نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir

تأثیر اختلاط گونه‌های پهن‌برگ جنگلی و غیرجنگلی بر ویژگی‌های خمیرکاغذ شیمیایی– مکانیکی CMP (مطالعه موردی: کارخانه چوب و کاغذ مازندران)

مجتبی گلی[۱]، *سید مجید ذبیح‌زاده[۲]، قاسم اسدپور[۳] و علی برزن[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۲]دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۳]استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،
[۴]دانشجوی دکتری، گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۰۲/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: از محدودیت‌هایی که کارخانجات خمیر و کاغذ در کشورهای دارای کمبود چوب سوزنی برگ با آن مواجه‌اند می‌توان به مواردی نظیر: تخریب، کاهش سطح جنگل‌ها، عدم توسعه جنگل کاری‌ها و نیز تأمین ارز موردنیاز برای واردات خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند، برای تأمین ماده اولیه اشاره کرد (۲). کاغذ روزنامه موردنیاز در کشور توسط صنایع داخلی همچون صنایع چوب و کاغذ مازندران تولید شده و یا از طریق واردات تأمین می‌گردد. طراحی خط تولید خمیرکاغذ شیمیایی– مکانیکی کارخانه چوب کاغذ مازندران جهت تولید کاغذ روزنامه بر پایه گونه ممرز (۷۵ درصد) و راش (۲۵ درصد) بوده است. دلایلی از قبیل کمبود این دو گونه و هزینه زیاد واردات خمیرکاغذ الیاف بلند سوزنی برگ سبب شده که این کارخانه قسمتی از ماده اولیه خود را با صنوبر جایگزین نماید. با توجه به کمبود گونه‌های راش و ممرز، بررسی امکان کاربرد گونه‌های چوبی دیگر برای جایگزینی بیشتر با دو گونه مذکور به‌عنوان ماده اولیه ضروری به‌نظر می‌رسد. زینلی و همکاران

*مسئول مکاتبه: m.zabihzadeh@sanru.ac.ir

(۲۰۱۱) استفاده از چوب شاخه ممرز و راش به جای بخشی از چوب تنه ممرز و راش در تولید خمیرکاغذ CMP را مورد تحقیق قرار دادند. سایر تحقیقات (۵، ۸) نشان داد که می‌توان خمیرکاغذ صنوبر و توس سفید را به‌عنوان بخشی از ماده اولیه صنایع چوب و کاغذ مازندران، جایگزین راش و ممرز نمود. هدف از این تحقیق، بررسی قابلیت اختلاط گونه‌ها بر اساس موجودی جنگل‌های تحت مدیریت شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران و گونه‌های غیرجنگلی خریداری شده شرکت بود. از این‌رو، چهار گونه جنگلی شامل بلوط، افرا، توسکا و کلهو و دو گونه پهن برگ غیرجنگلی شامل بید و صنوبر جهت جایگزینی گونه‌های راش و ممرز کارخانه مورد تحقیق قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها: گونه‌های چوبی مورد استفاده از جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت شمال کشور تهیه و با استفاده از خردکن صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران خرده چوب‌ها تهیه شدند. از مایع پخت مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران برای تهیه خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی در این تحقیق استفاده شد. شرایط خمیرکاغذسازی، شامل نسبت مایع به خرده چوب ۷ به ۱ در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های پخت متفاوت (۱۲۰-۳۰ دقیقه) به‌منظور دستیابی به بازده بهینه (۸۵ درصد) بود. رنگبری خمیرکاغذ با پروکسید هیدروژن انجام شد. سپس خمیرها تا درجه روانی ۳۲۵±۲۵ میلی‌لیتر (CSF) پالایش شدند. در ادامه کاغذ دست ساز با گراماژ $60 g/m^2$ طبق استاندارد تاپی تهیه و ویژگی‌های نوری و مکانیکی آن طبق استانداردهای ISO تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی خواص مقاومتی و نوری کاغذ قبل و بعد از عمل رنگبری خمیرکاغذ نشان داد که بهترین ترکیب گونه‌ها از نظر خواص مقاومتی و درجه روشنی مربوط به تیمار با مقدار درصد اختلاط حاوی ممرز (۴۵ درصد)، صنوبر (۴۰ درصد) و راش (۱۵ درصد) بوده است.

نتیجه‌گیری: در تمامی ترکیب گونه‌ها با افزایش میزان درصد گونه صنوبر، شاخص مقاومت در برابر کشش، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن و نیز شاخص مقاومت در برابر پاره شدن افزایش داشتند. مقدار درجه روشنی خمیرکاغذ نیز در تمامی تیمارها با افزایش درصد صنوبر افزایش یافت ولی ماتی در هر گروه از تیمارها با افزایش درصد مصرف گونه صنوبر کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: گونه‌های پهن‌برگ جنگلی و غیرجنگلی، کاغذ روزنامه، خمیر شیمیایی مکانیکی، ویژگی‌های نوری و مکانیکی

مقدمه

کاغذ یک کالای استراتژیک بوده و نقش حیاتی در توسعه فرهنگی به عهده دارد. این فرآورده هنوز نیز در فرآیند ارتباطات نقش کلیدی داشته و در آینده نیز همچنان از جایگاه مهمی برخوردار خواهد بود. میزان مصرف انواع کاغذ و مقوا در ایران (۱۳۸۹) حدود ۱/۷–۱/۵ میلیون تن بود. کاغذ روزنامه یکی از پر مصرف‌ترین کاغذهای مورد استفاده در هر کشوری بوده و به‌طور معمول از مخلوط خمیر کاغذ پر بازده مکانیکی و خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند رنگبری شده تولید می‌گردد. در کشورهای فاقد چوب سوزنی برگان، کاغذ روزنامه عمدتاً بر پایه تولید خمیرکاغذ پربازده چوب پهن برگان بومی و واردات خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند ساخته می‌شود. این کشورها به‌دلیل تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها و عدم توسعه جنگل کاری‌ها و نیز تأمین ارز موردنیاز برای واردات خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند، برای تأمین ماده اولیه خود با محدودیت‌هایی مواجه هستند (۲). کاغذ روزنامه در ایران نیز مانند سایر کشورها یکی از پرمصرف‌ترین کاغذها بوده که نیاز کشور به این محصول، از طریق واردات و تولید در صنایع داخلی چون صنایع چوب و کاغذ مازندران تأمین می‌شود. خط تولید خمیرکاغذ شیمیایی– مکانیکی چوب کاغذ مازندران برای تولید کاغذ روزنامه بر مبنای استفاده از گونه‌های چوبی ممرز (۷۵ درصد) و راش (۲۵ درصد) طراحی شده و ماده اولیه خود را از جنگل‌های شمال کشور و گونه‌های باغی تأمین می‌نماید. اما به‌علت کمبود این دو گونه و همچنین هزینه زیاد واردات خمیرکاغذ الیاف بلند سوزنی‌برگ، این کارخانه پس از بررسی‌های انجام شده قسمتی از ماده اولیه خود را با صنوبر جایگزین نموده است. با توجه کمبود و کاهش روز افزون گونه‌های راش و ممرز؛ بررسی امکان استفاده از گونه‌های دیگر چوبی جهت جایگزینی بیشتر با این دو گونه چوبی به‌عنوان ماده اولیه ضروری به‌نظر می‌رسد.

زینلی و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر استفاده از چوب شاخه ممرز و راش (با حفظ نسبت مشابه چوب تنه و به میزان ۳ به ۱) به جای بخشی از چوب تنه ممرز و راش در تولید خمیرکاغذ CMP را بررسی و نتیجه گرفتند که علی‌رغم کاهش اندک خواص نوری و مقاومتی کاغذ، در صورت استفاده از چوب شاخه به‌عنوان بخشی از ماده اولیه، می‌توان تا حدود ٤٠ درصد چوب شاخه را در ترکیب نهایی ماده اولیه برای تولید خمیرکاغذ CMP مورد استفاده قرار داد. محققان نشان داده‌اند که می‌توان ویژگی‌های خمیرکاغذ صنوبر و توس سفید را به‌عنوان بخشی از ماده اولیه صنایع چوب و کاغذ مازندران، جایگزین راش و ممرز نمود (۵ و ۸). صنایع چوب و کاغذ مازندران بزرگترین کارخانه تولید کاغذ در

ایران است که دارای دو خط تولید خمیرکاغذ شامل خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی[1] و خمیرکاغذ سولفیت خنثی نیمه شیمیایی[2] می‌باشد. خط تولید خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی کارخانه جهت تولید کاغذ روزنامه بر مبنای استفاده از گونه‌های چوبی ممرز (۷۵ درصد) و راش (۲۵ درصد) طراحی شده است. با توجه به محدودیت منابع جنگلی به‌خصوص در مورد گونه‌های صنعتی راش و ممرز و تخریب شدید جنگل‌ها و افزایش روز افزون مصرف کاغذ همگام با ازدیاد جمعیت و پیشرفت تکنولوژی، بررسی و به‌کارگیری مواد اولیه جدید را ضروری ساخته است. در این تحقیق اختلاط گونه‌ها بر اساس موجودی جنگل‌های تحت مدیریت شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران و گونه‌های غیرجنگلی خریداری شده شرکت به صورتی انجام شد تا از سهم گونه‌های ممرز و راش تا حد امکان کم شود. از این رو، چهار گونه جنگلی شامل بلوط، افرا، توسکا و کلهو و دو گونه پهن برگ غیرجنگلی شامل بید و صنوبر جهت جایگزینی گونه‌های راش و ممرز کارخانه و همچنین دستیابی به کاغذی با ویژگی‌ها و کیفیت بهینه مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: گونه‌های چوبی مورد استفاده در این تحقیق از جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت شمال کشور تهیه شدند. پس از قطع درخت‌های راش، ممرز، بلوط، افرا، توسکا، کلهو (گونه‌های جنگلی) و بید و صنوبر (گونه‌های غیر جنگلی)، قطعاتی از ارتفاع برابر سینه از تنه درخت‌ها تهیه و با استفاده از خردکن صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران خرده چوب‌ها به‌صورت جداگانه تهیه شدند. رطوبت خرده‌چوب‌ها با روش توزین تعیین شد.

تهیه خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی: به‌منظور پخت شیمیایی- مکانیکی، اختلاط خرده‌چوب‌ها در نه تیمار بر اساس فرمول‌بندی جدول ۱ انجام شد. در این تحقیق از مایع پخت مورد استفاده در شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران استفاده شد که مقدار سدیم سولفیت ۱٤ درصد، دمای پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت مایع پخت به خرده چوب ۷ به ۱ و زمان پخت در تیمارهای مختلف بین ۲۵ تا ٦۰ دقیقه به‌منظور دستیابی به بازده حدود ۸۵ درصد (بازده موردنظر و تولیدی در شرکت صنایع چوب و

1- CMP (Chemimechanical Pulp)
2- NSSC (Neutral Sulfite Semichemical)

کاغذ مازندران) متغییر بود. پس از پایان پخت، خرده‌چوب‌های عمل‌آوری شده با مایع پخت با استفاده ازجداساز الیاف آزمایشگاهی به خمیرکاغذ تبدیل و بازده هر پخت با روش توزین تعیین شد.

رنگبری خمیرکاغذ با هیدروژن پروکسید: خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف با استفاده از ۰/۲ درصد DTPA[1] با خشکی ۲ درصد و دمای محیط به‌مدت ۳۰ دقیقه تحت تیمار کی‌لیت کنندگی[2] قرار داده شدند تا فلزات واسطه مانند Cu^{2+} و Mn^{2+} از محیط حذف شوند. در ادامه درصد خشکی خمیرکاغذها به ۲۰ درصد رسانده شد و رنگبری آن‌ها با استفاده از ۳ درصد هیدروژن پراکسید، ۲ درصد سدیم هیدروکسید و ۲ درصد سدیم سیلیکات در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت انجام شد. پس از رنگبری، خمیرکاغذها شستشو و بر اساس استاندارد T۲٤۸sp-۰۰ آیین‌نامه TAPPI[3] تا درجه روانی حدود ۳۲۵±۲۵ میلی‌لیتر (CSF) پالایش شدند.

تهیه کاغذ دست‌ساز و اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری و مکانیکی: کاغذهای دست‌ساز با جرم پایه اسمی ٦۰g/m^2 بر اساس استاندارد TAPPI شماره T ۲۰۵-۸۸ OM ساخته شدند و اندازه‌گیری خواص کاغذها در سه تکرار براساس استاندارد ISO صورت پذیرفت. ویژگی‌های نوری کاغذ شامل درجه روشنی و ماتی مطابق استاندارد ISO-۲٤۷۰ اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های مکانیکی کاغذ شامل مقاومت در برابر پاره شدن، مقاومت در برابر ترکیدن و مقاومت در برابر کشش به‌ترتیب مطابق با استانداردهای ISO ۱۹۷٤، ISO ۲۷۵۸ و ISO ۱۹۲٤-۲ اندازه‌گیری شدند.

1- Diethylenetriamine pentaacetic acid
2- Chelating
3- Technical Association of the Pulp & Paper Industry

جدول ۱- فرمول‌بندی اختلاط گونه‌ها و شرایط پخت.

عوامل و شرایط پخت	کد تیمار								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
راش	20	15	10	–	–	–	–	–	–
صنوبر	20	40	60	20	40	60	20	40	60
ممرز	60	45	30	–	–	–	–	–	–
بلوط	–	–	–	20	15	10	10	7.5	5
افرا	–	–	–	40	30	20	40	30	20
توسکا	–	–	–	20	15	10	10	7.5	5
کلهو	–	–	–	–	–	–	10	7.5	5
بید	–	–	–	–	–	–	10	7.5	5
زمان پخت (دقیقه)	25	35	45	30	40	50	40	50	60
بازده	84.5	84.2	84.6	85	84.7	84	84.7	83.7	83.5

تجزیه و تحلیل آماری: طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق کاملاً تصادفی بود و برای تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری و مکانیکی کاغذها نرم‌افزار SPSS و آزمون تجزیه واریانس ANOVA استفاده شده است. مقایسه میانگین‌ها داده‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام گرفت.

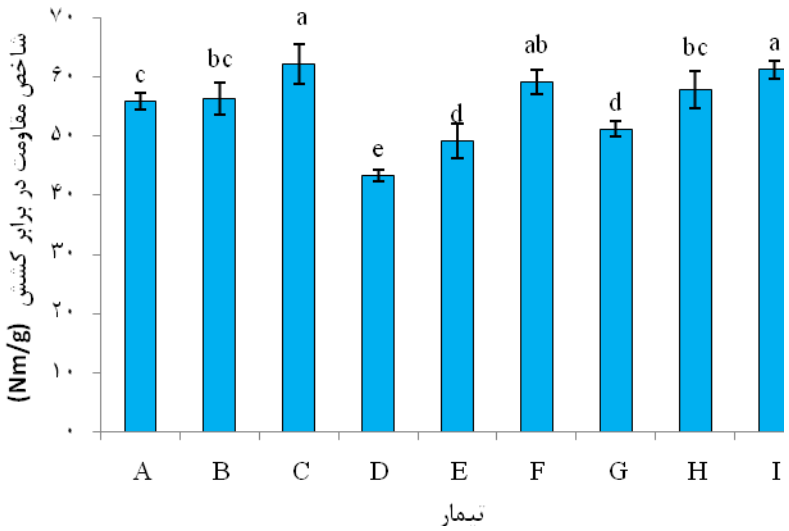
نتایج و بحث

اختلاط گونه‌ها در این تحقیق به‌صورتی انجام شد تا از درصد گونه‌های ممرز و راش که ترکیب اصلی خمیر شیمیایی- مکانیکی کارخانه هستند، تا حد امکان کم شود. باتوجه به نتایج و مشاهدات به‌دست آمده می‌توان تیمارها را در سه گروه A، B، C، گروه D، E، F و گروه G، H، I تقسیم کرد.

ویژگی‌های مکانیکی خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی

شاخص مقاومت در برابرکشش: شکل ۱ شاخص مقاومت در برابرکشش کاغذها را بعد از رنگبری نشان می‌دهد. بیشترین مقدار شاخص مقاومت در برابر کشش برای تیمارهای C و I به‌دست آمد. با افزایش سهم گونه صنوبر تا ٦٠ درصد در کلیه تیمارها، مقدار شاخص مقاومت در برابر کشش سیر

صعودی دارد. دو تیمار H و I بیشترین بهبود در این ویژگی را نشان دادند. به‌طوری که تیمار I با تیمار C که بالاترین مقدار این ویژگی را در بین تیمارها دارد، از نظر میانگین شاخص مقاومت در برابر کشش در یک گروه قرار می‌گیرد.



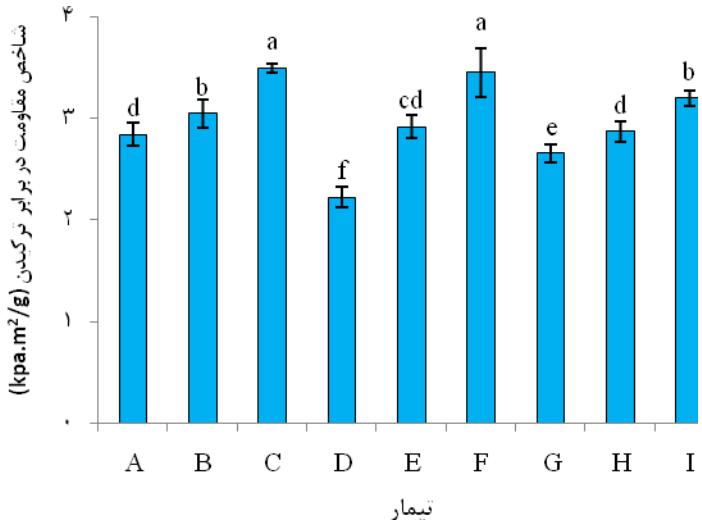
شکل ۱- شاخص مقاومت در برابرکشش کاغذ.

Figure 1. Index of resistance to stretch paper.

در تمامی ترکیب گونه‌ها با بیشتر شدن میزان درصد گونه صنوبر از ۲۰ به ٦۰، افزایش شاخص مقاومت در برابرکشش مشاهده شد که علت را می‌توان انعطاف‌پذیری الیاف گونه صنوبر نسبت به دو گونه راش و ممرز دانست که در اثر پالایش منجر به شکل‌گیری بهتر الیاف و در نهایت ایجاد ساختار متراکم در کاغذ شده است (٦). افزایش درصد گونه صنوبر مورد مطالعه در این تحقیق با درصد سلولز بالا نسبت به دو گونه راش و ممرز موجب افزایش میزان سلولز در ترکیب خمیرکاغذ شده است. مقدار سلولز، به‌طور فزآینده‌ای بر مقاومت در برابر کشش مؤثر می‌باشد (۹). علت دیگر این پدیده را می‌توان به افزایش دانسیته کاغذ نسبت داد که ناشی از افزایش پیوند بین الیاف انعطاف‌پذیر صنوبر است (۵). مقاومت در برابر به کشش کاغذ را می‌توان با روش‌های مختلفی از جمله افزایش پالایش، پرس مرطوب، ازدیاد الیاف بلند افزایش داد، ولی الیاف ریز هم با ایجاد و بهبود پیوندهای بین الیاف تا حدودی سبب افزایش آن می‌شوند (٤). بیشترین مقاومت در برابر کشش بعد از رنگبری خمیرکاغذها

۶۲/۱۶ ± ۳/۴۳ N.m/g بود که برای تیمار C (۶۰ درصد صنوبر+ ۱۰ درصد راش+ ۳۰ درصد ممرز) به‌دست آمد.

شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ: شکل ۲ شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف را بعد از رنگبری نشان می‌دهد. بیشترین مقدار شاخص مقاومت در برابر ترکیدن مربوط به تیمار F است. مقادیر میانگین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن تیمار F با تیمار C در یک گروه قرار می‌گیرند و اختلاف معناداری میان آن‌ها مشاهده نمی‌شود.



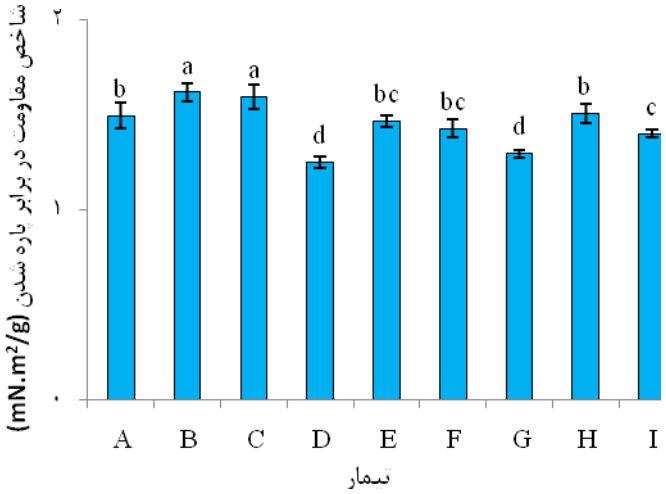
شکل ۲- شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ.

Figure 2. Burst strength indicator paper.

در گروه اول تیمارها روند افزایش شاخص مقاومت در برابر ترکیدن به وضوح قابل مشاهده است. زبری الیاف به ضخامت دیواره الیاف وابسته است. با افزایش ضخامت و صلبیت الیاف پیوندها ضعیف می‌شود اما در مقابل الیاف با دیواره نازک پس از کوبیدن به خوبی روی هم قرار گرفته و در نهایت پیوند بین الیاف افزایش می‌یابد، افزایش اتصالات منجر به افزایش مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ خواهد شد (۷). الیاف صنوبر با دیواره نازک نسبت به راش و ممرز قادر به ایجاد پیوندهای قوی‌تر خواهند بود. در گروه دو تیمارها افزایش چشمگیری در مقاومت دیده نشد که می‌توان گفت گونه افرا که غیر از صنوبر از سایر ترکیبات بیشتر بود، به‌دلیل طول کم الیاف (در حدود ۰/۹ میلی‌متر) و گونه

بلوط به جهت صلبیت بالای الیاف و همچنین گونه توسکا با ضریب رانکل[1] پایین، باعث پیوندهای ضعیف در کاغذ می‌شوند. در حین عمل رنگبری به جهت عملیات فرآوری روی خمیرکاغذ تا حدودی الیاف انعطاف‌پذیر می‌شوند. به طوری‌که در تیمار F با میزان ٦٠ درصد صنوبر، اتصالات با الیاف صنوبر بهبود می‌یابد که در نتیجه افزایش مقاومت مشاهده شد. همچنین در گروه سه، تیمار I دارای بالاترین مقاومت بود. بیشترین مقاومت در برابر ترکیدن بعد از رنگبری ٣/٥ ± ٠/٠٤ $kPa.m^2/g$ برای تیمار C به‌دست آمد.

شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ: شکل ٣ شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ بعد از رنگبری را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار شاخص مقاومت در برابر پاره شدن بعد از رنگبری در تیمار B و کمترین آن در تیمار D مشاهده می‌شود. تیمارهای E، F، G و H در یک گروه و از نظر این ویژگی در رتبه سوم قرار می‌گیرند. شکل ٣ نشان می‌دهد که بعد از رنگبری خمیرکاغذ، بیشترین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در تیمارهای حاوی ٤٠ درصد صنوبر مشاهده می‌شود.



شکل ٣- شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ.

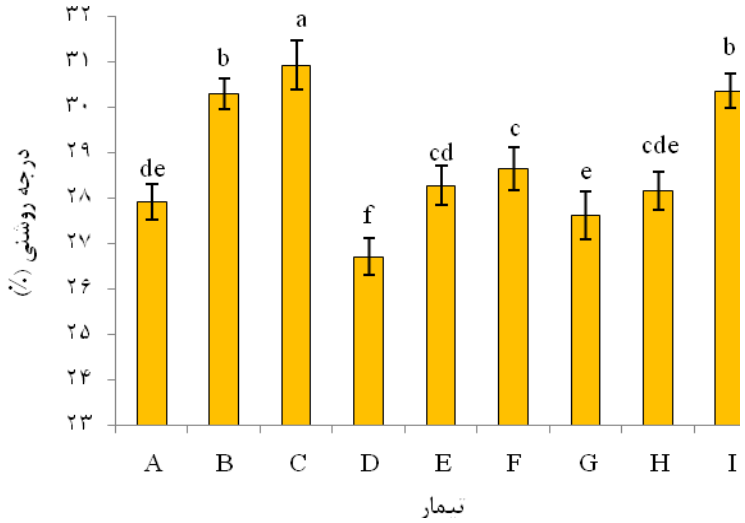
Figure 3. Index of resistance to tearing paper.

1- Runkel ratio

مقاومت به پاره شدن کاغذ بیشتر تحت تأثیر الیاف بلند و جهت‌گیری آن‌ها است (۳). در این تحقیق از کاغذهای دست‌ساز فاقد جهت‌گیری استفاده شد، در نتیجه جهت‌گیری الیاف در این مقاومت تأثیرگذار نخواهد بود و طول الیاف را می‌توان به‌عنوان شاخص مهمی موردنظر قرار داد. در گروه اول تیمارها (A، B و C) به جهت بالا بودن میزان الیاف بلند، بالاترین مقاومت را نشان دادند و در گروه دو، تیمار D به‌علت وجود الیاف کوتاه افرا که بیشترین درصد را در ترکیب خمیرکاغذ داشت، کمترین مقاومت مشاهده شد. در تیمار I در گروه سه به‌دلیل وجود الیاف انعطاف‌پذیر صنوبر، درصد بالای سلولز و کاهش میزان الیاف کوتاه گونه افرا، افزایش مقاومت مشاهده شد. در تیمارهای H–E محتوای الیاف بلند کم بوده و در نهایت در مقاومت‌ها اختلاف چندانی مشاهده نشد. بالاترین مقاومت در برابر پاره شدن به بعد از رنگبری ۰/۰۵ ±۱/۶۲ $mN.m^2/g$ مربوط به تیمار B بوده است.

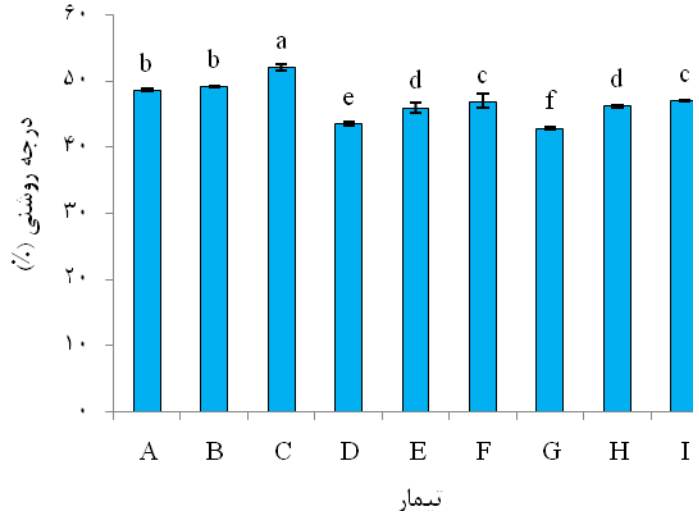
ویژگی‌های نوری خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی

درجه روشنی کاغذ: شکل‌های ٤ و ٥ به‌ترتیب درجه روشنی خمیرکاغذ قبل و بعد از رنگبری را نشان می‌دهند. بعد از رنگبری خمیرکاغذ، درجه روشنی کاغذ حاصل از کلیه تیمارها به بالاتر از ٤٠ درصد می‌رسد. تیمار C و تیمار D به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین درجه روشنی بعد از رنگبری هستند.



شکل ٤- درجه روشنی کاغذ قبل از رنگبری.

Figure 4. The brightness of the paper before dyeing.

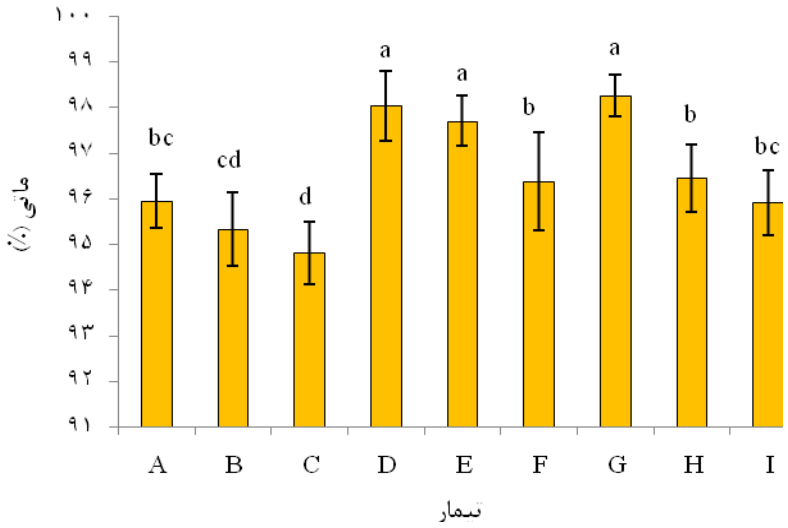


شکل ۵- درجه روشنی کاغذ بعد از رنگبری.

Figure 5. The brightness of the paper after bleaching.

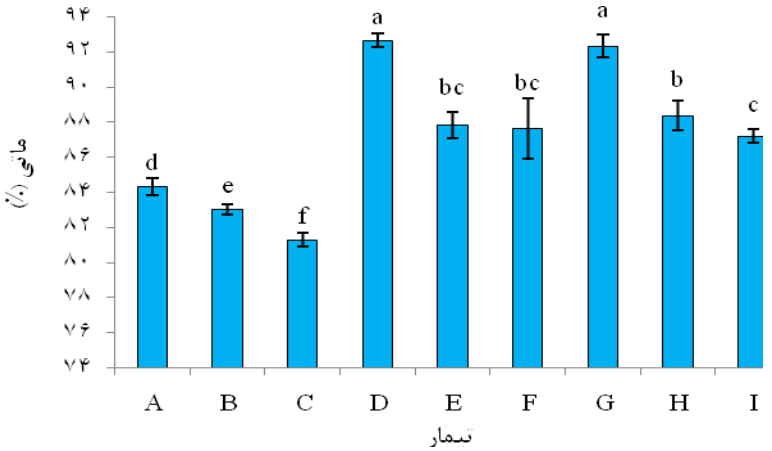
درجه روشنی خمیرکاغذ قبل از رنگبری در کلیه تیمارها با افزایش درصد صنوبر افزایش یافت (٤، ٦). درجه روشنی خمیرکاغذ قبل از رنگبری برای کلیه تیمارها در این بررسی کمتر از ۵۰ درصد به‌دست آمد و کمترین مقدار درجه روشنی برای تیمار D بوده که در این تیمار سهم چوب با ترکیبات رنگی بالا مانند بلوط بیشتر بوده است. با انجام رنگبری در شرایط کارخانه، در کلیه تیمارها درجه روشنی افزایش یافت که علت آن می‌تواند تغییر گروه‌های رنگ‌ساز توسط هیدروژن پروکسید باشد (۱). در این بررسی تنها تیمار C به درجه روشنی بالای ۵۰ درصد رسید که عدد مناسبی نیست. در خط تولید خمیر شیمیایی- مکانیکی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران سیستم تغذیه کننده مارپیچی باعث خروج درصد بالایی از مواد رنگساز مانند لیگنین و مواد استخراجی می‌شود. بنابراین، عدم استفاده از این تجهیز در مقیاس آزمایشگاهی باعث شد تا خمیرکاغذ با درجه روشنی بالا حاصل نشود. بالاترین میزان درجه روشنی با شرایط رنگبری کارخانه برای تیمار C با روشنی ۰/٤۳ ± ۵۲/۰٤ درصد به‌دست آمد.

ماتی کاغذ: ماتی کاغذ قبل و بعد از رنگبری به‌ترتیب در شکل‌های ٦ و ٧ مشاهده می‌شود. در کلیه تیمارها با رنگبری خمیرکاغذ، ماتی در مقایسه با کاغذهای رنگبری نشده کاهش می‌یابد. تیمار D و G دارای بالاترین درصد ماتی بعد از رنگبری خمیرکاغذ هستند.



شکل ٦- ماتی کاغذ قبل از رنگبری.

Figure 6. Opacity values before dyeing.



شکل ٧- ماتی کاغذ بعد از رنگبری.

Figure 7. Opacity values after bleaching.

ماتی در هر گروه از تیمارها با افزایش درصد مصرف گونه صنوبرروند نزولی داشت که علت آن را می‌توان تغییر خصوصیات الیاف از جمله افزایش سطح پیوند بین الیاف و در پی آن کاهش تفرق نوری بالا نسبت داد (۱). تیمارهای دارای درصد بالای گونه افرا (D، G) به‌دلیل دارا بودن گونه‌های چوبی تیره رنگ و با ضریب جذب نور بالا مانند بلوط و توسکا، ماتی بالایی را قبل و بعد از رنگبری نشان دادند. ماتی کاغذ حاصل از تیمارهای حاوی درصد بالای صنوبر در مقایسه با تیمارهای حاوی مقادیر کم صنوبر، کمتر بود که دلیل این افت را می‌توان به ضرایب درهم رفتگی و نرمش بهتر الیاف نسبت داد که در در نتیجه آن تفرق نور کاهش یافته و در نتیجه ماتی نیز کاهش می‌یابد (٦). بیشترین میزان ماتی بعد از رنگبری ۰/٤ ± ۹۲/٦٤ درصد مربوط به تیمار G بود.

نتیجه‌گیری کلی

حفظ کیفیت فرآورده‌های تولیدی و جلب رضایت مشتری از اهداف اصلی مدیران می‌باشد. با توجه به وجود محدودیت در تأمین مواد اولیه موردنیاز در تولید کاغذ، لازم است تمهیداتی درجهت کاهش تأثیرات منفی کمبود و یا تغییر مواد اولیه به عمل آمده تا کیفیت کاغذ تولیدی کمتر دچار نوسان و تغییر گردد. براساس طراحی اولیه کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران برای تولید خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی جهت ساخت کاغذ روزنامه، گونه‌های چوبی ممرز (۷۵ درصد) و راش (۲۵ درصد) انتخاب شده‌اند. به‌علت کمبود این دو گونه جنگلی و اعمال محدودیت در برداشت این دو گونه و نیز در دسترس بودن گونه‌های حاصل از زراعت چوب مانند صنوبر، تغییر در نسبت اختلاط چوب مصرفی برای تولید کاغذ روزنامه ضرورت یافته است. در این تحقیق تأثیر جایگزینی گونه صنوبر و سایر گونه‌های چوبی پهن‌برگ جنگل‌های شمال بر ویژگی‌های مقاومتی و نوری خمیر کاغذ CMP بررسی شد و مناسب‌ترین درصد افزودن صنوبر جهت حفظ کیفیت خمیرکاغذ معرفی شد. از جنبه ویژگی‌های مقاومتی، در تمامی ترکیب گونه‌ها، با بیشتر شدن میزان درصد گونه صنوبر، افزایش شاخص مقاومت در برابرکشش، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن و نیز شاخص مقاومت در برابر پاره شدن مشاهده شد که علت را می‌توان انعطاف‌پذیری الیاف گونه صنوبر نسبت به دو گونه راش و ممرز دانست که در اثر پالایش منجر به شکل‌گیری بهتر الیاف و در نهایت ایجاد ساختار متراکم و افزایش دانسیته کاغذ شده است. الیاف با دیواره نازک صنوبر پس از پالایش به خوبی روی هم قرار گرفته و در نهایت پیوند بین الیاف افزایش می‌یابد. افزایش پیوندها، منجر به افزایش مقاومت در برابر کشش و

مقاومت در برابر ترکیدن خواهد شد. الیاف صنوبر با دیواره نازک نسبت به راش و ممرز قادر به ایجاد پیوندهای قوی‌تر خواهند بود. از جنبه ویژگی‌های نوری، درجه روشنی خمیرکاغذ در کلیه تیمارها با افزایش درصد صنوبر افزایش یافت ولی ماتی در هر گروه از تیمارها با افزایش درصد مصرف گونه صنوبرروند نزولی داشت که علت آن را می‌توان تغییر خصوصیات الیاف از جمله افزایش سطح پیوند بین الیاف و در پی آن کاهش تفرق نوری بالا نسبت داد. تیمارهای D و G به‌دلیل دارا بودن گونه‌های چوبی تیره رنگ و با ضریب جذب نور بالای مانند بلوط و توسکا، ماتی بالایی را قبل و بعد از رنگبری نشان دادند. در مجموع و با در نظر گرفتن جنبه‌های مقاومتی و نوری، خمیرکاغذ CMP تولید شده با فرمولبندی تیمار B شامل ممرز (٤٥ درصد)، صنوبر (٤٠ درصد) و راش (١٥ درصد) دارای کیفیت مناسبی بوده و می‌تواند برای تولید کاغذ روزنامه توصیه گردد. چنانچه ویژگی ماتی کاغذ روزنامه مورد درخواست و تأکید مشتری باشد، می‌توان با کاهش سهم مصرف صنوبر و استفاده از گونه‌های چوبی تیره تر مانند توسکا و بلوط به این هدف دست یافت.

منابع

1. Fakhrian, A., Golbabaei, F., Hosseinkhani, H., and Salehi, K.N. 2008. Investigation on CMP and APMP Pulping of Corn Stalks. Iranian J. Wood and Paper Science Research, 22(2): 155-167.
2. Jafari- petroudy, S.R., Resalati, H., and Rezayati- charani, P. 2011. Newsprint from soda bagasse pulp in admixture with hardwood CMP pulp. Bioresources, 6(3): 2483- 2491.
3. Nazeri, A.M., Talaeepur, M., and Mirshokraee, S.A. 2008. The study of fiber Fines and its effects on mechanical strength of newsprint paper from CMP pulp. Iranian J. Wood and Paper Science Research, 22(2): 121-131.
4. Purmusa, Sh. 1999. The comparison study of papermaking properties of two Populus species with improved mechanical process. M.Sc. Thesis. Tarbiat Modarres University, Faculty of Natural Resources. 60p.
5. Rasouli Garmaroudi, A., Resalati, H., and Mhdavi Feizabady, S. 2007. CMP pulping from populous euroamerican for newsprint production. J. the Iranian Natural Res., 60(3): 1013-1022.
6. Rasouli Garmaroudi, A., Resalati, H., and Mhdavi Feizabady, S. 2008. Effect of wood raw material combination on the properties of chemi-mechanical pulp for making newsprint. Pajouhesh Va Sazandgi, 76(2): 69-75.

7. Safdari, V. 2010. Morphological characteristics chemical components of Ulmus glabra, Ulmus compestris, Zelcova carpinifolia,Celtis australis woods. Iranian J. of Wood and Paper Science Research, 25(2): 248-259.
8. Soleimani, A., Resalati, H., and Akbarpour, I. 2012. The effect of using white birch on mechanical properties and fiber length distribution of mixed hardwood CMP pulp. Lignocellulose, 1(2): 83-91.
9. Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P., and Santas, R. 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of varios plant materials and their suitability for paper production. Industrial crops and products an international Journal, 19: 245-254.
10. Zeinaly, F., Resalati, H., and Tasooji, M. 2011. Investigation effect of using branch woods of hornbeam and beech in compound of hardwoods Stems Wood mixture on CMP pulp properties. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 18(1): 77-90.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (2), 2016
http://jwfst.gau.ac.ir

The effect of mixing the forest and non-forest hardwood species on the chemi-mechanical pulp (CMP) properties (Case study: Mazandaran Wood and Paper Industry)

M. Goli[1], *S.M. Zabihzadeh[2], G. Asadpoor[3] and A. Barzan[4]
[1]M.Sc., Dept. of Wood and Paper Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, [2]Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, [3]Assistant Prof., Dept. of and Wood Paper Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, [4]Ph.D. Student, Dept. of Pulp and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 07/23/2013; Accepted: 05/08/2015

Abstract

Background and objectives: To supply the raw material there are some limitations for pulp and paper mills in countries including low source of softwoods such as destruction, diminishing forest area, undeveloped forests, and the required budget to import long fiber chemical pulp (2). Required newsprint paper is prepared by the product of Mazandran wood and paper mill or trough imports. To produce newsprint paper in Mazandran wood and paper industry, chemi-mechanical pulp plant was devised base on Hornbeam (75%) and Beech (25%) species. Due to shortage of these species, the replacement of mentioned species with other sustainable and efficient wooden alternative species is necessary. Hence, the mill has substituted partial of its raw materials with Populus. Due to source restriction of Beech and Hornbeam wood, research on the possibility of the replacement of these specious with other species was necessary. The feasibility of using branch woods of Hornbeam and Beech in compound of hardwoods Stems Wood mixture on CMP pulp properties was investigated by other researchers (10). Furthermore, other research projects illustrated that utilization of Birch and Populus as part of raw material of Mazandran wood and paper mill with Hornbeam and Beech is possible (5,8). The aim of this research work was to explore the possibility of partially replacement of Beech and Hornbeam woods with other under management species of the mill. Therefore, the feasibility of substitution of four forest species (*Oak*, *Maple*, *Alder* and *Persimmon*) and two non-forest species

∗Corresponding author: m.zabihzadeh@sanru.ac.ir

(*Willow* and *Populus*) to replace with the raw material of the mill was investigated by this study.
Materials and methods: The wooden species were gathered from forest and non-forest lands in the north of Iran and converted to chips by the chipper of Mazandran pulp and paper mill. Pulping stage was conduct by the cooking liquor of Mazandran pulp and paper mill. The various species were pulped via liquor to wood ratio of 7:1 at 170 °C and at different cooking times (30-120 min) in order to achieve optimum yield (85 percent). To bleach, the chips were subjected to hydrogen peroxide. Then, the pulps were refined to freeness degree of 325±25 ml CSF. According to the TAPPI standard methods handsheets of 60 g/m^2 were made. Optical and mechanical properties of the made papers were determined base on ISO standard methods.
Results: The results of evaluating the strength and optical properties of the papers indicated that the best combination of species regarding to strength and brightness characteristics can be achieved by a mixture of 40 % Populous, 45% Hornbeam and 15% Beech.
Conclusion: For all treatments, tensile index, burst index, and tear index were elevated by increasing used percent of Populus. Although brightness level of the pulps was improved by augmentation the ratio of Populus, the opacity of papers dropped.

Keywords: Forest and non-Forest hardwood species, Newsprint, Chemi-mechanical pulp, Optical and mechanical properties