مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد شانزدهم، شماره اول، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

رنگ‌بری خمیرکاغذ سودای پوست کنف با استفاده از پراکسید قلیایی

***فرهاد زینلی[۱]، محمدرضا دهقانی[۲] و محمد میرمهدی[۳]**

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

در این پژوهش تاثیر استفاده از مقادیر متفاوت پراکسید هیدروژن در سه سطح ۳، ٤ و ٥ درصد و هیدروکسید سدیم در دو سطح ۲ و ۳ درصد بر روی رنگ‌بری خمیرکاغذ سودای پوست کنف بررسی شد. پوست کنف به روش سودا با ۲۰ درصد قلیاییت، در ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۱ ساعت، به خمیر تبدیل شد. خمیر حاصل دارای بازده ۵۵ درصد و عدد کاپای ۱۲/۵ بود. رنگ‌بری شامل دو مرحله بود: ۱- مرحله کی‌لیت کردن ۲- مرحله رنگ‌بری پراکسید قلیایی. نتایج نشان داد با افزایش مقدار مصرف پراکسید درجه روشنی خمیرکاغذ افزایش و عدد کاپای آن کاهش می‌یابد، همچنین داده‌ها نشان داد که افزایش درصد سود سوزآور تاثیری در درجه روشنی و عدد کاپای خمیرکاغذ نداشته است، اما بازده آن کاهش یافت. داده‌های مربوط به تیمار ۳ درصد سود – ۵ درصد پراکسید بدون مرحله کی‌لیت سازی، نشان داد که مرحله کی‌لیت سازی اولیه به‌طور قابل ملاحظه‌ای در درجه روشنی، عدد کاپا و بازده خمیر رنگ‌بری شده موثر است و این تیمار کمترین روشنی و بیشترین عدد کاپا و بازده را در بین همه تیمارها دارا بود. در نهایت، تیمار ۳ درصد سود – ۵ درصد پراکسید همراه با مرحله کی‌لیت‌سازی اولیه دارای بیشترین روشنی (۷۳ درصد) و کمترین بازده (۹۲ درصد) بود و

* مسئول مکاتبه: farhad.zeinaly@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

تیمار ۲ درصد سود – ٤ درصد پراکسید به‌همراه کی‌لیت‌سازی اولیه، با روشنی ۷۰ درصد و بازده ۹۵ درصد، از لحاظ بازده، روشنی و مصرف کمتر مواد شیمیایی رنگ‌بری، به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: رنگ‌بری، کی‌لیت سازی، عدد کاپا، بازده، روشنی

مقدمه

با توجه به محدود بودن منابع سلولزی چوبی در کشور و واردات الیاف بلند رنگ‌بری شده به کشور، نیاز به منبع غیرچوبی دارای الیاف بلند بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از این منابع غیرچوبی گیاه کنف است. نتایج مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف جهان و به‌ویژه مطالعات وزارت کشاورزی آمریکا نشان داده است که گیاه تندرشد کنف از بین ۵۰۰ گونه گیاهان غیرچوبی مختلف از جنبه‌های متفاوت فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی، بهترین و مطلوب‌ترین آلترناتیو جایگزین چوب برای ساخت و تولید درجه‌های مختلف خمیر کاغذ و مقوا می‌باشد (رسالتی، ۲۰۰۵). گیاه کنف ***(Hibiscus cannabinus)*** دارای پوستی با الیاف بلند می‌باشد، بنابراین می‌توان از خمیرهای شیمیایی رنگ‌بری شده پوست کنف به‌عنوان الیاف بلند برای استحکام بخشیدن به کاغذهای سفید ساخته شده از چوب پهن‌برگان، استفاده کرد.

از میان روش‌های متفاوت رنگ‌بری، رنگ‌بری TCF[1] دارای کمترین آلودگی آب و محیط زیست می‌باشد. در این روش‌ها از مواد کلردار استفاده نمی‌شود. در سیستم TCF از مواد اکسیدکننده مثل پراکسیدها، اکسیژن و ازن استفاده می‌شود (کوت، ۱۹۸۹).

پراکسید هیدروژن در شرایط نسبتاً ملایم (تا ٦۰ درجه سانتی‌گراد)، یک رنگ‌بر خمیر با حفظ لیگنین است و می‌تواند خمیرهای پربازده را بدون افت قابل ملاحظه بازده، رنگ‌بری کند. در دمای بالاتر (۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد) پراکسید به‌عنوان رنگ‌بر کامل خمیر شیمیایی به‌کار می‌رود (میرشکرایی، ۲۰۰۳).

در مطالعه‌ای شرایط متفاوت رنگ‌بری پراکسید هیدروژن دو مرحله‌ای بر روی ویژگی‌های نوری و مقاومتی خمیر حلال آلی[2] صنوبر بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش میزان

1- Total Chlorine Free
2- Organosolv Pulp

Archive of SID

www.SID.ir

پراکسیدهیدروژن و سود سوزآور میزان روشنی خمیرکاغذ افزایش یافته و در تیمار ٤ درصد پراکسید و ۳ درصد سود سوزآور به ٦۹/۰۱ رسید. همچنین در این تحقیق نسبت بهینه سود سوزآور بـه پراکـسید ۰/۷۵ بود. (دنیز و توتوس، ۲۰۰٤).

توتوس (۲۰۰٤) در بررسی خود بر روی رنگ‌بری پراکسید قلیایی خمیر سودا- اکسیژن آنتراکینون ساقه برنج به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سـدیم روشـنی و مقاومت‌های مکانیکی افزایش و بازده رنگ‌بری کاهش می‌یابد.

لـوییس و جکـسون (۲۰۰۲) در بررسـی خـود بـر روی خمیرکاغـذ گیـاه غیرچـوبی نـالگراس[1] *(Arundo donax)* به این نتیجه رسیدند که با استفاده از رنـگ‌بـری ECF[2] سـه مرحلـه‌ای، شـامل مرحله اول و آخر دی‌اکسیدکلر و مرحلـه میـانی پراکـسیدهیدروژن و اکـسیژن[3]، از خمیـر کرافـت بـه روشنی ۸۳/۸-۸٦/٤ درصد برسند. همچنین آنها دریافتند که نتایج رنگ‌بری خمیر سودا و کرافـت ایـن گیاه غیرچوبی تقریباً یکسان است.

موهتا و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود بر روی رنگ‌بـری بـا پراکـسید هیـدروژن دو نـوع خمیـر مکانیکی کنف شامل کل ساقه کنف و پوست کنف (حاوی ۲۲ درصد مغز)، به این نتیجه رسـیدند کـه بـا مصرف ۱ درصد پراکسید هیدروژن و ۱ درصد هیدروکسید سدیم درجـه روشـنی خمیرهـا بـه‌ترتیـب از ۵۰/۲ و ٤۵/٦ درصد به ٦٤ و ٦۲ درصد رسید و با مصرف پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم بیـشتر روشنی هر دو خمیر می‌تواند به ۷۵ درصد نیز برسد. نتایج نشان داد کـه چـون الیـاف مغـز کنـف[4] مـواد استخراجی و لیگنین بیشتری دارد مصرف پراکسیدهیدروژن برای خمیر کل ساقه کنف بیشتر است.

پان (۲۰۰۳) پی برد که در رنگ‌بری پراکسید خمیر شیمیایی حرارتی مکـانیکی صـنوبر بـا افـزایش مقدار پراکسید و قلیاییت، روشنی افزایش، بازده کاهش و مقاومت‌ها بهبود مـی‌یابـد. ایـن تغییـرات در بازده و مقاومت در روشنی ۸۰ درصد و بیشتر مشهودتر بود. همچنین از میان پارامترهـای رنـگ‌بـری، قلیاییت در کاهش بازده موثرتر می‌باشد. تغییرات در بازده و مقاومت‌ها مـی‌توانـد بـه دو علـت باشـد: الف- خروج ترکیبات آب‌گریز خمیر مثل لیگنین و مواد استخراجی، ب- تشکیل گروه‌های کربوکسیل بر روی الیاف.

1- Nalgrass
2- Elemental Chlorine Free
3- DEopD
4- Core

Archive of SID

www.SID.ir

در تحقیقی بر روی خواص مقاومتی خمیر سودای کنف مشاهده شد که لیگنین زدایی الیاف پوست کنف آسانتر از الیاف مغز ساقه کنف می‌باشد (پاند و همکاران، ۲۰۰۳).

آشوری (۲۰۰٤) در تحقیق خود بر روی ساخت خمیر کاملاً رنگ‌بری شده از کل ساقه کنف به این نتیجه رسید که خمیر کرافت کنف در مقایسه با خمیر کرافت چوب برای رسیدن به روشنی بالای ۹۰ درصد آسان‌تر رنگ‌بری می‌شود. همچنین وی برای ساخت خمیر کاملاً رنگ‌بری شده در سیستم رنگ‌بری TCF از توالی ساده $[Q_1(PO)Q_2P]$[1] استفاده کرد. با این روش روشنی نهایی به ۹۰/٤ درصد رسید.

موساتو و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خود بر روی رنگ‌بری پراکسید خمیر سودای تفاله کارخانجات مشروب‌سازی، به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ۵ درصد پراکسید هیدروژن و محلول ۰/۲۵ نرمال هیدروکسید سدیم می‌توان به روشنی ۷۱/۳ درصد رسید.

با توجه به تاثیر مقادیر مواد شیمیایی به‌کار رفته در رنگ‌بری بر روی ویژگی‌های خمیر رنگ‌بری شده در این تحقیق اثر استفاده از مقادیر متفاوت پراکسید هیدروژن در سه سطح ۳، ٤ و ۵ درصد و هیدروکسید سدیم در دو سطح ۲ و ۳ درصد بر روی رنگ‌بری یک مرحله‌ای خمیر سودای پوست کنف و انتخاب بهترین نسبت مواد مورد بررسی قرار گرفته است. خمیر رنگ‌بری شده حاصل می‌تواند جایگزینی برای خمیر الیاف بلند در ساخت کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر باشد.

مواد و روش‌ها

کنف مورد استفاده در این تحقیق (رقم کوبا) از ایستگاه تحقیقات پنبه ورامین، تهیه شد. پس از جداسازی پوست از ساقه، پوست کنف به روش خمیرسازی سودا توسط دایجستر آزمایشگاهی به خمیر تبدیل گردید. شرایط پخت یکسان و به شرح زیر بود:

قلیاییت ۲۰ درصد، $L:W=۷:۱$[2]، زمان ٦۰ دقیقه و دما ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد

خمیر حاصل پس از شستشو، توسط دستگاه دفیبراتور به الیاف جدا از هم تبدیل گردید. بازده پخت و عدد کاپای خمیر به‌ترتیب ۵۵ درصد و ۱۲/۵ به‌دست آمد.

۱- (پراکسیدهیدروژن: P)، (اکسیژن: O)، (کی‌لیت‌سازی: Q)

۲- نسبت حجم مایع پخت به وزن خرده چوب

Archive of SID

www.SID.ir

رنگ‌بری خمیر شامل دو مرحله بود:

مرحله کی‌لیت کردن: در این مرحله ۱۵ گرم خمیر با درصد خشکی ۳ درصد، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۹۰ دقیقه به‌منظور حذف یون‌های فلزی سنگین توسط ۰/۵ درصد EDTA[1] (بر مبنای وزن خشک خمیر) کی‌لیت‌سازی شد. پس از این مرحله خمیر بر روی الک با مش ۲۰۰ توسط آب مقطر شسته و تا درصد خشکی ۱۰ درصد آب‌گیری شد.

مرحله لیگنین‌زدائی و رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن: مقادیر ۳ درصد سیلیکات سدیم، ۰/۵ درصد سولفیت منیزیم و ۰/۲ درصد EDTA به خمیر اضافه شد. خمیر با درصد خشکی ۱۰ درصد در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۲ ساعت توسط مقادیر متفاوتی از پراکسید هیدروژن در سه سطح ۳، ٤ و ۵ درصد و هیدروکسید سدیم در دو سطح ۲ و ۳ درصد (بر مبنای وزن خشک خمیر) رنگ‌بری شد.

یک تیمار نیز بدون مرحله کی‌لیت‌سازی با میزان ۵ درصد پراکسید هیدروژن و ۳ درصد هیدروکسید سدیم انجام گرفت.

پس از محاسبه عدد کاپا بر اساس استاندارد تاپی T236 om-95 و بازده خمیرها، از آنها کاغذهای دست‌ساز بر اساس استاندارد تاپی T205 sp-95 تهیه و میزان روشنی آنها بر اساس استاندارد تاپی T452 om-92 اندازه‌گیری شد. همچنین میزان پراکسید هیدروژن باقی‌مانده در مایع رنگ‌بری براساس استاندارد تاپی T611 cm-95 محاسبه شد. مقادیر به‌دست آمده توسط آزمون دانکن بر پایه طرح آماری کاملاً تصادفی و با درصد اطمینان ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ میزان مواد شیمیایی استفاده شده در هر یک از تیمارها، pH نهایی رنگ‌بری، پراکسید هیدروژن مصرفی، میزان روشنی، بازده و کاپای نهایی خمیر را نشان می‌دهد.

۱- اتیلن دی‌آمین تترااستیک اسید

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ١- نتایج و شرایط لیگنین‌زدائی و رنگ‌بری خمیر سودای پوست ساقه کنف.

تیمار	NaOH٪	H_2O_2٪	pH نهایی	روشنی	بازده	کاپا	H_2O_2٪ مصرفی
A	٢	٣	١٠	٦٦^{c}	٩٦^{b}	٦^{c}	٩٣/٦٣^{b}
B	٢	٤	١٠	٧٠^{b}	٩٥^{bc}	٥/٥^{d}	٩٢/٢١^{e}
C	٢	٥	٩/٥	٧٠/٥^{b}	٩٥^{bc}	٥/٥^{d}	٩٠/١٨^{f}
D	٣	٣	١٢	٦٥^{c}	٩٥^{bc}	٥^{e}	٩٤/٧٢^{a}
E	٣	٤	١١/٥	٧١^{b}	٩٤^{c}	٤/٥^{f}	٩٣/٤٤^{b}
F	٣	٥	١١	٧٣^{a}	٩٢^{d}	٣/٥^{g}	٩٢/٥٠^{d}
G	٣	٥	١٢/٥	٥٩^{d}	٩٦^{b}	٧^{b}	٩٣/٢٤^{c}
H	–	–	–	٤٢^{e}	١٠٠^{a}	١٢/٥^{a}	–

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند (P>٠/٠٥).

همان‌طور که در جدول ١ مشاهده می‌گردد، تیمار F با ٣ درصد هیدروکسید سدیم و ٥ درصد پراکسید هیدروژن دارای بیشترین درجه روشنی و کمترین بازده خمیر است. در تیمار G مرحله کی‌لیت سازی انجام نشد و تیمار H (شاهد) تیمار بدون رنگ‌بری می‌باشد.

با افزایش میزان پراکسید در هر دو سطح مصرف هیدروکسید سدیم میزان روشنی افزایش می‌یابد (P<٠/٠٥) که با تحقیقات توتوس (٢٠٠٤) و موساتو و همکاران (٢٠٠٨) مطابقت دارد. همچنین در این شکل افزایش هیدروکسید سدیم به جز در تیمار F تاثیری بر روشنی خمیر ندارد (P<٠/٠٥). به‌نظر می‌رسد در تیمار C به‌علت سطح پایین مصرف سود سوزآور و pH پایین محیط (٩/٥) رنگ‌بری با پراکسید مصرف شده نتایج مناسبی را نداشته است. اما در تیمار F به‌دلیل ١ درصد افزایش در میزان سود سوزآور مصرفی، pH محیط افزایش (١١) و پراکسید اضافه شده، روشنی خمیر را بهبود داده است. دنیز و توتوس (٢٠٠٤) در بررسی خود بر روی رنگ‌بری پراکسید قلیایی، نسبت بهینه سود سوزآور به پراکسید را ٠/٧٥ اعلام داشتند، ولی در این پژوهش نسبت سود سوزآور به پراکسید در تیمار دارای بیشترین روشنی، ٠/٦ است.

در تیمار G به‌دلیل اجرا نکردن مرحله ١ رنگ‌بری (کی‌لیت‌سازی) روشنی خمیر به‌مقدار کمتری افزایش یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir

در تمام تیمارها به جز تیمار C با افزایش میزان هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن بازده خمیر کم می‌شود ($P<0/05$) که با نتایج دنیز و توتوس (۲۰۰٤) و همچنین توتوس (۲۰۰٤) مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد که در تیمار C به‌دلیل کاهش pH محیط و مصرف کم سود سوزآور، لیگنین‌زدایی افزایش نیافته و بازده خمیر تفاوت معنی‌داری با تیمار B ندارد.

در تیمار G به‌دلیل اجرا نکردن مرحله کی‌لیت‌سازی، مقداری از پراکسید هیدروژن توسط فلزات سنگین موجود در آب مصرفی تخریب شده، و در رنگ‌بری شرکت نکرده است. بنابراین بازده این تیمار بیشتر و روشنی خمیر کمتر از تیمار F، با همان میزان مصرف سود سوزآور و پراکسید هیدروژن می‌باشد، که با نتایج به‌دست آمده از تحقیقات آشوری (۲۰۰٤) مطابقت دارد.

عدد کاپای نهایی خمیرها به جز در تیمار C با افزایش درصد مواد شیمیایی مصرفی کاهش می‌یابد ($P<0/05$) که این نتایج با بیشتر تحقیقات انجام شده بر روی رنگ‌بری پراکسید قلیایی مطابقت دارد. اما تیمار G در مقایسه با تیمار F که دارای میزان مشابه سود سوزآور و پراکسید هیدروژن می‌باشد، به‌دلیل تخریب بخشی از پراکسید، توسط یون‌های فلزی سنگین موجود در آب، عدد کاپای بالاتری دارد.

میزان پراکسید هیدروژن مصرف شده در رنگ‌بری با افزایش غلظت پراکسید هیدروژن در مایع رنگ‌بری کاهش می‌یابد که به‌دلیل مازاد ماده شیمیایی در محیط می‌باشد این موضوع با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد (دنیز و توتوس، ۲۰۰٤؛ توتوس، ۲۰۰٤). همچنین مصرف پراکسید هیدروژن توسط خمیر با افزایش سطح هیدروکسید سدیم افزایش می‌یابد، که به‌دلیل افزایش pH محیط رنگ‌بری و در نتیجه افزایش واکنش اکسیداسیون لیگنین توسط یون پرهیدروکسل می‌باشد (آشوری، ۲۰۰٤).

در نهایت تیمار F با ۳ درصد سود سوزآور و ۵ درصد پراکسید هیدروژن به همراه مرحله کی‌لیت‌سازی اولیه دارای بیشترین روشنی (۷۳ درصد) و کمترین بازده (۹۲ درصد) بود و تیمار B به‌دلیل مصرف کم ماده شیمیایی (۲ درصد سود سوزآور، ٤ درصد پراکسید هیدروژن) و روشنی برابر با تیمار E (۳ درصد سود سوزآور، ٤ درصد پراکسید هیدروژن) و همچنین بازده بالای رنگ‌بری (۹۵ درصد) به‌عنوان تیمار برتر انتخاب می‌شود، مرحله کی‌لیت‌سازی نیز برای جلوگیری از تخریب پراکسید هیدروژن توصیه می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Ashuri, A. 2004. Fiber structure and Their Significance to the Pulp and Paper From Kenaf. Academic Press, New York, NY, Pp: 147-156.
2.Cote, W.A. 1989. Wood Sci. Technol. 3:4. 257.
3.Deniz, I., and Tutus, A. 2004. Effect of bleaching condition on optical and the physical properties during the bleaching of poplar organosolv pulps with two-stage hydrogen peroxide. Pakistan Journal of Biological Sciences. 7:9. 1563- 1566.
4.Luiss, A.J., and Jackson, C. 2002. Textbook of Pulping Technology. McGraw-Hill, New York, NY, Pp: 126-132.
5.MirShokrayi, A. 2003. Pulp and Paper Technology. Ayij, Tehran, Iran. Second Edition, 499p. (Translated in Persian).
6.Mohta, D.C., Roy, D.N., and Whiting, P. 2003. Bleaching study of kenaf mechanical pulps. Tappi journal. 2:8. 29-31.
7.Mussatto, S.I., Rocha, G.J.M., and Roberto, I.C. 2008. Hydrogen peroxide bleaching of cellulose pulps obtained from brewer's spent grain. Springer Science. 15: 641- 649.
8.Pan, G.X. 2003. Pulp yield loss in alkaline peroxide bleaching of aspen CTMP Part 1: Estimation and impacts. Tappi journal. 2:9:27-31.
9.Pande, H., Roy, D.N., and Kent, S. 2003. Tear and tensile properties of suda pulps from kenaf bast fibers. Tappi journal. 83:6.47.
10.Resalaty, H. 2005. studying on present situation and future development of kenaf fast-growing plant in pulp and paper industry in world scale. Research plan report. Gorgan university of agricultural sciences and natural resources. (In Persian).
11.TAPPI. 2000-2001. TAPPI Test Methods, TAPPI.
12.Tutus, A. 2004. Bleaching of rice straw pulps with hydrogen peroxide. Pakistan Journal of Biological Sciences. 7:8. 1327-1329.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 16(1), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Bleaching of Kenaf Bast Soda Pulp with Alkali Peroxide

***F. Zeinaly[1], M. Dehghani[2] and M. Mirmehdi[3]**

[1]M.Sc. Graduate of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]M.Sc. student of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

In this study the effect of different values of peroxide in three levels 3%, 4%, 5% and sodium hydroxide in two levels 2%, 3%, on bleaching of kenaf *(Hibiscus cannabinus)* bast soda pulp was investigated. Kenaf bast was soda pulped using 20% alkali in 170°C for 1 hour. Produced pulp had 55% yield and kappa number 12. Bleaching process included two stages: 1-chelating 2-alkali peroxide bleaching. Results indicated that brightness increased and kappa number decreased by increasing peroxide level. Data also showed that increasing of the percentage of caustic soda does not have any effects on the brightness and kappa number of the pulp, but yield decreased. The data related to 3% caustic soda and 5% peroxide treatment without chelating stage, indicated that initial chelating stage significantly affected on the brightness, kappa number and yield of the bleached pulp, and this treatment had the lowest brightness and the highest kappa number and yield among all treatments. Finally, 3% caustic soda-5% peroxide treatment with initial chelating stage had the highest brightness (73%) and the lowest yield (92%), and 2% caustic soda-5% peroxide treatment with initial chelating stage which had 70% brightness and 95% yield was selected as the best treatment, due to the appropriate brightness and yield values and lower consumption of the bleaching chemicals.

Keywords: Bleaching, Chelating, Kappa number, Yield, Brightness

* Corresponding author: farhad.zeinaly@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir