

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران  
جلد ۲۶، شماره ۱، صفحه ۲۱۷-۱۹۳، (۱۳۹۰)

## استفاده از کمپلکس آلی گلاناپون به جای سیلیکات سدیم در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP مخلوط پهن برگان با پروکسید هیدروژن

ایمان اکبرپور<sup>۱\*</sup> و حسین رسالتی<sup>۲</sup>

\*- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد صنایع خمیرو کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

پست الکترونیک: iman.akbarpour@gmail.com

۲- دانشیار علوم و تکنولوژی خمیرو کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه صنایع خمیرو کاغذ.

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۸

### چکیده

این تحقیق به منظور بررسی جایگزینی کمپلکس آلی گلاناپون به جای سیلیکات سدیم بر ویژگی های نوری خمیرهای کاغذ CMP رنگ بری شده با پروکسید هیدروژن انجام گرفت. با حذف سیلیکات سدیم و جایگزینی ۰/۷ و ۱/۵ درصد از ماده گلاناپون، بیشترین روشنی ۶۵/۵ درصد و کمترین زردی ۲۱/۶ درصد به دست آمد. اما بیشترین ماتی ۹۸/۲ درصد با استفاده از ۰/۵٪ گلاناپون به دست آمد. با افزایش مصرف گلاناپون از ۰/۴ به ۰/۵ درصد در اختلاط با ۰/۷٪ سیلیکات سدیم، روشنی کاغذ تا ۶۸/۱٪ افزایش یافته و میزان زردی آن به ۲۰/۸٪ کاهش یافت. روشنی کاغذ در درصدهای بیشتر از ۰/۵٪ گلاناپون کاهش یافت و به زردی آنها افزوده شد. استفاده از درصدهای بیشتر ۱٪ و ۱/۵٪ گلاناپون در اختلاط با ۰/۷٪ سیلیکات سدیم به ترتیب بیشترین ماتی ۹۷/۹ و ۹۸ درصد را نتیجه داد. افزایش درصد پروکسید مصرفی تا ۰/۵ در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از گلاناپون و سیلیکات سدیم، منجر به تولید کاغذهای با روشنی بیشتر، ماتی و زردی کمتر شده است. خمیرهای کاغذ CMP رنگ بری شده در زمان ۱۲۰ دقیقه در حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون، بیشترین روشنی ۷۱/۱ درصد و کمترین زردی ۱۸/۳ درصد را نتیجه دادند. بیشترین ماتی ۹۸/۳ درصد و ۹۸ درصد به ترتیب در حالت های بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون در زمان ۳۰ دقیقه مشاهده شده است در این تحقیق، با عنایت به ویژگی های نوری کاغذهای حاصل از رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون می توان گفت که در مقایسه با رنگ بری متداول با پروکسید هیدروژن، با حذف کامل سیلیکات سدیم و استفاده از ۰/۷ یا ۱/۵٪ گلاناپون، امکان تولید کاغذهای با ویژگی های نوری مشابه و یا حتی بهتر وجود دارد. همچنین در مقایسه با درصدهای مصرفی بالاتر سیلیکات سدیم، با اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون می توان با زمان رنگ بری ۱۲۰ دقیقه و مصرف ۰/۵٪ پروکسید هیدروژن، کاغذهای روشن تر با زردی کمتر و ماتی مشابه تولید کرد.

واژه های کلیدی: خمیر کاغذ CMP، گلاناپون، رنگ بری بدون سیلیکات، روشنی، زردی، ماتی.

### مقدمه

و استفاده از آن در رنگ بری خمیرهای کاغذ مکانیکی خیلی بیشتر از خمیرهای کاغذ شیمیایی است. پیش شرط اصلی رنگ بری با پروکسید، خنثی سازی تجزیه پروکسید

پروکسید هیدروژن عمدتاً در رنگ بری خمیرهای کاغذ مکانیکی و شیمیایی - مکانیکی مورد استفاده قرار می گیرد

شد(تیرگی قلیایی). بنابراین مقدار پروکسید باقی مانده باید در انتهای رنگ بری کنترل شود و نسبت به مقدار اولیه آن ارزیابی شود (نت، ۲۰۰۷). رنگ بری بدون مصرف ترکیبات کلردار به لحاظ زیست محیطی روش مطلوبیست، در این صورت همه پسابها را می توان به سیستم بازیابی مواد شیمیایی<sup>۵</sup> بازگرداند و پسابهای تخلیه ای را نسبتاً بی خطر کرد. سیستمهای رنگ بری فقط با استفاده از اکسیژن، اوزون و پروکسید هیدروژن در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است، اما موانع فنی مهمی وجود دارد که پیش از صنعتی شدن این روش باید برطرف شود. افزایش دما در رنگ بری هر چند واکنشهای رنگ زدایی پروکسید را سرعت می بخشد، اما واکنشهای جانبی ناخواسته نیز افزایش می یابند. به طوری که پایداری پروکسید در دمای بالا به ویژه در حضور یونهای فلزی سنگین کاهش می یابد. یک مرحله اسیدی مقدماتی و استفاده از عوامل کی لیت کننده همانند DTPA آسیب ناشی از یونهای فلزی سنگین را به مقدار بیشتری کاهش می دهد (میرشکرای، ۱۳۸۲). هیدروکسید سدیم به عنوان یک منبع قلیائیت برای آماده سازی مایع پخت رنگ بری برای اثر بخشی بهتر پروکسید هیدروژن در رنگ بری خمیرهای کاغذ استفاده می شود. به طوری که افزایش میزان مصرف قلیا به طور مستقیم مقدار پرکسید هیدروژن باقیمانده و در نتیجه روشنی کاغذ را کاهش می دهد. بنابراین مقدار هیدروکسید سدیم اضافه شده به سیستم رنگ بری باید متناسب با نوع خمیرکاغذ و درصد پروکسید مشخص کنترل و بهینه شود. در پایان سفید سازی باید مقدار ۱۰-۵٪ از قلیای کل یعنی هیدروکسید سدیم و سیلیکات سدیم در خمیرکاغذ باقی بماند (استرانک، ۱۹۹۰). ترکیبات فلزی سنگین<sup>۶</sup> همچون منگنز، آهن و مس مطابق واکنش ۱ تجزیه

با فلزاتی همچون منگنز، مس و آهن می باشد. تخریب ساختار کروموفور کینون در لیگنین یکی از مهمترین تئوریهای است که مورد پذیرش قرار گرفته است. در این تخریب واکنشهای متناوبی صورت می گیرند که شامل متیل زدایی<sup>۱</sup>، شکست زنجیرهای جانبی<sup>۲</sup> (واکنش داکین) و گسیختگی حلقه<sup>۳</sup> می باشند. رنگ بری با پروکسید هیدروژن اغلب به عنوان رنگ بری با حفظ لیگنین<sup>۴</sup> بوده و در سیستم قلیایی صورت می گیرد. پروکسید هیدروژن در طی فرایند رنگ بری بعضی از ترکیبات فنیل پروپان موجود در لیگنین را می شکند و با تخریب گروههای کروموفور از ایجاد مجدد رنگ جلوگیری می کند. زنجیرهای جانبی در طی این فرایند می شکنند و کینونها به اسیدهای کربوکسیلیک که انحلال پذیری بیشتری در آب دارند، اکسید می شوند. یون فعال در رنگ بری با پروکسید هیدروژن یون پرهیدروکسیل می باشد که در شرایط قلیایی با اضافه شدن سود سوز آور در محیط ایجاد می شود (استرانک، ۱۹۹۰؛ سوس و همکاران، ۲۰۰۱).

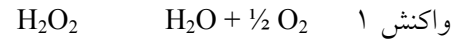
پروکسید هیدروژن عمدتاً به منظور افزایش روشنی خمیرهای کاغذ(حذف یا تغییر گروههای رنگ ساز) در طی مراحل رنگ بری نهایی و برای جلوگیری از کاهش سفیدی خمیرکاغذ در طی زمان در انتهای توالی رنگ بری متداول استفاده می شود. در انتهای فرایند سفیدسازی خمیرکاغذ، به علت تیره شدن کاغذ در اثر قلیای باقیمانده باید بین ۱۵-۱۰٪ از پروکسید باقی بماند تا بتوان به نتیجه بهتر رسید. چون مقدار کمتر پروکسید باقی مانده درجه روشنی کمتری را نتیجه داده و قلیای باقیمانده موجب تیرگی کاغذ خواهد

- 1- Demetylation
- 2- Cleavage of side chains
- 3- Ring rupture
- 4- Lignin- preserving bleaching

5- Chemical recovery

6- Heavy metal components

پروکسید هیدروژن را تسریع می کنند و موجب هدر رفتن آن در سیستم رنگ بری می شوند.



ترکیبات یون های فلزات سنگین از چوب، آب و تجهیزات فرایند منشاء می شوند. به عنوان مثال چوب می تواند حاوی ۱۰۰PPm منگنز باشد و همین مقدار کافیت که موجب تجزیه جلدی پروکسید هیدروژن شود. روند کنترل یون فلزات سنگین شامل بکارگیری فنونی می باشد که به طور موثری بتواند از واکنش بین فلز و پروکسید هیدروژن جلوگیری کند. به همین منظور از عوامل کی لیت کننده و یا سیلیکات سدیم استفاده می شود. سیلیکات سدیم به عنوان یک ترکیب بافر کننده در لیکور رنگ بری با پروکسید هیدروژن می باشد. این ماده نقش مهمی در تشکیل سیلیکات فلزی سنگین نا محلول و یا جذب سطحی یونهای فلزی به صورت فلاکهای سیلیکات کلسیم و منیزیم نیز ایفا می کند و موجب کاهش تخریب و تجزیه پروکسید می شود. در نتیجه سیلیکات سدیم به عنوان یک منبع قلیائیت و تثبیت کننده پروکسید می باشد و مقدار مصرف آن در سیستم رنگ بری باید به لحاظ اقتصادی و تکنیکی بهینه شود. ناپایداری محلولهای سیلیکات رقیق شده موجب ته نشست و رسوب آنها در سیستم می شود و باعث مشکلاتی در سیستم پساب خواهد شد. به همین منظور برای کاهش رسوبات در دستگاهها و تجهیزات و سیستم تصفیه پساب، مقدار مصرف این ماده را باید به حداقل رساند تا بتوان مقدار رسوبات حاصل را کاهش داد (سوس و همکاران، ۲۰۰۱).

نتایج حاصل از رنگ بری خمیرهای کاغذ CTMP با پروکسید هیدروژن با استفاده از گونه های صنوبر لرزان<sup>۱</sup> و

نوئل<sup>۲</sup> در درصد خشکی ۱۵٪ و درجه حرارت ۷۰<sup>oC</sup> و مدت زمان ۲ ساعت نشان می دهد که روشنی خمیر کاغذ افزایش یافته و بازده خمیر کاغذ با حذف و انحلال بخشی از ترکیبات مختلف خمیر کاغذ مانند همی سلولز، لیگنین و مواد استخراجی کاهش می یابد. به طوری که این کاهش بازده در خمیرهای کاغذ CTMP از گونه صنوبر لرزان نسبت به نوئل بیشتر می باشد. رنگ بری خمیرهای کاغذ CTMP با پروکسید هیدروژن با کاهش و اُفت بازده خمیر کاغذ ویژگی های اتصال بین الیاف را بهبود و موجب افزایش مقاومت خواهد شد. با افزایش مقدار قلیا در پروکسید مشخص همراه با کاهش بازده، روشنی خمیر کاغذ بهبود می یابد. این در حالی است که با افزایش مقدار پروکسید در قلیای مشخص، روشنی خمیر کاغذ بهبود یافته اما تأثیر معنی داری در کاهش بازده ندارد. بین کاهش بازده خمیر کاغذ و مقدار قلیا رابطه خطی وجود دارد، به طوری که این کاهش بازده در اثر افزایش مقدار قلیا در خمیرهای کاغذ CTMP گونه صنوبر لرزان بیشتر می باشد. اُفت بیشتر بازده موجب افزایش ترکیبات آلی حل شده مانند COD و TOC خواهد شد. بین کاهش بازده و مقدار ترکیبات COD و TOC رابطه خطی وجود دارد و کاهش بازده ۱٪ در خمیر معادل با مقدار ۱۲/۲ و ۱۰ کیلو گرم به ازای هر تن خمیر کاغذ می باشد. همچنین افزایش روشنی خمیر کاغذ موجب افزایش ترکیبات COD و TOC می شود (پن، ۲۰۰۲). نتایج به دست آمده از جایگزینی ۲ Mg(OH) به جای دو ترکیب سیلیکات سدیم و هیدروکسید سدیم در رنگ بری خمیرهای کاغذ TMP حکایت از آن دارد که در صورت استفاده از مقدار بهینه ماده ۲ Mg(OH) به جای سیلیکات سدیم و هیدروکسید

کاغذ CTMP با استفاده از ۵٪ سیلیکات سدیم و ۰/۸٪ پاف می توان به روشنی ۶۹/۶ رسید که بسیار نزدیکتر به روشنی خمیرکاغذ حاصل از ۳٪ سیلیکات سدیم می باشد (دهقانی، ۲۰۰۴). نتایج حاصل از جایگزینی هیدروکسید منیزیم به جای هیدروکسید سدیم در رنگ بری اکسایشی خمیرکاغذ مکانیکی با پروکسید هیدروژن در صورت وجود یا عدم وجود ماده تثبیت کننده سیلیکات سدیم در ترکیب شیمیایی رنگ بری نشان می دهد که هیدروکسید منیزیم ماده بسیار مناسب و موثری می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که هیدروکسید منیزیم مهمترین ترکیب قلیایی مناسب برای دست یابی به حداکثر روشنی می باشد. همچنین در صورت استفاده از هیدروکسید منیزیم نیاز به اضافه کردن هیچ نوع ماده تثبیت کننده سیلیکات سدیم به ترکیب شیمیایی رنگ بری نیست (هایتانن و همکاران، ۲۰۰۷).

همچنین با جایگزینی کمپلکس آلی با نام تجاری Sulvy-x به جای سیلیکات سدیم در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP مخلوط پهن برگان با پروکسید هیدروژن، نتایج بدست آمده از مقادیر روشنی و زردی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با جایگزینی کمپلکس آلی Sulvy-x می توان کاغذهای با خواص نوری مطلوب و یا حتی بهتر تولید کرد. با حذف کامل سیلیکات سدیم و استفاده از ماده شیمیایی با نام تجاری Sulvy-x در سطوح مختلف، بیشترین روشنی و کمترین زردی با ۰/۵٪ Sulvy-x مشاهده شده است که این مقادیر به ترتیب ۶۶/۱٪ و ۲۱/۸٪ می باشند. با افزایش درصد مصرف Sulvy-x تا ۰/۵ درصد همراه با مقدار ثابت ۰/۷٪ سیلیکات سدیم، روشنی کاغذها از ۶۱/۲ به ۶۷/۳ درصد افزایش یافته و مقدار زردی از ۲۴/۶ به ۲۱/۴ درصد کاهش یافت. درصد

سدیم در مقدار پروکسید مشخص می توان در مقایسه با رنگ بری متداول با پروکسید هیدروژن کاغذهای با روشنی مشابه و یا حتی بهتر و همچنین ویژگی های مقاومتی مشابه تولید کرد و در صورت جایگزینی این ماده می توان میزان واکنش های تخریبی پروکسید هیدروژن را کاهش داد. میزان مصرف بهینه  $Mg(OH)_2$  به جای هیدروکسید سدیم و سیلیکات سدیم حدود ۱-۰/۵٪ تعیین شده است. همچنین استفاده از  $Mg(OH)_2$  منجر به کاهش ۴۰٪ از بار آلودگی COD و ۵۰٪ قابلیت رسانایی<sup>۱</sup> خمیرکاغذ نهایی شد. همچنین در مقدار روشنی مشابه، در صورت استفاده از  $Mg(OH)_2$  در مرحله رنگ بری، میزان پروکسید باقیمانده در خمیرکاغذ بیشتر از رنگ بری متداول با پروکسید هیدروژن است و این احتمال بازیابی پروکسید هیدروژن برای رسیدن به کارایی بیشتر را افزایش داده و موجب کاهش مقدار مصرف آن می شود (جانسون و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج حاصل از جایگزینی مواد شیمیایی مختلف به جای سیلیکات سدیم در فرایند رنگ بری خمیرهای کاغذ CTMP گونه غان با پروکسید قلیایی با استفاده از ۲٪ پروکسید هیدروژن و ۱/۵٪ سود سوزآور در درصدهای ۰، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد از سیلیکات سدیم، به ترتیب مقادیر روشنی ۵۱/۶، ۵۸/۳، ۶۲، ۶۴/۵، ۶۸ و ۷۱/۱ مشاهده شده اند. ماده شیمیایی با نام تجاری پاف در مقایسه سایر مواد شیمیایی به کار رفته به عنوان بهترین جایگزین معرفی شده است. همچنین با استفاده از ۰/۸٪ پاف در رنگ بری با پروکسید قلیایی، مقدار روشنی ۶۸/۷ بدست آمده است که این مقدار در شرایط مشابه بیش از روشنی خمیر کاغذ سفید شده با ۲٪ سیلیکات سدیم می باشد. در رنگ بری خمیرهای

شد. مقدار روشنی، زردی و ماتی اولیه کاغذهای ساخته شده از خمیرهای کاغذ شاهد کارخانه به ترتیب به طور متوسط ۴۴/۵، ۳۲/۱ و ۹۸/۲ درصد می باشند.

### رنگ بری خمیر کاغذ

رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP با استفاده از پروکسید هیدروژن در یک مرحله با متغیرهای مختلفی صورت گرفته است. مواد شیمیایی مصرفی در رنگ بری شامل: پروکسید هیدروژن، هیدروکسید سدیم، DTPA و سیلیکات سدیم می باشند. ماده شیمیایی با نام تجاری Glanapone Stab به عنوان جایگزین سیلیکات سدیم در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی با سیلیکات سدیم به کار گرفته شد. کلیه خمیرها در دو حالت بدون پیش تیمار و با پیش تیمار با DTPA در کیسه های نایلونی در شرایط ثابت درجه حرارت  $70^{\circ}\text{C}$  و درصد خشکی ۱۰٪ در درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن، هیدروکسید سدیم، Glanapone Stab و زمان های مختلف رنگ بری شدند. پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP با استفاده از ۰/۳٪ DTPA (بر اساس وزن خشک خمیر کاغذ) در درصد خشکی ۳٪ به مدت ۳۰ دقیقه، درجه حرارت  $50^{\circ}\text{C}$  و در محدوده pH ۳-۵ انجام شد. تأثیر پیش تیمار با DTPA بر روشنی و زردی نهایی کاغذهای ساخته شده ارزیابی شد. در ابتدا خمیرهای کاغذ CMP در شرایط ثابت پروکسید ۳٪، سود ۲/۵٪، درصد خشکی ۱۰٪، درجه حرارت  $70^{\circ}\text{C}$ ، مدت زمان ۹۰ دقیقه در درصدهای مختلف ۰، ۰/۷، ۱، ۲ و ۳ درصد از سیلیکات سدیم رنگ بری شدند. تأثیر سیلیکات سدیم و پیش تیمار با DTPA در روشنی و میزان زردی کاغذهای ساخته شده مورد بررسی قرار گرفت. در

سود و پروکسید بهینه در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و Sulvy-x به ترتیب ۲/۵٪ و ۵٪ تعیین شد. با افزایش زمان سفید سازی در حالت بدون سیلیکات سدیم همراه با جایگزینی ۰/۵٪ Sulvy-x، روشنی کاغذ به طور معنی داری تا ۶۶/۱ درصد افزایش یافته و میزان زردی آن نیز به طور معنی داری تا ۲۱/۸ درصد کاهش یافت. در حالی که با اختلاط ۰/۵٪ Sulvy-x و ۰/۷٪ سیلیکات سدیم، افزایش زمان رنگ بری تا ۱۲۰ دقیقه منجر به تولید کاغذهای با روشنی بیشتر و زردی کمتر شده است (اکبرپور و رسالتی، ۲۰۰۸).

در این تحقیق با عنایت به مشکلات گزارش شده از سیلیکات سدیم مبنی بر وجود رسوبات و ته نشست این ماده در دستگاه ها که موجب ایجاد مشکلات در سیستم بازیابی مواد شیمیایی و کاهش عمر مفید تجهیزات می شود، ماده شیمیایی با نام تجاری Glanapone Stab جایگزین این ماده در سیستم رنگ بری با پروکسید هیدروژن شد. تأثیر ماده Glanapone Stab در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی با سیلیکات سدیم بر روی روشنی و زردی کاغذهای ساخته شده از خمیرهای کاغذ CMP رنگ بری شده با پروکسید هیدروژن مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روشها

#### تهیه خمیر کاغذ

خمیرهای کاغذ CMP ساخته شده از ۵۴/۵٪ راش ۲۴/۵٪ ممرز و ۲۱٪ گان با درجه روانی ۳۰۰ ml CSF از شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. مقدار درصد رطوبت خمیر کاغذ پس از آب گیری و خشک کردن آنها در آن به مدت ۲۴ ساعت، حدود ۱۰٪ تعیین

همچنین خشک شدن آنها در اتاق کلیما، ویژگی های نوری کاغذ مانند روشنی و زردی مطابق با استاندارد TAPPI T452 om-02 و ماتی کاغذ مطابق با استاندارد TAPPI T425 om-02 اندازه گیری شده و در تیمارهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. اندازه گیری ویژگی های نوری کاغذ با استفاده از دستگاه با مدل Elrepho 2000 datacolor انجام گرفته است.

### کمپلکس آلی گلاناپون

این ماده ترکیبی از مواد کمپلکس های آلی مختلف در آب است که در آب کاملاً انحلال پذیر می باشد. این ماده به صورت مایع قهوه ای رنگ با بوی مشخص از ترکیبی از فسفونیک اسید و نمک ساخته شده و دارای بار سطحی آنیونی می باشد. این ماده به عنوان عامل پراکنده ساز<sup>۱</sup> و جلوگیری کننده از ایجاد رسوب و ته نشین<sup>۲</sup> در صنایع خمیر و کاغذ و به عنوان تثبیت کننده<sup>۳</sup> پروکسید هیدروژن در فرایند رنگ بری و جوهرزدایی کاغذهای باطله استفاده می شود. این ماده با یونهای فلزی سنگین مانند منگنز و آهن که موجب تجزیه پروکسید هیدروژن در فرایند رنگ بری می شوند، تشکیل کمپلکس های پایدار محلول در آب می دهد و موجب بهبود فرایند رنگ بری می شود. سایر مشخصات فیزیکی و شیمیایی این ماده در جدول شماره ۱ آمده است (مارچترنک و والتر استراسس، ۲۰۰۶).

ادامه، در شرایط ثابت مذکور ماده گلاناپون بدون مصرف سیلیکات سدیم با مقادیر مختلف ۰/۴، ۰/۵، ۰/۷، ۱/۵ درصد به خمیر کاغذ اضافه شد و تأثیر آن در رنگ بری به طور جداگانه بررسی شد. همچنین رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP در حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون به طور مجزا انجام شد به طوری که در مقدار ثابت ۰/۷٪ سیلیکات سدیم، با استفاده از درصدهای مختلف ۰/۴، ۰/۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۵ از گلاناپون، میزان تأثیر آن بر روشنی و میزان زردی خمیرهای CMP ارزیابی شد. تأثیر درصدهای مختلف سیلیکات سدیم با مقدار ثابت ۰/۷٪ و ۱/۵٪ از گلاناپون مورد بررسی قرار گرفت و پس از انتخاب دو شرایط بهینه از هر کدام از حالت های بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون، رنگ بری خمیرهای کاغذ در درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم (۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵ و ۴ درصد) انجام شد تا درصد سود بهینه در شرایط بهینه انتخاب شده تعیین شود. به نحوی که در مراحل بعدی رنگ بری خمیرهای کاغذ در درصدهای مختلف پروکسید ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد در سود بهینه تعیین شده انجام شد. خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید و سود بهینه تعیین شده، در زمان های مختلف ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه رنگ بری شدند و تأثیر زمان رنگ بری بر مقدار روشنی و زردی نهایی کاغذهای ساخته شده بررسی شد. pH اولیه و نهایی خمیرهای کاغذ در تمامی تیمارهای رنگ بری اندازه گیری شدند. پس از شستشوی خمیرهای کاغذ بر روی غربال با مش ۲۰۰ کاغذهای دست ساز ۲۰۰ گرمی از آنها تهیه شده و پس از پرس در فشار ۵۰ بار (به مدت زمان ۳-۵ دقیقه) و

1- Dispersing agents

2- Scale Inhibitor

3- Stabilizer

### جدول ۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی کمپلکس آلی گلائاپون

۸-۹	pH (در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد)
~1	نقطه جوش (درجه سانتی گراد)
۱/۲۶۱/۳	دانسیته نسبی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد
کاملاً انحلال پذیر	
مشتعل نمی شود	نقطه اشتعال <sup>۱</sup>

### نتایج

#### تأثیر سیلیکات سدیم بر روشنی و زردی خمیرهای

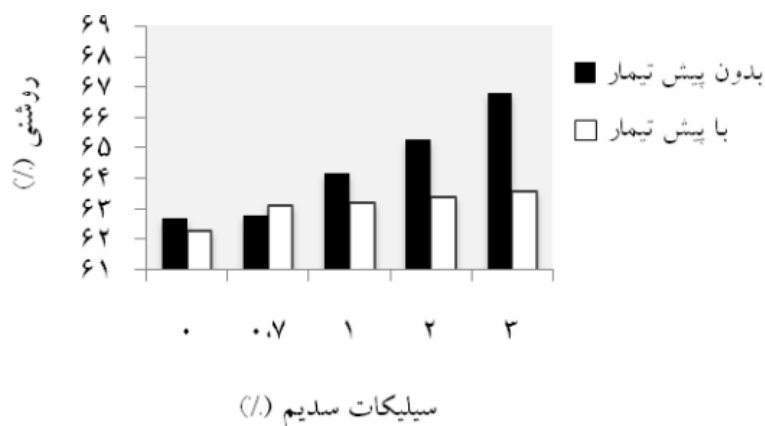
#### کاغذ CMP

نتایج حاصل از رنگ بری خمیرهای CMP با استفاده از سیلیکات سدیم در سطوح مختلف ۰، ۰/۷، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ درصد در حالت بدون پیش تیمار با DTPA نشان داد که افزایش درصد مصرف سیلیکات سدیم تا ۰/۷٪ تأثیر معنی داری را بر مقادیر روشنی ندارد در حالی که با افزایش درصد مصرف سیلیکات سدیم تا ۰/۳٪ تأثیر معنی داری بر روشنی خمیرهای CMP در سطح ۰/۱٪ مشاهده شده است. مطابق با آزمون دانکن، بیشترین روشنی ۶۶/۸ درصد با استفاده از ۰/۳٪ سیلیکات سدیم بدست آمده است. این در حالی است که در صورت پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP با DTPA، افزایش مصرف سیلیکات سدیم تا ۰/۷٪ تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی خمیرهای CMP نشان داد اما افزایش درصد سیلیکات سدیم تا ۰/۳٪ تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی خمیرهای کاغذ CMP نشان نداد. مطابق با آزمون

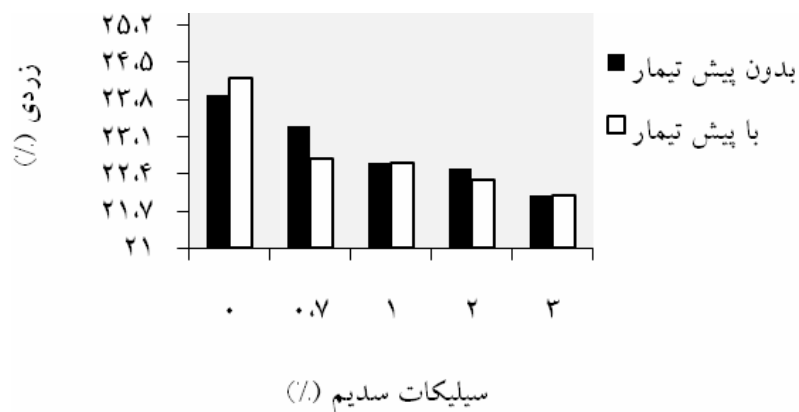
دانکن، حداکثر روشنی ۶۳/۶ درصد و حداقل زردی ۲۲ درصد با استفاده از ۰/۳٪ سیلیکات سدیم مشاهده شده است. همچنین با افزایش درصد مصرف سیلیکات سدیم تا ۰/۷٪، پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی کاغذهای ساخته شده در سطح ۰/۱٪ نشان نداد اما در درصدهای ۰/۳-۰/۱٪ سیلیکات سدیم مصرفی، پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی در سطح ۰/۱٪ نشان داده است (شکل ۱). نتایج آزمون تجزیه واریانس مقادیر زردی کاغذهای حاصل از رنگ بری خمیرهای در دو حالت بدون پیش تیمار و با پیش تیمار با DTPA در درصدهای مختلف سیلیکات سدیم نشان داد که افزایش مصرف سیلیکات سدیم تأثیر معنی داری را در مقادیر زردی کاغذ در سطح ۰/۱٪ نشان داده است. در حالت بدون پیش تیمار، اختلاف معنی داری بین مقادیر زردی در درصدهای ۰/۱ و ۰/۲ درصد و همچنین ۰/۷٪ و ۰/۱٪ مشاهده نشده است. مطابق با آزمون دانکن، حداقل زردی ۲۲ درصد با استفاده از ۰/۳٪ سیلیکات سدیم مشاهده شده است. در مورد خمیرهای کاغذ پیش تیمار شده با DTPA، افزایش درصد مصرف سیلیکات سدیم از ۰/۷٪ تا ۰/۱٪ تأثیر معنی داری را در مقادیر زردی نشان داد اما با استفاده از درصدهای بیشتر از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم، اختلاف معنی داری بین مقادیر زردی مشاهده نشده است. مطابق با آزمون دانکن، کمترین مقدار زردی ۲۲ درصد با استفاده از ۰/۳٪ سیلیکات سدیم مشاهده شده است. همچنین آزمون تجزیه واریانس مقادیر زردی کاغذ نشان داد که با افزایش مصرف سیلیکات سدیم از ۰-۰/۳٪، پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP با DTPA تأثیر معنی داری را در مقادیر زردی نشان نداد است (شکل ۲). به طور کلی نتایج حاصل از رنگ بری

سطح ۱٪ معنی دار مشاهده نشده است. همچنین استفاده از درصدهای بیشتر سیلیکات سدیم منجر به تولید کاغذهای با روشنی بیشتر و زردی کمتر شده است.

خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید هیدروژن نشان داد که خمیرهای پیش تیمار شده با DTPA در شرایط اسیدی در مقایسه با خمیرهای کاغذ بدون پیش تیمار روشنی کمتر و میزان زردی بیشتری را نشان دادند. البته این اختلافات در



شکل ۱- تأثیر سیلیکات سدیم بر روشنی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪ و سود ۲/۵٪.



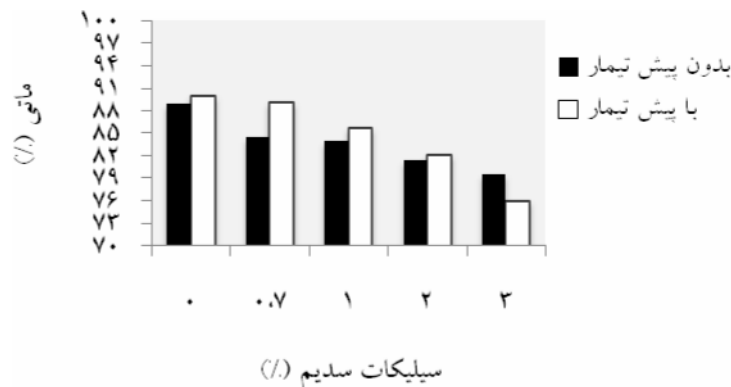
شکل ۲- تأثیر سیلیکات سدیم بر زردی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪ و سود ۲/۵٪.



## تأثیر سیلیکات سدیم بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی کاغذهای حاصل از رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP با استفاده از سیلیکات سدیم در سطوح مختلف بکار گرفته شده در دو حالت بدون پیش تیمار و با پیش تیمار با DTPA نشان داد که با افزایش درصد سیلیکات سدیم در حالت بدون پیش تیمار، ماتی خمیرهای کاغذ CMP کاهش یافته است. بنابراین کاهش مقادیر ماتی در سطح ۱٪ معنی دار نمی باشد. به طوری که بیشترین ماتی به مقدار ۸۹ درصد مربوط به حالت بدون سیلیکات سدیم و حداقل ماتی ۷۹/۶ درصد با ۳٪ سیلیکات سدیم بدست

آمده است. اختلاف مقادیر ماتی بین تیمارهای شامل ۰/۷ و ۱ درصد سیلیکات سدیم معنی دار مشاهده نشده است. به طوری که حداکثر ماتی ۹۰ درصد مربوط به حالت بدون سیلیکات سدیم و حداقل ماتی ۷۶ درصد با استفاده از ۳٪ سیلیکات سدیم مشاهده شده است. لازم به یادآوریست که در مجموع در درصدهای مختلف سیلیکات سدیم، پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP منجر به افزایش ماتی کاغذ شده است. بنابراین در صورت پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP، تنها مقادیر ماتی به دست آمده در درصدهای ۰ و ۰/۷ از سیلیکات سدیم در سطح ۱٪ معنی دار مشاهده نشد (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر سیلیکات سدیم بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪ و سود ۲/۵٪.

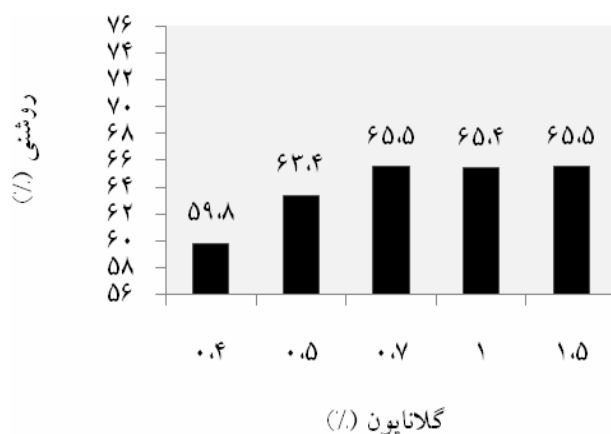
## تأثیر گلاناپون بر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP بدون مصرف سیلیکات سدیم

نتایج حاصل از رنگ بری خمیرهای CMP بدون مصرف سیلیکات سدیم با استفاده از درصدهای مختلف گلاناپون نشان داد که افزایش درصد گلاناپون از

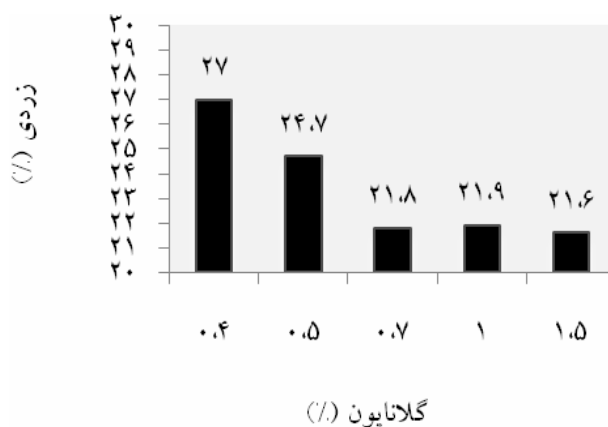
تأثیر گلاناپون بر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP تأثیرماده گلاناپون به عنوان جایگزین سیلیکات سدیم در دو حالت بدون مصرف سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی با سیلیکات سدیم در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP بررسی شده است.

مشابه با ۰/۷ و ۱/۵٪ گلاناپون و کمترین روشنی ۵۹/۸ درصد با استفاده از ۰/۴٪ گلاناپون مشاهده شده است. این در حالیست که بیشترین و کمترین مقدار زردی به ترتیب با استفاده از ۰/۴٪ و ۱/۵٪ گلاناپون به دست آمده است. به نحوی که این مقادیر به ترتیب ۲۷ و ۲۱/۶ درصد می باشند (شکل های ۴ و ۵).

۰/۷ - ۰/۴، تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP دارد اما در درصدهای بیشتر اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی و زردی کاغذ مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر روشنی و زردی کاغذهای ساخته شده را در ۳ گروه مجزا قرار داده است. به طوری که بیشترین مقدار روشنی ۶۵/۵ درصد به طور



شکل ۴- تأثیر گلاناپون بر روشنی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪ و هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ بدون مصرف سیلیکات سدیم.



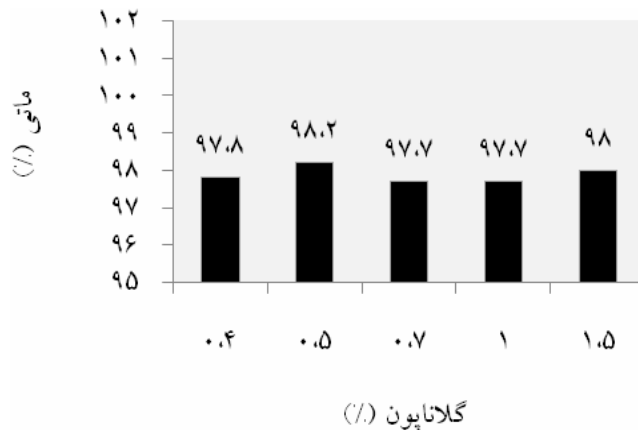
شکل ۵- تأثیر گلاناپون بر زردی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪ و هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ بدون مصرف سیلیکات سدیم.

## تأثیر گلاناپون بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP بدون

## مصرف سیلیکات سدیم

آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی بدست آمده از درصدهای مختلف گلاناپون بدون سیلیکات سدیم، نشان

داد که بین مقادیر ماتی اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ وجود ندارد. اما در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از ۰/۵٪ و ۱/۵٪ گلاناپون به ترتیب بیشترین ماتی (۹۸/۲ و ۹۸ درصد) را نتیجه داده است (شکل ۶).



شکل ۶- تأثیر گلاناپون بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪

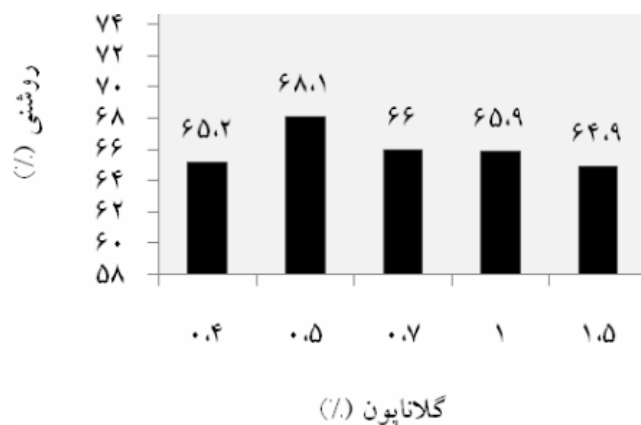
و هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ بدون مصرف سیلیکات سدیم.

درصدهای بیشتر یعنی ۰/۷، ۱ و ۱/۵ درصد اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی و زردی کاغذ مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر روشنی و زردی کاغذ را در ۴ گروه مجزه قرار داده است به طوری که بیشترین مقدار روشنی ۶۸/۱ درصد با استفاده از ۰/۵٪ گلاناپون و کمترین مقدار روشنی ۶۴/۱ درصد با استفاده از ۱/۵٪ گلاناپون به دست آمده است. مطابق با آزمون دانکن کمترین مقدار زردی ۲۰/۸ درصد با استفاده از ۰/۵٪ گلاناپون و بیشترین مقدار زردی با استفاده از ۰/۴٪ گلاناپون مشاهده شده است (شکل های ۷ و ۸).

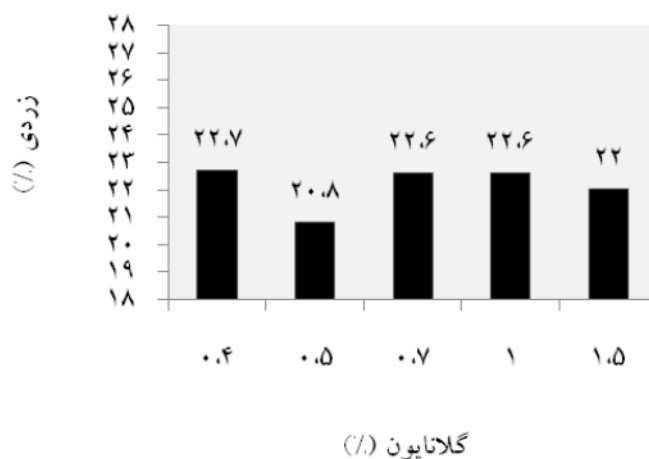
## تأثیر گلاناپون به صورت اختلاطی با سیلیکات سدیم بر

## روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP

تأثیر ماده جایگزین گلاناپون به صورت اختلاطی با سیلیکات سدیم در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که با رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید هیدروژن در درصدهای مختلف گلاناپون با مقدار ثابت ۰/۷٪ از سیلیکات سدیم، ارزیابی های به عمل آمده از تأثیر درصدهای مختلف گلاناپون نشان داد که افزایش مقدار گلاناپون از ۰/۴ تا ۰/۷ درصد، تأثیر معنی داری بر مقادیر روشنی و زردی کاغذ دارد. در حالی که در



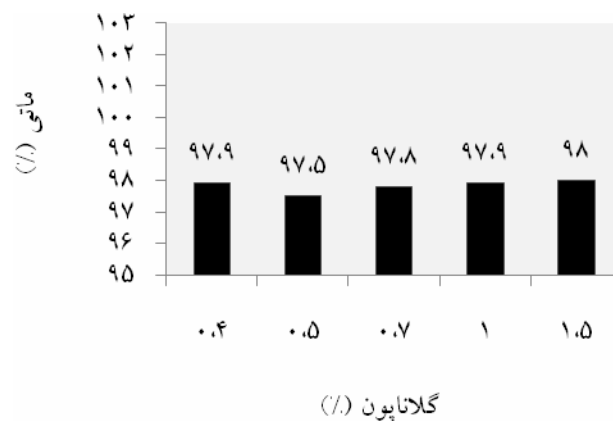
شکل ۷- تأثیر گلاناپون بر روشنایی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪، هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ و سیلیکات سدیم ۰/۷٪.



شکل ۸- تأثیر گلاناپون بر زردی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪، هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ و سیلیکات سدیم ۰/۷٪.

حکایت از آن داشت که اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در سطح ۱٪ وجود ندارد. اما در مجموع درصدهای بیشتر گلاناپون یعنی ۱٪ و ۱/۵٪ در اختلاط با ۰/۷٪ سیلیکات سدیم بیشترین ماتی ۹۷/۹ و ۹۸ درصد را نتیجه داده است (شکل ۹).

تأثیر گلاناپون به صورت اختلاطی با سیلیکات سدیم بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی حاصل از کاغذهای ساخته شده در درصدهای مختلف گلاناپون در اختلاط با ۰/۷٪ سیلیکات سدیم

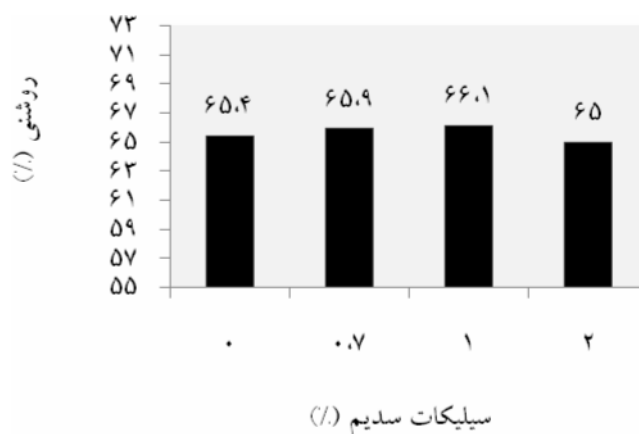


شکل ۹- تأثیر گلاناپون بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪، هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ و سیلیکات سدیم ۰/۷٪.

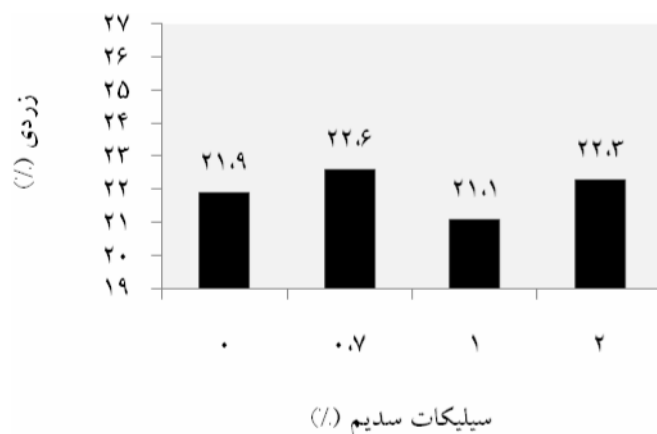
در سطح ۱٪ مشاهده شده است. آزمون دانکن مقادیر روشنی و زردی کاغذ را در ۲ گروه مجزا قرار داده است. بیشترین مقدار روشنی ۶۶/۱ درصد و کمترین مقدار روشنی ۶۵ درصد به ترتیب با استفاده از ۰/۷٪ و ۲٪ سیلیکات سدیم مشاهده شده اند. همچنین حداکثر زردی ۲۲/۳ درصد با استفاده از ۲٪ سیلیکات سدیم و حداقل زردی ۲۱/۱ درصد با استفاده از ۱٪ سیلیکات سدیم بدست آمده است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

#### تأثیر سیلیکات سدیم بر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP در اختلاط با ماده جایگزین گلاناپون

آزمون تجزیه واریانس مقادیر روشنی و زردی کاغذهای حاصل از درصدهای مختلف سیلیکات سدیم در اختلاط با ۰/۵٪ سیلیکات سدیم در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP نشان داد که استفاده از درصدهای کمتر از ۱٪ سیلیکات سدیم تأثیر معنی داری در مقادیر روشنی و زردی کاغذ ندارد اما اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی و زردی کاغذ در ۱٪ و ۲٪ سیلیکات سدیم



شکل ۱۰- تأثیر سیلیکات سدیم بر روشنی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪، هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ و گلاناپون ۱٪.



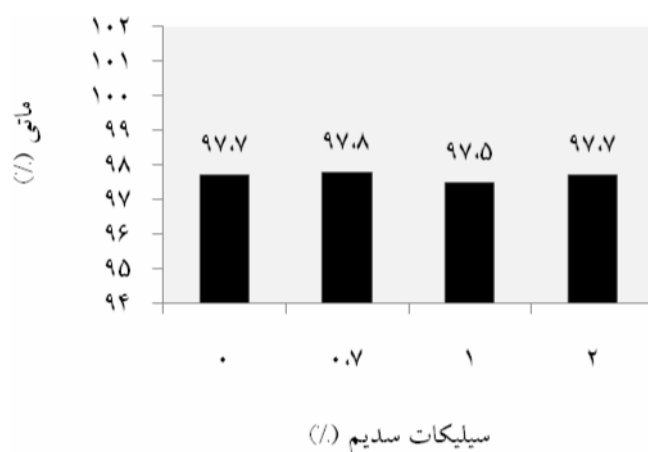
شکل ۱۱- تأثیر سیلیکات سدیم بر زردی خمیرهای کاغذ CMP

با پروکسید ۳٪، هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ و گلاناپون ۱٪.

نشان داد که اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در سطح ۱٪ وجود ندارد. با توجه به نتایج بدست آمده، بیشترین ماتی ۹۷/۸ درصد با استفاده از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم و کمترین ماتی ۹۷/۵ درصد با استفاده از ۱٪ سیلیکات سدیم به دست آمده است (شکل ۱۲).

تأثیر سیلیکات سدیم بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP در اختلاط با ماده جایگزین گلاناپون

نتایج بدست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی حاصل از کاغذهای ساخته شده در درصدهای مختلف سیلیکات سدیم در اختلاط با ۰/۵٪ گلاناپون



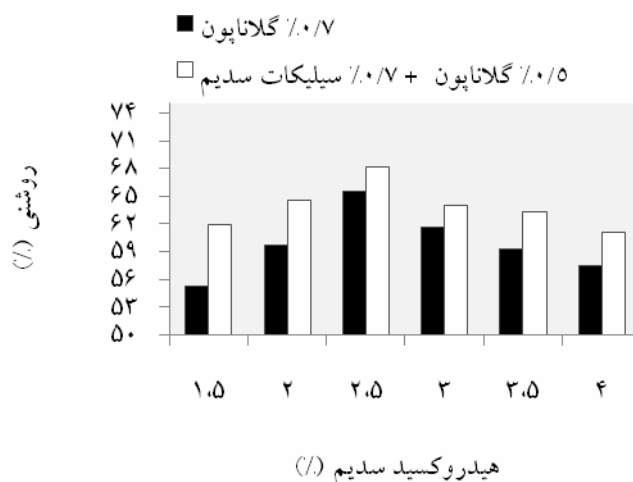
شکل ۱۲- تأثیر سیلیکات سدیم بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP

با پروکسید ۳٪، هیدروکسید سدیم ۲/۵٪ و گلاناپون ۱٪.

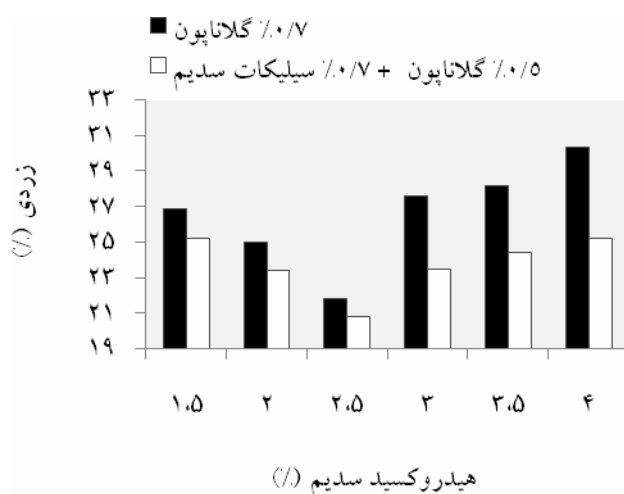
### تأثیر درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم بر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP

آزمون تجزیه واریانس مقادیر روشنی و زردی کاغذهای از درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم در دو حالت بدون مصرف سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون حکایت از آن دارد که افزایش درصد مصرف هیدروکسید سدیم از ۱/۵ تا ۴ درصد تأثیر معنی داری بر مقادیر روشنی و زردی کاغذ دارد. لازم به یادآوریست که در حالت بدون سیلیکات سدیم، اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی در درصدهای ۰/۱۵٪ و ۰/۴٪ هیدروکسید سدیم و همچنین اختلاف معنی داری بین مقادیر زردی در درصدهای ۰/۳٪ با ۰/۱۵٪ و ۰/۳٪ با ۰/۱۵٪ هیدروکسید سدیم مشاهده نشده است. به طوری که در حالت اختلاطی از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون، اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی و زردی در درصدهای ۰/۲٪، ۰/۳٪ و ۰/۳۵٪ و همچنین ۰/۱۵٪ با ۰/۴٪ هیدروکسید سدیم مشاهده نشده است.

حالت بدون سیلیکات سدیم، آزمون دانکن مقادیر روشنی و زردی کاغذها را در ۳ گروه مجزا قرار داده است. به نحوی که بیشترین مقدار روشنی ۶۵/۵ درصد و کمترین مقدار زردی ۲۱/۸ درصد با استفاده از ۰/۲۵٪ هیدروکسید سدیم بدست آمده است. در حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون، آزمون دانکن مقادیر روشنی و زردی کاغذ را در ۳ گروه مجزا قرار داده است. به طوری که حداکثر مقدار روشنی ۶۸/۱ درصد و کمترین مقدار زردی ۲۰/۸ درصد با استفاده از ۰/۲۵٪ هیدروکسید سدیم بدست آمده است (شکل های ۱۳ و ۱۴). با توجه به این که با استفاده از ۰/۲۵٪ هیدروکسید سدیم بیشترین درجه روشنی و زردی مشاهده شده است، پس می توان گفت که استفاده از ۰/۲۵٪ هیدروکسید سدیم به عنوان درصد بهینه در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP در حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون می باشد.



شکل ۱۳- تأثیر هیدروکسید سدیم بر روشنی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۰/۳.



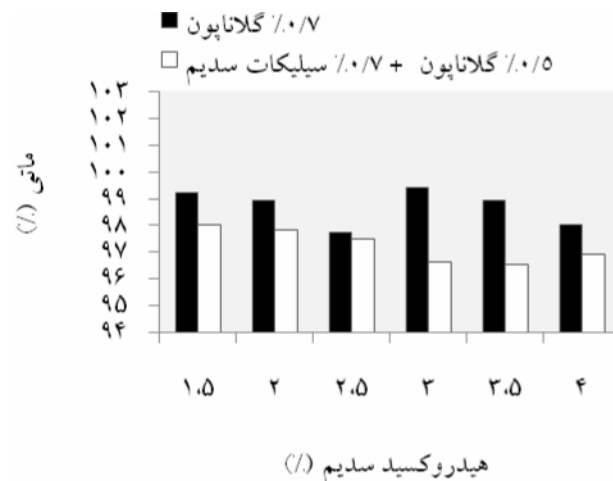
شکل ۱۴- تأثیر هیدروکسید سدیم بر زردی خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید ۳٪.

استفاده از ۲/۵٪ هیدروکسید سدیم بدست آمده است. همچنین آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی کاغذ در حالت اختلاطی از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون نشان داد که اختلاف معنی داری بین درصدهای ۱/۵٪، ۲٪، ۳٪ و ۳/۵٪ هیدروکسید سدیم وجود دارد و بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر ماتی کاغذهای ساخته شده را در ۲ گروه مجزا قرار داده است به طوری که حداکثر ماتی ۹۸ درصد با استفاده از ۱/۵٪ هیدروکسید سدیم و حداقل ماتی ۹۶/۵ درصد با استفاده از ۳/۵٪ هیدروکسید سدیم بدست آمده است. به طور کلی می توان گفت در حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون، استفاده از درصدهای کمتر هیدروکسید سدیم منجر به تولید کاغذهای با ماتی بیشتر شده است. همچنین در حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون، مقادیر ماتی بیشتری در مقایسه با حالتی که تنها از ۰/۷ درصد گلاناپون استفاده شود، مشاهده شده است (شکل ۱۵).

#### تأثیر درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP

آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی به دست آمده از کاغذهای ساخته شده در درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم در دو حالت بدون مصرف سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون حکایت از آن دارد که اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در سطح ۱٪ وجود دارد. در حقیقت تغییرات ماتی کاغذ را می توان به تغییرات قابلیت جذب نور کاغذ و همچنین تغییرات میزان سفیدی کاغذ در اثر رنگ بری نسبت داد. در حالت بدون مصرف سیلیکات سدیم، اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در تیمارهای شامل ۱/۵، ۲/۵ و ۴ درصد هیدروکسید سدیم در سطح ۱٪ وجود دارد. اما اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در تیمارهای دیگر مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر ماتی کاغذهای ساخته شده را در ۲ گروه مجزا قرار داده است. به نحوی که بیشترین ماتی ۹۹/۴ درصد با استفاده از ۳٪ هیدروکسید سدیم و کمترین ماتی ۹۷/۷ درصد با





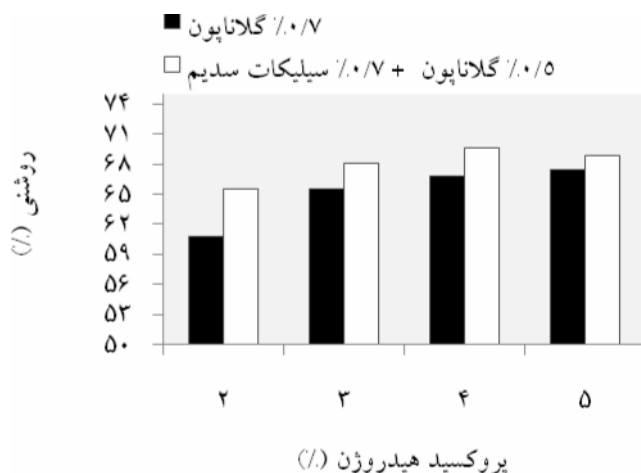
شکل ۱۵- تأثیر هیدروکسید سدیم بر ماتی خمیرهای

کاغذ CMP با پروکسید ۳٪.

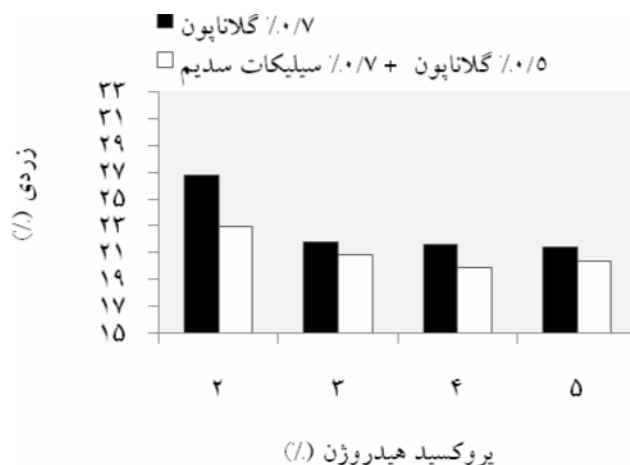
بدست آمده در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلائناپون نشان داد که افزایش درصد مصرفی پروکسید هیدروژن تا ۳٪ تأثیر معنی داری در کاهش زردی دارد اما در درصدهای بیشتر از ۳٪، اختلاف معنی داری بین مقادیر زردی در دو حالت مذکور مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر زردی کاغذ را در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلائناپون در ۲ گروه مجزا قرار داده است. به طوری که در حالت بدون سیلیکات سدیم، کمترین زردی ۲۱/۴ درصد با استفاده از ۵٪ پروکسید هیدروژن و بیشترین زردی ۲۶/۸ درصد با استفاده از ۲٪ پروکسید هیدروژن بدست آمده است. این در حالیست که در حالت اختلاطی از ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلائناپون، کمترین زردی ۱۹/۹ درصد با ۴٪ پروکسید هیدروژن و بیشترین زردی ۲۲/۹ درصد با استفاده از ۲٪ پروکسید هیدروژن مشاهده شده است (شکل های ۱۶ و ۱۷).

#### تأثیر درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن بر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP

نتایج بدست آمده از آزمون تجزیه واریانس تأثیر درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن در درصد بهینه ۲/۵٪ هیدروکسید سدیم در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلائناپون نشان داد که افزایش درصد مصرف پروکسید هیدروژن تا ۴٪ تأثیر معنی داری را بر افزایش مقدار روشنی کاغذ داشته است. اما اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی در تیمارهای شامل ۴٪ و ۵٪ پروکسید هیدروژن مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر روشنی کاغذ در دو حالت مذکور را در ۴ گروه مجزا قرار داده است. در حالت بدون سیلیکات سدیم، بیشترین مقدار روشنی ۶۷/۵ درصد با استفاده از ۵٪ پروکسید هیدروژن و در حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلائناپون، بیشترین روشنی ۶۹/۶ درصد با استفاده از ۴٪ پروکسید هیدروژن بوده است. همچنین آزمون تجزیه واریانس مقادیر زردی



شکل ۱۶- تأثیر پروکسید هیدروژن بر روشنایی خمیرهای کاغذ CMP با مقدار بهینه هیدروکسید سدیم ۰/۵٪.



شکل ۱۷- تأثیر پروکسید هیدروژن بر زردی خمیرهای کاغذ CMP با مقدار بهینه هیدروکسید سدیم ۰/۵٪.

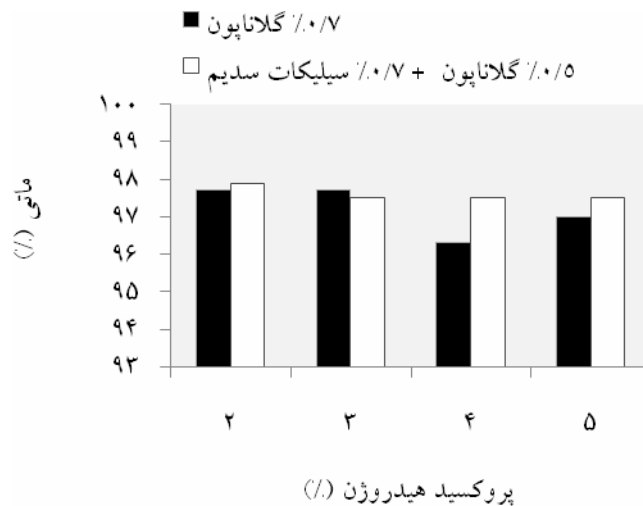
۴٪ با ۲٪ و همچنین ۴٪ با ۳٪ وجود دارد. این در حالیست که اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در درصد های ۴٪ و ۵٪ و همچنین ۲٪ با ۳٪ وجود ندارد. آزمون دانکن مقادیر ماتی کاغذ را در ۳ گروه مجزا قرار داده است. به طوری که بیشترین ماتی ۹۷/۷ درصد به طور مشابه با استفاده از ۲ و ۳٪ پروکسید هیدروژن بدست

### تأثیر درصدهای مختلف پروکسید هیدروژن بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP

آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی به دست آمده از کاغذ های حاصل از درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم در حالت بدون سیلیکات سدیم در سطح ۱٪ نشان داد که اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی کاغذ در درصدهای

سدیم و گلاناپون نشان داد که اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در سطح ۱٪ وجود ندارد. بنابراین در مجموع بیشترین ماتی ۹۷/۹ درصد با استفاده از ۲٪ پروکسید هیدروژن به دست آمده است (شکل ۱۸).

آمده است. این در حالی است که کمترین ماتی ۹۶/۳ درصد با استفاده از ۴٪ پروکسید هیدروژن مشاهده شده است. همچنین آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی کاغذهای ساخته شده در حالت اختلاطی از سیلیکات



شکل ۱۸- تأثیر پروکسید هیدروژن بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP با مقدار بهینه هیدروکسید سدیم ۲/۵٪.

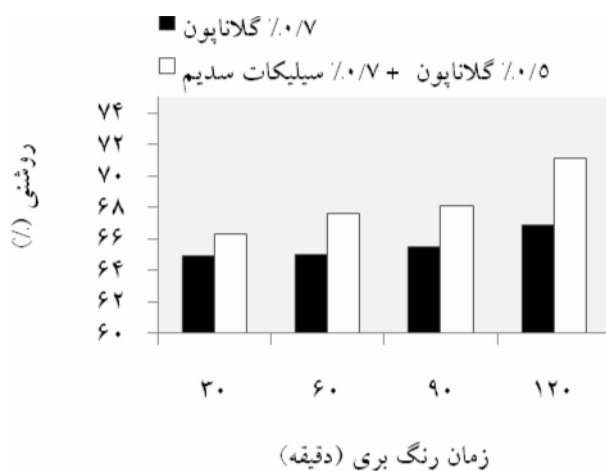
مقادیر روشنی و زردی کاغذها را در ۳ گروه مجزا قرار داده است به طوری که بیشترین مقدار روشنی ۶۶/۹ درصد در زمان ۱۲۰ دقیقه و کمترین روشنی ۶۴/۹ درصد در زمان ۳۰ دقیقه مشاهده شده است. همچنین بیشترین مقدار زردی ۲۲/۴ درصد در زمان رنگ بری ۳۰ دقیقه و کمترین میزان زردی ۲۱ درصد در زمان رنگ بری ۱۲۰ دقیقه مشاهده شده است. در صورتی که خمیرهای کاغذ با اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم و ۰/۵٪ گلاناپون در زمان های مختلف رنگ بری شوند، نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس مقادیر روشنی و زردی کاغذها نشان داد که افزایش زمان رنگ بری از ۳۰-۱۲۰ دقیقه تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی و زردی کاغذ در سطح ۱٪

### تأثیر زمان های مختلف رنگ بری بر روشنی و زردی خمیرهای کاغذ CMP

افزایش زمان رنگ بری از ۹۰-۳۰ دقیقه در حالت بدون سیلیکات سدیم با ۵ درصد پروکسید هیدروژن و ۲/۵ درصد هیدروکسید سدیم، تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی کاغذ در سطح ۱٪ نشان نداد اما با افزایش زمان رنگ بری تا ۱۲۰ دقیقه، اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی مشاهده شده است. همچنین آزمون تجزیه واریانس مقادیر زردی کاغذها نشان داد که اختلاف معنی داری بین زردی کاغذها در زمان های ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه وجود دارد و بین تیمارهای دیگر انجام شده، اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده نشده است. آزمون دانکن

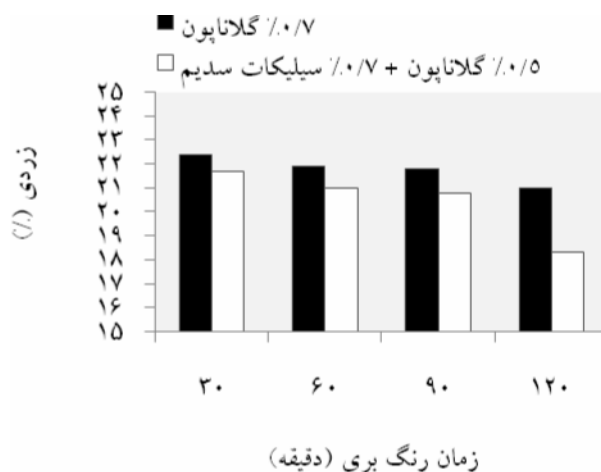
دارد. البته در بین تیمارهای انجام شده در زمان های رنگ بری مختلف، تنها بین زمان های رنگ بری ۶۰ و ۹۰ دقیقه، اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی مشاهده نشده است. همچنین با افزودن زمان رنگ بری تا ۱۲۰ دقیقه تأثیر معنی داری در مقایر زردی کاغذ مشاهده شده است. آزمون دانکن مقادیر روشنی و زردی کاغذ را در ۳ گروه مجزا قرار داده است. به نحوی که بیشترین روشنی

۷۱/۱ درصد و کمترین مقدار روشنی ۶۶/۳ درصد به ترتیب در زمان های رنگ بری ۱۲۰ و ۳۰ دقیقه مشاهده شده است. همچنین بیشترین و کمترین مقدار زردی به ترتیب در زمان های رنگ بری ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه مشاهده شده اند که این مقادیر به ترتیب ۲۱/۷ و ۱۸/۳ درصد می باشند (شکل های ۱۹ و ۲۰).



شکل ۱۹- تأثیر زمان رنگ بری بر روشنی خمیرهای کاغذ CMP

با پروکسید ۰/۵٪ و هیدروکسید سدیم بهینه ۰/۲/۵٪



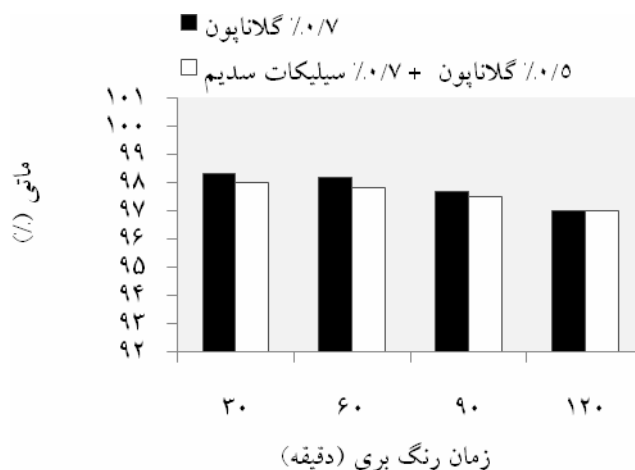
شکل ۲۰- تأثیر زمان رنگ بری بر زردی خمیرهای کاغذ CMP

با پروکسید ۰/۵٪ و هیدروکسید سدیم بهینه ۰/۲/۵٪.

### تأثیر زمان های مختلف رنگ بری بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس تأثیر زمان های مختلف رنگ بری بر ماتی کاغذهای ساخته شده در حالت بدون سیلیکات سدیم حکایت از آن دارد که افزایش زمان رنگ بری تأثیر معنی داری بر کاهش ماتی کاغذ دارد. لازم به یادآوریست که در بین تیمارهای مختلف انجام شده، تنها در زمان های ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در سطح ۱٪ وجود ندارد. آزمون دانکن مقادیر ماتی کاغذ را در ۳ گروه مجزا قرار داده است به طوری که بیشترین ماتی ۹۸/۳ درصد در زمان رنگ بری ۳۰ دقیقه و کمترین ماتی ۹۷ درصد در زمان رنگ بری ۱۲۰ دقیقه مشاهده شده است. در مجموع می توان گفت که افزایش زمان رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP منجر به کاهش مقادیر ماتی

کاغذ خواهد شد. در صورتی که از اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم و ۰/۵٪ گلاناپون در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP استفاده شود، تجزیه واریانس نشان داد که با افزایش زمان رنگ بری، ماتی کاغذ کاهش می یابد اما این کاهش در سطح ۱٪ معنی دار نمی باشد. به طوری که بیشترین ماتی ۹۸ درصد در زمان رنگ بری ۳۰ دقیقه مشاهده شده است. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی کاغذهای ساخته شده در دو شرایط مختلف بدون سیلیکات سدیم و شرایط اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون نشان داد که با تغییر زمان رنگ بری، اختلاف معنی داری بین مقادیر ماتی در بین دو شرایط مذکور مشاهده نخواهد شد. اما در مجموع شرایط بدون سیلیکات سدیم در زمان های مختلف رنگ بری مقایسه ماتی بیشتری را نشان داده است (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- تأثیر زمان رنگ بری بر ماتی خمیرهای کاغذ CMP

با پروکسید ۰/۵٪ و هیدروکسید سدیم بهینه ۰/۲۵٪.

## بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید هیدروژن در دو شرایط بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون نشان داد که با حذف سیلیکات سدیم و استفاده از ماده جایگزین گلاناپون می توان کاغذهای با روشنی زیاد، زردی کم و ماتی مطلوب تولید کرد. در رنگ بری متداول خمیرهای کاغذ CMP با پروکسید هیدروژن، با افزودن مقدار مصرف سیلیکات سدیم تا ۳٪ به ترتیب روشنی و زردی ۶۶/۸ و ۲۲ درصد به دست آمده است. افزایش درصد سیلیکات سدیم در حالت بدون پیش تیمار، ماتی خمیرهای کاغذ CMP را تا مقدار ۷۹/۶ درصد کاهش داد، البته کاهش مقادیر ماتی در سطح ۱٪ معنی دار نمی باشد. به طوری که سیلیکات سدیم به عنوان عامل بافر کننده و بهبود دهنده کارایی پروکسید هیدروژن در رنگ بری با پروکسید هیدروژن عمل می کند. بنابراین با افزایش درصد سیلیکات سدیم، کارایی پروکسید هیدروژن افزایش می یابد در نتیجه با افزایش میزان کارایی پروکسید هیدروژن، روشنی کاغذ بهبود یافته و زردی و ماتی کاغذ کاهش خواهد یافت. افزایش مقدار روشنی کاغذ منجر به کاهش مناطق جذب نور در کاغذ می شود در نتیجه ماتی کاغذ با کاهش جذب نور، کاهش می یابد. پیش تیمار خمیرهای کاغذ CMP با DTPA در شرایط اسیدی در درصدهای مختلف سیلیکات سدیم، منجر به کاهش روشنی و افزایش زردی و ماتی کاغذ شده است. به نحوی که با حذف سیلیکات سدیم و استفاده از ۰/۷ یا ۱/۵٪ گلاناپون، حداکثر روشنی ۶۵/۵ و حداقل زردی ۲۱/۶ درصد مشاهده شده است. مقادیر بدست آمده در مقایسه با مقادیر روشنی و زردی بدست آمده از رنگ بری متداول با

پروکسید هیدروژن با درصدهای بیشتر سیلیکات سدیم اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ ندارند. همچنین بین مقادیر ماتی کاغذ در درصدهای مختلف گلاناپون بدون مصرف سیلیکات سدیم، اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده نشده است. از این رو استفاده از ۲/۵٪ هیدروکسید سدیم و ۰/۵٪ پروکسید هیدروژن در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP به عنوان مقادیر مصرف بهینه تعیین شده و کاغذهای با روشنی بیشتر و زردی کمتر تولید نمودند. اما استفاده از ۲/۵٪ هیدروکسید سدیم و ۰/۵٪ پروکسید هیدروژن کاغذهای با ماتی کمتر را نتیجه داد. همچنین استفاده از سیلیکات سدیم به صورت اختلاطی با گلاناپون در مقایسه با حالت بدون سیلیکات سدیم کاغذهای با ماتی کمتری را نتیجه داده است. کاهش ماتی کاغذ در حالت اختلاطی را می توان به دلیل وجود سیلیکات سدیم و تأثیر منفی آن در قابلیت جذب نور خمیر نسبت داد در حالی که همین ماده با افزایش کارایی پروکسید هیدروژن در طی فرایند رنگ بری، موجب بهبود روشنی و کاهش زردی کاغذ می شود. در حالت بدون سیلیکات سدیم، افزایش زمان رنگ بری تا ۹۰ دقیقه تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی کاغذ در سطح ۱٪ نشان نداد اما با افزایش زمان رنگ بری تا ۱۲۰ دقیقه، اختلاف معنی داری بین مقادیر روشنی و زردی و ماتی مشاهده شده است. در صورتی که خمیرهای کاغذ CMP با اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم و ۰/۵٪ گلاناپون در زمان های مختلف رنگ بری شوند، نتایج حاصل نشان داد که افزایش زمان رنگ بری از ۱۲۰-۳۰ دقیقه تأثیر معنی داری را در مقادیر روشنی و زردی کاغذ در سطح ۱٪ دارد. به نظر می رسد

تحقیق در ارتباط با رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP مخلوط پهن برگان با پروکسید هیدروژن، می توان بیان داشت که با استفاده از ماده شیمیایی با نام تجاری گلاناپون در درصدهای بهینه ۰/۷ و یا ۱/۵ درصد به جای سیلیکات سدیم و یا اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون می توان با افزودن مصرف پروکسید هیدروژن و همچنین افزایش زمان رنگ بری، کاغذهای با ویژگی های نوری مطلوب و یا حتی بهتر از رنگ بری متداول با پروکسید هیدروژن تولید کرد. البته به منظور این که بتوان ارزیابی دقیق و مناسب تری از این ماده به لحاظ کلیه ویژگی های فرآیندی در ساخت کاغذ روزنامه از خمیرهای کاغذ CMP داخلی داشت و یا این که به مکانیسم غالب این ماده جایگزین در بهبود ویژگی های کاغذ پی برد، پیشنهاد می گردد که تأثیر جایگزینی این ماده بر روی ویژگی های فیزیکی، مکانیکی و کلاسه بندی الیاف خمیرهای کاغذ CMP نیز مورد بررسی قرار گیرد.

### منابع مورد استفاده

- میرشکری، ا. ۱۳۸۲. فناوری خمیر و کاغذ (تألیف گری اسموک). انتشارات آئیژ تهران، چاپ دوم، صفحات ۲۱۵-۲۱۳.
- Akbarpour, I., Resalati, H. 2008. Silicate-free peroxide bleaching of mixed hardwood CMP pulp. European Workshop on lignocelluloses and pulp, Advances in pulping, bleaching and related analytics Conference proceedings, p: 145-157.
- Dehghani, M.R. 2004. Preparation of Bleached Chemi-thermo mechanical pulp from birch. Ph.D Thesis, Forest State University, Moscow, pp: 90-120.
- Hietanen, Tomi., Tamper . Juha., and Manner Hannu. 2007. Alternative Alkalis in Peroxide Bleaching of Mechanical Pulp. Laboratory of Paper Technology, Lappeenranta University of Technology, Finland, P:1-5.
- Johnson, D.A., Park, S., Genco, G.M., Gibson, A., Branch, B., and Wajer, M. 2002. Hydrogen peroxide bleaching of TMP pulps using

که وجود سیلیکات سدیم در اختلاط با گلاناپون در ترکیب خمیر کاغذ CMP، موجب بهبود روشنی و کاهش زردی کاغذهای نهایی ساخته شده و تأثیر زمان های مختلف رنگ بری را نیز چشم گیرتر نموده است. نتایج به دست آمده نشان داد که با اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم با ۰/۵٪ گلاناپون می توان با افزایش زمان رنگ بری تا ۱۲۰ دقیقه و افزایش درصد مصرفی پروکسید هیدروژن تا ۰/۵٪ به درصد روشنی ۷۱/۱ و زردی ۱۸/۹ رسید. این در حالیست که افزایش زمان رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP در دو حالت بدون سیلیکات سدیم و حالت اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون منجر به کاهش مقادیر ماتی کاغذ شده است. در صورتی که از اختلاط ۰/۷٪ سیلیکات سدیم و ۰/۵٪ گلاناپون در رنگ بری خمیرهای کاغذ CMP استفاده شود، با افزایش زمان رنگ بری، ماتی کاغذ کاهش می یابد اما این کاهش در سطح ۱٪ معنی دار نمی باشد. به طور کلی تغییر زمان رنگ بری در دو شرایط مختلف بدون سیلیکات سدیم و شرایط اختلاطی از سیلیکات سدیم با گلاناپون، مقادیر ماتی کاغذهای ساخته شده اختلاف معنی داری را در سطح ۱٪ نشان ندادند اما در مجموع شرایط بدون سیلیکات سدیم در زمان های مختلف رنگ بری مقایسه ماتی بیشتری را نتیجه داده است. سیلیکات سدیم به دلیل افزایش کارایی پروکسید هیدروژن موجب بهبود روشنی کاغذ شده و با کاهش مناطق جذب نور در خمیر کاغذ، از ماتی کاغذ می کاهد. با توجه به مشکلات متعددی که از رسوب و ته نشست سیلیکات سدیم و کاهش عمر مفید دستگاه ها در سیستمهای صنعتی گزارش می شود، صنعت خمیر و کاغذ سعی در حذف آن و یا جایگزینی بخشی از آن با کمپلکسهای آلی دارد. با عنایت به نتایج حاصل از این

- Pan, George X. 2002. Pulp yield loss in alkaline peroxide bleaching of aspen CTMP part: Estimation and impacts. Tappi Journal , 37, :321-334.
- Strunk, W.G. 1990. Peroxide bleaching. Pulp and paper manufacture. pages 238-251.
- Suss, H.U., Dell Grosso. M., Schmidt. K., Hopf. B. 2001. Options for bleaching mechanical pulp with a lower COD load. Appita Annual Conference Proceedings, pp 419-425.
- Mg(OH)<sub>2</sub>. Tappi Pulping Conference Proceedings, San Diego, September, P:8-11.
- Knecht, Johannes. 2007. Magnesium Hydroxide: an Alternative Alkali Source in Hydro-Peroxide Bleaching of Wood. International Mechanical Pulping Conference Proceedings. 85457 Horkofen, Germany, P:1-4.
- Marchtrenk and Walterstrasses. 2006. EN Iso 9001. www.Glanapone stab.com.



## Utilization of organic complex of glanapone stab rather than sodium silicate in peroxide bleaching of mixed hardwood CMP pulp

Akbarpour, I.<sup>1\*</sup> and Resalati, H.<sup>2</sup>

1\*- Corresponding Author, M.Sc. Graduate of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. iman.akbarpour@gmail.com

2- Associate Professor of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Department of Pulp and Paper Industries.

Received: Oct., 2009

Accepted: dec., 2010

### Abstract

This research was performed to investigate replacement of organic complex of Glanapone Stab with sodium silicate on optical properties of hardwood CMP pulp bleached by hydrogen peroxide. The highest brightness of 65.5% and the lowest yellowness of 21.6% was attained at silicate-free followed by replacement of 0.7% and 1.5% Glanapone. But the highest opacity 98.2% was gained using 0.5% glanapone. The brightness of paper increased to 68.1% and the yellowness decreased to 20.8. by adding of glanapone consumption from 0.4% to 0.5% in blended with 0.7% sodium silicate. At higher levels than 0.5% glanapone, the brightness of paper decreased and the yellowness increased. Using Higher levels of 1 and 1.5% glanapone in blended with 0.7% sodium silicate resulted the highest opacity 97.9% and 98%, respectively. Increasing of peroxide usage up to 5% at two different states of silicate-free and silicate-containing with glanapone resulted in the paper with higher brightness and lower yellowness and opacity. CMP pulps bleached at 120 minutes resulted the highest brightness of 71.1% and the lowest yellowness of 18.3% at silicate-containing state with glanapone. Maximum opacity of 98.3% and 98% were shown at bleaching time 30 minutes at two states silicate-free and silicate-containing state with glanapone, respectively. In this research with regard to optical properties in relation to paper produced from CMP pulp bleaching at two states silicate-free and silicate-containing with glanapone, it can be said that possibility of producing the paper with similar optical properties or even better using 0.7% or 1.5% at silicate-free is in compared to conventional hydrogen peroxide bleaching. Also, we could produce the paper with higher brightness along with lower yellowness and similar opacity followed by bleaching time of 120 minutes and hydrogen peroxide 5% in combination of 0.7% sodium silicate with 0.5% glanapone in compared to higher consumed values of sodium silicate.

**Key words:** CMP pulp, glanapone stab, silicate-free bleaching, brightness, yellowness, opacity.