



دانشگاه گورگان کشاورزی و منابع طبیعی گورگان

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد شانزدهم، شماره اول، ۱۳۸۸

www.gau.ac.ir/journals

رنگ‌بری خمیر کاغذ سودای پوست کنف با استفاده از پراکسید قلیایی

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

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳دانش‌آموخته 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، ۴ و ۵ درصد و هیدروکسید سدیم در دو سطح ۲ و ۳ درصد بر روی رنگ‌بری خمیر کاغذ سودای پوست کنف بررسی شد. پوست کنف به روش سودا با ۲۰ درصد قلیابیت، 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 کی‌لایت کردن ۲- مرحله رنگ‌بری پراکسید قلیایی. نتایج نشان داد با افزایش مقدار مصرف پراکسید درجه روشنی خمیر کاغذ افزایش و عدد کاپای آن کاهش می‌یابد، همچنین داده‌ها نشان داد که افزایش درصد سود سوزآور تاثیری در درجه روشنی و عدد کاپای خمیر کاغذ نداشته است، اما بازده آن کاهش یافت. داده‌های مربوط به تیمار ۳ درصد سود - ۵ درصد پراکسید بدون مرحله کی‌لایت سازی، نشان داد که مرحله کی‌لایت 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 کی‌لایت‌سازی اولیه دارای بیشترین روشنی (۷۳ درصد) و کمترین بازده (۹۲ درصد) بود و

* مسئول مکاتبه: farhad.zeinaly@yahoo.com

تیمار ۲ درصد سود - ۴ درصد پراکسید به همراه 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، کی‌لیت‌سازی، 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^۱ 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 ۶۰ 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^۲ صنوبر بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش میزان

1- Total Chlorine Free

2- Organosolv Pulp

پراکسید هیدروژن و سود سوزآور میزان روشنی خمیر کاغذ افزایش یافته و در تیمار ۴ درصد پراکسید و ۳ درصد سود سوزآور به ۶۹/۰۱ رسید. همچنین در این تحقیق نسبت بهینه سود سوزآور به پراکسید ۰/۷۵ بود. (دنیز و توتوس، ۲۰۰۴).

توتوس (۲۰۰۴) 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 سدیم روشنی و مقاومت‌های مکانیکی افزایش و بازده رنگبری کاهش می‌یابد.

لوییس و جکسون (۲۰۰۲) در بررسی خود بر روی خمیر کاغذ گیاه غیرچوبی نالگراس^۱ (*Arundo donax*) به این نتیجه رسیدند که با استفاده از رنگبری ECF^۲ سه مرحله‌ای، شامل مرحله اول و آخر دی‌اکسید کلر و مرحله میانی پراکسید هیدروژن و اکسیژن^۳، از خمیر کرافت به روشنی ۸۳/۸-۸۶/۴ درصد برسند. همچنین آنها دریافتند که نتایج رنگبری خمیر سودا و کرافت این گیاه غیرچوبی تقریباً یکسان است.

موهتا و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود بر روی رنگبری با پراکسید هیدروژن دو نوع خمیر مکانیکی کف شامل کل ساقه کف و پوست کف (حاوی ۲۲ درصد مغز)، به این نتیجه رسیدند که با مصرف ۱ درصد پراکسید هیدروژن و ۱ درصد هیدروکسید سدیم درجه روشنی خمیرها به ترتیب از ۵۰/۲ و ۴۵/۶ درصد به ۶۴ و ۶۲ درصد رسید و با مصرف پراکسید هیدروژن و هیدروکسید سدیم بیشتر روشنی هر دو خمیر می‌تواند به ۷۵ درصد نیز برسد. نتایج نشان داد که چون الیاف مغز کف^۴ مواد استخراجی و لیگنین بیشتری دارد مصرف پراکسید هیدروژن برای خمیر کل ساقه کف بیشتر است.

پان (۲۰۰۳) پی برد که در رنگبری پراکسید خمیر شیمیایی حرارتی مکانیکی صنوبر با افزایش مقدار پراکسید و قلیابیت، روشنی افزایش، بازده کاهش و مقاومت‌ها بهبود می‌یابد. این تغییرات در بازده و مقاومت در روشنی ۸۰ درصد و بیشتر مشهودتر بود. همچنین از میان پارامترهای رنگبری، قلیابیت در کاهش بازده موثرتر می‌باشد. تغییرات در بازده و مقاومت‌ها می‌تواند به دو علت باشد: 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

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 (۲۰۰۴) 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 $[Q_1(PO)Q_2P]$ استفاده کرد. با این روش روشنی نهایی به ۹۰/۴ 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، ۴ 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 و رامین، 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:

قلیابیت ۲۰ درصد، $L:W=7:1$ ، زمان ۶۰ 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 به ترتیب ۵۵ درصد و ۱۲/۵ به‌دست آمد.

۱- (پراکسید هیدروژن: P)، (اکسیژن: O)، (کلیت‌سازی: Q)

۲- نسبت حجم مایع پخت به وزن خرده چوب

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 به منظور حذف یون‌های فلزی سنگین توسط ۰/۵ درصد EDTA^۱ (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، ۴ 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 بر اساس 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 تتراستیک اسید

جدول ۱- نتایج و شرایط لیگنین‌زدائی و رنگ‌بری خمیر سودای پوست ساقه کنف.

| تیمار | NaOH/% | H ₂ O ₂ /% | pH نهایی | روشنی | بازده | کاپا | H ₂ O ₂ /% مصرفی |
|-------|--------|----------------------------------|----------|-------------------|------------------|-------------------|--|
| A | ۲ | ۳ | ۱۰ | ۶۶ ^c | ۹۶ ^b | ۶ ^c | ۹۳/۶۳ ^b |
| B | ۲ | ۴ | ۱۰ | ۷۰ ^b | ۹۵ ^{bc} | ۵/۵ ^d | ۹۲/۲۱ ^e |
| C | ۲ | ۵ | ۹/۵ | ۷۰/۵ ^b | ۹۵ ^{bc} | ۵/۵ ^d | ۹۰/۱۸ ^f |
| D | ۳ | ۳ | ۱۲ | ۶۵ ^c | ۹۵ ^{bc} | ۵ ^e | ۹۴/۷۲ ^a |
| E | ۳ | ۴ | ۱۱/۵ | ۷۱ ^b | ۹۴ ^c | ۴/۵ ^f | ۹۳/۴۴ ^b |
| F | ۳ | ۵ | ۱۱ | ۷۳ ^a | ۹۲ ^d | ۳/۵ ^g | ۹۲/۵۰ ^d |
| G | ۳ | ۵ | ۱۲/۵ | ۵۹ ^d | ۹۶ ^b | ۷ ^b | ۹۳/۲۴ ^c |
| H | - | - | - | ۴۳ ^e | ۱۰۰ ^a | ۱۲/۵ ^a | - |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند ($P > 0.05$).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، تیمار F با ۳ درصد هیدروکسید سدیم و ۵ درصد پراکسید هیدروژن دارای بیشترین درجه روشنایی 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 روشنایی افزایش می‌یابد ($P < 0.05$) که با تحقیقات توتوس (۲۰۰۴) و موساتو و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. همچنین در این شکل افزایش هیدروکسید سدیم به جز در تیمار F تاثیری بر روشنایی خمیر ندارد ($P < 0.05$). به‌نظر می‌رسد در تیمار C به‌علت سطح پایین مصرف سود سوزآور و pH پایین محیط (۹/۵) رنگ‌بری با پراکسید مصرف شده نتایج مناسبی را نداشته است. اما در تیمار F به‌دلیل ۱ درصد افزایش در میزان سود سوزآور مصرفی، pH محیط افزایش (۱۱) و پراکسید اضافه شده، روشنایی خمیر را بهبود داده است. دنیز و توتوس (۲۰۰۴) در بررسی خود بر روی رنگ‌بری پراکسید قلیایی، نسبت بهینه سود سوزآور به پراکسید را ۰/۷۵ اعلام داشتند، ولی در این پژوهش نسبت سود سوزآور به پراکسید در تیمار دارای بیشترین روشنایی، ۰/۶ است. در تیمار G به‌دلیل اجرا نکردن مرحله ۱ رنگ‌بری (کی‌لیت‌سازی) روشنایی خمیر به‌مقدار کمتری افزایش یافته است.

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 (۲۰۰۴) و همچنین توتوس (۲۰۰۴) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد که در تیمار C به دلیل کاهش pH محیط و مصرف کم سود سوزآور، لیگنین‌زدایی افزایش نیافته و بازده خمیر تفاوت معنی‌داری با تیمار B ندارد.

در تیمار G به دلیل 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 به دست آمده از تحقیقات آشوری (۲۰۰۴) 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، به دلیل 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 به دلیل مازاد ماده شیمیایی در محیط می‌باشد این موضوع با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد (دنیز و توتوس، ۲۰۰۴؛ توتوس، ۲۰۰۴). همچنین مصرف پراکسید هیدروژن توسط خمیر با افزایش سطح هیدروکسید سدیم افزایش می‌یابد، که به دلیل افزایش pH محیط رنگ‌بری و در نتیجه افزایش واکنش اکسیداسیون لیگنین توسط یون پرهیدروکسل می‌باشد (آشوری، ۲۰۰۴).

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 به دلیل مصرف کم ماده شیمیایی (۲ درصد سود سوزآور، ۴ درصد پراکسید هیدروژن) و روشنی برابر با تیمار E (۳ درصد سود سوزآور، ۴ درصد پراکسید هیدروژن) و همچنین بازده بالای رنگ‌بری (۹۵ درصد) به عنوان تیمار برتر انتخاب می‌شود، مرحله کی‌لیت‌سازی نیز برای جلوگیری از تخریب پراکسید هیدروژن توصیه می‌شود.

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.



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. Zeinaly¹, M. Dehghani² and M. Mirmehdi³**

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

