



دانشگاه گواران گیلان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد بیستم و دوم، شماره اول، ۱۳۹۴  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بررسی و مقایسه ویژگی‌های کاغذ حاصل از خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه توس و صنوبر لرزان وارداتی با خمیر شیمیایی - مکانیکی راش و ممرز

\*امید رجبی کبودچشمه<sup>۱</sup> و رامین ویسی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس،  
استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس  
تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۵

### چکیده

در این تحقیق، چوب‌های توس و صنوبر لرزان وارداتی، راش و ممرز به صورت کاملاً تصادفی از محوطه کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتخاب شد. پس از تبدیل گرده بینه‌ها به خرده چوب استاندارد و تهیه خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی با بازده ۸۵ درصد، خواص بیومتریک الیاف، ترکیبات شیمیایی آرد چوب؛ ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز آن‌ها اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که صنوبر لرزان وارداتی دارای طول الیاف کوتاه‌تر، قطر الیاف و حفره سلولی بیشتر و ضخامت دیواره سلولی کمتری نسبت به راش و ممرز می‌باشد. از نظر ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای کمترین لیگنین کلاسون و بیشترین هولوسلولز می‌باشد. همچنین ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز حاصل از گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که مقاومت به ترکیدن و طول پارگی کاغذ حاصل از چوب توس و صنوبر لرزان وارداتی بیشتر از راش و ممرز است.

واژه‌های کلیدی: راش، بیومتری الیاف، لیگنین، هولوسلولز، خمیر شیمیایی - مکانیکی

\*مسئول مکاتبه:

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۲)، شماره (۱) ۱۳۹۴

#### مقدمه

کاغذ و فرآورده‌های کاغذی از دیر باز جزء جدایی‌ناپذیر زندگی بشر بوده و نقش مهمی در اقتصاد، توسعه و ایجاد کار در جوامع بشری داشته است. با افزایش جمعیت و پیشرفت فناوری، نیاز به کاغذ سیر صعودی یافته و این در حالی است که سطح جنگل‌ها بر اثر عوامل مخرب و بهره‌برداری بی‌رویه، محدود شده است. به‌منظور جبران کمبود مواد اولیه فیبری موردنیاز، صنایع چوب و کاغذ کشور به‌طور کلی، به‌ویژه شرکت چوب و کاغذ مازندران، اقدام به وارد کردن دو گونه سریع‌الرشد، یعنی صنوبر لرزان و توس از کشور روسیه نموده است تا بتواند تمام یا بخشی از نیازمندی‌ها را تأمین کند. بدیهی است که به کارگیری چوب گونه‌های سریع‌الرشد وارداتی و تعیین قابلیت‌های کمی و کیفی آن‌ها برای تولید کاغذ مکانیکی چاپ و روزنامه، از اهمیت خاصی برخوردار است. تاکنون تحقیقات زیادی در این خصوص صورت گرفته است: رسولی (۲۰۰۱) به بررسی امکان استفاده از چوب صنوبر، و نیز اورامریکن (کلن ۲۱۴-I) در تحقیقی دیگر، به‌جای چوب راش، از این چوب برای تولید کاغذ شیمیایی مکانیکی روزنامه استفاده کرده است. مقایسه بین نتایج میزان ترکیبات شیمیایی دو دوره رویش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین این درختان وجود ندارد. نتایج به‌دست آمده مربوط به خواص مختلف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی با اعمال تیمارهای مختلف نشان داد که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی، کاغذ حاصل از کلیه تیمارهای حاوی صنوبر در مقایسه با کاغذ تهیه شده از خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی (ترکیب اصلی کارخانه)، کاملاً برتر می‌باشد؛ فقط اندکی افت در ماتی کاغذ به‌وجود می‌آید (۱۰). ویسی و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تغییر رنگ خمیرهای شیمیایی - مکانیکی راش و ممرز بر اثر استیله شدن و کهنه‌سازی نوری و حرارتی گزارش کردند که در طی کهنه‌سازی و از صفر تا ۴۰ ساعت، کلیه خواص نوری مذکور به جز روشنی و فاکتور a افزایش می‌یابد. این افزایش از صفر تا ۱۵ ساعت محسوس‌تر است. در بین تیمارهای مختلف، تیمار استیله شدن کاغذ به‌خصوص در زمان ۶۰ دقیقه باعث بهبود خواص نوری و افزایش پایداری کاغذ در برابر تخریب نوری می‌شود. پایداری رنگ کاغذ در تابش‌دهی نور نیز کمتر از کهنه‌سازی حرارتی است نتایج نشان می‌دهد برای تولید خمیر شیمیایی - مکانیکی و پر بازده، گونه ممرز مناسب‌تر از گونه راش می‌باشد (۱۶). بلاشووا و جوهرال (۱۹۸۹) در آکادمی علوم مسکو مطالعاتی بر روی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از توس انجام دادند. در این تحقیق خرده‌چوب توس با ۲ درصد سود سوزآور در

#### امید رجبی کبودچشمه و رامین ویسی

درجه حرارت ۹۰° سانتی‌گراد پیش تیمار گردید و در یک اکسترودر با دو حلزون درهم به روش جداسازی در فشار بالا از هم جدا شدند. عمل پالایش با کمترین کاهش در طول الیاف انجام گردید. افزایش حدود ۳-۱ درصد سولفات سدیم با پیش تیمار، اگر چه باعث کاهش بازده خمیر کاغذ از ۹۱/۵ درصد به ۸۵ درصد شده، ولی به طور مشخص باعث افزایش مقاومت چسبندگی خمیر کاغذ شده است. همچنین سولفونه شدن لیگنین، سبب افزایش متوسط طول الیاف از ۰/۸۶ به ۰/۹۳ و افزایش خواص مقاومتی کاغذ در سطح ایده‌آل گردیده است (۲). کوکتا (۱۹۹۰) از دانشگاه کبک بر روی فرایند انفجاری با بخار آب بررسی‌هایی انجام داده است. این فرایند برای گونه پهن‌برگ توس نتایج درخشانی داشته. خواص کاغذ تهیه شده به روش انفجاری توس بیش از ۵۰ درصد بهتر از خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی - حرارتی<sup>۱</sup> و شیمیایی - مکانیکی همان‌گونه بوده است (۵).

#### مواد و روش‌ها

**تهیه نمونه‌های آزمونی:** برای انجام این تحقیق چوب‌های توس و صنوبر لرزان وارداتی، راش و ممرز از محوطه کارخانه چوب و کاغذ مازندران به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شدند. از هر گونه چوبی در فواصل یکسان (یک سوم طول) سه قطعه به طول ۳۰ سانتی‌متر تهیه و به‌طور جداگانه توسط یک خردکن کوچک آزمایشگاهی تبدیل به خرده‌چوب شدند. سپس خرده‌چوب‌ها بر اساس استاندارد TAPPI به صورت دستی انتخاب و درصد رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری شد.

**اندازه‌گیری ابعاد الیاف:** برای جداسازی و اندازه‌گیری ابعاد الیاف از روش فرانکلین<sup>۲</sup> (۱۹۵۴) استفاده شد. **اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی:** برای تهیه آرد چوب از دستورالعمل T 267 om-85، آرد چوب عاری از مواد استخراجی از دستورالعمل T 207 om-97، اندازه‌گیری لیگنین کلاسون از دستورالعمل T 222 om-83، اندازه‌گیری مقدار مواد استخراجی از دستورالعمل T 207 om-97 و برای اندازه‌گیری مقدار خاکستر از دستورالعمل T 211 om-83 استاندارد TAPPI استفاده شد. جداسازی هولوسولوز مطابق روش کلریت سدیم و اندازه‌گیری لیگنین محلول در اسید مطابق آزمون UM 250 (1985) انجام گرفت (۱۴).

**تهیه خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی:** طبق شرایط جدول ۱، تهیه خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی با بازده ۸۵ درصد از خرده‌چوب‌ها انجام شد:

1- CTMP  
2- Franklin

جدول ۱- شرایط پخت خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی صنوبر لرزان، توس وارداتی، ممرز و راش.

مقدار	شرایط پخت
Na <sub>2</sub> O = ۹۵ , SO <sub>2</sub> = ۱۰۵	غلظت مواد شیمیایی* (گرم بر لیتر)
۳۰	آغشته‌سازی (دقیقه)
۱ به ۷	**L/W
۱۶۰	درجه حرارت پخت (°C)
۱۰۵	زمان پخت راش (دقیقه)
۱۵۰	زمان پخت ممرز (دقیقه)
۴۵	زمان پخت توس (دقیقه)
۶۰	زمان پخت صنوبر لرزان (دقیقه)
۳۰۰ تا ۴۰۰	وزن نمونه (گرم)
۷	PH مایع پخت
۸۵	بازده درصد

\* بر مبنای وزن خشک خرده‌چوب؛ \*\* نسبت مایع پخت به وزن خشک خرده‌چوب.

خمیر شیمیایی - مکانیکی پس از تهیه تا رسیدن به درجه روانی ۳۰۰ میلی‌لیتر بر مبنای استاندارد کانادایی پالایش گردید و سپس از آن کاغذهای دست‌ساز با گراماژ ۶۰ g/m<sup>2</sup> ساخته شد. اندازه‌گیری خواص نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی: به منظور اندازه‌گیری خصوصیات نوری و مقاومتی، بر اساس استاندارد T 202 om-88 آیین‌نامه TAPPI تعداد ۷ تا ۱۰ عدد کاغذ دست‌ساز برای هر کدام از خمیر کاغذها ساخته شد. آزمون تعیین روشنی<sup>۱</sup> کاغذ طبق دستورالعمل شماره 98 - T 452 om، ماتی<sup>۲</sup> کاغذ طبق دستورالعمل شماره 96 - T 452 om، مقاومت در برابر پاره شدن<sup>۳</sup> طبق دستورالعمل شماره 88 - T 414 om، مقاومت به کشش<sup>۴</sup> بر اساس دستورالعمل شماره 88 - T 494 om، مقاومت در برابر ترکیدن<sup>۵</sup> طبق دستورالعمل

- 1- Brightness
- 2- Opacity
- 3- Tear Strength
- 4- Tensile Strength
- 5- Burst Strength

شماره 97 - 403 om T و طول پارگی<sup>۱</sup> کاغذ دست‌ساز طبق دستورالعمل شماره 88-om-498 T، آئین‌نامه TAPPI انجام گرفت (۱۴).

تجزیه و تحلیل آماری: برای مقایسه میانگین خواص بیومتریکی الیاف، ترکیبات شیمیایی، خواص نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی - مکانیکی چوب‌های توس و صنوبر لرزان وارداتی، راش و ممرز، از تجزیه و تحلیل یک طرفه و روش دانکن استفاده گردید.

### نتایج

**خواص بیومتریکی الیاف:** نتایج حاصل از اندازه‌گیری خصوصیات الیاف گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که طول الیاف این گونه‌ها از ۱ تا ۱/۷ میلی‌متر متغیر است. چوب ممرز دارای بیشترین و چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای کمترین طول الیاف است. قطر الیاف گونه‌های مورد مطالعه از ۲۲/۳۰ تا ۲۹/۳۳ میکرون متغیر می‌باشد. چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای بیشترین قطر حفره سلولی و کمترین ضخامت دیواره سلولی می‌باشد. قطر حفره سلولی در چوب راش با ۱۰/۱۴ میکرون، دارای حداقل مقدار در بین گونه‌ها است. نتایج میانگین، انحراف معیار و تجزیه واریانس ویژگی‌های بیومتریکی الیاف گونه‌های مورد نظر به‌ترتیب در جدول‌های ۲ و ۷ آورده شده است.

**نسبت‌های کاغذسازی الیاف:** نتایج نشان داد که چوب ممرز دارای بیشترین مقدار نسبت درهم‌رفتگی و چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای حداقل این مقدار است. هم‌چنین الیاف چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای بیشترین و چوب راش دارای کمترین مقدار نسبت انعطاف‌پذیری می‌باشد. بیشترین و کمترین نسبت رانکل به‌ترتیب مربوط به توس و صنوبر لرزان وارداتی بوده است. نتایج میانگین، انحراف معیار و تجزیه واریانس ویژگی‌های نسبت کاغذسازی الیاف گونه‌های مورد مطالعه به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۸ آورده شده است.

**ترکیبات شیمیایی:** بررسی خصوصیات شیمیایی چوب‌های مورد مطالعه نشان داد که چوب راش دارای بیشترین مقدار لیگنین کلاسون، کمترین مقدار مواد استخراجی و چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای کمترین مقدار لیگنین کلاسون و بیشترین مقدار هولوسلولز می‌باشد. اندازه‌گیری لیگنین محلول در اسید چوب‌ها نشان داد که چوب ممرز با ۲/۳۳ درصد دارای بیشترین و چوب راش با ۱/۵۴ درصد

دارای کمترین لیگنین محلول در اسید هستند. هم‌چنین بیشترین مقدار مواد استخراجی و کمترین مقدار هولوسلولز مربوط به چوب ممرز بوده است. نتایج میانگین و انحراف معیار ترکیبات شیمیایی چوب گونه‌های مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است.

**خواص نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز:** نتایج حاصل از آزمایش‌های نوری، فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه‌های موردنظر نشان داد که کاغذهای ممرز و توس به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین روشنی می‌باشند. هم‌چنین ماتی چوب صنوبر لرزان وارداتی دارای بیشترین و چوب ممرز کمترین مقدار می‌باشد. زردی کاغذهای چوب توس وارداتی بیشترین و چوب ممرز کمترین مقدار است. مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار آن به چوب صنوبر لرزان وارداتی و کمترین مقدار به چوب راش مربوط می‌باشد. مقاومت به ترکیدن چوب راش کمترین مقدار در بین گونه‌هاست. طول پارگی کاغذهای دست‌ساز خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه‌های موردنظر نشان داد که بیشترین مقدار آن به چوب صنوبر لرزان وارداتی و کمترین مقدار به چوب راش مرتبط است. هم‌چنین چوب صنوبر لرزان وارداتی کمترین کاغذهای چوب ممرز بیشترین مقدار مقاومت به کشش را داشتند. نتایج میانگین، انحراف معیار و تجزیه واریانس خصوصیات نوری، فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه‌های موردنظر، به‌ترتیب در جدول‌های ۵، ۶، ۹ و ۱۰ آمده است.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار خواص بیومتری الیاف گونه‌های ممرز، راش، توس و صنوبر لرزان وارداتی.

گونه	طول الیاف (میلی‌متر)		قطر الیاف (میکرون)		قطر حفره سلولی (میکرون)		ضخامت دیواره سلولی (میکرون)	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
ممرز	۱/۷	۰/۰۱	۲۵/۴۲	۰/۰۷	۱۲/۲۶	۰/۰۴	۶/۵۷	۰/۰۳
راش	۱/۲۹	۰/۰۲	۲۲/۳	۰/۰۴	۱۰/۱۴	۰/۱۸	۶/۰۹	۰/۰۶
توس	۱/۵۲	۰/۰۱	۲۷/۲	۰/۷۶	۱۷/۸۱	۰/۰۵	۴/۵۴	۰/۹۳
صنوبر لرزان	۱/۰۳	۰/۰۳	۲۹/۳۳	۰/۹۷	۲۱/۱۲	۰/۳۶	۴/۱۲	۰/۵۲

امید رجبی کبودچشمه و رامین ویسی

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار نسبت‌های کاغذسازی گونه‌های ممرز، راش، توس و صنوبر لرزان وارداتی.

گونه	نسبت درهم‌رفتگی $\times 1000$ (L/D)		نسبت انعطاف‌پذیری (C/D) $\times 100$		نسبت رانکل $(2P/C)\times 100$	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
ممرز	۶۶/۸۶	۰/۵۳	۴۸/۲۲	۰/۲	۱۰۷/۲۹	۰/۷۹
راش	۵۸/۱۴	۱/۱۹	۴۵/۴۷	۰/۸۳	۱۲۰/۱۶	۲/۸۹
توس	۵۵/۹۲	۱/۶۴	۶۵/۵۳	۱/۷۹	۵۱/۰۶	۱/۵۴
صنوبر لرزان	۳۵/۱۶	۱/۸۳	۷۲/۰۸	۲/۸۹	۳۹/۰۹	۵/۳۵

L: طول الیاف، D: قطر فیبر، C: قطر حفره سلولی، P: ضخامت دیواره سلولی.

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار ترکیبات شیمیایی چوب گونه‌های ممرز، راش، توس و صنوبر لرزان وارداتی.

گونه	لیگنین کلاسون (درصد)		لیگنین محلول در اسید (درصد)		هولوسلولز (درصد)		مواد استخراجی (درصد)
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
ممرز	۲۳/۸	۰/۴۲	۲/۳۳	۰/۱	۶۴/۰۰۳	۰/۶۱	۳/۸
راش	۲۴/۴	۰/۲۶	۱/۵۴	۰/۰۳	۶۴/۵۱	۰/۰۳	۱/۹
توس	۲۱/۳	۰/۶۴	۱/۸۴	۰/۰۳	۶۷/۹۴	۰/۲	۳/۲
صنوبر لرزان	۱۹/۸	۰/۰۳	۱/۵۵	۰/۰۴	۷۱/۷۹	۰/۰۷	۲/۴

جدول ۵- میانگین و انحراف معیار خواص نوری کاغذهای دست‌ساز.

گونه	روشنی ISO (درصد)		ماتی ISO (درصد)		زردی ISO (درصد)	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
ممرز	۴۰/۲۳	۰/۵	۹۱/۳۶	۰/۴	۲۱/۱۳	۰/۴۱
راش	۳۷/۴۶	۰/۲	۹۲/۳۲	۲/۵۷	۲۲/۳۷	۰/۵۱
توس	۳۳/۳	۰/۳	۹۲/۵۵	۰/۰۳	۴۰/۶۴	۰/۰۳
صنوبر لرزان	۳۳/۷	۰/۷	۹۳/۶۲	۰/۵	۳۷/۳۲	۰/۵۸

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۲)، شماره (۱) ۱۳۹۴

جدول ۶- میانگین و انحراف معیار خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز.

مشخصه	مقاومت به پاره شدن		مقاومت به ترکیدن		طول پارگی		مقاومت به کشش	گونه
	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین		
	(mN.m <sup>2</sup> /g)		(KPa.m <sup>2</sup> /g)		Km		N.m/g	
ممرز	۵/۰۳	۳۶۰	۲۴/۶۶	۲۱۰/۷۵	۰/۰۱	۵/۳۷۸	۳/۳۴۸	۰/۱۴
راش	۴/۳۲	۲۴۱	۲/۱۶	۱۷۱	۰/۰۰۸	۳/۶۶	۲/۲۳	۰/۰۴
توس	۳/۳۶	۳۵۳	۳/۱۶۲	۲۶۳	۰/۲۵	۶/۲	۱/۱۵	۰/۰۱
صنوبر لرزان	۲/۹	۳۷۸	۳/۱۶	۲۴۷	۱/۵۳	۸/۳۲	۱/۱	۰/۱۲

جدول ۷- تجزیه واریانس خواص بیومتریکی الیاف گونه‌های ممرز، راش، توس و صنوبر لرزان وارداتی.

مشخصه	طول الیاف		قطر الیاف		قطر حفره		ضخامت دیواره		گونه
	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	
	F	سطح	F	سطح	F	سطح	F	سطح	
بین	۵۰۸۴/۰۰۴	۰/۰۰۰۱**	۶۹۱/۹۰۳	۰/۰۰۰۱**	۱۷۶۴۶۲۵	۰/۰۰۰۱**	۱۴۴/۱۵۹	۰/۰۰۰۱**	۱۴۴/۱۵۹
درون	۵۰۸۴/۰۰۴	۰/۰۰۰۱**	۶۹۱/۹۰۳	۰/۰۰۰۱**	۱۷۶۴۶۲۵	۰/۰۰۰۱**	۱۴۴/۱۵۹	۰/۰۰۰۱**	۱۴۴/۱۵۹

\*\* بسیار معنی دار.

جدول ۸- تجزیه واریانس نسبت‌های کاغذسازی گونه‌های ممرز، راش، توس و صنوبر لرزان وارداتی.

مشخصه	نسبت درهم‌رفتگی		نسبت انعطاف‌پذیری		نسبت رانکل		گونه
	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	
	F	سطح	F	سطح	F	سطح	
بین	۲۹۰۵/۲۴۱	۰/۰۰۰۱**	۱۶۴۷/۰۳۳	۰/۰۰۰۱**	۱۳۰۸/۰۱۶	۰/۰۰۰۱**	۱۳۰۸/۰۱۶
درون	۲۹۰۵/۲۴۱	۰/۰۰۰۱**	۱۶۴۷/۰۳۳	۰/۰۰۰۱**	۱۳۰۸/۰۱۶	۰/۰۰۰۱**	۱۳۰۸/۰۱۶

\*\* بسیار معنی دار.

جدول ۹- تجزیه واریانس خواص نوری کاغذهای دست‌ساز.

مشخصه	روشنی		ماتی		زردی		گونه
	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	انحراف	میانگین	
	F	سطح	F	سطح	F	سطح	
بین	۱۶۳/۱۱۶	۰/۰۰۰۱**	۵/۵۶۴	۰/۰۱۳*	۲۶۵۱/۸۵۹	۰/۰۰۰۱**	۲۶۵۱/۸۵۹
درون	۱۶۳/۱۱۶	۰/۰۰۰۱**	۵/۵۶۴	۰/۰۱۳*	۲۶۵۱/۸۵۹	۰/۰۰۰۱**	۲۶۵۱/۸۵۹

\*\* بسیار معنی دار؛ \* معنی دار.



جدول ۱۰- تجزیه واریانس خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز.

مشخصه	مقاومت به پارگی		مقاومت به ترکیدن		طول پارگی		مقاومت به کشش
	F	سطح	F	سطح	F	سطح	
بین گونه	۹۶۸/۱۶۷	۰/۰۰۰۱**	۴۲/۳۸۶	۰/۰۰۰۱**	۲۴/۶۹۴	۰/۰۰۰۱**	۴۶۶/۷۷۹
درون گونه	۹۶۸/۱۶۷	۰/۰۰۰۱**	۴۲/۳۸۶	۰/۰۰۰۱**	۲۴/۶۹۴	۰/۰۰۰۱**	۴۶۶/۷۷۹

\*\* بسیار معنی دار.

### بحث و نتیجه‌گیری

خواص بیومتریک الیاف: نتایج نشان داد که بیشترین طول الیاف با ۱/۷ میلی‌متر به چوب ممرز و کمترین مقدار آن با ۱/۲۹ میلی‌متر به چوب راش مرتبط است. طول الیاف چوب توس وارداتی ۱/۵۲ میلی‌متر می‌باشد. هم‌چنین چوب توس وارداتی با ۲۷/۲ میکرون بیشترین و چوب راش با ۲۲/۳ میکرون کمترین مقدار قطر الیاف را دارد. کمترین مقدار قطر حفره سلولی با ۱۰/۱۴ میکرون به چوب راش و بیشترین آن با ۱۷/۸۱ میکرون به چوب توس وارداتی مربوط می‌شود. ضخامت دیواره سلولی چوب صنوبر لرزان وارداتی با ۴/۱۲ میکرون کمترین و چوب ممرز با ۶/۵۷ میکرون بیشترین مقدار می‌باشد. توگو (۱۹۷۵) میانگین طول الیاف چوب توس را ۱/۲۳ میلی‌متر و مهدوی (۲۰۰۲) طول الیاف چوب ممرز را با دامنه تغییرات ۱/۷۸-۱/۶۱ میلی‌متر گزارش کردند (۸). ابعاد الیاف بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ تأثیر می‌گذارد. ضخیم بودن دیواره سلولی باعث افزایش دانسیته فیبر شده که این مسأله می‌تواند تأثیر مستقیم بر خواص مقاومتی الیاف داشته باشد. هر چه دیواره الیاف ضخیم‌تر باشد الیاف در برابر نیروهای مکانیکی وارده و تغییر شکل از خود مقاومت بیشتری نشان می‌دهند. هم‌چنین مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ، تحت تأثیر طول الیاف قرار دارد. تجزیه و تحلیل نتایج در سطح اعتماد ۹۹ درصد تفاوت بسیار معنی‌داری را در مقدار طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی گونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. هم‌چنین نتایج نشان داد که چوب صنوبر لرزان وارداتی با ۳۵/۱۶ درصد کمترین و چوب ممرز با ۶۶/۸۶ درصد بیشترین مقدار نسبت درهم‌رفتگی را دارد. بیشترین مقدار نسبت انعطاف‌پذیری به الیاف چوب صنوبر لرزان وارداتی با ۷۲/۰۸ درصد و کمترین آن به الیاف چوب راش با ۴۵/۴۷ درصد مرتبط است. صنوبر لرزان وارداتی با ۳۹/۰۹ درصد کمترین مقدار و چوب توس وارداتی با ۱۲۰/۱۶ درصد بیشترین مقدار نسبت رانکل

را دارد. مهدوی (۲۰۰۲) نسبت درهم‌رفتگی و انعطاف‌پذیری چوب ممرز را به ترتیب ۶۵/۱۷ درصد و ۴۸/۰۲ درصد گزارش نموده است (۸). افزایش مقدار نسبت درهم‌رفتگی الیاف بیانگر بلندتر و لاغرتر بودن الیاف آن‌گونه است. هنگام تشکیل ورقه کاغذ بر روی توری ماشین‌های کاغذسازی الیاف بلندتر بهتر روی توری قرار می‌گیرند و این مسأله باعث افزایش کیفیت کاغذ ساخته شده می‌گردد. هر چه نسبت انعطاف‌پذیری بیشتر باشد ایستادگی کاغذ در برابر گسیخته شدن و ترکیدن و تاخوردن بیشتر می‌شود. لذا می‌توان انتظار داشت که کاغذ تولید شده از صنوبر لرزان و توس وارداتی مقاومت‌های خوبی در مقابل ترکیدن، پاره شدن و تاخوردگی داشته باشند. تجزیه و تحلیل آماری در سطح اعتماد ۹۹ درصد تفاوت بسیار معنی‌داری را در مقادیر نسبت‌های کاغذسازی گونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

**خواص ترکیبات شیمیایی:** خصوصیات شیمیایی چوب‌های مورد مطالعه نشان داد که چوب راش با ۲۴/۴ درصد بیشترین مقدار لیگنین کلاسون و با ۱/۹ درصد کمترین مقدار استخراجی را دارد. چوب صنوبر لرزان وارداتی با ۱۹/۸ درصد و ۷۱/۷۹ درصد به ترتیب دارای کمترین مقدار لیگنین کلاسون و بیشترین مقدار هولوسولوز می‌باشد. اندازه‌گیری لیگنین محلول در اسید گونه‌ها نشان می‌دهد که چوب ممرز با ۲/۳۳ درصد دارای بیشترین و چوب راش با ۱/۵۴ درصد دارای کمترین لیگنین محلول در اسید می‌باشند. هم‌چنین بیشترین مقدار مواد استخراجی با ۳/۸ درصد و کمترین مقدار هولوسولوز با ۶۴ درصد مربوط به چوب ممرز بوده است. توگو (۱۹۷۵) میزان آلفا سلولوز، لیگنین و مواد استخراجی محلول در الکل بنزن چوب توس را به ترتیب بین ۵۰ درصد-۴۱ درصد، ۲۴ درصد-۱۷ درصد و ۴/۳ درصد-۱/۶ درصد گزارش نموده است (۱۲). صالحی (۱۹۹۸) سلولوز ممرز و راش را به ترتیب ۴۷/۳ درصد، ۴۷/۶ درصد و لیگنین ممرز و راش را به ترتیب ۲۷/۲ درصد و ۲۹/۱ درصد گزارش کرده است (۱۲). تجزیه و تحلیل آماری در سطح اعتماد ۹۹ درصد تفاوت بسیار معنی‌داری را در بین مقادیر میانگین لیگنین کلاسون، هولوسولوز و مواد استخراجی در بین تیمارها نشان می‌دهد. ولی در بین مقتدیر میانگین لیگنین محلول در اسید بین گونه‌های چوبی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

**خواص نوری کاغذهای دست‌ساز:** نتایج حاصل از آزمایش‌های نوری کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی- مکانیکی گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین روشنی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی- مکانیکی با ۴۰/۲۳ درصد به چوب ممرز و کمترین مقدار آن با ۳۳/۳

درصد، به چوب توس وارداتی مرتبط است. هم‌چنین ماتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از چوب صنوبر لرزان وارداتی با ۹۳/۶۲ درصد بیشترین و ممرز با ۹۱/۳۶ درصد کمترین مقدار است. زردی کاغذهای گونه‌ها نشان داد که زردی کاغذهای دست‌ساز چوب توس وارداتی با ۴۰/۶۴ درصد بیشترین و چوب ممرز با ۲۱/۱۳ درصد کمترین مقدار را دارا می‌باشند. کلوتزلی (۱۹۸۷) روشنی و ماتی کاغذ خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه ممرز ایران را به ترتیب ۵۲ درصد و ۸۱ درصد گزارش نموده است (۴). بالا بودن ماتی صنوبر لرزان وارداتی در مقایسه با ممرز و راش را ممکن است متأثر از بالا بودن قطر الیاف این‌گونه باشد.

**خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز:** نتایج حاصل از آزمایش‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که مقاومت به پارگی چوب صنوبر لرزان وارداتی با  $378 \text{ mN.m}^2/\text{gr}$  دارای بیشترین و چوب راش با  $241 \text{ mN.m}^2/\text{gr}$  دارای کمترین مقدار است. مقاومت به ترکیدن چوب راش با  $171 \text{ KPa.m}^2/\text{gr}$  کمترین مقدار در بین گونه‌ها می‌باشد. بیشترین طول پارگی با  $6/8 \text{ Km}$  به چوب صنوبر لرزان وارداتی و کمترین آن با  $3/66 \text{ Km}$  به چوب راش مربوط است. هم‌چنین چوب صنوبر لرزان وارداتی با  $1/1 \text{ N.m/gr}$  کمترین و چوب ممرز با  $3/34 \text{ N.m/gr}$  بیشترین مقدار مقاومت به کشش را دارد. کلوتزلی (۱۹۸۷) طول پارگی کاغذ خمیر شیمیایی - مکانیکی گونه ممرز ایران را  $5/4$  کیلومتر گزارش نموده است (۴). دو گونه صنوبر لرزان و توس وارداتی به دلیل نسبت انعطاف‌پذیری بالاتر در مقایسه با راش، بیشترین مقاومت به پاره شدن و ترکیدن را دارند. هم‌چنین ممرز به خاطر داشتن ضخامت دیواره سلولی و نسبت رانکل بالا در مقایسه با راش از مقاومت به پاره شدن بیشتری برخوردار است. بالا بودن طول پارگی صنوبر لرزان وارداتی در مقایسه با ممرز و راش را می‌توان متأثر از بالا بودن قطر الیاف این‌گونه دانست. تجزیه و تحلیل آماری در سطح اعتماد ۹۹ درصد تفاوت بسیار معنی‌داری را در بین مقادیر میانگین روشنی، زردی، مقاومت به پارگی، طول پارگی کاغذ، مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز گونه‌ها نشان می‌دهد. ولی در بین مقادیر میانگین ماتی کاغذ دست‌ساز گونه‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد، تفاوت معنی‌داری وجود دارد به عبارت دیگر نوع گونه بر روی خواص نوری و مقاومتی کاغذ تأثیرگذار است. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از چوب گونه‌های وارداتی مورد مطالعه به‌علت طول الیاف بیشتر توس، ضخامت دیواره سلولی کمتر، نسبت

انعطاف‌پذیری مناسب‌تر، لیگنین کلاسون کمتر، هولوسلولز بیشتر و خواص مقاومتی مناسب‌تر کاغذ آن‌ها در مقایسه با چوب راش ایران، می‌تواند در جایگزینی تمام یا بخشی از خمیر شیمیایی - مکانیکی چوب راش کارخانه چوب و کاغذ مازندران نقش مؤثری ایفاء کند.

#### منابع

1. Barzan, A., and Soraki, S. 2002. Procedure of experimental, Mazandaran Wood and Paper Industries, Sari, Iran, 111p. (In Persian)
2. Blashova, E.A. 1989. CMP from Birch wood, Khimiya-Drevesiny, No. 2, 44-47, 122; 6 ref.
3. Cater, Henry A. 1996. The chemistry of paper preservation, Journal of Chemical Education, vol. 73, No. 11.
4. Kloetzli, B.C. 1978. Newsprint from Iranian hardwood, Pulp and Paper Canada. 76: 6, 109-114; 5 ref. Paper presented at 63rd Annual Meeting, Technical Section, CPPA, Montreal, 1-4, 1977.
5. Kokta, B.V. 1990. Steam explosion pulping of aspen, Derevarsky-Vysku m, No.127, 23-39; 15 ref. 9(Feb., 1975); Jap.: B.I.P.C.28: 392.
6. Lim, et al. 1997. A note on structure of oil palm trunk by scanning electron microscopy, Journal of Tropical forest products, 3(1): 105-109.
7. Lindstom, H. 1997. Fiber length, tracheide diameter, and late wood percentage in Norway spruce, development from pith out wards, Wood and Fiber Science, 85-89.
8. Mahdavi, S., and Hosseinzadeh, A. 2002. The comparison of fiber biometry and chemical components of Phragmites australis for papermaking, journal of Research Institute of Forests and Rangelands, Karaj, Iran, N0: 14: 73-104. (In Persian)
9. Mahdavi, S., Habibi, M., Salehi, K., and Familian, H. 2006. Comparative investigation on pulp production from Reed (P. Australis), Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 21(24), p60, (In Persian)
10. Rasoligarmarodi, A. 2001. Studying the possibility of using Aspen and Hornbeam for CMP pulp and newsprint production, graduated of master science, Tarbiat Modares University, (In Persian)
11. Ravanbakhsh, M. 2008. Studying the possibility of Bagass CMP pulp for newsprint production, graduated of master science, Islamic Azad University of Chalous Branch, (In Persian)
12. Salehi, K. 1998. Investigation and determination high yield chemi-mechanical pulp of Bagass, journal of Research Institute of Forests and Rangelands, Karaj, Iran, N0: 10. (In Persian)

13. Seth, R.S. 1995. The effects of fiber length and coarseness on the tensile strength of webs, TAPPI J., NO: 3., 25-28.
14. Technical Association of Pulp and Paper Industry. 2009. Standard Test Methods. Tappi Press. Atlanta, GA. USA. 29(1): 17-20.
15. Togo, K. 1975. Hardwoods of the Hokkaido chikubianian district of Japan, Studies of their properties as pulp woods, Kyoto.No.17: 43-(9Feb., 1975); Jap.: B.I.P.C.28: ref.
16. Vaysi, R., and Mirshokraie, S.A. 2007. Investigation on the optical behavior of acetylated and non-acetylated hornbeam CMP pulp following accelerated irradiation aging, Journal of sciences and techniques in natural resources, Islamic Azad University of Chalous Branch, 2(2): 79-88.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (1), 2015*

*<http://jwfst.gau.ac.ir>*

## **Investigation and Comparison of Paper Properties of Birch and Aspen CMP Pulp with the Beech and Horn Beam CMP Pulp**

**\*O. Rajabi Kaboud Cheshmeh<sup>1</sup> and R. Vaysi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Dept., of Wood and Paper Industry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Mazandaran, Iran, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept., of Wood and Paper Industry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Mazandaran, Iran

Received: 8/6/2012 ; Accepted: 2/24/2015

### **Abstract**

In this study birch, aspen, beech and horn beam were randomly selected Mazandaran wood and pulp Industry. After the invasion of logs to standard chips and the preparation of chemo-mechanical pulp with yield of 85%, the chemical component of wood flour, fiber biometry, and their handsheet properties were statistically analyzed. The results showed that aspen has less fiber length than horn beam and beech, fiber diameter and cell pit is more and cell wall thickness is less. The chemical component of aspen wood flour consists of the least Klason lignin and the most holocellulose. The handsheet properties of CMP pulp of birch and aspen showed that the bursting strength and breaking length which is more than beech and horn beam.

**Keywords:** Beech, Fiber Biometry, Lignin, Holocellulose, CMP Pulp

---

\*Corresponding author: