

## خصوصیات خمیر کاغذ چوب درخت صنوبر تریپلو

عباس فخریان<sup>۱\*</sup>، فرداد گلبابائی<sup>۲</sup>، حسین حسین خانی<sup>۲</sup>، کامیار صالحی<sup>۲</sup>،

سعید مهدوی<sup>۳</sup> و صبرینه محسنی توکلی<sup>۴</sup>

۱- مسئول مکاتبات، مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور،

پست الکترونیک: fakhryan@rifr-ac.ir

۲- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۴- کارشناس ارشد، کارخانه تکاب - مازندران - آمل

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۷

### چکیده

در این تحقیق خصوصیات آناتومیکی، شیمیایی و خمیر کاغذ صنوبر تریپلو مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه برداری از طرح بررسی سازگاری و خصوصیات کمی این درخت از ایستگاه تحقیقات کرج انجام گرفت. سن درختان در زمان قطع ۱۲ سال و قطر برابر سینه آنها حدود ۲۳ سانتی متر اندازه گیری شد. میانگین طول الیاف ۱/۲۷ میلی متر و میانگین قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی به ترتیب ۳۱/۸۸ میکرون، ۲۳/۵۴ میکرون و ۴/۲۲ میکرون و میانگین میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر این درخت به ترتیب ۵۳/۷۴٪، ۲۲/۸۷٪، ۱/۱۸٪ و ۱/۵٪ اندازه گیری شد. بازده خمیر کاغذهای کرافت در این تحقیق بین ۴۸-۴۱/۱۵۲ درصد و عدد کاپای آنها بین ۲۵/۲۸-۱۸/۰۶ اندازه گیری شد. مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها در قلیائیت مؤثر ۱۴/۱۴ mNm<sup>2</sup>/gr و در قلیائیت مؤثر ۱۸٪، ۱۰/۱۴۷ mNm<sup>2</sup>/gr بدست آمد.

واژه های کلیدی: صنوبر تریپلو - خمیر کاغذ - کرافت (سولفات) - عدد کاپا - کاغذ دست ساز - مقاومت در برابر پاره شدن

### مقدمه

رضایت بخشی دست یافته‌اند. کشور ایران نیز به دلیل وسعت زیاد و تنوع آب و هوایی دارای پتانسیل زیادی است که با برنامه‌ریزی دقیق به طور یقین قادر به توسعه عرصه‌های منابع جنگلی و تولید چوب است. از گونه‌های سریع‌الرشدی که از دیر باز بطور سنتی و صنعتی در اقصی نقاط کشور کشت می‌شده‌است، صنوبرها هستند. صنوبرها، چوبی سبک، ترد، سفید و یکنواخت تولید می‌کنند که در صنایع ساختمان سازی،

اگرچه منابع جنگلی در زمره منابع تجدید شونده جهان به حساب می‌آیند ولی به علت استفاده بی رویه، این منابع در حال کاهش و نابودی هستند و لازم است برای رفع نیاز صناعی که از مواد اولیه چوبی استفاده می‌کنند چاره اندیشی شود. امروزه در برخی کشورهای جهان مشاهده می‌شود که با توسعه جنگلهای دست کاشت وبا استفاده از گونه های سریع‌الرشد به نتایج

۱۴/۸۵-۳۹/۴۸ و عدد کاپای آنها را بین ۰/۵۲/۲۸-۰/۴۸/۸۳٪ و عدد کاپای آنها را بین ۱۴/۸۵-۳۹/۴۸ اندازه گیری کرد. بازده خمیر کاغذ درخت ۱۲ ساله با ۰/۴۹/۱۰٪ بیشتر از بازده خمیر کاغذهای درختان ۴ و ۶ ساله با ۰/۴۷/۲۱٪ و ۰/۴۷/۱۲٪ بوده است. در این تحقیق ویژگیهای فیزیکی، آناتومیکی و شیمیایی خمیر کاغذ چوب درخت صنوبر تریپلو مورد اندازه گیری قرار خواهد گرفت.

### روش کار:

### مواد و روشها

نمونه برداری از چوب صنوبر تریپلو (*Populus triplo*) از طرح بررسی سازگاری و خصوصیات کمی این درخت از ایستگاه تحقیقات کرج انجام گرفت. مشخصات این ایستگاه به صورت زیر است:

ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۳۰۰ متر و میانگین بارندگی سالیانه آن ۲۵۰ میلیمتر می باشد. حد اقل و حد اکثر مطلق درجه حرارت به ترتیب ۲۱/۷-۴۱ درجه سانتیگراد بوده و میانگین درجه حرارت ۱۳/۷ درجه سانتیگراد می باشد. به طور کلی کرج از نظر آب و هوایی در منطقه نیمه خشک قرار گرفته است. اراضی ایستگاه تحقیقات البرز از رسوبهای آبرفتی با عمق متوسط ۷۰ سانتیمتر تشکیل شده است. خاک محل اجرای طرح فاقد شوری بوده و pH آن برابر ۸/۱۶ می باشد. بافت خاک از لومی تا لومی شنی متغیر است. سن درخت در زمان قطع ۱۲ سال و قطر برابر سینه آن ۲۳/۵۰ سانتیمتر اندازه گیری شد. یک دیسک به ضخامت ۲۵ سانتیمتر از قطر برابر سینه درخت مذکور تهیه که برای اندازه گیری ویژگیهای فیزیکی، آناتومیکی و شیمیایی استفاده شد.

تخته لایه، کبریت سازی و مبلمان و کاغذ سازی مورد استفاده قرار می گیرد.

پورموسی (۱۳۷۷) خصوصیات کاغذ سازی دو کلن صنوبر *P.euroamericana* و *P.nigra var betolifolia* در دو طبقه قطری ۲۰ و ۱۵ سانتی متر را با فرآیندهای CMP و APMP مورد بررسی قرار داده است. نتایج بررسی های آناتومیک، فیزیکی و تجزیه شیمیایی خمیر کاغذ و کاغذ سازی تیمارها نشان دادند که کلن *P. euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتی متر در فرآیند APMP نسبت به دیگر تیمارها برتر است.

رمضانی (۱۳۸۰) تحقیقاتی را به منظور بررسی و مقایسه پتانسیل سه گونه بومی و سریع الرشد صنوبر شامل *P.nigra*، *P.deltoides* و *P.X. euroamericana* جهت تولید خمیر کاغذ پراکسید قلیایی APMP به انجام رساند. بیشترین طول فیبر و همچنین بیشترین ضریب لاغری مربوط به گونه *P.X. euroamericana* بود. بعلاوه، میزان سلولز این گونه بیشتر ولیگنین آن کمتر است. نتایج حاصل از اندازه گیری بازده و درجه روانی نشان داد که متوسط بازده و درجه روانی (بر حسب SR) گونه *P.X. euroamericana* در مقایسه با سایر گونه های مورد آزمایش دارای بیشترین مقدار است. همچنین مشخص شد که اثر دما بر کاهش بازده و افزایش درجه روانی (بر حسب SR) معنی دار بوده است.

فخریان (۱۳۸۱) خصوصیات لیگنین زدایی و کاغذسازی چوب صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ تولید شده در سه دوره بهره برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله را مورد بررسی قرار داد. میانگین بازده خمیر کاغذهای کرافت در درجه حرارت پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس، سولفیدیت ۲۵٪ و نسبت مایع پخت به چوب ۵ به ۱ را بین

ابعاد الیاف تراشه‌هایی از قسمتهای مختلف هر ۴ سال رویش سالیانه بطور جداگانه تهیه و پس از آماده سازی، اندازه گیری بر روی آنها انجام گرفت. برای تهیه خرده‌چوب از مخلوط نمونه‌ها و با استفاده از یک خردکن آزمایشگاهی استفاده شد. برای جدا سازی الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شد. برای انجام آزمایشهای شیمیایی چوب از استانداردهای زیر استفاده شد.

تهیه نمونه برای اندازه گیری ویژگیهای فیزیکی، آناتومیکی، شیمیایی و تهیه چپس (خرده چوب): برای اندازه‌گیری ویژگیهای فیزیکی، مکعبهایی به ابعاد ۲ سانتی متر از قسمتهای مختلف دیسک تهیه شد و از بین آنها ۲۰ مکعب (نمونه) به طور تصادفی انتخاب شد. پس از اشباع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشباع، حجم خشک و وزن خشک، جرم ویژه خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری

تهیه آرد چوب	آیین نامه شماره ۸۵- T ۲۵۷ استاندارد TAPPI
تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۶۴ استاندارد TAPPI
خاکستر	آیین نامه شماره ۸۵- T ۲۱۱ استاندارد TAPPI
لیگنین	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۲۲ استاندارد TAPPI
مواد استخراجی	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۰۴ استاندارد TAPPI
سلولز	روش اسید نیتریک

عوامل ثابت و متغیر پخت به شرح ذیل در نظر گرفته شد:

تهیه خمیر کاغذ :  
برای پخت و تهیه خمیر کاغذ از روش کرافت (سولفات) استفاده شد. پس از انجام پخت‌های آزمایشی،

زمان پخت (دقیقه) :	۶۰ و ۱۲۰
قلیائیت موثر (مبناء Na <sub>2</sub> O) :	۱۲٪ - ۱۴٪ - ۱۶٪ - ۱۸٪ - ۲۰٪
دمای پخت :	۱۷۰ درجه سانتی گراد
سولفیدیته:	۲۵٪
نسبت L/W :	۵ به ۱

در زمان پخت ۶۰ دقیقه و قلیائیت موثر ۱۴٪ و ۱۸٪، پس از پالایش تا درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) کاغذ دست ساز تهیه شد. پالایش خمیر کاغذها و اندازه گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست ساز مطابق با استانداردهای زیر انجام گرفت.

پس از پایان زمان پخت، جدا سازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام گرفته و سپس نمونه‌ها شستشو داده شدند. به منظور جدا سازی الیاف پخته نشده (واژه) از الک با مش ۱۸ استفاده شد. هر پخت با سه تکرار انجام گرفت و پس از هر بار پخت، میزان بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها اندازه‌گیری شد. از بین خمیر کاغذهای پخته شده

عدد کاپا	آیین نامه شماره ۸۵ - ۲۳۶ cm T استاندارد TAPPI
پالایش خمیر کاغذ	آیین نامه شماره ۸۵ - ۲۴۸ cm T استاندارد TAPPI
اندازه گیری درجه روانی	آیین نامه شماره ۹۲ - ۲۲۷ om T استاندارد TAPPI
ساخت کاغذ دست ساز	آیین نامه شماره ۸۸ - ۲۰۵ om T استاندارد TAPPI
مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ	آیین نامه شماره ۸۸ - ۴۱۴ om T استاندارد TAPPI
مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ	آیین نامه شماره ۹۱ - ۴۰۳ om T استاندارد TAPPI
طول پاره شدن کاغذ	آیین نامه شماره ۸۸ - ۴۹۸ om T استاندارد TAPPI

۴ و ۵ تاثیر زمان پخت و میزان قلیائیت مؤثر بر بازده خمیر کاغذها نشان داده شده است. در جداول ۶ و ۷ گروه بندی بازده خمیر کاغذها تحت تاثیر قلیائیت مؤثر و اثر متقابل زمان پخت و قلیائیت مؤثر آورده شده است. در جدول ۸ نتایج حاصل از اندازه گیری مقاومت کاغذهای دست ساز خلاصه شده است. در شکل ۶ هیستوگرام طول پاره شدن چوب درخت صنوبر تریپلو نشان داده شده است.

### بحث

میانگین جرم ویژه خشک و بحرانی چوب درخت تریپلو به ترتیب ۰/۳۴۲ و ۰/۳۱۱ گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه گیری شد. نتایج نشان می دهد که چوب این درخت جزء چوبهای خیلی سبک محسوب می شود. پورموسی (۱۳۷۷) دانسیته خشک و بحرانی چوب صنوبر اورامریکن در طبقه قطری ۲۰ سانتی متری را به ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۳۲ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری کرد که این مقدار با مقادیر بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. ابعاد الیاف:

میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی ۶۰ عدد فیبر صنوبر تریپلو به ترتیب ۱/۳۷ میلی متر، ۳۱/۸۸ میکرون، ۲۳/۵۴ میکرون

برای مقایسه ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار، بازده خمیر کاغذها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، ویژگیهای مقاومتی کاغذهای دست ساز از جدول آنوا (One way grouped anova) و مقایسه میانگینها از آزمون دانکن استفاده شد.

### نتایج

در جدول ۱ نتایج حاصل از اندازه گیری و در شکل ۱ هیستوگرام جرم ویژه خشک و بحرانی صنوبر تریپلو ۱۲ ساله آورده شده است. نتایج حاصل از اندازه گیری طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره این درخت (۶۰ رشته) در جدول ۲ و در شکل ۲ هیستوگرام قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره این درخت نشان داده شده است. با در نظر گرفتن ابعاد الیاف ضرایب کاغذسازی درخت صنوبر تریپلو محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیب شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی در جدول ۴ و در شکل ۳ هیستوگرام آنها نشان داده شده است. در جدول ۵ نتایج حاصل از بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها و در شکل های

با افزایش زمان پخت نیز اختلاف بازده خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار شد. خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت یکساعت با بازده ۴۵/۸۹٪ در گروه A و بازده خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۲ ساعت با ۸۶٪ بازده ۴۳٪ در گروه B قرار گرفتند. اثر متقابل زمان پخت و قلیائیت مؤثر نیز بر بازده خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار شد. خمیر کاغذهای پخته شده در قلیائیت مؤثر ۱۲٪ و زمان پخت ۱ ساعت با بازده ۴۹/۱۰٪ در گروه A و خمیر کاغذ پخته شده در قلیائیت مؤثر ۲۰٪ و زمان پخت ۲ ساعت با بازده ۳۹/۷۷٪ در گروه H قرار گرفت. عدد کاپای این دو خمیر کاغذ به ترتیب ۲۹/۲۶ و ۱۱/۳۵ اندازه گیری شد.

عدد کاپا :

با افزایش قلیائیت مؤثر و زمان پخت، عدد کاپای خمیر کاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی دار شد. کمترین عدد کاپا تحت شرایط قلیائیت مؤثر ۲۰٪ و بیشترین عدد کاپا در قلیائیت مؤثر ۱۲٪ بدست آمد. عدد کاپای این دو خمیر کاغذ به ترتیب ۱۱/۰۶ و ۲۵/۲۸ بدست آمد. اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز بر عدد کاپای خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار شد. عدد کاپای خمیر کاغذ در قلیائیت مؤثر ۱۲٪ و زمان پخت ۱ ساعت با ۲۶/۲۹ بیشترین مقدار عدد کاپا و تحت شرایط قلیائیت مؤثر ۲۰٪ و زمان پخت ۲ ساعت با ۱۰/۷۷ کمترین مقدار عدد کاپا را داشت.

#### مقاومت کاغذهای دست ساز:

مقاومت در برابر پاره شدن:

مقاومت کاغذها با افزایش قلیائیت مؤثر افزایش یافت که اختلاف این افزایش در سطح ۱٪ معنی دار شد. میانگین

۴/۲۲ میکرون اندازه گیری شد. ضرائب کاغذسازی این درخت شامل ضریب لاغری، ضریب نرمش و ضریب رانکل به ترتیب ۲۲/۹۷، ۷۳/۸۴ و ۳۵/۸۵ تعیین شد. فخریان (۱۳۸۰) میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف درخت صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سن ۱۲ سالگی را به ترتیب ۱/۲۹۹ میلیمتر، ۳۴/۴۶ میکرون، ۲۲/۰۲۸ میکرون و ۶/۲۴۵ میکرون و ضرایب کاغذسازی آنها شامل ضریب لاغری، ضریب نرمش و ضریب رانکل را به ترتیب ۳۷/۵۳، ۶۳/۹۲ و ۵۶/۷۰ بدست آورد. مقایسه نشان می دهد که طول الیاف صنوبر تریپلو کمی بیشتر از صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ و ضخامت دیواره آن کمی کمتر شده است.

ترکیب شیمیایی:

میانگین میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر درخت صنوبر تریپلو به ترتیب ۵۳/۷۴٪، ۲۲/۸۷٪، ۱/۸٪ و ۱/۵٪ اندازه گیری شد.

پورموسی (۱۳۷۷) میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر صنوبر تریپلو در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر را به ترتیب ۵۴/۳۳٪، ۲۱/۳۳٪، ۱/۳۵٪ و ۱/۲۱٪ گزارش کرد.

خمیر کاغذ:

با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۲٪ به ۲۰٪ بازده خمیر کاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی دار شد. بازده خمیر کاغذها در قلیائیت مؤثر ۱۲٪، ۱۴٪، ۱۶٪، ۱۸٪ و ۲۰٪ به ترتیب ۴۸٪، ۴۶/۶۶٪، ۴۵/۴۳٪، ۴۳/۱۲٪ و ۴۱/۵۲٪ و عدد کاپای آنها به ترتیب ۲۵/۲۸، ۱۷/۵۷، ۱۵/۴۶، ۱۴/۳۶ و ۱۱/۰۶ اندازه گیری شد.

۱۸٪، ۲۵۴۶ اندازه گیری شد. اختلاف این دو مقدار در سطح ۵٪ معنی دار نشد.

### نتایج

صنوبر تریپلواز درختان سریع الرشد است. جرم مخصوص این درخت کمتر از ۰/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب است و جزء چوبهای خیلی سبک به حساب می آید. میانگین طول الیاف این درخت ۱/۳۷ میلی متر بدست آمد که از طول الیاف اکثر پهن برگان بیشتر ولی از طول الیاف سوزنی برگان کوتاه تر است. سلولز این درخت زیاد ولیگنین آن در مقایسه با اکثر پهن برگان کمتر است. بر اثر افزایش قلیائیت مؤثر و زمان پخت، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها بدلیل حل شدن لیگنین دیوار سلولی کاهش یافت. نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها در این تحقیق تحت شرایط قلیائیت مؤثر ۱۶٪، زمان پخت ۱ ساعت و درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتیگراد متوسط بازده خمیر کاغذها ۴۶۳۴ و عدد کاپای آنها ۱۵/۶۸ بدست آمد. از این خمیر کاغذ می توان در تولید کاغذهای چاپ و تحریر استفاده کرد. برای افزایش مقاومت لازم است مقداری خمیر الیاف بلند به این خمیر اضافه شود.

مقاومت کاغذها در قلیائیت مؤثر ۱۴٪  $9/307 \text{ mNm}^2/\text{gr}$  و در قلیائیت مؤثر ۱۸٪  $10/147 \text{ mNm}^2/\text{gr}$  بدست آمد.

مقاومت در برابر ترکیدن :

مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست ساز در قلیائیت مؤثر ۱۴٪ بطور متوسط  $3/967 \text{ Pam}^2/\text{gr}$  و در قلیائیت مؤثر ۱۸٪  $4/683$  اندازه گیری شد که اختلاف این دو مقاومت در سطح ۱٪ معنی دار شد.

طول پاره شدن :

بر اثر افزایش درجه حرارت پخت اختلاف طول پاره شدن خمیر کاغذها در سطح ۵٪ معنی دار نشد. طول پاره شدن خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴٪،  $6/653$  کیلومتر و در قلیائیت مؤثر ۱۸٪  $7/147$  کیلومتر اندازه گیری شد.

تعداد تاه شدن:

تعداد تاه شدن کاغذهای دست ساز صنوبر تریپلو ی تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴٪، ۲۳۵۳ و در قلیائیت مؤثر

جدول ۱- جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب درخت صنوبر تریپلو

فاکتور اندازه گیری شده	میانگین (گرم بر سانتیمتر مکعب)	انحراف از معیار (نمونه)
جرم ویژه خشک	۰/۳۴۲	۰/۰۰۱
جرم ویژه بحرانی خشک	۰/۳۱۱	۰/۰۰۱

جدول ۲: ابعاد الیاف چوب درخت صنوبر تریپلو

فاکتور اندازه گیری شده	میانگین	انحراف از معیار (نمونه)
طول فیبر (میلی متر)	۱/۳۷	۰/۲۱
قطر فیبر (میکرون)	۳۱/۷۰	۵/۵۷
قطر حفره سلولی (میکرون)	۲۳/۵۴	۵/۵۶
ضخامت دیواره سلولی (میکرون)	۴/۲۲	۱/۲۰

جدول ۳- ضرائب کاغذ سازی چوب درخت صنوبر تریپلو

ضرب در هم رفتگی (L/d)	ضرب نرمش (c/d)	ضرب مقاومت به پارگی ( $2p/c \times 100$ )
۴۳/۲۲	۷۴/۲۶	۳۵/۸۵

جدول ۴- ترکیب شیمیایی چوب درخت صنوبر تریپلو

فاکتور اندازه گیری شده	تکرار					میانگین	انحراف از معیار (نمونه)
	۱	۲	۳	۴	۵		
سلولز (درصد)	۵۳/۳۰	۵۳/۵۸	۵۳/۹۶	۵۴/۱۲	۵۳/۷۲	۵۳/۷۴	۰/۳۲
لیگنین (درصد)	۲۲/۱۰	۲۳/۱۱	۲۴/۷۲	۲۲/۱۴	۲۲/۱۹	۲۲/۸۵	۱/۱۳
مواد استخراجی (درصد)	۱/۸۴	۱/۸۳	۱/۷۵	۱/۸۳	۱/۷۳	۱/۸۰	۰/۰۵
خاکستر (درصد)	۱/۵۲	۱/۵۸	۱/۵۸	۱/۴۴	۱/۳۸	۱/۵۰	۰/۰۹

جدول ۵- بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای چوب درخت صنوبر تریپلو

قلیائیت موثر %	زمان پخت (دقیقه)	بازده			عدد کاپا		
		تکرار	تکرار	تکرار	تکرار	تکرار	تکرار
		۱	۲	۳	۳	۲	۳
۱۲		۴۸/۹۴	۴۸/۳۶	۴۹/۷۳	۲۶/۶۰	۲۵/۸۴	۲۶/۴۲
۱۴		۴۷/۴۵	۴۷/۹۲	۴۷/۹۳	۱۷/۷۹	۱۸/۰۲	۱۷/۸۶
۱۶	۶۰	۴۶/۳۲	۴۶/۱۷	۴۶/۵۳	۱۵/۹۸	۱۵/۴۲	۱۵/۶۳
۱۸		۴۳/۸۰	۴۳/۷۲	۴۳/۵۶	۱۴/۸۹	۱۴/۴۶	۱۴/۷۲
۲۰		۴۲/۶۶	۴۲/۷۸	۴۲/۱۷	۱۰/۷۳	۱۰/۴۶	۱۱/۱۲
۱۲		۴۷/۱۳	۴۶/۶۴	۴۶/۹۲	۲۴/۵۴	۲۴/۴۲	۲۳/۸۶
۱۴		۴۵/۸۳	۴۵/۸۲	۴۴/۹۸	۱۷/۰۸	۱۷/۲۳	۱۷/۴۶
۱۶	۱۲۰	۴۴/۲۳	۴۴/۸۲	۴۴/۵۳	۱۵/۳۱	۱۵/۴۲	۱۵/۰۱
۱۸		۴۲/۳۱	۴۲/۵۷	۴۲/۷۶	۱۴/۰۳	۱۴	۱۳/۹۸
۲۰		۳۹/۳۵	۴۰/۱۲	۳۹/۸۳	۱۱/۲۴	۱۱/۸۳	۱۰/۹۷

جدول ۶- گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذها تحت تاثیر قلیائیت موثر

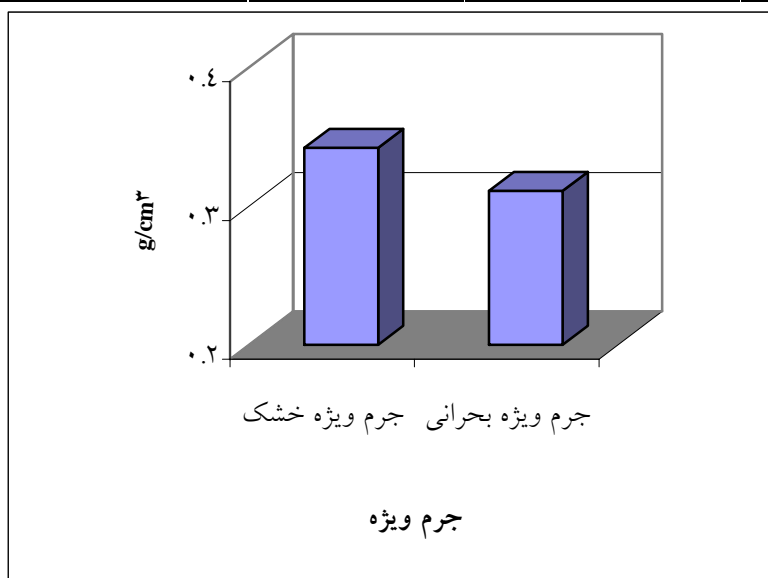
شماره	قلیائیت موثر (درصد)	بازده (درصد)	گروه بندی
۱	۱۲	۴۸/۰۰	A
۲	۱۴	۴۶/۶۵	B
۳	۱۶	۴۵/۴۳	C
۴	۱۸	۴۳/۱۲	D
۵	۲۰	۴۱/۱۵	E

جدول ۷- گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذها تحت تاثیر متقابل زمان پخت و قلیائیت موثر

گروه بندی	بازده (درصد)	قلیائیت موثر (درصد)	زمان پخت (دقیقه)
A	۷۹/۱۰	۱۲	۶۰
B	۴۷/۷۷	۱۴	۶۰
C	۴۶/۹۰	۱۲	۱۲۰
C	۴۶/۳۴	۱۶	۶۰
D	۴۵/۵۴	۱۴	۱۲۰
E	۴۴/۵۳	۱۶	۱۲۰
F	۴۳/۶۹	۱۸	۶۰
G	۴۲/۵۵	۱۸	۱۲۰
G	۴۲/۵۴	۲۰	۶۰
H	۳۹/۷۷	۲۰	۱۲۰

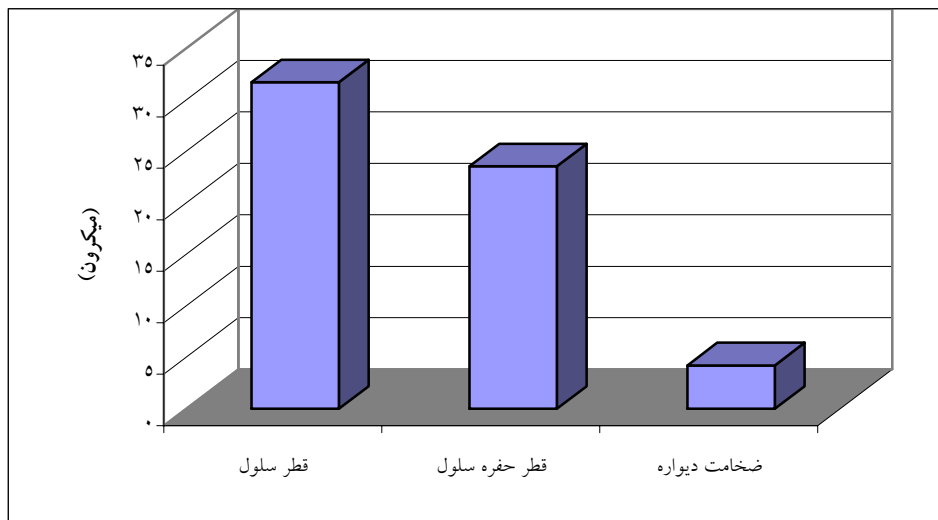
جدول ۸- نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگیهای مقاومتی کاغذهای صنوبر تریپلو

تعداد تاه شدن	مقاومت در برابر پاره شدن mNm2/gr	طول پاره شدن Km	مقاومت در برابر ترکیدن KPam2/gr	قلیائیت موثر (درصد)
تکرار	تکرار	تکرار	تکرار	
۲۴۵۴	۹/۳۲	۶/۸۵	۳/۹۲	
۲۲۶۳	۹/۲۸	۶/۷۵	۴/۰۸	۱۴
۲۳۴۱	۹/۳۲	۶/۳۶	۳/۹۰	
۲۶۵۶	۱۰/۲۹	۷/۰۸	۴/۷۲	
۲۵۱۳	۱۰/۲۹	۶/۸۹	۴/۶۶	۱۸
۲۴۶۸	۹/۸۶	۷/۴۷	۴/۶۷	

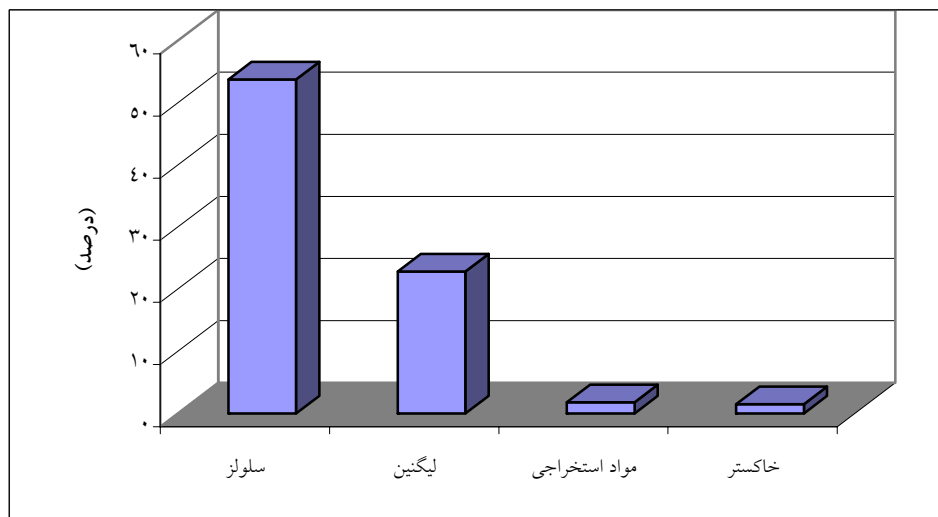


شکل ۱- هیستوگرام جرم ویژه چوب در صنوبر تریپلو

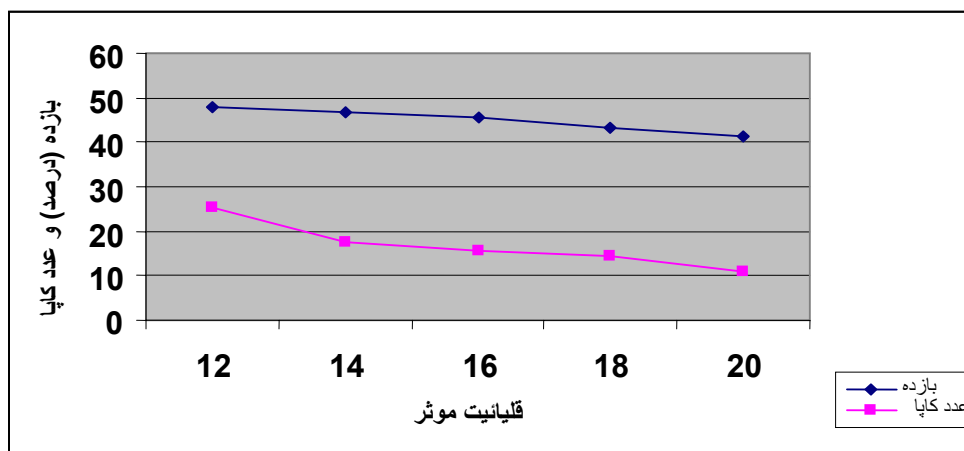




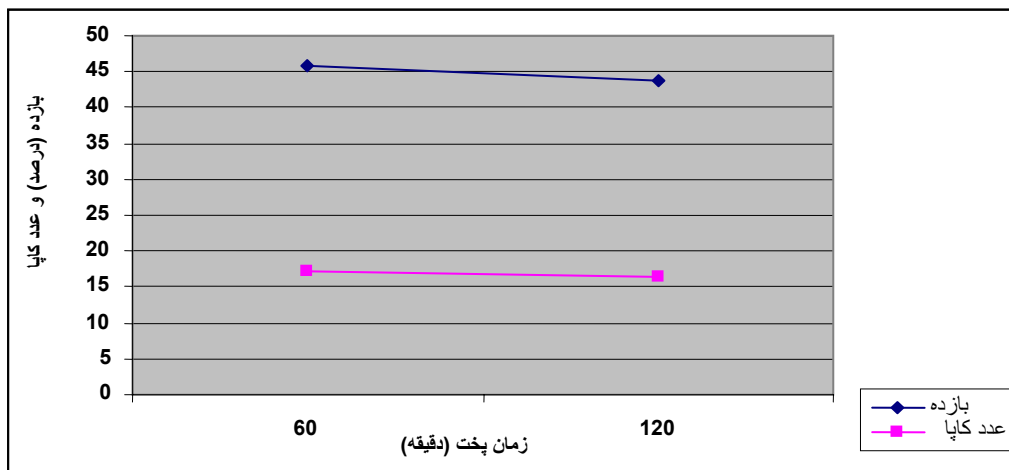
شکل ۲- هیستوگرام قطر سلول، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی چوب درخت صنوبر تریپلو



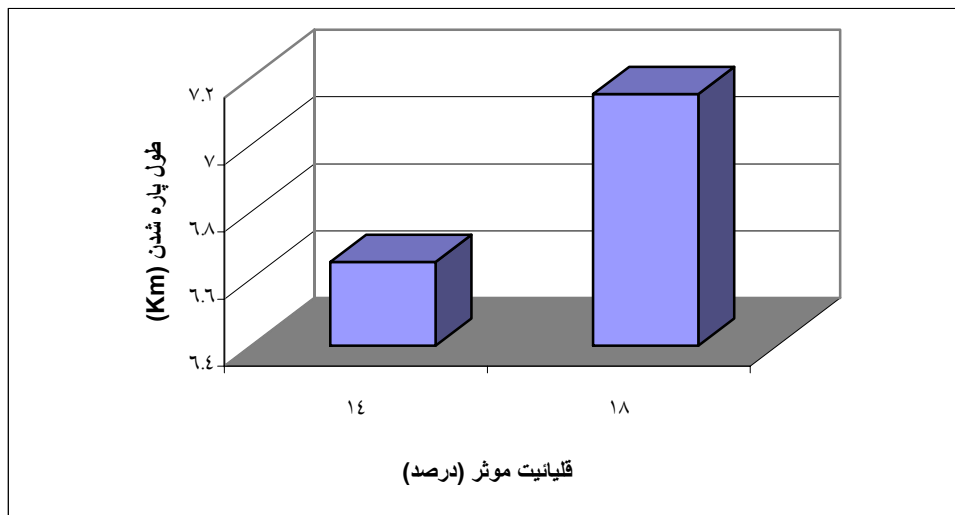
شکل ۳- ترکیب شیمیایی چوب درخت صنوبر تریپلو



شکل ۴- تاثیر قلیائیت موثر بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر تریپلو



شکل ۵- تاثیر زمان پخت بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر تریپلو



شکل ۶- مقایسه طول پاره شدن کاغذهای دست ساز

منابع مورد استفاده

- فخریان، ع.، حسین زاده ع. و گلبابایی ف. ۱۳۸۰. بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی صنوبر دلتونیدس کلن ۷۷/۵۱. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، نشریه چوب و کاغذ شماره ۱۵.

- فخریان، ع.، حسین زاده ع.، گلبابایی، ف.، حسیخانی، ح. ۱۳۸۱. خصوصیات لیگنین زدایی و کاغذ سازی چوب صنوبر دلتونیدس کلن ۷۷/۵۱ در سه دوره بهره برداری. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، نشریه چوب و کاغذ شماره ۱۶.

- Franklin, G.L. 1954. A rapid method of softening wood for microtome sectioning tropical woods. 88-36.

- Tappi test method, 1992-93. TAPPI press

- پارسا پژوه، د. تکنولوژی چوب. انتشارات دانشگاه تهران ۱۸۵۱

- پورموسی، ش. ۱۳۷۷. بررسی مقایسه‌ای خصوصیات کاغذسازی دو کلن صنوبر با فرایند مکانیکی توسعه یافته (APMP). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس.

- رسالتی، ح. ۱۳۶۷. تکنولوژی تهیه خمیر. جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی گرگان.

## Pulping characteristics of *Populus triplo* wood

Fakhryan, A. <sup>\*1</sup>, Golbabaee, F.<sup>2</sup>, Hosseinkhani, H.<sup>2</sup>, Salehi, K. <sup>2</sup>  
Mahdavi, S. <sup>3</sup> and Mohseni-Tavakkoli, S. <sup>4</sup>

1\*- Corresponding author, MS.c., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands,  
Email : fakhryan@rifr-ac.ir

2- MSc., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands , Iran.

3- MS.C., Takab factory, Amol, Mazandaran, Iran.

4- Ph. D., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands , Iran.

Received: December, 2008

Accepted: May, 2009

### Abstract.

In this research, chemical, anatomical and pulping properties of 12 years old *Populus triplo* of adapting plan and quantity properties of this tree from karaj research station were investigated. The average of fiber length, diameter, lumen and thickness of cell wall 1.27 mm, 31.88  $\mu\text{m}$ , 23.54  $\mu\text{m}$  and 4.22  $\mu\text{m}$  and cellulose, lignin, Ext. and ash %53.74, %22.87, %1.8 and %1.5 were measured respectively. The yield and kappa number of pulps between 41.152% - 48% and 18.06 - 25.28 were measured. In 14% and 18% effective alcoholli, tear index 9.307  $\text{mNm}^2/\text{gr}$  and 10.147  $\text{mNm}^2/\text{gr}$  were obtained.

**Key words:** *Populus triplo*, pulp, keraft (sulfate) process, Kappa number, hand sheet, tear strength