

مقایسه اثر پیش تیمار اسیدی و ماده کی لیت کننده DTPA روی ویژگی های نوری خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی رنگبری شده با هیدروژن پراکسید - منیزیم هیدروکسید

سمیه قاسمی، ربیع بهروز*⁺

مازندران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

چکیده: ترکیب مناسبی از مواد شیمیایی و بهینه سازی مرحله های گوناگون رنگبری اثر مهمی روی کیفیت خمیر رنگبری شده دارد. از میان عامل های تأثیرگذار روی رنگبری با پراکسید، وجود فلزات انتقالی دارای بیشترین اثرات مخرب است. یکی از مؤثرترین تیمارهای مورد استفاده برای حذف این فلزات استفاده از ماده کی لیت کننده می باشد. از آنجایی که مواد کی لیت کننده در بعضی از کشورها در زمره مواد سمی طبقه بندی می شوند. این پژوهش با هدف بررسی کارایی و امکان استفاده از پیش تیمار اسیدی به عنوان جایگزینی برای مواد کی لیت ساز در فرایند رنگبری با هیدروژن پراکسید خمیر شیمیایی مکانیکی (CMP) بر پایه منیزیم هیدروکسید انجام شد. نتیجه های به دست آمده از اندازه گیری ویژگی های نوری کاغذهای دست ساز به دست آمده از پیش تیمار با ماده کی لیت کننده DTPA و پیش تیمار شستشوی اسیدی نشان داد که بالاترین میزان روشنی و کمترین میزان زردی و ماتی را نمونه های پیش تیمار شده با ماده کی لیت کننده DTPA داشتند. همچنین نتیجه های به دست آمده از اندازه گیری فلزات انتقالی نشان داد که پیش تیمار اسیدی، یون های منیزیم بیشتر و یون های منگنز و آهن کمتری را نسبت به DTPA خارج کرده است. نتیجه های این پژوهش نشان می دهد که، پیش تیمار اسیدی در خروج فلزات انتقالی کارایی کمتری نسبت به DTPA دارد و در نتیجه این گزینش گری ناخواسته در خروج فلزات، ویژگی های نوری ضعیف تری نشان داده است.

واژه های کلیدی: شستشوی اسیدی، ماده کی لیت کننده، خمیر شیمیایی مکانیکی (CMP)، رنگبری با هیدروژن پراکسید، منیزیم هیدروکسید، سدیم هیدروکسید.

KEY WORDS: Acid washing, DTPA Chelating agent, Chemi-Mechanical Pulp (CMP), Hydrogen peroxide bleaching, Mg(OH)₂, NaOH.

مقدمه

استفاده از آن در رنگبری^(۳) خمیرهای کاغذ مکانیکی خیلی بیشتر از خمیرهای کاغذ شیمیایی^(۴) است [۱]. هیدروژن پراکسید

هیدروژن پراکسید به طور عمده در رنگبری خمیرهای کاغذ مکانیکی^(۱) و شیمیایی - مکانیکی^(۲) مورد استفاده قرار می گیرد و

*E-mail: Rabi.behrooz@modares.ac. Ir

*عهده دار مکاتبات

(۱) Mechanical Pulp

(۳) Bleaching

(۲) Chemi-Mechanical Pulp

(۴) Chemical Pulp

افزودن آهن یا مس به محلول هیدروژن پراکسید، تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسید را افزایش می‌دهد، ولی در هنگام افزودن کاتیون منگنز این رادیکال‌ها تشکیل نمی‌شوند. بعضی از یون‌ها مانند منیزیم، کلسیم و سیلیکات‌ها اثرات تثبیت‌کنندگی^(۱) روی پراکسید دارند [۷]. این یون‌ها با فلزات انتقالی کمپلکس تشکیل داده و اثرات مخرب آنها را کاهش می‌دهند. هدف رنگ‌بری با هیدروژن پراکسید کسب روشنی بالاتر، عدد کاپای^(۸) پایین‌تر با استفاده از کمترین مقدار پراکسید هیدروژن و با کمترین افت ویسکوزیته است [۱۷].

Ek (۱۹۹۴ میلادی)، گزارش داده است که، رنگ‌بری با کاهش یافتن سطح منگنز در خمیر بهبود یافته است. *Basta* و همکاران، (۱۹۹۴ میلادی) و *Ek* دریافتند که کی‌لیت فلز در $\text{pH} = 4-7$ و به دنبال آن مرحله شستشو و یا حذف لیکور و همچنین تیمار اسیدی در pH برابر ۳ به همراه شستشو و تیمار با نمک‌های منیزیم برای جبران نبود یون‌های منیزیم نتیجه‌های خوبی دارد. *Basta* و همکاران (۱۹۹۴ میلادی)، اعلام کردند که در رنگ‌بری با هیدروژن پراکسید خمیر حرارتی مکانیکی (TMP)، استفاده از پیش‌تیمار اسیدی^(۹) به همراه افزودن یون منیزیم روشنی همانند ولی ویسکوزیته کمتری نسبت به استفاده از پیش‌تیمار DTPA می‌دهد. اما افزودن ماده کی‌لیت کننده به همراه افزودن یون منیزیم می‌تواند کاهش ویسکوزیته را جبران نماید.

Ek، در خمیرهای رنگ‌بری شده با پراکسید بعد از مرحله کی‌لیت‌کننده روشنی بالاتری نسبت به پیش‌تیمار اسیدی همراه با افزودن یون منیزیم دید و نتیجه گرفت که پیش‌تیمار اسیدی به اندازه مرحله پیش‌تیمار با کی‌لیت‌ساز در حذف تاثیر یون‌های فلزات انتقالی مؤثر نیست. همچنین *Ek*، (۱۹۹۴ میلادی) و *Coledette* و همکاران (۱۹۸۸ میلادی)، نتیجه‌های متفاوت به‌دست آمده را مربوط به نوع خمیر کاغذ و نوع شرایط فرایندی دانستند. با توجه به اینکه یون‌های منیزیم در تثبیت و جلوگیری از تخریب پراکسید نقش مؤثری دارند فرض این پژوهش بر آن بود که منیزیم هیدروکسید مورد استفاده به عنوان منبع قلیا در مرحله رنگ‌بری می‌تواند نبود یون‌های منیزیم حذف شده در مرحله پیش‌تیمار اسیدی را

باوجود برتری‌های فراوان زیست محیطی و فنی، ماده شیمیایی بی‌ثباتی می‌باشد و در برابر یون‌های فلزی موجود در خمیر یا آب فرآیندی، افزایش دما و pH به سرعت تجزیه و تخریب می‌شود. یون‌های فلزات انتقالی^(۱) یا در خود ماده اولیه (چوب) به عنوان یون‌های مؤثر در رشد درخت موجود هستند و یا در طی فرایند خمیرسازی توسط آب، تجهیزات فرایندی و افزودنی‌های شیمیایی وارد خمیر می‌شوند. معمول‌ترین یون‌های فلزی موجود در خمیر، Al، Mg، Mn، Fe، Cu می‌باشند. این عناصر تخریب هیدروژن پراکسید را کاتالیز می‌کنند [۱۲، ۳].

بعضی از این یون‌ها مانند منگنز و آهن می‌توانند برگشت روشنی^(۲) خمیر را نیز آسان‌تر کنند. بنابراین لازم است که این یون‌ها قبل از مرحله رنگ‌بری با هیدروژن پراکسید حذف شوند. به‌طور معمول از مواد کی‌لیت‌کننده^(۳) همانند EDTA^(۴) و DTPA^(۵) به منظور حذف فلزات انتقالی و کنترل اثرات تخریبی آنها استفاده می‌شود. این مواد در اثر ترکیب با یون‌های فلزی، کمپلکس‌های محلول^(۶) در آب تشکیل می‌دهند که با عمل شستشو به راحتی خارج می‌شوند و مانع از تجمع و واکنش یون‌های فلزی با هیدروژن پراکسید می‌شوند. در نتیجه کارایی رنگ‌بری بهبود یافته و مصرف پراکسید کاهش می‌یابد [۱۵، ۱۲].

Francis (۱۹۸۹ میلادی)، گزارش کرد که تخریب هیدروژن پراکسید به‌وسیله فلزات نسبت به قلیا با شدت بیشتری صورت می‌گیرد و حتی وجود مقادیر ناچیزی از این فلزات روی نرخ تخریب هیدروژن پراکسید در محلول‌های قلیایی اثرگذار است و سبب کاهش کارایی مرحله رنگ‌بری می‌شود. همچنین، توانایی فلزات در تخریب پراکسید متفاوت است. از آنجایی که یون‌های فلزی به‌طور متناوب اکسید و احیا می‌شوند، با نرخ انتقال الکترونی بالاتر سبب تخریب سریع‌تر پراکسید می‌شوند [۱۸]. این فعالیت تخریبی تابعی از pH می‌باشد، به عنوان مثال در pH برابر ۱۰/۸، ترتیب کاهش فعالیت فلز برای تخریب پراکسید به صورت $\text{Mn}^{+2} > \text{Cu}^{+2} > \text{Fe}^{+2}$ گزارش شده است [۱۱]. همچنین مکانیسم تخریب هیدروژن پراکسید توسط Mn^{+2} متفاوت از Fe^{+2} و Cu^{+2} گزارش شده است. بر طبق گزارشات *Chirat* و *Lachenal* (۱۹۹۴ میلادی)،

(۱) Transition Metal Ions

(۲) Brightness

(۳) Chelating Agent

(۴) Ethylene Diamin Tetra Acetic Acid

(۵) Diethylene Triamin Penta Acetic Acid

(۶) Soluble Complexes

(۷) Stabilizing Effects

(۸) Kappa Number

(۹) Acid Pretreatment

مرحله رنگ‌بری با هیدروژن پراکسید: درصد خشکی ۲۵ و ۳۰، دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۱۵۰ دقیقه	
منیزیم هیدروکسید (%)	۱، ۱/۵ و ۲
ماده کی لیت کننده (%)	۰/۱
هیدروژن پراکسید (%)	۳

پس از رنگ‌بری، سوسپانسیون خمیر خنثی شد تا پراکسید باقیمانده مصرف شو. براساس استاندارد TAPPI دستورالعمل 88 om205 از خمیرهای رنگ‌بری شده کاغذهای دست ساز آزمایشگاهی با گراماژ ۶۰ گرم بر متر مربع ساخته شد. اندازه‌گیری روشنی و زردی^(۱) طبق آئین‌نامه T452om-92 استاندارد TAPPI توسط دستگاه ELREPHO 2000 (سوئیس) انجام گرفت. درصد روشنی به صورت مقدار انعکاس نور در مقایسه با استاندارد منیزیم اکسید در ناحیه آبی طیف‌متری نور (۴۵۷ نانومتر) محاسبه می‌شد و به صورت درصد و به طور مستقیم توسط دستگاه خوانده می‌شد. همچنین، اندازه‌گیری ماتی^(۲) توسط دستگاه ELREPHO 2000 طبق آئین‌نامه T452om-91 استاندارد TAPPI انجام گرفت. در این ارزیابی نسبت انعکاس نور پخش شده کاغذ وقتی که روی جسم سیاهی قرار دارد به انعکاس نور پخش شده همین کاغذ وقتی که روی جسم سفیدی قرار دارد به صورت درصد نشان داده می‌شود. به منظور بررسی کارایی پیش تیمارهای انجام شده، میزان فلزات آهن، منیزیم، منگنز و مس موجود در خمیرهای کاغذ قبل و بعد از پیش تیمارها براساس استاندارد TAPPI (T266 om-94) به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل PU 9400X (PHILIPS)، انگلستان، اندازه‌گیری شد. برای مقایسه اثر پیش تیمارها روی کارایی رنگ‌بری خمیر کاغذ CMP با هیدروژن پراکسید، نتیجه‌های به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها ویژگی‌های نوری کاغذ، توسط نرم‌افزار SPSS^(۳)، در قالب طرح تصادفی بررسی شد. تجزیه واریانس در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن^(۴) انجام شد.

نتیجه‌ها و بحث

جدول ۱ میزان فلزات انتقالی قبل و بعد از پیش تیمار اسیدی و پیش تیمار با DTPA را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود

(۱) Yellowness

(۲) Opacity

(۳) Statistical Package for the Social Science

(۴) Duncan Multiple Range Test

جبران نماید و پیش تیمار اسیدی می‌تواند با حفظ ویژگی‌های مطلوب نوری، جایگزین DTPA شود. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر جایگزینی ماده کی لیت کننده با پیش تیمار شستشوی اسیدی روی ویژگی‌های نوری خمیر کاغذ CMP رنگ‌بری شده با هیدروژن پراکسید بر پایه منیزیم هیدروکسید انجام شد. همچنین تاکنون گزارشی مبنی بر بررسی اثر پیش تیمار اسیدی در فرایند رنگ‌بری با هیدروژن پراکسید با استفاده از منیزیم هیدروکسید خمیر کاغذ CMP گزارش نشده است.

بخش تجربی

نمونه‌برداری

خمیر کاغذ مورد آزمایش از نوع خمیر کاغذ CMP بود که از مخلوط گونه‌های پهن‌برگ شامل راش، ممرز و گان به ترتیب با نسبت درصد ۲۰، ۶۰ و ۲۰ تولید شده و از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. مشخصات خمیر کاغذ دریافتی به صورت زیر است.

درجه روانی (C.S.F)	روشنی (ISO%)	زردی	ماتی (%)
۴۱۰	۵۰	۲۶/۲	۹۰/۱

کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده مانند هیدروژن پراکسید، منیزیم هیدروکسید و DTPA از نوع تجزیه‌ای بوده و پس از تهیه بی‌درنگ مورد استفاده قرار گرفتند.

مرحله پیش تیمار خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP)

پیش تیمار خمیر کاغذ CMP به طور جداگانه، یک بار با DTPA و بار دیگر با شستشوی اسیدی (سولفوریک اسید رقیق) توسط کیسه‌های پلاستیکی و حمام آب گرم با شرایط زیر انجام گرفت:

پیش تیمار DTPA (مرحله Q)	۰/۲٪ DTPA، دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳۰ دقیقه، pH: ۴/۵
پیش تیمار اسیدی (مرحله A)	۲/۵ pH، دما ۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳۰ دقیقه

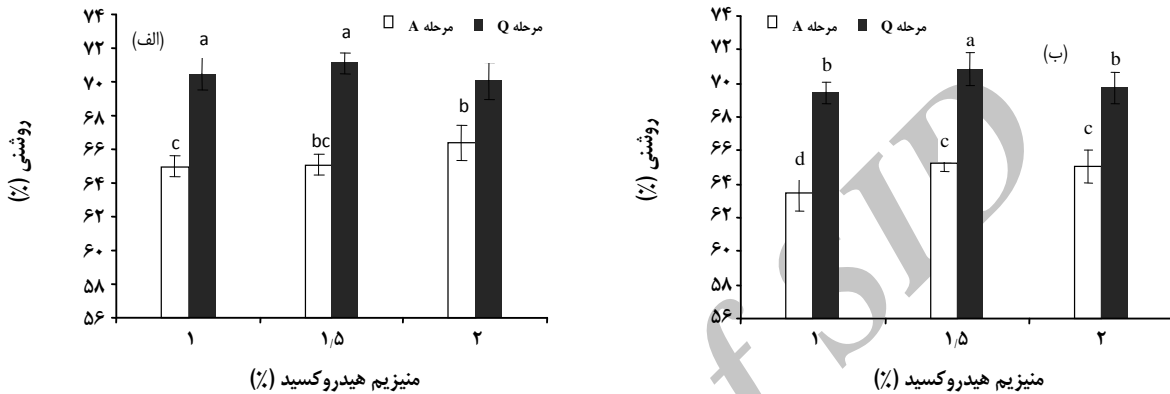
مرحله رنگ‌بری با هیدروژن پراکسید

پس از انجام عمل پیش تیمار نمونه‌های خمیر مربوطه با هیدروژن پراکسید با شرایط زیر رنگ‌بری شد:

جدول ۱- میزان فلزهای موجود در خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) قبل و بعد از مرحله پیش تیمار Q و A.

Cu	Mn	Fe	Mg	خمیر کاغذ CMP
۱/۵	۱۴۷	۷/۵	۳۹۵	قبل از پیش تیمار
۰/۴۵	۱۲۰	۴/۱	۷۵	پس از تیمار اسیدی (A)
۰/۴	۶۵	۳/۶	۲۵۸	پس از تیمار DTPA (Q)

* مقادیر ذکر شده در جدول براساس P.P.M می باشند.



شکل ۱- اثر نوع پیش تیمار بر روشنی خمیر کاغذ CMP در سطوح مختلف استفاده از منیزیم هیدروکسید در دو درصد خشکی الف. ۲۵ و ب. ۳۰.

همچنین از نظر آماری تفاوت معنی داری در روشنی نمونه‌های پیش تیمار شده با DTPA و رنگبری شده با ۱ و ۲٪ منیزیم هیدروکسید و همچنین نمونه‌های پیش تیمار شده با اسید و رنگبری شده با ۱/۵ و ۲٪ منیزیم هیدروکسید وجود ندارد.

در نمودار ۱ (ب) مربوط به درصد خشکی ۳۰، نیز بیشترین روشنی مربوط به نمونه‌های پیش تیمار شده با DTPA در هر سه سطح منیزیم هیدروکسید (۱، ۱/۵ و ۲٪) بوده و از نظر آماری اختلاف معنی داری بین این سه سطح منیزیم هیدروکسید مصرفی دیده نشد. کمترین روشنی نیز همانند تیمار در درصد خشکی ۲۵، در نمونه پیش تیمار شده با اسید و رنگبری شده با ۱ درصد منیزیم هیدروکسید دیده شد.

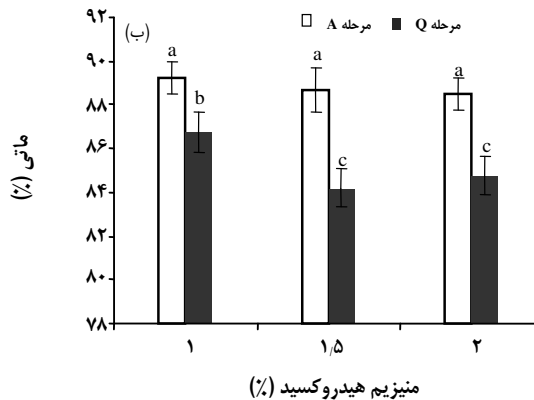
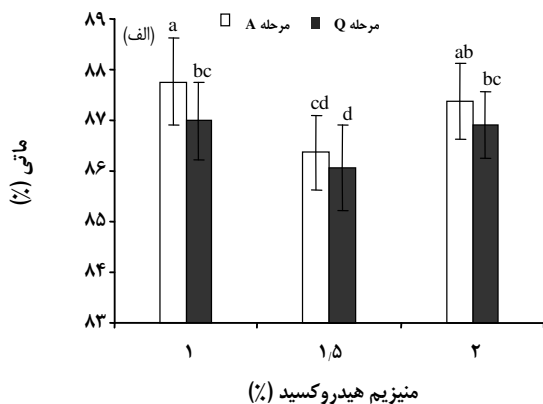
در روش پیش تیمار اسیدی نمونه‌های رنگبری شده در کلیه مقادیر منیزیم هیدروکسید و درصد خشکی دارای روشنی پایین تری نسبت به پیش تیمار با DTPA بودند. دلیل کاهش روشنی نمونه‌های پیش تیمار شده با شستشوی اسیدی را می‌توان مربوط به کارایی ضعیف آن در حذف فلزات از جمله منیزیم مربوط دانست. شایان گفتن است که یون‌های منیزیم می‌توانند با پل‌های هیدروکسی و اکسی با فلزات مخرب مانند منگنز ترکیب شده و

پیش تیمار اسیدی یون‌های منیزیم بیشتری را در مقایسه با پیش تیمار DTPA خارج کرده در حالی که میزان خروج یون‌های آهن، مس و منگنز در آن کمتر از ماده کی‌لیت‌ساز می‌باشد. بنابراین پیش تیمار اسیدی در خروج یون‌های فلزی از گزینش‌گری کمتری نسبت به پیش تیمار DTPA برخوردار است.

مقایسه اثر نوع پیش تیمار روی خواص نوری خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی (CMP) رنگبری شده

روشنی کاغذ

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل نوع پیش تیمار و منیزیم هیدروکسید در سطح آماری ۹۵٪ روی روشنی کاغذ معنی دار است. همانگونه که در شکل ۱ (الف) دیده می‌شود آزمون مقایسه میانگین دانکن، اثر متقابل نوع پیش تیمار و منیزیم هیدروکسید روی روشنی خمیر کاغذ در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ را در ۴ گروه شناسایی کرد. بیشترین روشنی، مربوط به نمونه پیش تیمار شده با DTPA و رنگبری شده با ۱/۵٪ منیزیم هیدروکسید و کمترین روشنی مربوط به نمونه پیش تیمار شده با اسید و رنگبری شده با ۱٪ منیزیم هیدروکسید می‌باشد.



شکل ۲- اثر نوع پیش تیمار بر ماتی خمیر کاغذ CMP در سطوح مختلف استفاده از میزیم هیدروکسید در دو درصد خشکی الف. ۲۵ و ب. ۳۰.

فعال رنگ‌بری و تاثیر آن‌ها روی گروه‌های کروموفوری لیگنین می‌شود. همچنین پیش تیمار اسیدی در خروج آهن نیز ناکاراست زیرا تمایل یون‌های آهن به گروه‌های کروموفوری لیگنین زیاد بوده و سبب تشکیل کمپلکس کاتکول فلز می‌شود که این گروه‌های کروموفوری نیز سبب افزایش جذب نور و افزایش ماتی می‌شوند. طبق مطالعات انجام شده توسط *Abbot* و همکاران (۱۹۹۴ میلادی)، زمانی که میزان یون منگنز باقیمانده در خمیر پیش تیمار شده با اسید زیاد باشد افزودن یون میزیم در مرحله رنگ‌بری سبب افزایش نرخ تخریب پراکسید و در نتیجه کاهش حمله به گروه‌های کروموفوری لیگنین و خروج آنها و افزایش ماتی می‌شود [۴].

زردی

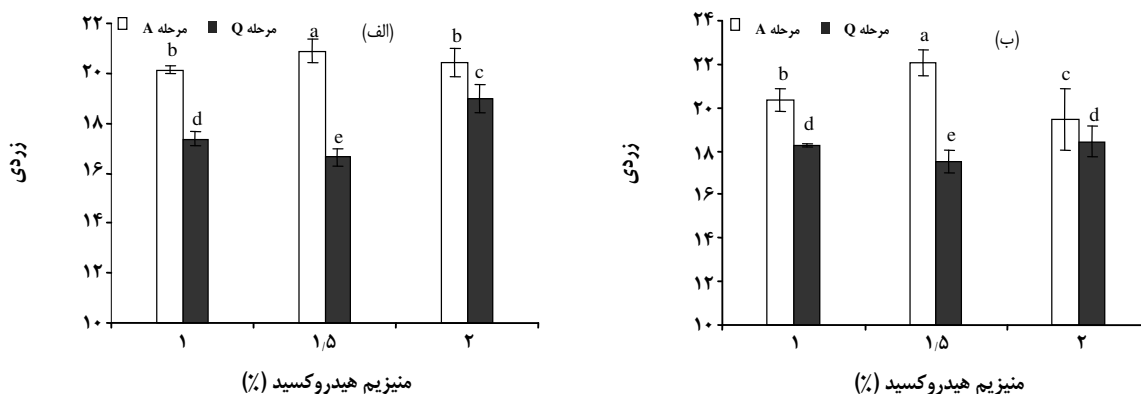
نتیجه‌های مقایسه میانگین‌ها در سطح خشکی ۲۵٪، با استفاده از آزمون دانکن (شکل ۳. الف) نشان می‌دهد که اثر متقابل سطوح میزیم هیدروکسید و پیش تیمار در پنج گروه قرار گرفته است. بیشترین میزان زردی مربوط به نمونه پیش تیمار شده با اسید و رنگ‌بری شده با ۱/۵ درصد میزیم هیدروکسید و کمترین مربوط به نمونه پیش تیمار شده با DTPA و رنگ‌بری شده با ۱/۵ درصد میزیم هیدروکسید بود. در درصد خشکی ۳۰ (شکل ۳. ب) روند همانندی دیده شده است. از آنجایی که زردی بیانگر شاخص گروه‌های کروموفوری لیگنین است. بنابراین در پیش تیمار اسیدی که میزان یون‌های منگنز و آهن بیشتری در خمیر باقی می‌ماند، این یون‌ها سبب تخریب پراکسید و کاهش تولید یون‌های پرهیدروکسیل می‌شوند [۵] و واکنش آنها را با ساختارهای کروموفوریک لیگنین

فعالیت کاتالیستی این فلزات را نسبت به تخریب پراکسید کاهش دهند. *Ek* و همکاران (۱۹۹۴ میلادی)، نیز به نتیجه‌های همانندی دست یافتند که روشنی نمونه‌های پیش تیمار شده با اسید به همراه افزودن ترکیبات میزیم کمتر از نمونه‌های پیش تیمار شده با DTPA بوده است [۱۰].

ماتی

شکل ۲ (الف و ب) تاثیر متقابل نوع پیش تیمار و سطوح میزیم هیدروکسید روی ماتی خمیر کاغذ CMP را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار مربوط به خشکی ۲۵ درصد (الف) دیده می‌شود کمترین میزان ماتی را نمونه پیش تیمار شده با DTPA و رنگ‌بری شده با ۱/۵٪ میزیم هیدروکسید داشته است و بیشترین میزان ماتی مربوط به نمونه پیش تیمار شده با اسید و رنگ‌بری شده با ۱ درصد میزیم هیدروکسید بوده است.

در سطح ۳۰٪ خشکی (نمودار ب)، کمترین میزان ماتی مربوط به نمونه پیش تیمار شده با DTPA بوده است و نمونه‌های پیش تیمار شده با اسید در همه مقادیر میزیم هیدروکسید دارای ماتی بالاتر بودند. علت افزایش ماتی در نمونه خمیرهای رنگ‌بری شده در هر دو سطح خشکی بعد از پیش تیمار اسیدی را می‌توان مربوط به حذف ناخواسته یون‌های فلزات به ویژه یون‌های میزیم دانست همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، پیش تیمار شستشوی اسیدی موجب خروج میزان زیادی از یون‌های میزیم شده اما در حذف یون مخرب منگنز که اثرات تخریبی شدیدی روی پراکسید دارد، ناکارآمد است. بنابراین میزان زیاد یون منگنز باقیمانده از پیش تیمار اسیدی موجب تخریب پراکسید و در نتیجه کاهش تولید یون‌های



شکل ۳- اثر نوع پیش‌تیمار بر زردی خمیر کاغذ CMP در سطوح مختلف استفاده از منیزیم هیدروکسید در دو درصد خشکی الف. ۲۵ و ب. ۳۰.

جبران نشده و ویژگی‌های نوری دلخواهی به دست نیامد. به گونه‌ای که خمیر کاغذ پیش‌تیمار شده با اسید نسبت به خمیر پیش‌تیمار شده با DTPA دارای روشنی ضعیف‌تر و زردی بیشتری می‌باشد، که این نتیجه‌ها به وسیله خروج ناخواسته یون‌های فلزی منیزیم در مرحله پیش‌تیمار اسیدی توضیح داده می‌شود.

محدود کرده و در نتیجه گروه‌های کروموفوری بیشتر و زردی بیشتر وجود خواهد داشت [۲].

نتیجه‌گیری

نتیجه‌های این پژوهش ثابت کرد که پیش‌تیمار اسیدی نمی‌تواند در مرحله رنگ‌بری با پراکسید بر پایه منیزیم هیدروکسید مؤثر واقع شود و با وجود استفاده از منیزیم هیدروکسید به عنوان منبع قلیا در مرحله رنگ‌بری، نبود یون منیزیم توسط این ماده

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۹

مراجع

- [۱] اکبرپور، ا؛ رسالتی، ح؛ استفاده از کمپلکس آلی گلاناپون به جای سیلیکات سدیم در رنگ‌بری خمیرهای کاغذ CMP مخلوط پهن‌برگان با پراکسید هیدروژن، دو فصلنامه تحقیقات چوب و کاغذ ایران، (۱)، ۲۶، (۱۳۹۰).
- [۲] قاسمی کوچمشگی، م؛ سالاری، ع؛ بازیافت کاغذهای چاپگر باطله و بررسی میزان جوهرزدایی و خواص آنها، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، (۱)، ۲۹، (۱۳۸۹).
- [3] Abrante S., Amaral E., Costa A.P., Shatalov A.A., Duarte A.P., Hydrogen Peroxide Bleaching of Arundo Donox L. Kraft-Anthraquinone Pulp Effect of a Chelating Stage, *Industrial Crops and Products J.*, **25**, p. 288 (2007).
- [4] Abbot J., Catalytic Decomposition of Alkaline Hydrogen Peroxide in the Presence of Metal Ions: Binuclear Complex Formation, *pulp Paper sci. J.*, **17**(1), p.10 (1991).
- [5] Bajpai P., "Developments in Environmental Management", volume 1. "Environmentally Benign Approaches for Pulp Bleaching", Elsevier, p.273(2005).
- [6] Basta J., Holtinger L., Hallstrom A.S., Lundgren P., Peroxo Compounds in TCF Bleaching , In: "TAPPI Pulping Conference Proceedings" Atlanta, p.953 (1994a).

- [7] Basta J., Holtinger L., Hermansson W., Lundgren P., Metal Management in TCF/ECF Bleaching. In: "Proceedings International Pulp Bleaching Conference", p.29(1994b).
- [8] Basciano C.R., Importance of Chemical Pretreatment on the Hydrogen Peroxide Brightening of Mechanical Pulps, In: "Proceedings of the 76th Annual Meeting, Technical section, Canadian Pulp and Paper Association", p.A7(1990).
- [9] Bouchard J., Nugent H.M., Berry R.M., A Comparison Between Acid Treatment and Chelation Prior to Hydrogen Peroxide Bleaching of Kraft Pulps, *Journal of Pulp Paper Science.*, **21**(6). p. 203 (1995).
- [10] Chirat C., Lachenal D., Beneficial and Adverse Effect of metal Ions in ZP Bleaching Sequences. In: "Tappi Pulping Conference Proceeding", p.1239 (1994).
- [11] Colodette J.L., Rothenberg S., Dence C.W., Factors Affecting Hydrogen Peroxide Stability in the Brightening of Mechanical and Chemi-Mechanical Pulps.1: Hydrogen Peroxide Stability in the Absence of Stabilizing Systems, *Journal of Pulp Paper Science*, **14**(6), p.126 (1988).
- [12] Dyhr K., Sterte J., Effect of Zeolite Addition on the Manganese Catalyzed Decomposition of Hydrogen peroxide, *Journal of Porous Materials*, **6**(4), p.275 (1998).
- [13] Ek M., Axegard P., Bergnor E., Ekholm U., The Role of Metal Ions in TCF-Bleaching of Soft Wood Kraft Pulps, In: "Tappi Pulping Conference Proceedings", Tappi Press, Atlanta, p.1161 (1994).
- [14] Francis R.C., Hydrogen Peroxide Delignification and Brightness of Chemical Pulps, In: "Bleaching a TAPPI Press Anthology", p.418 (1989).
- [15] A.F. Fuadi, H. Brelid, Benefits of a Chelating Stage Prior to Peroxide Bleaching, *J. Teknik Gelagar*, **17**(2), p.91 (2006).
- [16] Prasakis J., Sain M., Daneault C., Metal Management Improves Peroxide Bleaching of TMP, *TAPPI j.*, **79**(10), p.161 (1996).
- [17] Troughton N.A., Desprez F., Devenyns J., TCF Bleaching of Softwood Kraft Pulps to High Brightness, In: "TAPPI Pulping Conference Proceedings", p.807 (1994).
- [18] Troughton N.A., Sarot P., The Efficient Use of Hydrogen Peroxide as a Chemical Pulp Delignification Agent, In: "TAPPI pulping conference", p.519 (1992).