

## بررسی لیگنین زدایی و کاغذسازی چوب درخت نوئل (پسه آابیس)

### چکیده:

از دو اصله درخت ۲۲ ساله پسه آ آابیس (*Picea. Abies*) از منطقه پسه سون اسالم استان گیلان نمونه برداری شده است. میانگین جرم ویژه خشک و بحرانی این درختان ۰/۳۳۴ و ۰/۳۰۶ اندازه گیری شده است. میانگین طول تراکئیدها، قطر تراکئیدها، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره تراکئیدها به ترتیب ۳/۰۷ میلیمتر، ۴۴/۶۷ میکرون، ۳۶/۲۹ میکرون و ۴/۱۹ میکرون بدست آمدند. ضریب لاغری الیاف این درخت ۶۸/۷۲ و ضریب نرمش و ضریب رانکل آن به ترتیب ۸۱/۲۳ و ۲۳/۰۲ تعیین شدند.

میانگین میزان سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی چوب این درخت به ترتیب ۵۹/۷۴٪، ۲۸/۹۴٪، ۰/۳٪ و ۱/۴۱ درصد اندازه گیری شدند.

در اثر افزایش میزان قلیابیت مؤثر و در نتیجه انحلال بیشتر لیگنین، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها کاهش یافت، به طوری که بازده خمیر کاغذها در قلیابیت مؤثر ۱۶٪ برابر با ۴۸/۶۷ درصد، قلیابیت مؤثر ۱۸٪ برابر ۴۴/۶۷ درصد و در قلیابیت مؤثر ۲۰٪ برابر با ۴۵/۶۳ درصد و عدد کاپای آنها نیز به ترتیب ۶۶/۸۵، ۳۳/۹۸ و ۲۶/۸۹ اندازه گیری شد.

نتایج اندازه گیری مقاومت کاغذها نیز نشان داد که با افزایش زمان پخت تغییرات مقاومت‌های بدست آمده در سطح ۱٪ معنی دار شده است.

**واژه‌های کلیدی:** پسه آابیس، روش کرافت، قلیابیت مؤثر، سلولز، لیگنین و خمیر کاغذ.

### مقدمه:

#### قدردانی:

وظیفه خود می‌دانم از مسؤولان محترم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع و اعضاء محترم کمیته انتشارات که امکان اجرای این تحقیق و چاپ این مقاله را میسر کردند تشکر و سپاسگزاری نمایم. از همکاران در بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ که هر یک به نحوی در این تحقیق مرا یاری کردند تشکر می‌کنم. جا دارد از مسؤولان ایستگاه تحقیقات پیلمبرا، صنایع چوب اسالم و صنایع چوب و کاغذ مازندران که در تهیه درختان مورد آزمایش و اندازه گیری خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز همکاری صمیمانه داشتند تشکر و قدردانی نمایم.

کاغذ فراورده‌ای تاثیر گذار در زندگی انسان است. نقش کاغذ در مسائل اجتماعی، اقتصادی و به خصوص فرهنگی غیر قابل انکار است. مصرف سرانه کاغذ در کشورمان ۱۶/۴ کیلوگرم، در دنیا ۵۲/۶ و در بعضی از کشورهای پیشرفته و صنعتی این رقم به ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم بالغ می گردد (منظور الاجداد ۱۳۷۹). ارقام نشان می دهد که با وجود مصرف کم کاغذ در کشور، درصد زیادی از کاغذ مصرفی از خارج وارد شده و سالیانه ارز زیادی از کشور خارج می شود. بنابراین ضرورت دارد با ایجاد جنگلهای دست کاشت و استفاده از درختان سریع‌الرشد، مازاد محصولات کشاورزی و بازیافت کاغذهای باطله این کمبود را جبران کنیم. در طرحهای سازگاری انجام گرفته در کشور نتایج بعضی از گونه‌های سوزنی برگ (از نظر رشد و درصد زنده‌مانی) موفقیت آمیز بوده است. یکی از این گونه‌ها پیشه آابیس می باشد. این درخت بومی اروپا است و درختی زیبا، سریع‌الرشد و دارای الیاف نسبتاً بلند است. در این بررسی خصوصیات فیزیکی، آناتومیکی، شیمیایی، خمیر کاغذ و کاغذ پیشه آابیس منطقه پیشه سون مورد تحقیق قرار خواهد گرفت و نتایج بدست آمده با خصوصیات خمیر کاغذ و کاغذ چوب درخت کاج الداریکا، چوب درخت پیشه‌ای منطقه کلاردشت و الیاف بلند وارداتی مقایسه خواهد شد.

امان زاده و همکاران (۱۳۷۹) عنوان می کنند که گونه نوئل *Picea abies* (L) karst قلمرو نسبتاً وسیعی را در جهان به خود اختصاص داده و به علت برخورداری از نرمش اکولوژیکی فراوان در برنامه‌های جنگلکاری بسیاری از کشورهای دنیا قرار گرفته است. گونه‌ای است سایه پسند که در سنین اولیه در پناه درختان رشد می کند ولی سایه دائم و ممتد را نمی پسندد و در سنین زیاد مانند یک گونه نور پسند در اشکوب فوقانی قرار می گیرد. ریشه دوانی متراکم و سطحی، حساسیت نسبت به باد و برف از ویژگیهای این گونه بوده و PH اسیدی را به خوبی تحمل می کند. به سبب تولید چوب زیاد که موارد استفاده و کاربرد فراوان در صنایع وابسته نظیر خمیر و کاغذ، روکش گیری، نجاری و

.... دارد، از سالیان گذشته مورد استقبال کارشناسان دستگاههای اجرایی قرار گرفته و وارد عرصه‌های جنگلهای شمال کشور شده است، به طوری که از اوایل دهه ۵۰ در منطقه اسالم این گونه به طور خاص جنگلکاری شده است. نامبردگان در بررسی بعمل آمده در مورد ۴۰۹ اصله درخت پیسه‌آ در منطقه اروستون اسالم، میانگین قطر و ارتفاع غالب آنها را به ترتیب ۲۰/۷ سانتیمتر و ۱۳/۶ متر اندازه‌گیری کردند.

سیاهی‌پور بالا ده ( ۱۰/۸ هکتار از درخت پیسه‌آبیسی ۲۷ ساله سه منطقه اروستون، پیسه‌سون و ریک و ۱/۲ هکتار جنگلکاری (۱۷ ساله) در منطقه شن رود سیاهکل را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که این گونه طی یک دوره ۲۷ ساله به آفات و امراض حساسیت نشان نداده است. رویش حجمی این گونه در هر هکتار ۱۱/۱ مترمکعب، میانگین طول الیاف ۲/۸۹ میلیمتر و جرم مخصوص خشک آن ۰/۳۶ اندازه‌گیری شد.

گلبابائی (۱۳۷۶) در بررسی بعمل آورده بر روی درخت کاج الدریکای منطقه زاغمرز در استان مازندران نتیجه‌گیری کرده است که از طرف مغز به طرف پوست طول الیاف افزایش یافته است و ضخامت دیواره کاهش می‌یابد. با افزایش ارتفاع درخت طول الیاف و ضخامت دیواره الیاف کاهش می‌یابد. با استفاده از فرآیند کرافت و سولفیدیت ۲۵٪، بازده خمیر کاغذ تهیه شده در قلیابیت فعال ۱۸٪ و زمان پخت ۹۰ دقیقه ۴۳/۴٪ و عدد کاپای آن ۳۶/۲ تعیین شد که با بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی برابر است.

جهان لیتیاری و همکاران (۱۳۷۷) خصوصیات آناتومیکی، شیمیایی و ویژگیهای خمیر کاغذ کرافت چهار اصله درخت نوئل با سن ۲۵-۲۸ سال منطقه کلاردشت را مورد بررسی قرار دادند. میانگین طول و قطر الیاف به ترتیب ۲/۶۰۵ میلیمتر و ۲۷/۹۰۸ میکرون، سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر به ترتیب ۵۴/۲ درصد، ۲۹/۱۶ درصد، ۲/۱ درصد و ۰/۲۸۵ درصد بدست آمد. کمترین و بیشترین بازده خمیر کاغذها

به ترتیب ۶۷/۵۶ درصد و ۵۵/۷ درصد و عدد کاپای آنها به ترتیب فوق‌الذکر ۳۲/۷۱ و ۶۰/۶۸ تعیین شد. در اثر زیاد شدن میزان مصرف قلیابیت مؤثر، طول پاره شدن کاغذهای دست‌ساز کم شده و اندیس مقاومت در برابر پاره شدن آنها افزایش یافت.

Tyrvaenen-J (۱۹۹۵) ابعاد الیاف، درصد جوان چوب و در بعضی موارد چوب درون تشکیل شده با نفوذ کم در چوب درخت نوئل (*Picea abias*) و تغییرات این عوامل در خمیر کاغذ ترمومکانیکی را مورد بررسی قرار داده است. نامبرده سه گروه چوب شامل چوبهای حاصل از برش جستها، اولین برش چوبهای کم قطر و خرده چوب حاصل از کارخانه چوب بری را مورد استفاده قرار داد. خمیر کاغذ روزنامه حرارتی مکانیکی (TMP) حاصل از خرده چوب کارخانه چوب بری بیشترین میزان الیاف بلند، کمترین حرارتی نرمه (خرده الیاف) و به طور کلی زبرترین و بلندترین الیاف را داشت. ولی در میزان انرژی مصرفی هیچ گونه اختلافی دیده نشد. اندیس مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذهای TMP حاصل از خرده چوبهای کارخانه چوب بری به وضوح بیشترین و در خمیر کاغذ حاصل از اولین برش چوبهای کم قطر کمترین مقدار را داشت و خصوصیات مقاومتی آنها کم بود. ویژگیهای نوری خمیر کاغذ TMP حاصل از اولین برش چوبهای کم قطر خیلی خوب بود.

بنابراین پیشنهاد کرده است که برای به حداقل رساندن تغییرات کیفی لازم است تا این سه خمیر کاغذ به طور جداگانه تهیه شوند.

Hunt-k ; Hatton-Jv (۱۹۹۵) میزان رطوبت، وزن مخصوص و درصد مواد استخراجی چوب ۶ درخت کم قطر تجاری شامل *P. mariana* , *Picea glauca* , *P. abies* , *Pinus banksiana* و *Larix laricina* را اندازه‌گیری و مقایسه کرده است. وزن مخصوص این درختان ۱۷-۲۶ ساله دست کاشت، نسبت به درختان معمولی مشابه که از چوب بالغ (کامل چوب) بیشتری برخوردار بودند کمتر بود. میزان مواد استخراجی محلول در سود سوزآور ۱٪ این درختان برابر و یا کمتر از درختان

دارای چوب کامل بیشتر بود. میزان لیگنین کلاسون این درختان بین ۲۸/۵-۲۷/۲ درصد قرار داشت.

### مواد و روشها:

نمونه‌ها از جنگلکاری منطقه پیسه سون اسالم تهیه شدند. دو درخت ۲۲ ساله به قطر برابر ۱۸/۵ و ۱۷/۰۴ سانتیمتر انتخاب و قطع شدند. از هر درخت یک دیسک (از محل قطر برابر سینه) تهیه شد که این دیسکها پس از پوست کنی، به نمونه‌های مناسب برای اندازه‌گیری خواص فیزیکی، آناتومیکی و شیمیایی تبدیل شدند. بقیه چوب درخت به وسیله خردکن آزمایشگاهی به خرده چوب تبدیل شدند. خرده چوبهای قابل قبول (از نظر اندازه) برای تهیه خمیر کاغذ مورد استفاده قرار گرفتند.

- برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴)
- تهیه آرد چوب از استاندارد شماره ۸۵-om-T۲۵۷ آیین‌نامه TAPPI
- سلولز از روش اسید نیتریک
- خاکستر مطابق استاندارد شماره ۸۸-om-T۲۱۱ آیین‌نامه TAPPI
- لیگنین مطابق با استاندارد شماره ۸۵-om-T۲۱۱ آیین‌نامه TAPPI
- عدد کاپا مطابق با استاندارد شماره ۸۵-om-T۲۳۶ آیین‌نامه TAPPI
- اندازه‌گیری درجه روانی مطابق استاندارد شماره ۹۲-om-T۲۲۷ آیین‌نامه

### TAPPI

- پالایش خمیر کاغذ، مطابق استاندارد شماره ۸۸-om-T۲۰۵ آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص خشک و بحرانی، نمونه‌های مکعب شکل به ابعاد ۲ سانتیمتر از این چوب تهیه شدند. پس از اشباع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشباع، حجم خشک و وزن خشک، جرم مخصوص خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شدند. خمیر کاغذها به منظور ساخت کاغذ دست ساز با وزن پایه ۶۰ گرم تا رسیدن به درجه روانی ۴۰۰ میلی‌لیتر پالایش شدند.

به منظور تهیه خمیر کاغذ روش کرافت مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به پخت‌های مقدماتی، قلیابیت مؤثر در سه سطح ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد، زمان پخت در سه سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه و مقادیر سولفیدیت، درجه حرارت پخت و نسبت مایع پخت به چوب به ترتیب ۲۵ درصد، ۱۷۵ درجه سلسیوس و ۵ به ۱ ثابت در نظر گرفته شد. هر یک از شرایط پخت در سه تکرار انجام گرفت.

برای مقایسه ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار نتایج، برای مقایسه خمیر کاغذها و عدد کاپا از طرح فاکتوریل در قالب بلوکهای کاملاً تصادفی و برای مقایسه مقاومتهای کاغذ دست‌ساز از آزمون F استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت.

### نتایج:

حداقل، حداکثر و میانگین جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب این درخت (در جدول شماره ۱) خلاصه شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ابعاد الیاف شامل طول تراکندها، قطر تراکندها، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی (یکصد تراکنید) در جدول شماره ۲ آورده شده است. در شکل شماره ۱ منحنی پراکنش طول تراکندهای این درخت نشان داده شد است. در جدول شماره ۳ ضرائب کاغذسازی چوب درخت پیسه‌آ با استفاده از اندازه‌گیری ابعاد الیاف آن خلاصه شده است. در جدول شماره ۴ مقادیر حاصل از اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی این درخت شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر و در شکل شماره ۲ هیستوگرام آنها نشان داده شده است. در جدول شماره ۵ نتایج حاصل از بازده و عدد کاپا و در شکل‌های شماره ۳ و ۴ تأثیر افزایش زمان پخت و میزان قلیابیت مؤثر بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای چوب درخت پیسه‌آبیسی نشان داده شده است. در جدول شماره ۸ نتایج اندازه‌گیری خواص مقاومتی کاغذهای دست ساز و در شکل‌های ۵ و ۶ تأثیر زمان پخت بر مقاومت در برابر پاره شدن و ترکیدن کاغذهای دست ساز مشاهده می‌شود.

### بحث:

#### جرم مخصوص:

میانگین جرم مخصوص خشک و بحرانی درخت پیسه‌آبیسی ۰/۳۳۴ و ۰/۳۰۶ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که چوب این درخت جزء چوبهای خیلی سبک ( $D < 0.4$ )<sup>\*</sup> محسوب می‌شود. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۷) در بررسی بعمل آمده در مورد ویژگیهای خمیر کاغذ کرافت چوب نوئل (*Picea exelsa*) ۲۵-۲۸ ساله، از

\* - داوود پارسا پژوه، تکنولوژی چوب.

منطقه کلاردشت میانگین جرم ویژه خشک چوب آن را  $0/42$  و جرم ویژه بحرانی را  $0/38$  اندازه گیری کردند که این مقادیر در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در بررسی اخیر بیشتر است. علت عمده این اختلاف می تواند تأثیر رویشگاه باشد.

### ابعاد الیاف:

تراکئیدها سلولهای اصلی در چوب سوزنی برگان هستند و بیش از ۹۰ درصد حجم اکثر سوزنی برگان از تراکئیدها تشکیل می شوند. طول تراکئیدها در سوزنی برگان بین ۲-۴ میلیمتر و قطر آنها حدود  $0/02-0/04$  میلیمتر است (میرشکرانی ۱۳۸۱). میانگین طول تراکئیدهای چوب درخت پیسه آبیس منطقه پیسه سون  $3/07$  میلیمتر و میانگین قطر، قطر حفر سلولی و ضخامت دیواره آنها به ترتیب  $44/67$  میکرون،  $36/19$  میکرون و  $4/19$  میکرون اندازه گیری شد. جهان لیتیاری و همکاران (۱۳۷۷) میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی تراکئیدهای کاج نوئل (پیشه آبیس منطقه کلاردشت) را به ترتیب  $2/605$  میلیمتر،  $27/852$ ،  $20/908$  و  $6/33$  میکرون اندازه گیری کردند. آنها نشان دادند که ابعاد الیاف از طرف مغز به طرف پوست افزایش می یابد. گلبابائی و همکاران (۱۳۷۷) میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی چوب بهاره کاج الداریکای منطقه زاغمرز را به ترتیب  $3/464$  میلیمتر،  $49/88$ ،  $36/19$  و  $7/52$  میکرون اندازه گیری کردند. مقایسه نشان می دهد که الیاف کاج الداریکای منطقه زاغمرز با طول  $3/464$  میلیمتر بلندترین الیاف را دارد و پس از آن طول الیاف پیسه آبی منطقه پیسه سون و کلاردشت به ترتیب با  $3/07$  میلیمتر و  $2/605$  میلیمتر قرار دارند که علت این اختلاف نوع گونه و تأثیر رویشگاه می باشد. میزان ضریب لاغری، ضریب نرمش و ضریب رانکل چوب، درخت پیسه آبیس منطقه پیسه سون به ترتیب  $67/72$ ،  $81/23$  و  $32/02$  بدست آمد.



### ترکیب شیمیایی:

سلولز فراوان‌ترین ماده شیمیایی بر روی کره زمین است و میزان آن در اکثر گیاهان به ۴۵-۵۰ درصد می‌رسد. سلولز\* درخت پیسه آبیس به طور متوسط ۵۹/۷۴ درصد، لیگنین ۲۸/۹۴ درصد، خاکستر ۰/۳۵ درصد و میزان مواد استخراجی ۱/۴۱ درصد اندازه‌گیری شد. گلبابائی و همکاران (۱۳۷۷) مقدار سلولز کاج الداریکای منطقه زاغمرز را ۵۲/۳۹٪ بدست آوردند. نامبردگان میانگین لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی این گونه را به ترتیب ۲۴/۹۵٪، ۰/۴۸٪ و ۶/۹۳٪ بدست آوردند. جهان لتیاری و همکاران (۱۳۷۷) میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر چوب درخت پیسه آبیس منطقه کلاردشت را به ترتیب ۵۴/۲ درصد، ۲۹/۱۶ درصد، ۰/۲۸۵ درصد و ۲/۱ درصد اندازه‌گیری کردند. مشاهده می‌شود که سلولز در چوب درخت پیسه آبیس منطقه پیسه‌سون بیشتر از سلولز چوب درخت پیسه‌آی منطقه کلاردشت و چوب درخت کاج الدار شده است با توجه به اینکه روش اندازه‌گیری سلولز در هر سه بررسی مشابه همدیگر بوده است دلیل اختلاف میزان سلولز این درختان می‌تواند گونه و رویشگاه می‌باشد. در شکل شماره ۲ هیستوگرام ترکیب شیمیایی گونه فوق‌الذکر نشان داده شده است.

\* - در این بررسی روش اندازه‌گیری سلولز روشی قدیمی است و ممکن است مقدار آن دقیق نباشد و دارای مقدار کمی لیگنین و یا همی سلولزها باشد.

### خمیر کاغذ:

طبق نتایج خلاصه شده در جدول شماره ۵ با افزایش قلیابیت مؤثر از ۱۶٪ به ۱۸٪ و ۲۰ درصد، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها کاهش یافته که این کاهش در سطح ۱٪ معنی دار است. با افزایش قلیابیت مؤثر و یا به عبارتی افزایش میزان مواد شیمیایی، سرعت واکنش افزایش یافته و در نتیجه سرعت لیگنین زدایی بیشتر می‌شود. با انحلال بیشتر لیگنین، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها کاهش می‌یابد، به طوری که بازده خمیر کاغذ در قلیابیت مؤثر ۱۶٪ برابر ۴۸/۶۷٪، در قلیابیت مؤثر ۱۸٪ برابر ۴۴/۶۷٪ و در قلیابیت مؤثر ۲۰٪ برابر ۴۵/۶۳٪ و عدد کاپای آنها نیز به ترتیب ۶۷/۸۵، ۳۳/۹۸ و ۲۶/۸۹ اندازه‌گیری شد. نکته قابل توجه کاهش زیاد عدد کاپا از قلیابیت مؤثر ۱۶٪ به ۱۸٪ است که عدد کاپای خمیر کاغذها از مقدار ۶۷/۸۵ به ۳۳/۹۸ کاهش یافته، در صورتی که بازده خمیر کاغذها از ۴۸/۶۷ به ۴۴/۶۵ رسیده است. در جدولهای شماره ۶ و ۷ گروه‌بندی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها نشان داده شده است.

با افزایش زمان پخت از ۳۰ دقیقه به ۶۰ دقیقه و پس از آن به ۹۰ دقیقه (با ثابت در نظر گرفتن بقیه عوامل)، بازده خمیر کاغذها به ترتیب ۴۸/۶۷٪، ۴۵/۹۴٪، ۴۴/۳۹٪ و عدد کاپای آنها به ترتیب ۴۳/۸۹، ۳۷/۰۴ و ۲۶/۷۸ تعیین شدند که اختلاف در بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار شده است. تأثیر متقابل قلیابیت مؤثر و درجه حرارت پخت بر روی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها نیز در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی دار است. بازده خمیر کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیابیت مؤثر ۱۶٪ دارای بیشترین مقدار و به میزان ۵۱/۵۸ درصد، بازده خمیر کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیابیت مؤثر ۲۰٪ دارای کمترین مقدار و به میزان ۴۳/۸۴ درصد و عدد کاپای این دو خمیر کاغذ به ترتیب ۵۳/۴۱ و ۲۰/۳۲ اندازه‌گیری شد. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۷) بازده خمیر کاغذ چوب درخت پیسه‌آی منطقه

کلاردشت در قلیابیت مؤثر ۱۶٪ و زمان پخت ۳۰ دقیقه را ۵۰/۰۷ درصد و در قلیابیت مؤثر ۲۰ درصد و زمان پخت ۶۰ دقیقه را ۴۶/۵۶ درصد اندازه‌گیری کردند. عدد کاپای این دو خمیر کاغذ به ترتیب ۶۰/۶۸ و ۳۲/۷۱ بدست آمد. گلبابائی (۱۳۷۷) بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت در شرایط پخت سولفیدپته ۲۵ درصد، درجه حرارت پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس، زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیابیت مؤثر ۱۸ درصد را به ترتیب ۴۳/۴ درصد و ۳۶/۲ اندازه‌گیری کرد. در جدول شماره ۸ مشاهده می‌شود که تحت شرایط متفاوت پخت بازده و عدد کاپای این سه خمیر کاغذ نزدیک بهم است و در صورتی که مقاومت‌های کاغذهای دست ساز آنها قابل مقایسه با خمیر کاغذ الیاف بلند باشد، می‌توان از این خمیر کاغذها به عنوان خمیر کاغذ جایگزین خمیر الیاف بلند وارداتی استفاده کرد.

### ویژگیهای کاغذهای دست‌ساز:

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت در برابر پاره شدن چوب درخت پسه‌آی منطقه پسه‌سون در جدول شماره ۹ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش زمان پخت مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها تغییر یافته است که این اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار است. با افزایش زمان پخت لیگنین زدایی افزایش یافته و کاهش لیگنین موجود در خمیر کاغذ باعث اتصال بهتر الیاف در کاغذها می‌شود و در نتیجه مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها افزایش می‌یابد. در جدول شماره ۱۰ مقایسه میانگین مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ چوب این درخت آورده شده است. در جدول شماره ۱۲ مقاومت در برابر پارگی چند خمیر کاغذ نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ چوب گونه پسه‌آابیس منطقه پسه‌سون در قلیابیت مؤثر ۲۰ درصد و زمان پخت ۹۰ دقیقه ۷/۹۲  $\text{mNm}^2/\text{gr}$  (درجه روانی  $\text{CSF}400$ ) اندازه‌گیری

شده است. با توجه به اینکه طول الیاف این درخت بلند است، انتظار می‌رود، اگر میزان پالایش ۱۰ این خمیر کاغذ افزایش یابد، این خمیر کاغذ بتواند جایگزین خمیر کاغذ وارداتی الیاف بلند شود و مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ الیاف کوتاه (الیاف پهن برگان) و یا خمیر کاغذ بازیافتی را افزایش دهد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست ساز نشان می‌دهد (جدول شماره ۹) که با تغییر زمان پخت اختلاف مقدار این عامل در سطح ۱٪ معنی‌دار است، به طوری که مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۳۰ دقیقه با  $5/44 \text{ kPam}^2/\text{gr}$  دارای کمترین مقدار و کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۹۰ دقیقه با  $5/830 \text{ kPam}^2/\text{gr}$  دارای بیشترین مقدار شده‌اند. علت افزایش مقاومت در زمان پخت بیشتر، لیگنین زدایی بیشتر است که باعث اتصال بهتر الیاف در کاغذ می‌شود. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۷) مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ تهیه شده از چوب منطقه پیسه‌آی منطقه کلاردشت را در قلیابیت مؤثر ۲۰ درصد برابر  $6/15 \text{ kPam}^2/\text{gr}$  گزارش کردند. گلبابائی و همکاران (۱۳۷۷)، مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی را  $5/3 \text{ kPam}^2/\text{gr}$ ، خمیر کاغذ کاج الداریکای منطقه زاغمرز را  $6/7 \text{ kPam}^2/\text{gr}$  و خمیر کاغذ پهن برگان را  $4/6 \text{ kPam}^2/\text{gr}$  بدست آوردند. با توجه به نتایج مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذها مشاهده می‌شود که خمیر کاغذ پیسه‌آبیس منطقه پیسه‌سون قابل مقایسه با خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی است و می‌توان آن را جایگزین خمیر الیاف بلند وارداتی کرد.

در جدول شماره ۹ نتایج حاصل از اندازه‌گیری طول پاره شدن خمیر کاغذ چوب پیسه‌آبیس منطقه پیسه‌سون نشان داده شده است. با توجه به نتایج می‌توان گفت که با افزایش زمان پخت اختلاف میزان طول پاره شدن خمیر کاغذ در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. در جدول شماره ۱۳ گروه‌بندی طول پاره شدن الیاف خمیر کاغذ پیسه‌آ آورده شده است. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۷) طول پاره شدن الیاف

خمیر کاغذ چوب درخت پیسه‌آی منطقه کلاردشت در قلیابیت مؤثر ۱۶٪ را  $9/87$  km، در قلیابیت مؤثر ۱۸٪ را  $9/5$  Km و در قلیابیت مؤثر ۲۰ درصد را  $8/71$  km گزارش کردند. گلبابائی و همکاران (۱۳۷۷) طول پاره شدن خمیر کاغذ سوزنی برگ الیاف بلند وارداتی را  $10$  km، خمیر کاغذ کاج الدار منطقه گلیداغی را  $10/1$  و الیاف پهن برگ را  $6/9$  km گزارش کردند.

مقدار طول پاره شدن خمیر کاغذ پیسه‌آی منطقه پیسه‌سون در زمان پخت ۹۰ دقیقه به طور متوسط  $9/93$  km اندازه‌گیری شده و این خمیر کاغذ می‌تواند جایگزین خمیر کاغذ وارداتی الیاف بلند شود.

### منابع مورد استفاده:

- ۱- امانزاده، ب. سیاهی پور، ذ. ثاقب طالبی، خ. باباخانجانی شیرازی، همتی، ا.، ۱۳۷۹، بررسی رویشی و تولید چوب گونه *Picea abies(L)karst* در منطقه اسالم، پژوهش و سازندگی (۶۷-۶۴)، شماره ۴۶ بهار ۱۳۷۹.
- ۲- پارسا پژوه، د. ۱۳۶۳، تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه، تهران ۱۸۵۱.
- ۳- ثابتی، ح. ۱۳۵۵، درختان و درختچه‌های ایران. سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی.
- ۴- جهان لتیباری، ا. فخریان، ع. کارگرفرد، ا. گلبابائی، ف.، صفائی مبارکه، ح.، ۱۳۷۷، ویژگی‌های خمیر کاغذ کرافت چوب نوئل جنگلکاری‌های شمال ایران، پژوهش و سازندگی. شماره ۳۹، تابستان ۱۳۷۷.
- ۵- سیاهی پور، ذ.
- ۶- فخریان، ع. حسین‌زاده، ع. گلبابائی، ف.، ۱۳۸۰، خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران شماره ۱۵.
- ۷- گلبابائی، ف.، جهان لتیباری، ا.، حسین‌زاده، ع. و نوربخش، ا.، ۱۳۷۷. بررسی ویژگی‌های کاربردی خمیر کاغذ کرافت از چوب الداریکا. تحقیقات چوب و کاغذ ایران شماره ۵.
- ۸- منظورالاجداد، مهدی، ۱۳۷۹، وضعیت کاغذ چاپ و تحریر در ایران و جهان و روش‌های مختلف چاپ وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، سازمان چاپ و انتشارات.
- ۹- میرشکرانی، ا. و صادقی فر، ح.، شیمی کاغذ. ناشر آبیژ
- 10-Franklin, G.L. (1954). Arapid method of softening wood for microtome sectioning. *Tropical Woods* 88-36.
- 11- Hunt- k; Hatton-Jv, 1995, Specific gravity and chemical thinning from six soft wood species. *Pulp- and- paper- canada*. 1995, 96: 11, 50-53;24 ref.
- 12- TAPPI test methods 1992-1993
- 13- Tyrvaine- J, 1995, Wood and fiber properties of norway spruce and its suitability for thermomechanical Pulping. *Acta- Forestalia- Fennica*. 1995, No. 249, 0-155; 341 ref.

جدول شماره ۱- حداقل، حداکثر و میانگین جرم مخصوص خشک و

بحرانی چوب درخت پسه آ

Standard error	Standard diviation	میانگین	حداکثر	حداقل	عامل اندازه گیری شده
۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۳۳۴	۰/۳۴	۰/۳۲	جرم مخصوص خشک
۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۳۰۶	۰/۳۱	۰/۳	جرم مخصوص بحرانی

جدول شماره ۲- نتایج حاصل از اندازه گیری ابعاد الیاف چوب درخت پسه آ

S	$\sigma$	میانگین	حداکثر	حداقل	عامل اندازه گیری شده
۰/۵۳۴۳	۰/۵۳۱۷	۳/۰۷	۴/۳۶	۱/۷۸	طول فیبر (میلیمتر)
۷/۷۸۸۱	۷/۷۴۹	۴۴/۶۷	۶۱/۵۴	۲۵/۶۴	قطر فیبر (میکرون)
۷/۶۹۸۵	۷/۶۵۹۹	۳۶/۲۹	۵۱/۲۸	۲۰/۵۱	قطر حفره سلولی (میکرون)
۱/۵۸۰۷	۱۰/۵۷۲۸	۴/۱۹	۱۰/۲۶	۲/۵۶	ضخامت دیواره سلولی (میکرون)

جدول شماره ۳- ضرائب کاغذ سازی چوب درخت پسه آ

ضریب رانکل	ضریب نرمش	ضریب لاغری	ضخامت دیواره سلولی	قطر حفره سلولی	قطر فیبر (میکرون)	طول فیبر (میلیمتر)
$\frac{2P}{C} * 100$	$\frac{C}{D} * 100$	$\frac{L}{D} * 1000$	(P) (میکرون)	(C) (میکرون)	(D)	(L)

۲۳/۰۲	۸۱/۲۳	۶۸/۷۲	۴/۱۹	۳۶/۲۹	۴۴/۶۷	۳/۰۷
-------	-------	-------	------	-------	-------	------

جدول شماره ۴- نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیبهای شیمیایی چوب درخت

پسه آ

ردیف	سلولز (%)		لیگنین (%)		خاکستر (%)		مواد استخراجی (%)	
	تکرار	میانگین	تکرار	میانگین	تکرار	میانگین	تکرار	میانگین
۱	۵۹/۶۰		۲۸/۹۴		۰/۳۸		۱/۴۹	
۲	۵۹/۵۳		۲۹/۳۲		۰/۳۶		۱/۴۸	
۳	۵۹/۷۳		۲۸/۶۵		۰/۳۳		۱/۳۲	
۴	۶۰/۰۲		۲۸/۶۸		۰/۲۳		۱/۲۹	
۵	۵۹/۸۱		۲۹/۱۳		۰/۳۵		۱/۴۵	



جدول شماره ۵- نتایج حاصل از اندازه گیری بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای

چوب درخت پیسه آبیس

میانگین	عدد کاپا			میانگین	بازده %			زمان پخت (دقیقه)	EA%
	تکرار				تکرار				
	۳	۲	۱		۳	۲	۱		
۵۳/۴۱	۵۴/۱۵	۴۹/۶۴	۵۶/۴۴	۵۱/۴۶	۵۱/۴۰	۵۲/۸۷	۵۰/۱	۳۰	۱۶
۴۹/۹۴	۴۹/۳۶	۵۲/۳۴	۴۸/۱۴	۴۷/۳۷	۴۷/۰۳	۴۸/۱۷	۴۶/۹۲	۳۰	۱۸
۳۷/۱۹	۳۶/۵۷	۳۶/۷۷	۳۸/۲۴	۴۶/۸۹	۴۶/۹۲	۴۶/۶۳	۴۷/۱۲	۳۰	۲۰
۴۵/۰۹	۴۳/۸۰	۴۷/۳۳	۴۴/۱۴	۴۷/۴۹	۴۷/۱۸	۴۷/۹۳	۴۷/۳۷	۶۰	۱۶
۳۴/۱۲	۳۵/۱۲	۳۵/۷۰	۳۱/۵۴	۴۳/۷۲	۴۴/۱۲	۴۴/۳۸	۴۳/۶۵	۶۰	۱۸
۲۲/۸۴	۲۱/۵۵	۲۲/۵۴	۲۴/۴۳	۴۲/۴۶	۴۱/۸۹	۴۲/۲۴	۴۳/۲۴	۶۰	۲۰
۳۳/۱۷	۳۳/۵۵	۳۳	۳۲/۹۶	۴۶/۷۶	۴۶/۱۸	۴۶/۹۸	۴۷/۱۲	۹۰	۱۶
۲۵/۶۹	۲۷/۶۷	۲۴/۵۶	۲۴/۸۴	۴۶/۶۲	۴۵/۹۸	۴۶/۶۱	۴۶/۲۸	۹۰	۱۸
۲۲/۸۴	۲۱/۵۵	۲۲/۵۴	۲۴/۴۳	۴۲/۴۶	۴۱/۸۹	۴۲/۲۴	۴۳/۲۴	۶۰	۲۰
۲۰/۳۲	۲۱/۴۳	۲۰/۳۸	۱۹/۱۴	۴۳/۸۴	۴۴/۹۳	۴۴/۳۴	۴۲/۲۴	۹۰	۲۰

جدول شماره ۶- گروه بندی بازده خمیر کاغذهای چوب درخت پیسه آبیس

گروه بندی	بازده (%)	قلیائیت موثر (%)	زمان پخت (دقیقه)
A	۵۱/۷۶	۱۶	۳۰
B	۴۷/۴۹	۱۸	۳۰
B	۴۷/۳۷	۱۶	۶۰
B	۴۷/۵۹	۱۶	۹۰
B	۴۶/۷۶	۲۰	۳۰
C	۴۶/۲۹	۲۰	۶۰
C	۴۴/۰۵	۱۸	۶۰
C	۴۳/۸۴	۲۰	۹۰

C	۴۲/۴۶	۱۸	۹۰
---	-------	----	----

جدول شماره ۷- گروه بندی بازده خمیر کاغذهای چوب درخت پیسه آ آبیس

گروه بندی	عدد کاپا	زمان پخت (دقیقه)	قلیابیت موثر (%)
A	۵۳/۴۱	۱۶	۳۰
B	۴۹/۹۴	۱۶	۶۰
C	۴۵/۰۹	۱۸	۳۰
D	۳۷/۱۹	۱۶	۹۰
E	۳۴/۰۰	۱۸	۶۰
E	۳۳/۱۷	۲۰	۳۰
F	۲۷/۱۹	۲۰	۶۰
G	۲۲/۸۴	۱۸	۹۰
G	۲۰/۳۲	۲۰	۹۰

جدول شماره ۸: نتایج حاصل بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای مختلف

نوع	سن درخت (سال)	محل قطع درخت	زمان پخت (دقیقه)	قلیابیت موثر	قلیابیت فعال	بازده	عدد کاپا
کاج الداریکا	۲۳	زاغمرز	۹۰	-	۱۸	۴۳/۶۵	۳۶/۲۵
الیاف بلند	-	وارداتی	-	-	-	۵۰	۳۴
نوتل	۲۵-۲۸	کلاردشت	۶۰	۱۸	-	۴۸/۴۱	۳۸/۱۵
نوتل	۲۵-۲۸	کلاردشت	۶۰	۲۰	-	۴۶/۵۶	۳۲/۷۱
نوتل	۲۲	پیسه سون	۹۰	۱۸	-	۴۶/۲۹	۲۵/۶۹

جدول شماره ۹- مقایسه میانگین اندیس مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذهای چوب درخت

پسه آیس

گروه بندی دانکن	مقاومت در برابر پاره شدن mNm <sup>2</sup> /gr	زمان پخت (دقیقه)	قلیائیت موثر (%)
A	۷/۰۷۸	۹۰	۲۰
A	۷/۷۴۳	۶۰	۲۰
B	۷/۳۱۰	۳۰	۲۰

جدول شماره ۱۰- نتایج اندازه گیری خواص مقاومتی کاغذهای دست ساز چوب

درخت پسه آیس

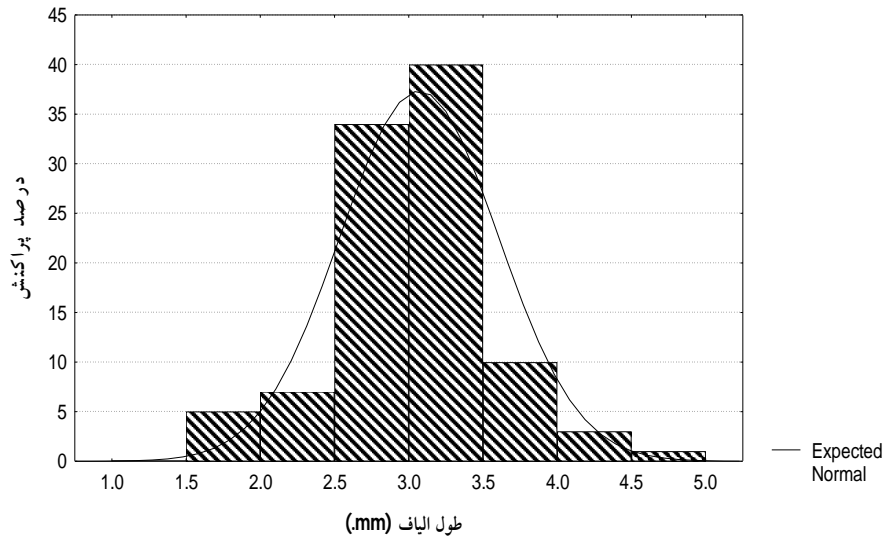
وزن پایه (گرم)	مقاومت در برابر ترکیدن kPam/gr			طول پاره شدن Km			مقاومت در برابر پاره شدن mNm <sup>2</sup> /gr			زمان پخت (دقیقه)
	تکرار			تکرار			تکرار			
	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	
۶۰	۵/۳۸	۵/۴۹	۵/۷۵	۸/۴۰	۸/۴۰	۸/۵۰	۷/۴۲	۷/۲۰	۷/۱۱	۳۰
۶۰	۵/۷۶	۵/۴۸	۵/۶۹	۹/۳۰	۹/۱۶	۹/۷۰	۷/۵۲	۷/۳۸	۷/۷۷	۶۰
۶۰	۵/۶۳	۵/۸۹	۵/۹۱	۱۰	۹/۹	۹/۹	۷/۸۷	۷/۵۴	۷/۹۳	۹۰

جدول شماره ۱۱: اندیس مقاومت در برابر پاره شدن چند خمیر کاغذ الیاف بلند

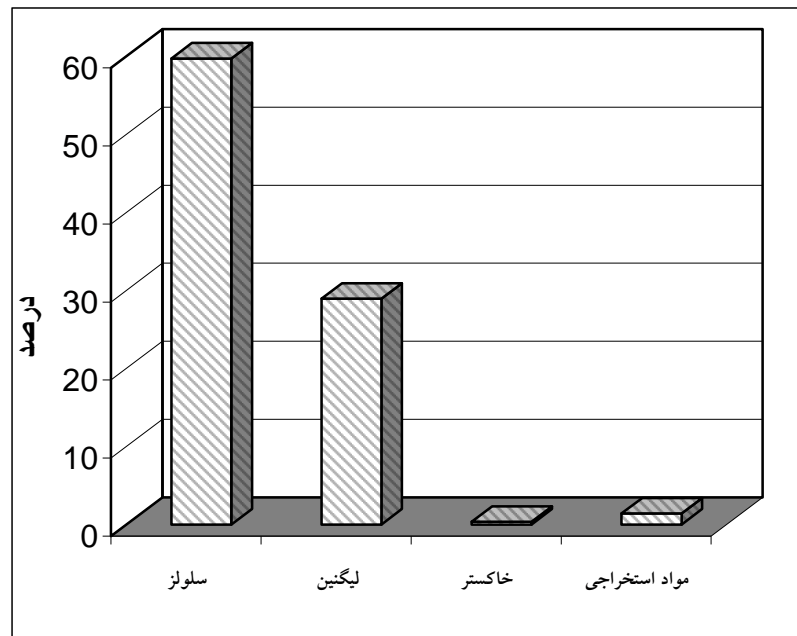
نوع خمیر کاغذ	قلیائیت موثر (%)	زمان پخت (دقیقه)	مقاومت در برابر پاره شدن $mNm^2/gr$
نوتل کلاردشت	۱۸	۳۰	۱۱/۲۳
نوتل کلاردشت	۲۰	۳۰	۱۱/۲۳
الیاف بلند وارداتی	-	-	۱۰
کاج الداریکای زاغمرز	۲۰	۹۰	۸/۵۲
نوتل پسه سون	۲۰	۶۰	۷/۵۶
نوتل پسه سون	۱۸	۹۰	۷/۷۸

جدول شماره ۱۲- گروه بندی طول پاره شدن خمیر کاغذ پسه آبیس

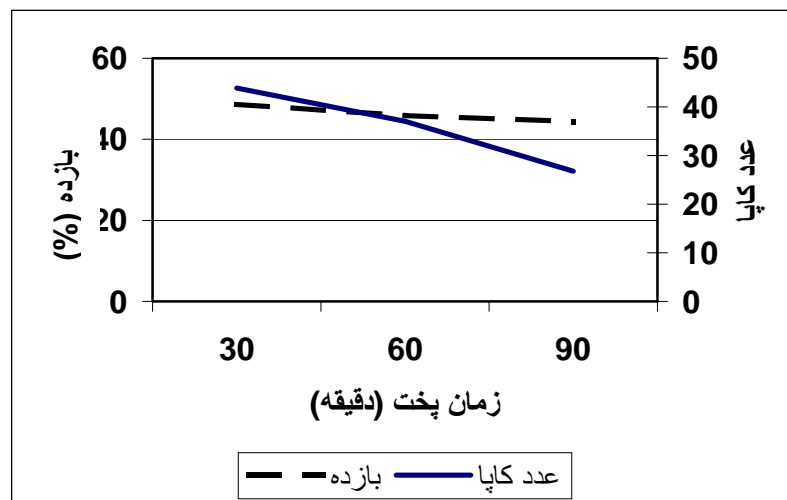
گروه بندی	طول پاره شدن Km	زمان پخت (دقیقه)
A	۹/۹۳۳	۹۰
B	۹/۳۸۷	۶۰
C	۸/۴۳۳	۳۰



شکل شماره ۱- منحنی پراکنش طول الیاف پسه آایس

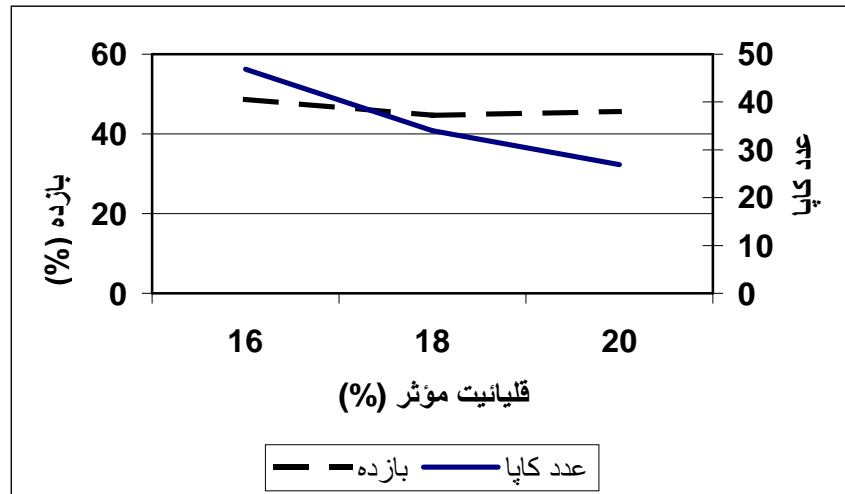


شکل شماره ۲ - هیستوگرام ترکیب شیمیایی درخت پیسه آبیس

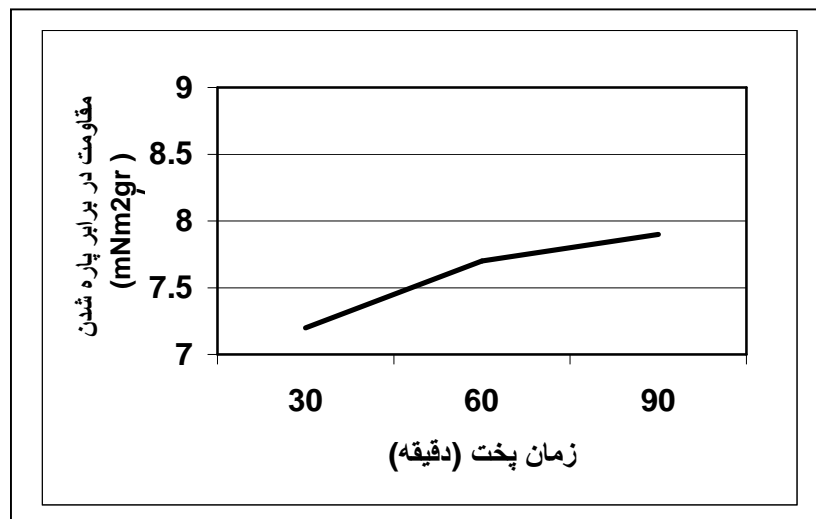


شکل شماره ۳ - تأثیر افزایش زمان پخت بر بازده و عدد کاپای چوب درخت پیسه آبیس



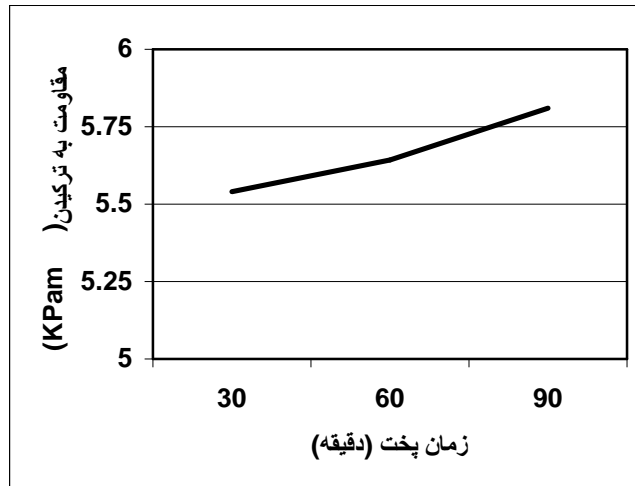


شکل شماره ۴- تاثیر قلیائیت موثر بر بازده و عدد کاپای چوب درخت پیسه آبیس





شکل شماره ۵- تاثیر زمان پخت بر مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز تهیه شده از درخت پسه آئیس



شکل شماره ۶- تاثیر زمان پخت بر مقاومت در برابر ترکین کاغذهای دست ساز تهیه شده از درخت پیسه آیس

### Investigation on delignification and pulping of spruce (*Picea abies*)

**Summary:** Two 22 years old spruce trees (*Picea abies*) from Picesoon region of Gilan province is investigated. These samples were transferred to the Alborz research center. The physical, anatomical and chemical properties of samples were determined. Dry and critical srpecific gravity, fiber length, amount of cellulose and lignin were measured at of 0.334, 0.306, 3.07 mm , % 59.74 and % 28.94 respectively. Average yield and kappa number of kraft pulp at %16, %18 and %20 effective alkali , were determined at 48/67%, 44.67%, 45.63% and 46.85 , 33.98 and 26.89 respectively.

The result of this research indicates that production of suitable pulp from picea abies wood is possible.

**Key word:** *Picea abies*, kraft process, effective alkali, cellulose, lignin, pulp.