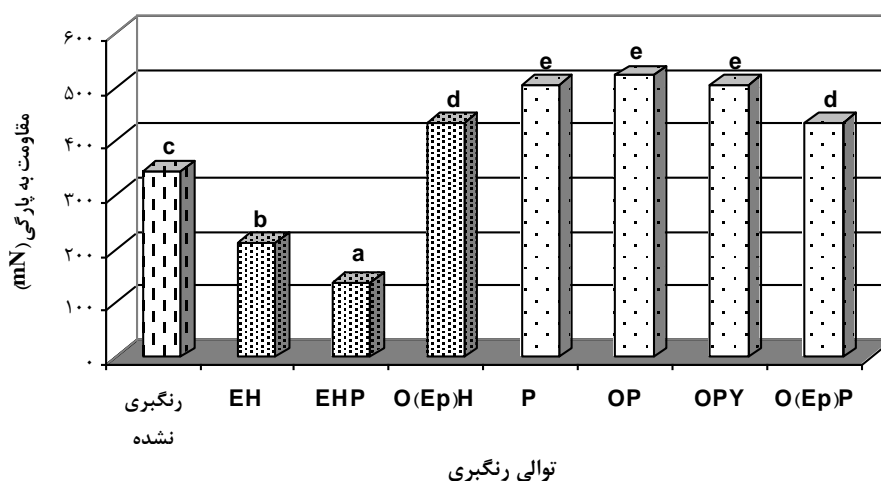
فاکتور a* نشان‌دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز در کاغذ می‌باشد. نتایج نشان داد که در اثر رنگبری فاکتور a* کاهش و سبزرنگی کاغذ رنگبری شده افزایش را نشان می‌دهد. به طوری که کمترین فاکتور a* و بیشترین سبزرنگی در کاغذ حاصل از توالی رنگبری P کارخانه (۰/۶۷-) و همچنین توالی رنگبری EHP (۰/۶-) مشاهده شد. همچنین بیشترین فاکتور a* و کمترین سبزرنگی در کاغذ حاصل از خمیرکاغذ رنگبری نشده (۱/۴۷) مشاهده شد. روند کاهش فاکتور a* و در نتیجه افزایش سبزرنگی در این خمیرکاغذهای سفید شده با توالی‌های ECF بسیار مناسب‌تر و قابل توجه‌تر از توالی‌های TCF می‌باشد. با توجه به اینکه کروموفورها و کینون‌های جدا شده از لیگنین که جاذب نور هستند در طی رنگبری حذف یا کاهش می‌یابد، در نتیجه قرمز رنگی در کاغذهای سفید شده کاهش و سبزرنگی که مناسب کاغذهای چاپ و تحریر است افزایش را نشان می‌دهد (Xu, 2002). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین فاکتور a* تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه فاکتور a* خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)

مقاومت به پارگی کاغذهای رنگبری شده باگاس محسوس تر از توالی‌های ECF می‌باشد. با توجه به اینکه اکسایش لیگنین و اجزای جدا شده از آن در اثر اکسیژن و پروکسید هیدروژن در توالی‌های رنگبری OP و O(Ep)P و همچنین کاهش کروموفورهای و گروه‌های رنگی باقی مانده در خمیر سودای باگاس در اثر دی‌تیونیت سدیم و همچنین در توالی‌های رنگبری PY می‌تواند تأثیر بیشتری در افزایش انعطاف پذیری الیاف داشته و باعث افزایش مقاومت به پارگی کاغذ حاصل نیز گردد. بنابراین تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین میزان مقاومت به پارگی نمونه‌ها تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۴).

مقایسه مقاومت به پارگی خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد که در اثر رنگبری مقاومت به پارگی افزایش یافته است. به طوری که بیشترین مقاومت به پارگی در خمیرکاغذ سفید شده با توالی رنگبری OP (۵۲۱/۷ mN) و کمترین آن در کاغذ حاصل از توالی رنگبری EHP (۱۳۹ mN) مشاهده شد. در اثر رنگبری و کاهش تأثیر لیگنین در بلوکه کردن گروه‌های هیدروکسیل سلولز و همی سلولز، انعطاف پذیری الیاف افزایش یافته، در نتیجه سطح پیوند افزایش و مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از رنگبری افزایش را نشان می‌دهد (Vaysi, 2015). البته تأثیر توالی‌های TCF در افزایش و بهبود



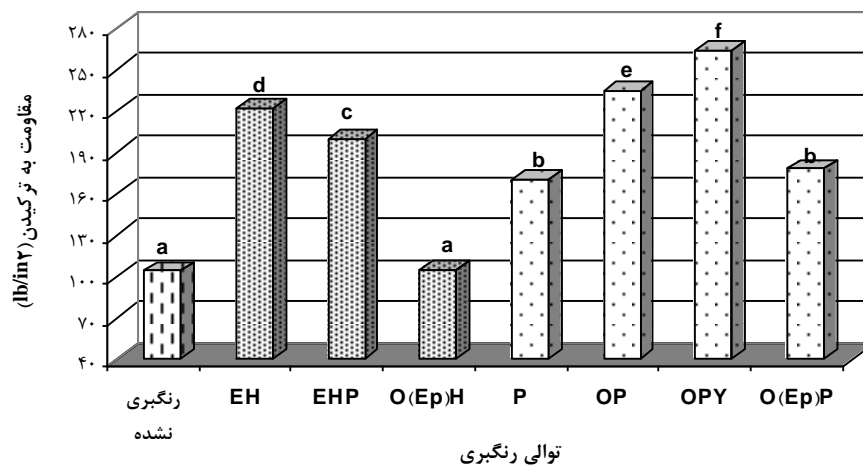
شکل ۴- مقایسه مقاومت به پارگی خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)

مقایسه مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد در اثر رنگبری مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از خمیرکاغذ سودای باگاس افزایش داشته است. به طوری که بیشترین مقاومت به ترکیدن (lb / in^2) در کاغذ حاصل از توالی سه مرحله‌ای OPY و کمترین آن (lb / in^2) در کاغذ حاصل از خمیرکاغذ رنگبری نشده باگاس مشاهده شد. همچنین تأثیر توالی‌های

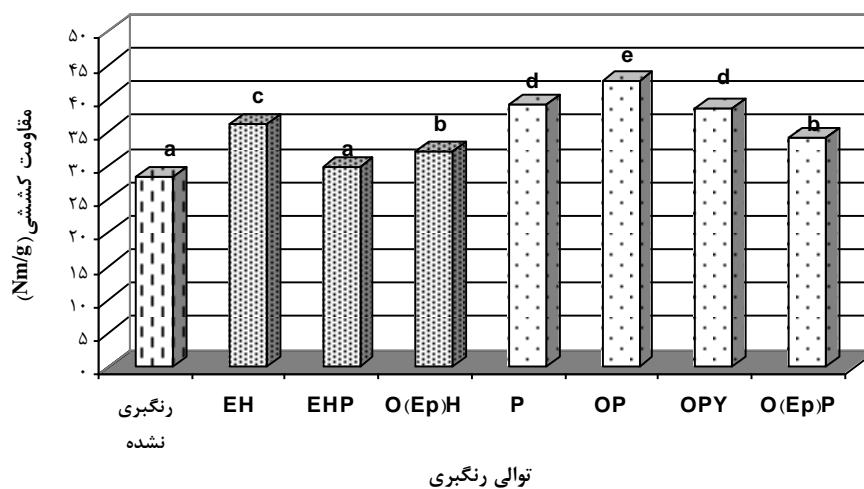
مقایسه مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد در اثر رنگبری مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از خمیرکاغذ سودای باگاس افزایش داشته است. به طوری که بیشترین مقاومت به ترکیدن (lb / in^2) در کاغذ حاصل از توالی سه مرحله‌ای OPY و کمترین آن (lb / in^2) در کاغذ حاصل از خمیرکاغذ رنگبری نشده باگاس مشاهده شد. همچنین تأثیر توالی‌های

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین میزان مقاومت به ترکیدن نمونه‌ها تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۵).

اکسایشی و در توالی دو مرحله‌ای OP و همچنین نقش دی‌تیونیت سدیم در کاهش عوامل تیرگی باقی مانده در خمیر و در توالی سه مرحله‌ای OPY محسوس‌تر و مؤثرتر از توالی دو مرحله‌ای EH (شاهد) کارخانه بوده است.



شکل ۵- مقایسه مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)



شکل ۶- مقایسه مقاومت کششی خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)

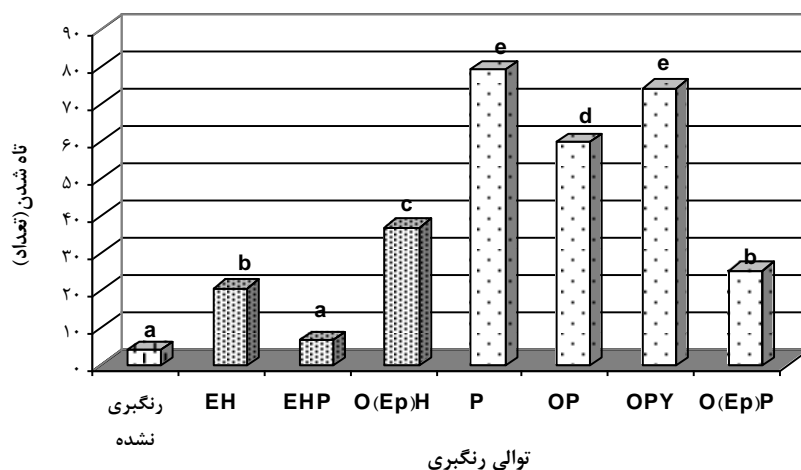
نمونه‌های آزموننی افزایش یافته است. در بین نمونه‌های رنگبری شده، کاغذ حاصل از توالی دو مرحله‌ای OP بیشترین مقاومت به کشش (۴۲/۶۴ Nm/g) و کاغذ حاصل

مقایسه مقاومت کششی خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد که در اثر رنگبری مقاومت کششی

(۷۹ عدد) در کاغذ حاصل از توالی رنگبری P و کمترین آن (۴ عدد) مربوط به کاغذ حاصل از خمیر کاغذ رنگبری نشده باگاس بوده است. در اثر رنگبری مقاومت به تاشدن افزایش یافته است. همچنین تأثیر توالی‌های TCF در افزایش و بهبود مقاومت به تاشدن کاغذهای رنگبری شده باگاس محسوس‌تر از توالی‌های ECF می‌باشد، به طوری که نقش توالی دو مرحله‌ای OP و بخصوص توالی سه مرحله‌ای OPY در افزایش مقاومت به تاشدن محسوس‌تر می‌باشد. با توجه به نقش اکسیژن (O)، پروکسید هیدروژن (P) و همچنین دی‌تیونیت سدیم (Y) در رنگبری خمیر کاغذ و کاهش مقدار و اجزای جدا شده از لیگنین، سطح و مقاومت اتصال افزایش یافته و مقاومت به تاشدن کاغذ نیز 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).

از خمیر رنگبری نشده کمترین مقاومت کششی (Nm/g) ۲۸/۳ را داشته‌اند. توالی‌های رنگبری OPY و P در مقایسه با توالی رنگبری EH (شاهد) مقاومت کششی مطلوبی را از خود نشان داده‌اند. همچنین تأثیر توالی‌های TCF در افزایش و بهبود مقاومت کششی کاغذهای رنگبری شده باگاس مناسب‌تر از توالی‌های ECF می‌باشد. در اثر رنگبری و کاهش مقدار و تأثیر 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 مناسبی را نشان داده است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین مقاومت کششی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۶).

مقایسه تاشدن خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به تاشدن



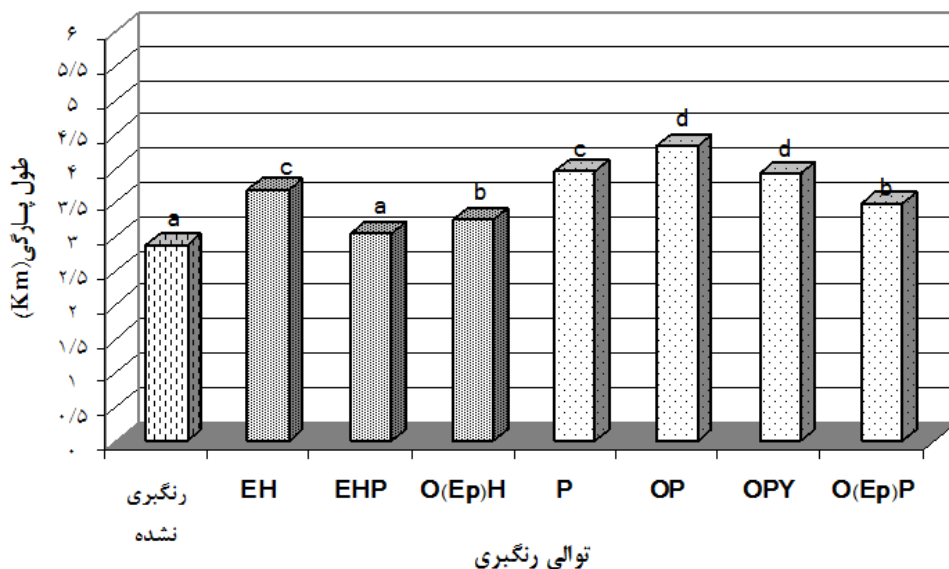
شکل ۷- مقایسه مقاومت به تاشدن خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)

حاصل افزایش یافته است. به طوری که بیشترین طول پارگی (۴/۳۵ km) در کاغذ حاصل از توالی دو مرحله‌ای OP و کمترین آن (۲/۸۸ km) مربوط به کاغذ حاصل از

مقایسه طول پارگی خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF و TCF نتایج نشان داد که در اثر رنگبری طول پارگی کاغذهای

کارخانه طول پارگی مناسب تری را از خود نشان داده‌اند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین طول پارگی نمونه‌های آزمون‌های تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد (شکل ۸).

خمیر کاغذ رنگبری نشده باگاس بوده است. همچنین تأثیر توالی‌های TCF در افزایش و بهبود طول پارگی کاغذهای رنگبری شده باگاس محسوس‌تر از توالی‌های ECF می‌باشد. کاغذ حاصل از توالی‌های رنگبری سه مرحله‌ای OPY و توالی تک مرحله‌ای P در مقایسه با توالی EH (شاهد)



شکل ۸- مقایسه طول پارگی خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس طی توالی‌های ECF (تیره) و TCF (روشن)

بحث

و اجزای لیگنین تخریب و یا انحلال می‌شود و می‌توانند در دسترس بهتری نیز قرارگیرند، ظاهراً نقش توالی رنگبری سه مرحله‌ای OPY و O(Ep)H و همچنین توالی رنگبری دو مرحله‌ای OP در سفیدسازی خمیر کاغذ سودای باگاس و بهبود روشنی و مقاومت‌های کاغذ حاصل مؤثرتر از توالی دو مرحله‌ای EH (شاهد) و خمیر رنگبری نشده سودای باگاس کارخانه بوده است. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داد که حذف ترکیبات و گروه‌های آروماتیکی، گروه‌های رنگ‌ساز و گروه‌های جاذب نور در طی رنگبری است که باعث بالارفتن مقاومت‌های کاغذ شده است (Jeffries, 1996). نتایج سایر تحقیقات نشان داد که در توالی رنگبری O(Ep)P با وجود یک ماده رنگبر قوی همانند پروکسید هیدروژن باعث شده تا در مراحل پایانی توالی رنگبری، لیگنین باقی مانده در خمیر حذف یا کاهش یافته و یا

این تحقیق با هدف بررسی و مقایسه تأثیر رنگبری کاملاً بدون کلر (TCF) و بدون کلر (ECF) بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی خمیر کاغذ سودای باگاس انجام شد. نتایج نشان داد که در اثر رنگبری کاملاً بدون کلر (TCF) و بدون کلر (ECF) روشنی، سبزرنگی، مقاومت به پارگی (به جز توالی EHP)، کششی، ترکیدن، طول پارگی و تا شدن افزایش و ماتی و فاکتور a* خمیر کاغذ سودای باگاس کاهش را نشان می‌دهد. همچنین تأثیر توالی‌های TCF در بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذهای رنگبری شده باگاس محسوس‌تر از توالی‌های ECF می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین میانگین ویژگی‌های نوری و مقاومتی کاغذهای حاصل در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. با توجه به اینکه در طی پخت، کروموفورها

- preservation, *Journal of Chemical Education*, 73 (11), 1068-1073.
- Forsskahl I., H. Tylli and Olkkonen, C., (2000), Participation of carbohydrate – derived chromospheres in the yellowing of high – yield and TCF pulps, *Journal of pulp and paper science* Vol. 26, No 7.
- 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., A. Jahan Latibari, R. Patt., 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. 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), (in Persian).
- Paullsson M., Lucian A. and Arthur J., 2001. Potoyellowing of untreated chemi-thermo-mechanical pulp under argon, ambient and oxygen atmosphere, *Journal of wood chemistry and technology*, 21 (4).
- Tran A.V., 2003, Thermal yellowing of hard wood kraft pulp bleaching with a chlorine dioxide based sequence, *Journal of pulp and paper science*, Vol. 28, No.4.
- Technical Association of Pulp and Paper Industry, 2009. *Standard Test Methods*. 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 j. of wood and paper sci. and technology* 30(1), 72-84.
- Vaysi, R., Behrooze, R. and Khaj-e-Ali, E., 2016. The effect of ECF bleaching on optical and mechanical of bagasse soda pulp, *Iranian j. of wood and paper sci. and technology* 30(2), 349-361.
- Xu E. C., 2002, H₂O₂ bleaching of mechanical pulps, *Journal of pulp and paper science*, Vol. 28, No. 1.
- بصورت اکسایشی تغییر رنگ داشته و خمیر کاغذ حاصل سفیدتر شده است (Bajpai, 1998). در این تحقیق استفاده از پروکسید هیدروژن به عنوان یک رنگبر اکسایشی نیز نقش مؤثری در بهبود سبزرنگی، مقاومت به پارگی، کششی، طول پارگی و تاشدن داشته ولی تأثیر محسوسی در بهبود روشنی کاغذ حاصل در مقایسه با نمونه شاهد نداشته است. 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_P)P و OD(E_P)D نسبت به توالی EH کارخانه (شاهد) افزایش محسوسی را نشان می‌دهد (Vaysi, 2015). نتایج سایر تحقیقات نشان داد که تیره بودن رنگ کاغذ به علت وجود اجزاء و گروه‌های جدا شده لیگنین (کینون‌ها) است که خود می‌تواند باعث جذب نور بیشتر در کاغذ حاصل از این توالی شود (Buchert et al., 1994).

منابع مورد استفاده

- Barzan A., S. Soraki, 2002. Procedure of experimental for pulp and paper, *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.
- EK, M., 1992. Some aspects on the mechanisms of photo-yellowing of high- yield pulps, *Royal institute of technology*, Stockholm, Sweden, Ph.D Thesis.
- Cater, Henry A., 1996. *The Chemistry of paper*

Investigation and comparison the properties of total chlorine free (TCF) and elemental chlorine free (ECF) bleached bagasse soda pulp

R.Vaysi^{1*} and A.R. Bagheri²

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

The objective of this research was to investigate the effects of total chlorine free (TCF) and elemental chlorine free (ECF) bleaching on optical and mechanical properties of bleached bagasse soda pulp. For this purpose, some unbleached bagasse soda pulp was randomly selected from Pars Paper industry. Then pulp was bleached with one, two or three stage sequences applying P, OP, OPY, O(Ep)P, EHP and O(Ep)H bleaching stages denoting oxygen(O), hydrogen peroxide(P), alkali extraction with hydrogen peroxide(Ep), sodium hypochlorite(H) and sodium dithionite(Y). The hand sheets with 70 gr/m² were prepared from the above-mentioned bleached pulps, and then the optical and mechanical properties were measured using TAPPI standard test methods and compared. The results showed that brightness, greenness, tear (except EHP stages), tensile, burst, breaking length strengths and folds were increased and opacity and a* factor were decreased by ECF and TCF bleaching sequences. The effects of TCF bleaching sequence were more sensible than ECF bleaching sequence in improving bagasse soda pulp properties. In general, role of three stage OPY and O(Ep)H and two stage OP bleaching were better than EH(control) and unbleached bagasse soda pulps mill in improving brightness and paper strengths.

Keywords: Soda pulp, bagasse, bleaching stage, ECF, TCF, optical, mechanical properties.