

## اثربیش تیمار شستشوی خرده چوب بر ویژگی‌های نوری و مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی چوب صنوبر

مریم علیپور<sup>۱</sup>، قاسم اسدپوراتویی<sup>۲\*</sup>، سید مجید ذبیح‌زاده<sup>۳</sup> و زهره قزوینی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد خمیرکاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

پست الکترونیک: asadpur2002@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

۴- کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۴

### چکیده

با توجه به اینکه در فرایند تولید خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP)، شستشوی خرده چوب‌ها قبل از پخت در دیگ پخت حائز اهمیت می‌باشد، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر بیش تیمار شستشوی خرده چوب‌های صنوبر دلتوئیدس بر ویژگی‌های نوری (درجه روشنی و ماتی) و مقاومتی (شاخص‌های مقاومت کششی و ترکیدگی) خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP) انجام شد. بیش تیمار با آب داغ خالص و نیز محلول قلیایی (NaOH) در سه سطح ۰/۵، ۲ و ۳/۵ درصد انجام شد. خرده چوب‌های پیش تیمار شده و شاهد (خرده چوب‌های بدون شستشو) با استفاده از روش شیمیایی - مکانیکی به خمیرکاغذ تبدیل شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیش تیمار خرده چوب‌های صنوبر دلتوئیدس با آب داغ خالص و نیز محلول قلیایی باعث کاهش جرم خرده چوب و استفاده از این خرده چوب‌های بیش تیمار شده در فرایند خمیرسازی باعث افزایش بازده خمیرکاغذ، افزایش درجه روشنی، کاهش مقاومت‌ها و افزایش مصرف انرژی شد. خروج بخشی از همی سلولزها از چوب در طی بیش تیمار شستشوی خرده چوب‌ها تأثیر منفی در پالایش پذیری الیاف داشته و باعث کاهش ویژگی مقاومت خمیرکاغذ شد.

واژه‌های کلیدی: بیش تیمار قلیایی، صنوبر، درجه روشنی، مواد استخراجی، خمیرکاغذ CMP.

### مقدمه

کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران از این فرایند برای تولید خمیرکاغذ استفاده می‌شود. از آنجاکه در شروع فرایند تهیه خمیرکاغذ (CMP)، خرده چوب‌های تهیه شده قبل از پخت در دیگ پخت، با آب داغ شستشو می‌شوند، اطلاعات دقیقی مبنی بر اثر این فرایند (شستشوی خرده چوب‌ها با آب داغ) بر کیفیت خمیرکاغذ حاصل وجود

امروزه با افزایش مصرف کاغذ و کاهش مواد اولیه، استفاده از خمیرکاغذهای مکانیکی و پربازده مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهمترین فرایندهای با بازده زیاد برای تولید انواع کاغذهای روزنامه و چاپ و تحریر، فرایند کاغذسازی شیمیایی - مکانیکی (CMP) بوده که در

استخراجی، از قبیل تانن‌ها می‌توانند با یون‌های آهنی واکنش دهند و کمپلکس‌های رنگی محکمی تشکیل دهند، در نتیجه درجه روشنی خمیرکاغذهای با بازده بالا کاهش می‌یابد (Fariman *et al.*, 2004). البته اثرات فنول‌های دیگر، مانند وانیلین، روی درجه روشنی خمیرکاغذهای با بازده زیاد رنگ‌بری شده نیز گزارش شده است (Peart & Ni, 2001).

تراکم فنول‌ها که در طول پالایش رخ می‌دهد به‌عنوان یک سازوکار غالب در رنگ تیره خمیرکاغذهای با بازده زیاد در نظر گرفته می‌شود (Johansson *et al.*, 2000; Keating *et al.*, 2006). بنابراین، استخراج مواد استخراجی فنول به‌عنوان یک پیش مرحله در رنگ‌بری پراکسید می‌تواند برای افزایش بیشتر درجه روشنی و ثبات بیشتر آن در رنگ‌بری خمیرکاغذهای با بازده زیاد عملکرد مناسبی داشته باشد.

Liang و همکاران (۲۰۱۱) خصوصیات مواد استخراجی قلیایی خمیر سولفون (CMP) بامبو و اثرات آن روی رنگ‌بری پراکسید را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که با افزودن NaOH خروج مواد استخراجی تسریع می‌شود و قابلیت رنگ‌بری خمیر استخراج شده بهبود می‌یابد. زمانی که از ۳/۵ درصد NaOH استفاده شود، درجه روشنی ۵/۸۳ درصد ISO افزایش می‌یابد و عدد تغییر رنگ ۵۵/۷ درصد کاهش می‌یابد.

Baptista و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی اثرات مواد استخراجی بر ویژگی‌های خمیرکاغذ کرافت چوب کاج دریایی نتیجه گرفتند که استخراج با حلال‌های آلی، استون و مخلوط اتانول-تولون کارایی بیشتری دارد و فاکتور انعکاس تا حدود ۷/۵ درصد افزایش می‌یابد. استخراج قلیایی چوب، بهبود ۱۰ درصدی را در فاکتور انعکاس از خمیر رنگ‌بری نشده نشان داد. رنگ‌بری خمیر با استفاده از توالی کوتاه DE انجام شد. خمیرهای حاصل از چوب استخراج شده افزایش ۳۰ درصدی را در فاکتور انعکاس در مقایسه با خمیر شاهد نشان دادند.

Hassanzadeh و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی، تأثیر پیش استخراج همی سلولزها بر ویژگی‌های خمیرکاغذ سودا - آتراكینون تهیه شده از ساقه برنج به‌منظور کاربری

ندارد. تنها اثر ظاهری مشاهده شده، خروج مواد استخراجی و رنگ بالای پساب خروجی از این مرحله می‌باشد. این تحقیق به دنبال این سؤال است که حذف فرایند شستشو خرده چوب‌های صنوبر دلتوئیدس با آب داغ و یا شستشو خرده چوب‌های صنوبر دلتوئیدس با محلول‌های قلیایی، چه تأثیری بر ویژگی‌های خمیرکاغذ (CMP) دارد.

خمیرکاغذهای با بازده زیاد به دلیل هزینه کمتر، بازده زیادتر و ویژگی‌های نوری بهتر در مقایسه با خمیرهای شیمیایی برتری دارند. درجه روشنی پایین و ثبات کم درجه روشنی یکی از مشکلات اساسی خمیرکاغذهای با بازده زیاد است. اعتقاد بر این است که مقدار لیگنین زیاد در خمیرکاغذهای با بازده زیاد دلیل اصلی این مشکلات است. درحالی‌که مواد استخراجی نیز حتی اگر مقدارشان کم باشد نقش مهمی در رنگ‌بری خمیرکاغذهای با بازده زیاد دارند (Liang *et al.*, 2011).

مواد استخراجی چوب مواد چسبنده‌ای هستند که به‌سختی در مراحل شستشو حذف می‌شوند و رسوبات چسبنده‌ای بر روی تجهیزات فرایند ایجاد می‌کنند. هنگام تهیه خمیرکاغذ از چوب پهن‌برگان این ترکیبات باعث ایجاد مشکلاتی مانند تشکیل مواد چسبنک، باقی ماندن ناخالصی‌ها در خمیرکاغذ و پارگی کاغذ در ماشین کاغذ می‌شوند. به‌علاوه، در صورت باقی ماندن این ترکیب‌ها روی کاغذ دشواری‌هایی مانند ایجاد لکه‌های تیره و چسبیدن الیاف کاغذ به سطح سیلندر، پارگی ورقه و گرفتگی توری و نمدها ایجاد می‌شود. همچنین مواد استخراجی ممکن است با مواد شیمیایی رنگ‌بری واکنش داده و فرآورده‌های تغییر یافته و اکسید شده‌ای را ایجاد کنند. مواد استخراجی تغییر یافته (بیشتر کلردار شده) باعث تشکیل قیر شده و بر روی روشنی خمیرکاغذ تأثیر منفی دارند (Baptista *et al.*, 2006).

استخراج و شناسایی اسیدهای چرب موجود در چوب از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت است، زیرا مواد استخراجی که در فرایند پخت خمیرکاغذ آزاد می‌شوند مشکلاتی را در فرایند پخت ایجاد می‌کنند. اجزای فنول‌های موجود در مواد

با مش ۲۰۰، کاملاً شستشو شدند. خرده چوب‌های پیش تیمار شده در هوای آزاد خشک شدند و پس از اندازه‌گیری درصد رطوبت برای جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط، داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند.

پیش‌تیمار خرده چوب‌های صنوبر با محلول قلیایی در این مرحله نیز ۱۵۰ گرم خرده چوب بر اساس جرم خشک از خرده چوب‌های صنوبر جداسازی شد. با توجه به نسبت ۵ به ۱ مایع به خرده چوب‌ها، محلول قلیایی هیدروکسید سدیم در سه سطح ۰/۵، ۲ و ۳/۵ درصد بر اساس جرم خشک خرده چوب‌ها، در داخل یک بشر ریخته شد و پس از بستن درب آن در حمام آب با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. زمانی که دمای بشر به ۹۰ درجه سانتی‌گراد رسید خرده چوب‌ها را داخل بشر ریخته و ۳۰ دقیقه زمان در نظر گرفته شد. پس‌از این مدت خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده، توسط آب مقطر روی الک با مش ۲۰۰، کاملاً شستشو شدند. خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده در هوای آزاد خشک شده و برای جلوگیری از تبادل رطوبت با محیط، داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند.

تعیین pH مایع پیش‌تیمار شده

pH مایع پیش‌تیمار شده با pH متر Metrohm مدل ۸۲۷ در دمای  $24 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

تعیین درصد کاهش جرم خرده چوب‌های صنوبر پیش‌تیمار شده از اختلاف جرم خرده چوب‌های صنوبر اولیه (M1) و جرم خرده چوب‌های صنوبر پیش‌تیمار شده (M2) (بر مبنای وزن کاملاً خشک)، کاهش جرم نمونه‌ها به درصد با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\% \text{کاهش جرم} = \left( \frac{M1 - M2}{M1} \right) * 100$$

در تهیه فراورده‌های با ارزش افزوده بالا را بررسی کردند. فرایند پیش‌عمل‌آوری با قلیایی ۱۰ درصد، دمای ۵۰ درجه سلسیوس و مدت‌زمان ۹۰ دقیقه انجام شد. مقایسه نمونه‌های پیش‌استخراج شده و شاهد نشان داد که به‌منظور رسیدن به یک عدد کاپا و بازده معین، نمونه‌های پیش‌استخراج شده به مقدار قلیا و زمان کمتری نیاز دارند. مقایسه خمیرکاغذهای تهیه شده نشان داد که نمونه‌های پیش‌استخراج شده مقاومت کششی کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد دارند، ولی این کاهش از لحاظ آماری معنادار نیست. البته شاخص مقاومت به ترکیبگی نمونه‌های پیش‌تیمار شده در حد خمیرهای شاهد بود.

در این تحقیق، اثر شستشو و پیش‌تیمار خرده چوب‌های صنوبر دلتوئیدس با آب داغ و محلول قلیایی با غلظت‌های متفاوت بر ویژگی‌های خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP) بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی مواد خام

خرده چوب‌های گونه صنوبر دلتوئیدس به‌صورت کاملاً تصادفی از انباشت خرده چوب‌های صنوبر کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتخاب شد و پس از انتقال آنها به آزمایشگاه، ابتدا خرده چوب‌های استاندارد به صورت دستی جداسازی و در هوای آزاد خشک شدند. سپس درصد رطوبت خرده چوب‌ها طبق استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شد.

### پیش‌تیمار خرده چوب‌های صنوبر با آب داغ

۱۵۰ گرم خرده چوب بر اساس جرم خشک از خرده چوب‌های صنوبر جداسازی شد. از آنجایی که نسبت مایع به خرده چوب‌ها ۵ به ۱ بود، به این میزان آب مقطر داخل بشر ریخته و بشر در حمام آب با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. با رسیدن دمای آب داخل بشر به دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد خرده چوب‌ها را داخل بشر ریخته و ۳۰ دقیقه زمان در نظر گرفته شد. بعد از اتمام زمان پیش‌تیمار، خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده، توسط آب مقطر روی الک

## تهیه خمیر کاغذ CMP

فرایند خمیر کاغذسازی شیمیایی - مکانیکی برای خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده و پیش‌تیمار نشده (شاهد) صنوبر به‌طور جداگانه انجام شد. مایع پخت CMP از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. پخت چپس‌های صنوبر در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۳۰ دقیقه و غلظت مایع پخت ۱۴ درصد انجام شد. نسبت مایع پخت به چپس نیز ۷ به ۱ در نظر گرفته شد. پس از پایان پخت، دیگ پخت تخلیه شد و خرده چوب‌های عمل‌آوری شده با مایع پخت پس از شستشو با استفاده از دفیبراتور آزمایشگاهی به خمیر کاغذ تبدیل شدند. بازده خمیر کاغذ اندازه‌گیری شد. برای تهیه خمیر کاغذ بدون وزده، از ۲ غربال ۲۰ و ۲۰۰ مش استفاده شد. سپس خمیر کاغذها به‌وسیله پالاینده آزمایشگاهی PFI به درجه روانی  $375 \pm 25 \text{ ml}$ , CSF رسانده شدند.

مرحله، خمیر کاغذ با کیف بوختر آبیگری و شستشو شد. محلول رنگ‌بری شامل پراکسید هیدروژن ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )، هیدروکسید سدیم (NaOH) و سیلیکات سدیم ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) به ترتیب به مقدار ۳، ۲ و ۲ درصد بر مبنای وزن خشک خمیر کاغذ به‌عنوان پایدارکننده شرایط قلیایی و محافظ پراکسید مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  و بعد NaOH و در پایان  $\text{H}_2\text{O}_2$  به خمیر کاغذ افزوده شد. به مدت ۱ ساعت و ۴۵ دقیقه خمیر کاغذ مخلوط شده با مایع رنگ‌بری در حمام آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از این مدت خمیر کاغذ از حمام خارج شد. سپس خمیر کاغذ با آب به‌وسیله کیف بوختر که روی آن کاغذ صافی قرار داشت، شستشو شد تا مایع رنگ‌بری از خمیر کاغذ جدا شود. با محلول آبی گاز دی‌اکسید گوگرد ( $\text{SO}_2$  water)، PH به ۵ تا ۵/۵ رسانده شد و بعد کاغذ دست‌ساز تهیه گردید.

## رنگ‌بری خمیر کاغذ

برای رنگ‌بری خمیر کاغذ با پراکسید هیدروژن و با توجه به پیش‌آزمون‌های انجام شده، مقدار ۱۲ گرم خمیر کاغذ بر مبنای وزن خشک مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه ممکن است از طریق آب فرایندی و نیز در ضمن عملیات پالایش، یون‌های فلزات واسطه شامل  $\text{Cu}^+$ ،  $\text{Fe}^{2+}$  و  $\text{Mn}^{2+}$  وارد سوسپانسیون خمیر کاغذ شوند و ورود این یون‌ها به مرحله رنگ‌بری سبب از بین رفتن عامل فعال رنگ‌بری (آنیون پرهیدروکسیل  $\text{OOH}^-$ ) و افت شدید بازده رنگ‌بری گردد، از این‌رو از عامل کیلیت کننده DTPA برای حذف این یون‌ها استفاده شد. ۱۲۰ گرم خمیر کاغذ رنگ‌بری نشده با خشکی ۱۰ درصد به خشکی ۲ درصد رسانده شد. ۰/۲ درصد DTPA بر مبنای جرم خشک به خمیر کاغذ اضافه شد. سپس با قرار دادن آن در حمام آب با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۵ دقیقه زمان داده شد تا عمل جداسازی کاتیون‌های فلزات واسطه از سوسپانسیون خمیر کاغذ انجام شود. بعد از این

## تهیه کاغذ دست‌ساز

کاغذهای دست‌ساز با جرم پایه  $60 \text{ gr/m}^2$  مطابق با استاندارد T ۲۰۵ sp-۰۲ آئین‌نامه TAPPI ساخته شدند.

## اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذها

ویژگی‌های فیزیکی کاغذ از جمله: وزن پایه، ضخامت و دانسیته ظاهری به‌ترتیب طبق استاندارد ۰۲- ISO ۵۳۴، T۴۱۰ om و ویژگی‌های نوری از جمله: درجه روشنی، زردی و ماتنی طبق استانداردهای ISO ۲۴۷۰- و ISO ۲۴۷۱- و همچنین ویژگی‌های مقاومتی شامل: مقاومت کششی و مقاومت به ترک‌شدن به‌ترتیب با استانداردهای ISO- ۱۹۲۴-۲ و ISO- ۲۷۵۸- اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. این طرح در قالب طرح کاملاً تصادفی بوده، ابتدا جدول تجزیه واریانس تشکیل و بعد با توجه به سطح معنادار بودن (سطح ۹۵ درصد)، مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

## نتایج

بازده خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده و شاهد

جدول ۱ مقادیر کاهش جرم، بازده و pH مایع را بعد از پیش‌تیمار خرده چوب‌های صنوبر در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، پیش‌تیمار با قلیا در مقایسه با آب داغ، باعث افت جرمی بیشتر خرده چوب‌ها شده است و با افزایش مصرف قلیا، کاهش جرم خرده چوب‌ها نیز بیشتر شده

است. از آنجاکه خرده چوب‌ها در طی پیش‌تیمار شستشو، متناسب با نوع و غلظت مایع دارای افت جرمی شده‌اند اما مشاهده می‌شود که پس از فرایند خمیرسازی در خرده چوب‌های با درصد کاهش جرم بالا، بازده افزایش یافته است که در واقع این افزایش بازده بر اساس جرم اولیه خرده چوب‌های هر مرحله اندازه‌گیری شده است و بدین معنا نیست که پیش‌تیمارهای انجام‌شده باعث افزایش بازده کلی خمیر می‌شوند.

جدول ۱- مقادیر pH مایع بعد از پیش‌تیمار، کاهش جرم خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده و بازده خمیر کاغذ صنوبر

نوع تیمار	دمای پیش‌تیمار (درجه سانتی‌گراد)	زمان پیش‌تیمار (دقیقه)	pH مایع پیش‌تیمار شده	کاهش جرم (درصد)	بازده (درصد)
شاهد	-	-	-	-	۸۴/۳
پیش‌تیمار با آب داغ	۹۰	۳۰	۷/۱	۱/۱	۸۶/۵
پیش‌تیمار با ۰/۵٪ قلیا	۹۰	۳۰	۱۰/۰۲	۱/۸	۸۷/۵
پیش‌تیمار با ۲٪ قلیا	۹۰	۳۰	۱۱/۸	۳/۲	۸۸/۴
پیش‌تیمار با ۳/۵٪ قلیا	۹۰	۳۰	۱۲/۳	۳/۵	۸۸/۹

## درجه روانی خمیرکاغذ

درجه روانی خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده با آب داغ و پیش‌تیمار شده با قلیا و نیز درجه روانی خمیرکاغذهای شاهد اندازه‌گیری شد. جدول ۲ درجه روانی اولیه (قبل از پالایش) و درجه روانی بعد از پالایش خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده و شاهد را نشان می‌دهد. در اثر پیش‌تیمارهای انجام شده، تعداد دور پالایش نمونه‌ها برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر، نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت.

## ویژگی‌های فیزیکی کاغذ

جدول ۳ میانگین جرم پایه، ضخامت و دانسیته کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده و شاهد گونه صنوبر را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳، پیش‌تیمار شستشوی خرده چوب‌ها با آب داغ و قلیا تأثیر قابل ملاحظه‌ای در دانسیته کاغذهای دست‌ساز نداشته است. به‌طور نسبی دانسیته کاغذهای پیش‌تیمار شده با آب داغ به دلیل حضور بیشتر کربوهیدرات‌ها، بیشتر از کاغذهای پیش‌تیمار شده با قلیا می‌باشد.

جدول ۲- درجه روانی قبل و بعد از پالایش

نوع تیمار	مصرف انرژی	دور پالایش	درجه روانی اولیه (میلی لیتر CSF)	درجه روانی بعد از پالایش (میلی لیتر CSF)
شاهد	۲۳۰	۶۲۰۰	۷۶۰	۳۶۵
پیش تیمار با آب داغ	۲۳۰	۶۵۵۰	۷۶۵	۳۹۰
پیش تیمار با ۰/۵٪ قلبا	۲۵۰	۷۴۵۰	۷۶۰	۳۸۰
پیش تیمار با ۲٪ قلبا	۲۶۰	۷۷۰۰	۷۶۵	۳۶۵
پیش تیمار با ۳/۵٪ قلبا	۲۴۰	۷۵۰۰	۷۴۰	۳۶۵

جدول ۳- میانگین ضخامت، جرم پایه و دانسیته کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده و شاهد

نوع تیمار	دمای پیش تیمار (درجه سانتی گراد)	زمان پیش تیمار (دقیقه)	ضخامت ( $\mu\text{m}$ )	جرم پایه ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	دانسیته ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
شاهد	-	-	۱۲۱/۷ b	۶۹b	۰/۵۷ ab
پیش تیمار با آب داغ	۹۰	۳۰	۱۰۹/۳ a	۶۶a	۰/۶ b
پیش تیمار با ۰/۵٪ قلبا	۹۰	۳۰	۱۱۸ b	۶۶a	۰/۵۶ a
پیش تیمار با ۲٪ قلبا	۹۰	۳۰	۱۱۶/۷ab	۶۴/۵ a	۰/۵۵ a
پیش تیمار با ۳/۵٪ قلبا	۹۰	۳۰	۱۱۸/۳ b	۶۴/۵ a	۰/۵۴ a

ویژگی‌های نوری کاغذ  
درجه روشنی

میزان انعکاس نور تک‌رنگ آبی با طول موج ۴۵۷ نانومتر از سطح کاغذ نسبت به سطح استاندارد (اکسید منیزیم MgO) درجه روشنی نامیده می‌شود. درجه روشنی میزانی از فقدان زردی خمیر است که این زردی محصول حضور

لیگنین و ناخالصی‌های دیگر در نتیجه رنگ‌بری ضعیف خمیر می‌باشد (Afra, 2006). جدول ۴ میانگین درجه روشنی و ماتی کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده و شاهد گونه صنوبر را در دمای ثابت ۹۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه قبل و بعد از رنگ‌بری نشان می‌دهد. برای خمیر کاغذهای رنگ‌بری نشده، با انجام پیش تیمار شستشو

می‌شود. برای خمیرکاغذهای رنگ‌بری شده با شرایط یکسان رنگ‌بری با پراکسید هیدروژن نیز الگوی تقریباً مشابه خمیرکاغذهای رنگ‌بری نشده ملاحظه می‌شود.

خرده چوب‌ها، درجه روشنی خمیرکاغذ افزایش می‌یابد. در پیش‌تیمار قلیایی به‌ویژه با درصد قلیای بالا، در مقایسه با آب داغ درجه روشنی بالاتری در خمیرکاغذها مشاهده

جدول ۴- درجه روشنی و ماتی کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده و شاهد

نوع تیمار	درجه روشنی کاغذ قبل از رنگ‌بری (ISO)	ماتی کاغذ قبل از رنگ‌بری	درجه روشنی کاغذ بعد از رنگ‌بری (ISO)	ماتی کاغذ بعد از رنگ‌بری
شاهد	۳۳ a	۹۴/۲ c	۵۶/۹ a	۸۰/۷ b
پیش‌تیمار با آب داغ	۳۴/۱ b	۹۴/۳ c	۵۷/۶ b	۸۲/۶ c
پیش‌تیمار با ۰/۵٪ قلیا	۳۵/۸ c	۹۱/۶ b	۵۹/۶ d	۷۹ a
پیش‌تیمار با ۲٪ قلیا	۳۵/۸ c	۹۰/۳ b	۵۸/۷ c	۷۸/۱ a
پیش‌تیمار با ۳/۵٪ قلیا	۳۷/۴ d	۸۸/۴ a	۵۹/۹ d	۷۸/۴ a

#### ویژگی‌های مقاومتی کاغذ

جدول ۵، میانگین شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده با آب داغ و پیش‌تیمار شده با قلیا و شاهد گونه صنوبر را نشان می‌دهد. پیش‌تیمار شستشو خرده

چوب‌ها تأثیری در شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز نداشته ولی باعث کاهش شاخص مقاومت به کشش در پیش‌تیمار با آب داغ و پیش‌تیمار با ۳/۵٪ قلیا شده است و پیش‌تیمار با ۰/۵ و ۲٪ قلیا تأثیری بر این مقاومت نداشته است.

جدول ۵- میانگین شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست‌ساز

نوع تیمار	دمای پیش‌تیمار (درجه سانتی‌گراد)	زمان پیش‌تیمار (دقیقه)	شاخص مقاومت به کشش (mN/g)	شاخص مقاومت به ترکیدن (KPa m <sup>2</sup> /g)
شاهد	-	-	۵۵/۷۶ b	۲/۳ a
پیش‌تیمار با آب داغ	۹۰	۳۰	۵۱/۱۶ a	۳ a
پیش‌تیمار با ۰/۵٪ قلیا	۹۰	۳۰	۵۵/۱۹ b	۳/۱ a
پیش‌تیمار با ۲٪ قلیا	۹۰	۳۰	۵۵/۶۷ b	۲/۲ a
پیش‌تیمار با ۳/۵٪ قلیا	۹۰	۳۰	۵۲/۱۶ a	۲/۹ a

#### بحث

##### کاهش جرم

در این تحقیق مقدار کاهش جرم در پیش‌تیمار با آب داغ، کمتر از تیمار قلیایی بوده و در پیش‌تیمار قلیایی با افزایش درصد NaOH کاهش جرم نیز افزایش یافت. به دلیل اینکه

هیدروکسید سدیم دارای نفوذپذیری و واکنش‌پذیری خوبی است، بنابراین به بافت چوب نفوذ کرده و سبب خروج ترکیبات از بافت چوب و نیز باعث حل استرول‌ها و استرها مانند موم‌ها، استرهای استرل و تری گلیسیریدها شده، در نتیجه افت جرمی مشاهده می‌شود (Sun et al., 2003).

## بازده خمیرکاغذ خرده چوب‌های تیمار شده

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود پس از پیش تیمار سشتشو و در فرایند جداگانه تهیه خمیرکاغذ، بازده خمیرکاغذ حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. از آنجاکه در مرحله پیش تیمار، برخی از ترکیبات تشکیل دهنده مواد لیگنوسلولزی به ویژه همی سلولزها و تا حدودی لیگنین، سلولز و مواد استخراجی خارج می‌شوند ( Testova, 2006; Yoon & Heningen, 2008; Al-Dajani & Tschirner, 2008; Fredrick et al., 2008)، بنابراین در مرحله بعدی و طی فرایند پخت ترکیبات کمتری خارج شده، در نتیجه هر چقدر میزان مواد خروجی در مرحله پیش تیمار بیشتر باشد، بازده خمیرکاغذ حاصل بیشتر خواهد بود که البته لازم به ذکر است که این بازده بر مبنای وزن خشک خرده چوب‌های پیش تیمار شده می‌باشد.

## درجه روانی

خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده و شاهد برای رسیدن به درجه روانی  $25 \pm 275$  پالایش شدند. در اثر پیش تیمار، تعداد دور پالایش نمونه‌ها و انرژی مصرفی برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. همچنین، تعداد دور پالایش و انرژی مصرفی خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده با قلیا بیشتر از خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده با آب داغ بود. از آنجاکه همی سلولزها تأثیر مثبتی در پالایش پذیری خمیر دارند، از این رو به دلیل خروج بخشی از آنها در اثر پیش تیمارهای انجام شده، برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر به انرژی مصرفی و تعداد دور پالایش بیشتری نیاز است. Yoon و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی گزارش کرده‌اند که پیش استخراج با آب داغ چوب‌های کاج منجر به کاهش پالایش پذیری الیاف و شاخص کشش خمیرکاغذ کرافت شده؛ در حالی که شاخص کشش دهانه صفر، پارگی و کشش تر بدون تغییر بوده است.

## درجه روشنی

طبق جدول ۴، با پیش تیمار با آب داغ در دما و زمان ثابت درجه روشنی نسبت به نمونه شاهد به میزان  $3/3$  درصد افزایش یافت. به دلیل خروج مواد استخراجی طی پیش تیمار با آب داغ، درجه روشنی افزایش یافت. Sun و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که طی تیمار با آب داغ از گندم به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۸۰، ۸۵، ۹۰ و ۹۵ درجه - سانتی‌گراد به ترتیب ۴۱، ۴۲/۷، ۴۶/۲ و ۴۷/۹ درصد از مواد استخراجی چوب خارج شدند. تجزیه واریانس درجه روشنی نشان داد که اثر پیش تیمار با آب داغ بر درجه روشنی کاغذهای پیش تیمار شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است. در پیش تیمار قلیایی با افزایش غلظت قلیایی در دما و زمان ثابت درجه روشنی افزایش یافت. بیشترین درجه روشنی به میزان  $0/3 \pm 37/4$  در پیش تیمار با  $3/5$  درصد مشاهده شد. زمانی که غلظت قلیا طی پیش تیمار افزایش یابد، مقدار مواد استخراجی در خمیرکاغذ کاهش یافته، در نتیجه درجه روشنی خمیر بهبود می‌یابد.

جدول ۴ نشان می‌دهد که بعد از رنگ‌بری خمیرکاغذ درجه روشنی کاغذ حاصل از تیمارها افزایش یافت. پیش تیمار با آب داغ نیز سبب افزایش درجه روشنی نسبت به نمونه شاهد شد و قابلیت رنگ‌بری خمیرکاغذ بهبود یافت. در اثر پیش تیمار با آب داغ ترکیباتی از مواد استخراجی چربی دوست شامل اسیدهای چرب آزاد، موم-ها، استرول‌ها، تری گلیسیریدها، استرهای استرول و مقادیر کمتری از دی گلیسیریدها، اسیدهای رزینی و ترکیبات فنولی از چوب خارج می‌شوند ( Orsa et al., 1997; Sun et al., 2003).

مشاهده می‌شود که با افزودن قلیا درجه روشنی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. پیش تیمار با قلیا سبب خروج مواد استخراجی به ویژه ترکیبات فنولی می‌شود. NaOH خروج مواد استخراجی را تسریع کرده، در نتیجه با افزایش درصد NaOH مورد استفاده، فنول‌های بیشتری حل شده و درجه روشنی به دست آمده از خمیر رنگ‌بری شده با پروکسید افزایش می‌یابد.



نتایج بعد از رنگ‌بری حکایت از آن دارد که ماتی در مقایسه با کاغذهای رنگ‌بری نشده کاهش یافت. بعد از رنگ‌بری خمیرکاغذهای شیمیایی-مکانیکی توسط پروکسید هیدروژن ماتی کاغذها کاهش یافت، چون پروکسید هیدروژن یک سفیدکننده مؤثر است.

#### شاخص مقاومت به کشش

جدول ۵ نشان می‌دهد که با پیش‌تیمار با آب داغ شاخص مقاومت به کشش در گونه صنوبر کاهش یافت. علت کاهش می‌تواند افت بیشتر کربوهیدرات‌ها در مرحله پیش‌تیمار و خمیرکاغذسازی باشد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر پیش‌تیمار با آب داغ بر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای پیش‌تیمار شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است. بالاترین میزان شاخص مقاومت به کشش مربوط به تیمار شاهد گونه صنوبر می‌باشد؛ که علت آن را می‌توان انعطاف‌پذیری زیاد الیاف گونه صنوبر دانست که در اثر پالایش منجر به شکل‌گیری بهتر الیاف و در نهایت ایجاد ساختار متراکم در کاغذ شده است (Rasuligarmarudi *et al.*, 2007). همچنین درصد بالای سلولز در گونه، موجب افزایش شاخص مقاومت به کشش صنوبر شده است (Ververis *et al.*, 2004). در گونه صنوبر با افزودن قلیا به مقدار ۰/۵ و ۲ درصد وزنی خرده چوب تیمار شده، شاخص مقاومت به کشش نسبت به نمونه شاهد اختلاف معناداری نداشته ولی با افزایش مصرف قلیا (۳/۵ درصد) کاهش یافت. البته خروج بیشتر کربوهیدرات‌ها و به‌ویژه همی‌سلولز از چوب می‌تواند توجیه‌کننده علت نسبی افت کاهش مقاومت کششی در مقادیر بیشتر مصرف قلیا در مرحله پیش‌تیمار شستشوی خرده چوب‌ها باشد (Yoon *et al.*, 2008).

#### شاخص مقاومت به ترکیدن

جدول ۵ شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده با آب داغ و پیش‌تیمار شده با قلیا و شاهد را قبل از رنگ‌بری نشان می‌دهد. طول فیبر و اتصال بین الیاف، دو فاکتور مؤثر در مقاومت به ترکیدن

فنول‌های موجود در خمیرکاغذ با کتون‌ها درهم آمیخته و ساختارهای رنگی محکمی تشکیل داده (Johansson *et al.*, 2000)، در نتیجه درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده با پروکسید و پایداری درجه‌روشنی کاهش می‌یابد. همچنین بر اثر خروج مواد استخراجی قابلیت رنگ‌بری خمیرکاغذ بهبود می‌یابد. در فرایندهای رنگ‌بری بخشی از ماده شیمیایی مورد استفاده برای رنگ‌بری توسط مواد استخراجی مصرف می‌شود که با خروج مواد استخراجی پیش از فرایند رنگ‌بری، رنگ‌بری بهبود یافته و درجه روشنایی افزایش می‌یابد.

#### ماتی کاغذ

ماتی با مجموع نور عبور کرده از کاغذ تعیین می‌شود. ماتی در کاغذهای چاپ و تحریر مانند کاغذ روزنامه بسیار اهمیت دارد؛ زیرا سبب می‌شود تا مطالب پشت کاغذ از سمت دیگر دیده نشود. طبق تئوری کوبلکا-مونک مقدار ماتی کاغذ به تعداد ذرات جدا و منفک موجود در ورق بستگی دارد. عوامل مؤثر روی ماتی عبارتند از: فاصله الیاف از یکدیگر، ساختار کاغذ، نوع الیاف، مقدار الیاف ریز و کوتاه. البته با افزایش درجه‌روشنی، ماتی کاهش می‌یابد (Afra, 2006). نتایج ماتی کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش‌تیمار شده با آب داغ و پیش‌تیمار شده با قلیا و شاهد قبل از رنگ‌بری نشان می‌دهد که در دما و زمان ثابت با انجام پیش‌تیمار با آب داغ بر روی خرده چوب‌ها، ماتی کاغذ تقریباً مشابه نمونه شاهد شد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر پیش‌تیمار با آب داغ بر ماتی کاغذهای پیش‌تیمار شده معنادار نیست.

در مورد افزودن قلیا در گونه صنوبر، با افزودن قلیا در هر سه سطح ماتی کاغذ نسبت به نمونه شاهد قبل از رنگ‌بری با شیب ملایمی کاهش یافت. در اثر خروج مواد استخراجی طی پیش‌تیمار با قلیا، با افزایش درصد قلیا درجه‌روشنی افزایش یافته، در نتیجه ماتی کاهش می‌یابد. دلیل این افت را می‌توان به ساختمان متراکم و دانسیته بیشتر کاغذهای صنوبر نسبت داد که در آن شکست نور کمتر و در نتیجه ماتی نیز کاهش می‌یابد (Rasuligarmarudi, 2002).

با قلیا بیشتر از خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده با آب داغ است. به دلیل خروج بخشی از همی سلولزها که تأثیر مثبتی در پالایش پذیری خمیر دارند، برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر به انرژی مصرفی و تعداد دور پالایش بیشتری نیاز است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص نوری کاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده و شاهد قبل و بعد از رنگ‌بری با پروکسید هیدروژن نشان داد که درجه روشنی نمونه‌های پیش تیمار شده با آب داغ و قلیا قبل و بعد از رنگ‌بری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. طی پیش تیمار با قلیا با افزایش درصد قلیایی، درجه روشنی نمونه‌های پیش تیمار شده نیز افزایش نشان داد. قبل از رنگ‌بری، ماتی نمونه‌های پیش تیمار شده با آب داغ به مقدار کمی افزایش یافت و در کل اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های پیش تیمار شده با آب داغ و شاهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد. در صنوبر طی پیش تیمار با قلیا ماتی کاهش یافت. بعد از رنگ‌بری نیز ماتی در نمونه‌های پیش تیمار شده با آب داغ افزایش نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد. در نمونه‌های پیش تیمار شده با قلیا، ماتی روند نزولی نشان داد.

در نمونه‌های پیش تیمار شده با آب داغ در دما و زمان ثابت، شاخص مقاومت به کشش گونه صنوبر با اختلاف کمی نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. البته شاخص مقاومت به ترکیدن در اثر پیش تیمار با آب داغ و قلیا، تغییری نداشته است.

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پیش تیمار خرده چوب‌های صنوبر دلتوئیدس با آب داغ خالص و نیز محلول قلیایی باعث کاهش جرم و افزایش بازده خمیرکاغذها (خرده چوب‌های تیمار شده)، افزایش درجه روشنی، کاهش مقاومت‌ها و افزایش مصرف انرژی شده و هزینه تولید را برای انجام پیش تیمار افزایش داده است. به نحوی که همی سلولزها در بازده و پالایش نقش مهمی دارند.

می‌باشند. اگرچه با افزایش طول فیبر، مقاومت به ترکیدن افزایش می‌یابد اما مقاومت به ترکیدن بیشتر به اتصال بین الیاف بستگی دارد. مقاومت به ترکیدن آزمونی است که بخش کم استحکام کاغذ را نشان می‌دهد، از این رو تحت تأثیر شکل‌گیری کاغذ بوده و با جرم پایه کاغذ متناسب است و بشدت تحت تأثیر رطوبت قرار می‌گیرد (Asadolahzadeh, 2010). تجزیه واریانس گونه صنوبر نشان داد که اثر پیش تیمار با آب داغ و قلیا بر شاخص مقاومت به ترکیدن معنادار نیست.

زبری الیاف به ضخامت دیواره الیاف وابسته است. به طوری که با افزایش ضخامت الیاف و صلیبت، پیوندها ضعیف می‌شود اما در مقابل الیاف با دیواره نازک پس از کویدن به خوبی روی هم قرار گرفته و در نهایت پیوند بین الیاف افزایش می‌یابد. البته افزایش اتصالات منجر به افزایش مقاومت به ترکیدن کاغذ خواهد شد (Safdari, 2010). الیاف صنوبر با دیواره نازک قادر به ایجاد پیوندهای قوی خواهند بود.

#### نتیجه‌گیری

در نمونه‌های پیش تیمار شده در دما و زمان ثابت، مقدار کاهش جرم طی پیش تیمار با آب داغ کمتر از پیش تیمار با قلیا شده و در پیش تیمار قلیایی با افزایش درصد قلیا مقدار کاهش جرم افزایش یافته است. در فرایند تهیه خمیرکاغذ، بازده خمیرکاغذ حاصل از خرده چوب‌های صنوبر پیش تیمار شده نسبت به نمونه شاهد بیشتر بوده، زیرا در مرحله پیش تیمار برخی از ترکیبات تشکیل دهنده دیواره سلولی خارج شده و در مرحله بعدی و طی فرایند پخت ترکیبات کمتری خارج شده و بازده افزایش می‌یابد.

خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده و شاهد برای رسیدن به درجه روانی  $25 \pm 275$  پالایش شدند. به طوری که در اثر پیش تیمار، تعداد دور پالایش نمونه‌ها و انرژی مصرفی برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت.

همچنین، تعداد دور پالایش و انرژی مصرفی خمیرکاغذهای حاصل از خرده چوب‌های پیش تیمار شده

## منابع مورد استفاده

- Liang, Ch., Zhan, H., Li, B. and Fu, Sh., 2011. Characterization of bamboo SCMP alkaline extractives and the effects on peroxide bleaching. *BioResources Journal*. 6 (2):1484-1494.
- Lozovaya, V.V., Gorshkova, T.A., Yablokova, E.V., Rumyantseva, N.I., Valieva, A., Ulanov, A. and Widholm, J.M., 1999. Cold alkali can extract phenolic acids that are ether-linked to cell wall components in dicotyledonous plants (buckwheat, soybean, and flax), *Phytochemistry* 50(3), 395-400.
- Nazarneshad, N., 1996. Study high yield CMP Pulp and paper characteristics from the two species of spruce and Avramyrykn. M.Sc. Thesis, Department of Natural Resources, Tarbiat Modarres University. Tehran. 91p.
- Orsa, F., Holmbom, B. and Thornton, J., 1997. Dissolution and dispersion of spruce components into hot water. *Wood Science and Technology Journal*. 31: 279-290, Springer-Verlag.
- Peart, C. and Ni Y., 2001. UV-Vis spectra of lignin model compound in the presence of metal ions and chelants. *Journal. Wood Chem. Technol.* 21(2): 113-125.
- Rasuligarmarudi, R., 2002. Study the possibility of using poplar wood instead of Beech in combination with *Carpinus betulus* for produce chemo-mechanical pulp for the newspaper. M.Sc.thesis. Department of Natural Resources, Tarbiat Modarres University.131p.
- Rasuligarmarudi, R., Resalati, H. and Feyzabadi, M., 2007. Produce CMP pulp from Avrameriken poplar wood to make newsprint production . *College of Natural Resources Journal*, 60 (3): 1013-1022.
- Resalati, H., 2005. Study qualitative- economic potential of using fast-growing non-wood forest wood species to provide country cellulosic raw material. The National research project, Tarbiat Modarres University.
- Riikonen, J., Holopainen, T., Oksanen, E. and Vapaavuori, E., 2005. Leaf photosynthetic characteristics of silver birch during three years of exposure to elevated CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in the field. *Tree Physiology*, 25:621-632.
- Redmond, W.A., Coffey, B.B., Shastri, S. and Manchester, D.F., 1971. Nonstructural Chromophoric Substances in Jack Pine Wood and Pulp. *Pulp Pap. Mag. Can.* 72(1): 85.
- Sun, R.C., Salisbury, D. and Tomkinson, J., 2003. The chemical composition of lipophilic extractives released during the hot water treatment of wheat straw. *Bioresource Technology Journal*, 88, pp. 95-101.
- Afra, E., 2006. Properties of paper: an introduction. Aeeizh Press. 360 pp.(In Persian).
- Al-Dajani, W.W. and Tschirner, U.W., 2008. Pre-extraction of hemicelluloses and subsequent kraft pulping. Part I: alkaline extraction. *TAPPI journal*, 7(6):3-8.
- Asadolahzadeh, M.T., 2010. The effect of the pre extract on the production of Soda- AQ paper pulp scarf from hemp stalks. M.Sc Thesis, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.
- Baptista, C., Belgacem, N. and Paula Duarte, A., 2006. The effect of wood extractives on pulp properties of maritime pine kraft pulp. *Appita journal*, 59 (4):311-316.
- Friman, L., Hoglund, H., Hogberg, H.E. and Agnemo, R., 2004. Tannin-iron impregnated thermo mechanical pulp. Part I: Effects of extractions and heat on brightness. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 19 (2):228-236.
- Feyzabadi, M., 2002. Study use of Poplar and Eucalyptus wood to produce newsprint paper and mechanical print. Ph.D. Thesis, Department of Natural Resources, Tehran University.131p.
- Fredrick Jr, W.G., Lien, S.J., Courchene, C.E., DeMartini, N.A., Ragauskas, A.J. and Lisa, K., 2008. Co- Production of ethanol and cellulose fiber from Southern Pine: Atechnical and economic assessment. *Biomass and Bioenergy*. 32: 1293-1302.
- Johansson, C.I., Beatson, R.P. and Saddler, J.N., 2000. Fate and influence of western red cedar extractives in mechanical pulping. *Wood Sci. Technol.* 34(5): 389-401.
- Hassanzadeh, H., Hejazi, S. and Jamalirad, L., 2014. Investigation on the Influence of the Alkaline Preextraction of Hemicelluloses on the Properties of Rice Straw Soda-AQ Pulp. *Iranian Journal of Natural Resources*, 66(4): 493-506
- Keating, J., Johansson, C.I. and Saddler, J.N., 2006. The nature of chromophores in high-extractives mechanical pulps: Western red cedar (*Thuja plicata* Donn) chemi thermo mechanical pulp (CTMP). *Holzforschung*, 60(4): 365-371.
- Kostainen, K., Jalkanen, H., Kaakinen, S., Saranpaa, P. and Vapaavuori, E., 2006. Wood properties of two silver birch clones exposed to elevated co<sub>2</sub> and o<sub>3</sub>. *Global change Biol.*12:1230-1240.
- Lee, Z.Z. and Ou, Y.F., 1997. Influence of Extractives of Eucalyptus on Its Pulping. *China Pulp Pap.* 16(1): 48.

- Veysi, R., Mirshokraei, A., Khademieslam, H. and Hamsi, A. H., 2005. Study color changes of rush and beech CMP pulp due to heat aging. *Agricultural Sciences Journal*, 11(4): 201-211.
- Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P. and Santas, R., 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. *Industrial Crops and Products an international Journal*, 19: 245-254
- Yoon, S-H., Cullinan, H. and Krishnagopalan, G.A., 2009. The Effect of Modified Alkaline Pulping of Southern Pine, Integrated with Hemi cellulose Pre-extraction on Pulp Properties. In TAPPI Engineering Pulping, Environmental Conference, October 11-14, Memphis, Tennessee. (p.146).
- Yoon, S-H. and van Heningen, A., 2008. Kraft pulping and papermaking properties of hot-water pre-extracted loblly pine in an integrated forest products biorefinery. *TAPPY JOURNAL*, 7(7): 22-26.
- Samkova, M. and Farkas, J., 1984. Chemical Characteristics of Hardwood Species for Kraft Pulping. *Drevarsky Vyskum*. 29(2): 31.
- Sumimoto, M., Tachibana, S. and Ohtani, Y., 1983. Behavior of Phenolic Wood Extractives in Pulping and Bleaching. *Int. Symp. Wood & Pulping Chem., Japan*, Vol.1: 115.
- Safdary, V.R., 1389. Morphological and chemical characteristics of *Ulmus glabra*, *Ulmus minor*, *Zelkova carpinifolia* and *Tagouk*. *Research Institute of Forests and Rangelands*, 25 (2): 248-259.
- Technical Association of pulp & paper industry, standard test method. Tappi press. Atlanta, GA. USA 2009.
- Testova, L., 2006. Hemicellulose Extraction from Birch Wood Prior to Kraft Cooking.: Extraction Optimisation and Pulp Properties Investigatiuon. M.Sc. Thesis, Department of Chemical Engineering and Geosciences, Division of Chemical Technology, Lulea University of Technology, Sweden.

## Effects of chip washing pre-treatment method on optical and strength properties of chemimechanical pulp from poplar wood

M. Alipour<sup>1</sup>, Gh. AsadpourAtouei<sup>2\*</sup>, S.M. Zabihzadeh<sup>3</sup> and Z. Ghazvini<sup>4</sup>

1- M.Sc., Pulp and Paper Technology, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

2\*- Corresponding author, Assistant Professor Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, Email: asadpur2002@yahoo.com

3- Associate Professor Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

4- M.Sc., Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: May, 2015

Accepted: May, 2016

### Abstract

Chips washing pre-treatment are an important factor in chemi-mechanical (CMP) pulping. Therefore, this research was conducted to investigate the effect of *Populous deltoids* wood chips washing pre-treatment on CMP optical (brightness and opacity) and strength (tensile and burst indices) properties. Pre-treatment was accomplished with pure hot water and alkaline solution (NaOH) at three levels of concentration (0.5, 2 and 3.5 percent). Pre-treated and control (without washing) chips were pulped by CMP process. The results of indicated that the pretreatment with hot water and also alkaline solution reduced the wood chips mass but increased the pulp yield and brightness. Pulp strength was reduced and refining energy consumption increased. Chip pretreatment dissolved part of chip hemicelluloses which imparted some negative effects on pulp refinability and pulp strength reduction.

**Key words:** Alkaline pre-treatment, poplar, brightness, extractives, CMP pulp.