

بررسی لیگنین زدایی و کاغذسازی چوب صنوبر کوستانزو (*Populus costanzo*) به روش کرافت

عباس فخریان^{۱*}، حسین حسین خانی^۲، فرداد گلپایانی^۲ و مهدی برازنده^۲

*۱- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران

پست الکترونیک: Fakhryan@rifr-ac.ir

۲- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۸

چکیده

در این بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، ابعاد الیاف، خمیرکاغذ و کاغذسازی گونه صنوبر کوستانزو مورد تحقیق قرار گرفت. متوسط جرم ویژه خشک و بحرانی چوب به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۳۶ و میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی آن به ترتیب ۱/۱۴ میلی‌متر، ۲۸/۸۴ میکرون، ۲۴/۰۰ میکرون و ۲/۹۲ میکرون اندازه‌گیری شد. میزان سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی چوب این درخت به ترتیب ۵۰/۷۴٪، ۱۹/۱۸٪، ۱/۶۵٪ و ۱/۲۲٪ تعیین شد. به منظور پخت و تهیه خمیر کاغذ روش کرافت مورد استفاده قرار گرفت. بیشترین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر کوستانزو در زمان پخت ۱ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۵۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۲٪ به ترتیب با ۶۱/۹۱٪ و ۵۴/۸۳٪ و کمترین بازده و عدد کاپا در زمان پخت ۳ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۶٪ به ترتیب با ۴۵/۶۳٪ و ۱۳/۴۲٪ بدست آمد. طول پاره شدن کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳ ساعت با ۶۹۵۳ متر دارای بیشترین مقدار بوده و در گروه A قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: صنوبر کوستانزو، روش کرافت، بازده خمیرکاغذ، عدد کاپا، مقاومت در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر پاره شدن

مقدمه

کشت صنوبر در اکثر نقاط کشور به صورت گونه‌های بومی و یا بومی شده رایج است و بعضی از کلن‌های آن از رشد بسیار زیادی برخوردار بوده و در مدت زمان کوتاهی چوب قابل توجهی را تولید می‌کند. از چوب صنوبر در صنایع مختلف و به خصوص صنایع سلولزی می‌توان استفاده کرد. یکی از گونه‌های سریع‌الرشد که در کشورمان از سازگاری نسبتاً خوبی برخوردار هست گونه صنوبر

کوستانزو می‌باشد. در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی، آناتومیکی، شیمیایی و خمیرکاغذ گونه صنوبر کوستانزو مورد بررسی قرار گرفت. از خمیرکاغذها، کاغذ دست‌ساز تهیه شد. ویژگی‌های مقاومتی و نوری کاغذهای دست‌ساز اندازه‌گیری و مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. توسعه استفاده از صنوبر در کشورهای مختلف جهان به علت رشد سریع، کاربرد آن در زراعت چوب و میزان رویش سالیانه زیاد آن می‌باشد. تولید خمیرکاغذ از صنوبر

خمیرکاغذی با بازده ۵۳٪ و عدد کاپای ۱۸ که عدد کاپای پایینی است رسید که خمیری مناسب برای سفیدسازی و تولید کاغذ و تصویر است.

نظرنژاد (۱۳۷۵) در بررسی خصوصیات خمیر و کاغذ با بازده زیاد از دو گونه صنوبردلتوئیدس و صنوبراورامریکن به نتایج زیر رسیده است:

میانگین طول الیاف صنوبردلتوئیدس ۱/۱۲ میلی متر
میانگین طول الیاف صنوبراورامریکن ۱/۲۹ میلی متر
دانسیته چوب صنوبردلتوئیدس ۰/۳۷
دانسیته چوب صنوبراورامریکن ۰/۳۹

سلولز چوب صنوبردلتوئیدس چوب برون ۵۲/۸۸ درصد
چوب درون ۵۳/۲۰ درصد

سلولز چوب صنوبر اورامریکن چوب برون ۵۷/۲۰ درصد
چوب درون ۵۶/۴۴ درصد

لیگنین چوب صنوبردلتوئیدس چوب برون ۲۳/۴۳ درصد
چوب درون ۲۳/۵۰ درصد

لیگنین چوب صنوبراورامریکن چوب برون ۱۸/۸۲ درصد
چوب درون ۱۸/۹۳ درصد

نامبرده بازده خمیرکاغذ CMP صنوبر دلتوئیدس را ۸۲-۸۸ درصد اندازه گیری کرده و اظهار می دارد که مقاومتهای مکانیکی گونه اورامریکن بیشتر از صنوبر دلتوئیدس است.

عباس فخریان (۱۳۸۱) در بررسی خصوصیات لیگنین زدایی و کاغذسازی چوب صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سه دوره بهره برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله بازده خمیرکاغذ کرافت را حداقل ۴۳/۸۳ درصد و حداکثر ۵۲/۲۸ درصد و عددکاپای آنها را به ترتیب ۱۴/۸۵ و ۳۹/۴۸ اندازه گیری کرد.

شادمان پورموسی (۱۳۷۷) در بررسی مقایسه ای

در حدود ۱۰۰ سال پیش برای اولین بار توسط یک شرکت آمریکایی تولید خمیرکاغذ در مانایونک (Manayunk) با ظرفیت حدود ۱۸ تا ۲۴ تن در روز با فرآیند سودا صورت گرفت. از آن روز تا کنون تولید کاغذ از صنوبر ادامه دارد و به علت سریع الرشد بودن و خواص تکنولوژی چوب آن و دارا بودن بیش از ۵۰٪ سلولز و حدود ۳۰٪ همی سلولز و حدود ۲۰٪ و کمتر از آن لیگنین رو به گسترش است. در کانادا از کارخانه هایی که با فرآیند کرافت کار می کردند در سال ۱۹۸۶ به وسیله صنوبر بیش از ۵۰۰ هزار تن خمیرکاغذ بدست آمده است (Macleod, ۱۹۸۸).

مشیر وزیری و همکاران، ۱۳۷۱ عنوان نموده اند که صنوبرها بیش از ۸۰٪ سطح اراضی درخت کاری شده غیر جنگلی را تشکیل داده است. وسعت صنوبرکاری های کشور (به ویژه استان های شمال غربی کشور) در حدود ۱۵۰۰۰۰ هکتار می باشد.

مهرابی (۱۳۷۰) در بررسی مقایسه ای استفاده از سه کلن صنوبر کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس کلن ۶۶/۵۵ و اورامریکن کلن ۲۱۴ جهت تولید خمیر و کاغذ به نتایج زیر رسیده است :

میانگین طول الیاف به ترتیب فوق ۰/۸۵۴، ۱/۱۴۸ و ۱/۰۸ میلی لیترا، وزن مخصوص خشک به ترتیب فوق ۰/۳۸۶، ۰/۴۶۱ و ۰/۳۴۱ گرم برسانتیمتر مکعب، میانگین درصد سلولز به ترتیب فوق ۵۰/۵۰، ۵۱/۵۰ و ۴۹/۵۰ درصد، میانگین درصد لیگنین به ترتیب فوق ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد است.

نتایج حاصله از پخت نشان می دهد که از کبوده بومی کلن ۴۴/۹ و دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ می توان با استفاده از ۲۰ درصد قلیائیت فعال و مدت پخت ۳ ساعت به

اشباع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشباع، حجم خشک و وزن خشک، وزن مخصوص خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری ابعاد الیاف تراشه‌هایی از هر ۴ سال رویش سالیانه به طور جداگانه تهیه و پس از آماده سازی، اندازه‌گیری بر روی آنها انجام گرفت. برای تهیه خرده چوب از مخلوط نمونه‌ها و با استفاده از یک خردکن آزمایشگاهی استفاده شد.

برای جداسازی الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شد. برای انجام آزمایشهای شیمیایی چوب از استانداردهای زیر استفاده شد.

تهیه آرد چوب آیین‌نامه شماره ۸۵- om ۲۵۷ T
استاندارد TAPPI

تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی آیین‌نامه شماره ۸۸- om ۲۶۴ T
استاندارد TAPPI

خاکستر آیین‌نامه شماره ۸۵- om ۲۱۱ T
استاندارد TAPPI

لیگنین آیین‌نامه شماره ۸۸- om ۲۲۲ T
استاندارد TAPPI

مواد استخراجی آیین‌نامه شماره ۸۸- om ۲۰۴ T
استاندارد TAPPI

تهیه خمیر کاغذ

به منظور پخت چوب و تهیه خمیر کاغذ روش کرافت (سولفات) مورد استفاده قرار گرفت. در هر بار پخت از ۱۰۰ گرم خرده چوب (چپس) استفاده شد. عوامل متغیر پخت‌های اصلی به شرح زیر هستند:

قلیائیت مؤثر ۱۲، ۱۴ و ۱۶ درصد (مبنا Na_2O)

زمان پخت ۱، ۲ و ۳ ساعت

درجه حرارت پخت ۱۵۰، ۱۶۰، ۱۷۰ درجه سلسیوس

سولفیدیت ۲۵ درصد (مبنا Na_2O)

خصوصیات کاغذسازی دو کلن صنوبر با فرآیندهای مکانیکی CMP و APMP اظهار می‌دارد که کاغذهای حاصله از فرآیندهای خمیرسازی APMP در مقایسه با CMP رنگبری نشده دارای طول‌پاره شدن و اندیس مقاومت در برابر ترکیدن بیشتر و مقاومت در برابر پاره شدن کمتر است.

محمد طباطبایی (۱۳۶۳) عنوان می‌کند که صنوبرها از نظر اکولوژیکی بسیار کم نیاز هستند و می‌توان آنها را در اغلب اقلیم‌ها کاشت. اکثر صنوبرها زود رشد هستند و گاهی تولید چوب آنها به بیش از ۴۰ متر مکعب در سال و هکتار می‌رسد. صنوبرها غالباً درختان اجتماعی هستند و کاشت انبوه آنها در کنار هم امکان‌پذیر است. صنوبرها برای بسیاری از صنایع چوب مانند نئوپان، کبریت‌سازی، روکش‌سازی، کاغذسازی و غیره مناسب است. چوب صنوبرها سبک، نرم، خوش‌کار و با رنگ روشن است. قابلیت چسب‌خوری، میخ و پیچ‌خوری چوب صنوبر خوب است.

مواد و روشها

نمونه‌برداری از چوب درخت صنوبر کواستازو از طرح بررسی سازگاری و خصوصیات کمی این درخت از ایستگاه تحقیقات کرج انجام گرفت. سن درختان در زمان قطع ۱۲ سال و میانگین قطر برابر سینه دو درخت قطع شده به ترتیب ۲۳/۵۰ سانتیمتر و ۲۳/۸۵ سانتیمتر اندازه‌گیری شد.

تهیه نمونه به منظور اندازه‌گیری ویژگیهای فیزیکی،

آناتومیکی، شیمیایی و تهیه خرده چوب

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، مکعب‌هایی به ابعاد ۲ سانتی‌متر از قسمت‌های مختلف نمونه‌ها تهیه شد و از بین آنها ۲۰ نمونه به طور تصادفی انتخاب شد. پس از

جدول ۱- جرم ویژه خشک و بحرانی چوب درخت صنوبر کوستانزو

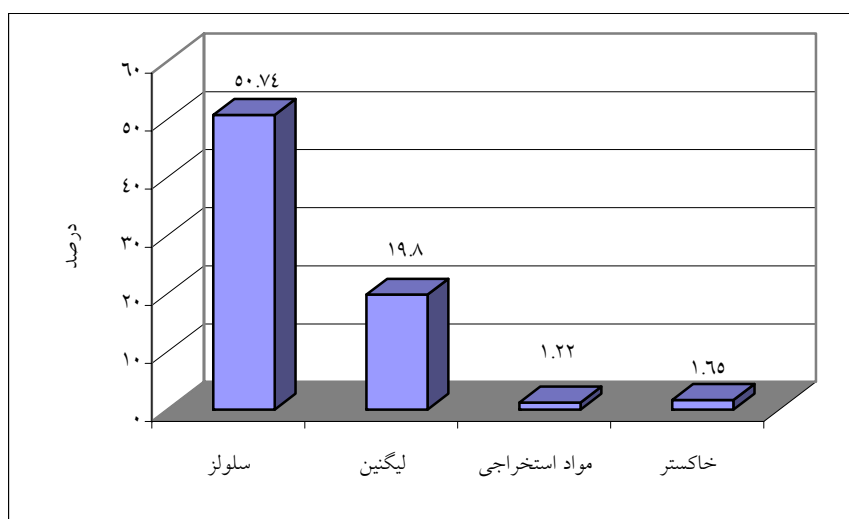
فاکتور اندازه‌گیری شده	(میانگین)	انحراف از معیار
جرم ویژه خشک	۰/۳۹	۰/۰۱۶۱۹
جرم ویژه بحرانی	۰/۳۶	۰/۰۰۸۵

جدول ۲- مقادیر میانگین ابعاد الیاف درخت صنوبر کوستانزو

ویژگی	نتایج	میانگین	انحراف از معیار
طول فیبر (میلی متر)		۱/۱۴	۰/۲۶۵۹
قطر فیبر (میکرون)		۲۹/۸۴	۵/۸۹۳۸
قطر حفره سلولی (میکرون)		۲۴/۰۳	۵/۵۰۷۹
ضخامت دیواره سلولی (میکرون)		۲/۹۲	۰/۶۸۵۲

جدول ۳- ضرائب کاغذسازی چوب درخت صنوبر کوستانزو

ضریب در هم رفتگی (L/d)	ضریب نرمش (c/d)	ضریب مقاومت به پارگی (نتایج *۰۲p/c)
۳۸/۲۰	۸۰/۴۴	۲۴/۳۳



شکل ۱- هیستوگرام ترکیب شیمیایی چوب درخت صنوبر کوستانزو

آیین‌نامه TAPPI، مقاومت در برابر تاه شدن بر طبق استاندارد شماره ۸۱ om ۴۰۳ T آیین‌نامه TAPPI طول پاره شدن بر طبق استاندارد شماره ۸۸ om- ۳۲۰ T آیین‌نامه TAPPI

روش تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی، ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از تجزیه واریانس یک طرفه One way grouped (anova) و جهت گروه بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شده است.

نتایج

نتایج اندازه‌گیری‌های مختلف آزمایش‌های انجام شده بر روی چوب، خمیر کاغذ و کاغذ تهیه شده از گونه صنوبر کوستانزا در جداول ۱ تا ۹ و هیستوگرام‌های ۱ تا ۳ آورده شده است.

نسبت مایع پخت به چوب ۵ به ۱ عدد کاپا مطابق استاندارد شماره ۸۵ cm- ۲۳۶ T آیین‌نامه TAPPI، اندازه‌گیری درجه‌روانی مطابق استاندارد ۹۲ om- ۲۲۷ T آیین‌نامه TAPPI و پالایش خمیر کاغذها مطابق استاندارد ۸۸ om- ۲۰۵ T آیین‌نامه TAPPI انجام گرفته است. به منظور ساخت کاغذ با وزن پایه ۶۰ گرم خمیر کاغذها تا رسیدن به درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر پالایش شدند برای ساخت کاغذ دست‌ساز از خمیر کاغذهای تهیه شده تحت شرایط ذیل استفاده شده است.

قلیائیت مؤثر ۱۶٪ (مبنا Na_2O)

زمان پخت ۱، ۲، ۳ ساعت

سولفیدته ۲۵ درصد (مبنا Na_2O)

درجه حرارت پخت ۱۶۰ درجه سلسیوس

سبب مایع پخت به چوب ۵ به ۱

به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از استانداردهای زیر استفاده شده است. مقاومت در برابر پاره شدن بر طبق استاندارد شماره ۸۸ om- ۴۱۴ T آیین‌نامه TAPPI، مقاومت در برابر ترکیدن بر طبق استاندارد شماره ۹۱ om- ۴۰۳ T

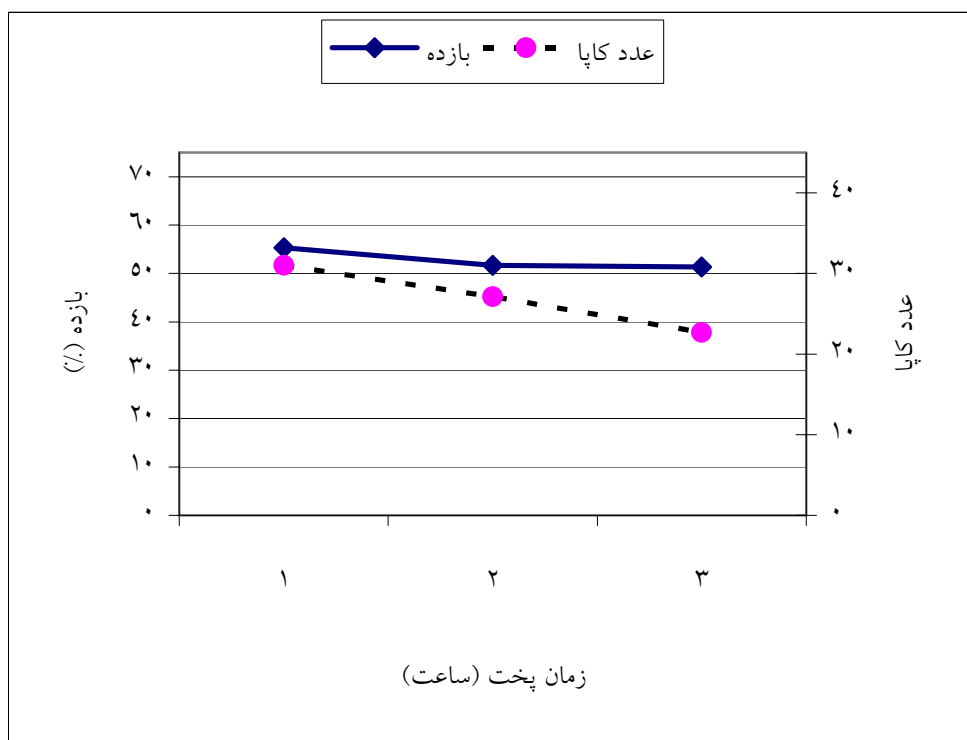
جدول ۴ - نتایج بازده وعدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر کوستانزو

عدد کاپا			بازده (%)			درجه حرارت پخت (°C)	قلیائیت موثر (%)	زمان پخت (ساعت)
۳	۲	۱	۳	۲	۱			
۵۶/۰۹	۵۵/۱۷	۵۳/۲۴	۶۱/۷۲	۶۲/۱۲	۶۱/۸۸	۱۵۰		
۳۵/۱۲	۳۶/۲۷	۳۵/۹۷	۶۰/۷۰	۶۰/۵۹	۶۰/۹۸	۱۶۰	۱۲	
۳۳/۱۲	۳۱/۴۷	۳۲/۱۶	۵۷/۳۷	۵۷/۸۱	۵۷/۴۱	۱۷۰		
۳۱/۷۷	۳۰/۴۷	۳۲/۶۸	۵۶/۴۲	۵۵/۹۸	۵۶/۷۲	۱۵۰		
۲۹/۱۴	۲۸/۱۴	۲۸/۵۸	۵۴/۸۶	۵۲/۹۸	۵۴/۲۱	۱۶۰	۱۴	
۲۶/۹۸	۲۷/۲۷	۲۷/۰۹	۵۳/۸۸	۵۳/۳۹	۵۳/۶۸	۱۷۰		
۲۶/۴۸	۲۷/۳۱	۲۵/۵۸	۵۲/۷۱	۵۲/۴۷	۵۲/۵۹	۱۵۰		
۲۱/۹۸	۲۵/۱۴	۲۲/۷۲	۵۱/۲۷	۵۰/۹۸	۵۱/۵۶	۱۶۰	۱۶	
۱۸/۱۲	۲۰/۱۲	۱۹/۳۴	۴۹/۷۷	۴۷/۹۸	۴۹/۶۵	۱۷۰		
۴۴/۴۱	۴۶/۱۲	۴۳/۰۶	۵۶/۶۶	۵۶/۷۱	۵۶/۶۹	۱۵۰		
۳۳/۱۵	۳۳/۸۲	۳۳/۲۷	۵۶/۱۲	۵۵/۹۷	۵۶/۰۱	۱۶۰	۱۲	
۳۳/۱۶	۳۲/۱۲	۳۱/۲۸	۵۴/۱۷	۵۵/۰۲	۵۴/۳۸	۱۷۰		
۲۶/۵۲	۲۶/۴۲	۲۶/۸۷	۵۵/۷۳	۵۵/۲۱	۵۵/۱۴	۱۵۰		
۲۲/۴۸	۲۲/۵۱	۲۲/۱۱	۴۹/۸۶	۴۹/۹۹	۵۲/۰۵	۱۶۰	۱۴	
۲۱/۱۷	۲۰/۱۲	۱۹/۷۷	۴۹/۴۷	۴۹/۲۲	۴۹/۴۰	۱۷۰		
۲۴/۱۷	۲۴/۸۱	۲۴/۳۷	۵۲/۳۶	۵۲/۸۱	۵۲/۷۳	۱۵۰		
۲۱/۵۲	۲۲/۱۷	۲۱/۶۰	۵۱/۲۲	۵۱/۱۷	۵۱/۱۶	۱۶۰	۱۶	
۱۷/۵۷	۱۸/۸۹	۱۸/۸۴	۴۹/۱۲	۴۹/۸۱	۴۹/۲۸	۱۷۰		
۳۶/۴۵	۳۶/۳۵	۳۶/۷۱	۵۶/۴۸	۵۵/۷۶	۶۵/۰۵	۱۵۰		
۳۱/۳۳	۳۰/۹۷	۳۱/۳۰	۵۴/۴۱	۵۴/۴۲	۵۴/۲۲	۱۶۰	۱۲	
۳۰/۷۱	۳۰/۴۴	۳۰/۳۵	۵۲/۶۸	۵۲/۸۱	۵۲/۸۹	۱۷۰		
۲۱/۴۲	۲۲/۱۲	۲۱/۳۳	۵۲/۱۲	۵۲/۹۳	۵۲/۴۵	۱۵۰		
۱۸/۷۶	۱۹/۹۳	۱۹/۴۶	۵۰/۲۷	۵۰/۰۳	۴۹/۸۴	۱۶۰	۱۴	
۱۸/۸۸	۱۹/۱۲	۱۸/۹۲	۴۹/۱۲	۴۸/۸۳	۴۸/۹۳	۱۷۰		
۱۶/۷۶	۱۶/۸۶	۱۶/۹۲	۵۰/۴۸	۵۰/۹۷	۵۰/۶۰	۱۵۰		
۱۵/۵۱	۱۶/۰۳	۱۵/۷۸	۴۹/۴۷	۴۹/۱۴	۴۹/۱۹	۱۶۰	۱۶	
۱۴/۱۲	۱۳/۰۳	۱۳/۱۱	۵۰/۴۵	۴۵/۶۸	۴۵/۷۲	۱۷۰		

جدول ۵ - مقایسه میانگین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر

تحت تاثیر زمان پخت کواستانزو در سطح ۱٪

گروه بندی عدد کاپا (میانگین)	گروه بندی بازده (میانگین)	زمان پخت (ساعت)
۳۱/۰۲ = A	۵۵/۳۲ = A	۱
۲۷/۱۲ = B	۵۱/۶۵ = B	۲
۲۲/۶۹ = C	۵۱/۳۳ = B	۳

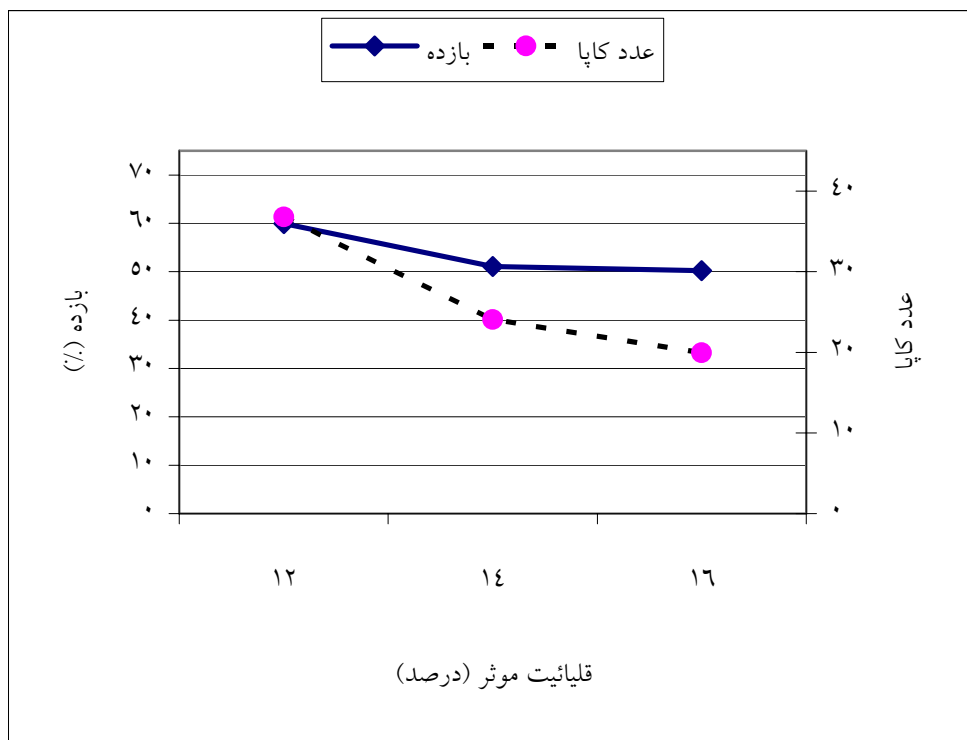


شکل ۲- تاثیر زمان پخت بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها (در سطح ۱٪)

جدول ۶ - مقایسه میانگین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر کواستانزو

تحت تاثیر قلیائیت موثر در سطح ۱٪

گروه بندی بازده (میانگین)	گروه بندی بازده (میانگین)	قلیائیت موثر (درصد)
۳۶/۸۰ = A	۵۶/۹۶ = A	۱۲
۲۴/۰۸ = B	۵۱/۱۰ = B	۱۴
۱۹/۹۵ = C	۵۰/۲۴ = B	۱۶



شکل ۳- تاثیر قلیائیت موثر بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها (در سطح ۱٪)

جدول ۷- مقایسه میانگین عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر کوستانزو در سطح ۱٪

گروه بندی عدد کاپا (میانگین)	درجه حرارت پخت (سلسیوس)
۳۱/۴۹=A	۱۵۰
۲۵/۷۳=B	۱۶۰
۲۳/۶۰=C	۱۷۰

جدول ۸ - نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگیهای مقاومتی کاغذهای دست ساز

زمان پخت (ساعت)	مقاومت در برابر پاره شدن											
	مقاومت به تای مضاعف			طول پاره شدن Km			مقاومت به کشش (N)			شدن mNm2/gr		
	تکرار			تکرار			تکرار			تکرار		
۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱
۱	۵۱۲	۴۸۷	۴۹۶	۵۷۹۸	۵۸۱۳	۵۷۶۳	۵۲/۶	۵۱/۳	۴۸/۹	۴/۵۷	۴/۴۵	۴/۶
۲	۷۵۵	۷۶۹	۷۴۷	۶۲۳۸	۶۱۷۸	۶۳۴۲	۵۷/۹	۵۸/۶	۵۷/۸	۴/۷۴	۴/۷۳	۴/۷۱
۳	۱۲۴۳	۱۰۲۷	۹۵۲	۶۸۹۵	۷۰۱۱	۶۹۵۴	۶۳/۹	۶۴/۶	۶۳/۷	۵/۶۹	۵/۴۳	۵/۱۲

جدول ۹ - مقایسه میانگین مقاومت‌های کاغذ صنوبر کوستانزو در سطح ۱٪

مقاومت به تای	طول	مقاومت به	گروه بندی مقاومت در برابر	زمان پخت (ساعت)
مضاعف	پاره شدن (Km)	کشش (N)	پاره شدن mNm ² /gr	
۱۰۷۴=A	۶۹۳۵=A	۶۴/۰۷=A	۵/۴۱۳=A	۳
۷۵۷=B	۶۲۱۹=B	۵۸/۱۰=B	۴/۷۲۷=B	۲
۴۹۸/۳=C	۵۷۹۱=C	۵۰/۹۳=C	۴/۵۴۰=B	۱

بحث :**جرم ویژه**

در جدول شماره ۱ نتایج حاصل از اندازه‌گیری جرم ویژه خشک و بحرانی چوب درخت صنوبر کوستانزو خلاصه شده است. جرم مخصوص خشک و بحرانی این درخت به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۳۶ اندازه‌گیری شد. چوب این درخت جزء گونه‌های پهن برگ سبک قرار دارد. بین وزن مخصوص چوب و راندمان فیبر آن، همبستگی مستقیم و تنگاتنگی وجود دارد (پارسا پزوه ۱۳۶۳). پورموسی (۱۳۷۷)، دانسیته خشک صنوبر نیگرا در قطر ۱۵ سانتیمتری را ۰/۴ و در قطر ۲۰ سانتیمتر را ۰/۴۲ و دانسیته بحرانی آنرا در قطر ۱۵ سانتیمتر ۰/۳۵ و در قطر ۲۰ سانتیمتر ۰/۳۷ اندازه‌گیری کرد. نتایج نشان می‌دهد که از نظر جرم ویژه چوب درخت صنوبر کوستانزو نزدیک به چوب درخت صنوبر نیگرا می‌باشد.

ابعاد الیاف

طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی این درخت به طور متوسط به ترتیب ۱/۱۴ میلی‌متر، ۲۹/۸۴ میکرون، ۲۴/۰۰۳ میکرون و ۲/۹۲ میکرون و ضرایب کاغذسازی آن شامل ضریب درهم‌رفتگی ۳۸/۲۰، ضریب نرمش ۸۰/۴۴ و ضریب مقاومت به پارگی

۲۴/۳۳ اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های بیومتریکی الیاف یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر خصوصیات مقاومتی کاغذها هستند. طول الیاف این درخت در مقایسه با طول الیاف سوزنی‌برگان کوتاه‌تر می‌باشد. الیاف این درخت از ضریب درهم‌رفتگی بسیار مناسب برای کاغذسازی برخوردار بوده ولی مقاومت‌های کاغذ آن در برابر پاره شدن، ترکیدن و تاه شدن به دلیل کم بودن ضریب درهم‌رفتگی الیاف آن پایین خواهد بود (Tank 1980).

پورموسی (۱۳۷۷) طول الیاف درخت صنوبر اورامریکن در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتری را ۹۷۸/۶۳ میلی‌متر و قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی آن را به ترتیب ۲۵/۸۲، ۱۸/۸۲ و ۳/۵۰ میکرون اندازه‌گیری کرد. طول الیاف، قطر الیاف درخت صنوبر کوستانزو از صنوبر اورامریکن بیشتر، ولی ضخامت آن کمی کمتر شده است، که علت این اختلاف می‌تواند مربوط به نوع گونه و خصوصیات مورفولوژیکی آنها باشد.

ترکیب شیمیایی

میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکسترین درخت به ترتیب ۵۰/۷۴٪، ۱۹/۱۸٪، ۱/۲۲ و ۱/۶۵٪ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که این درخت از سلولز زیاده‌تر و لیگنین نسبتاً کمتری در مقایسه با سوزنی‌برگان و پهن‌برگانی نظیر اکالیپتوس برخوردار

پخت و میزان قلیائیت موثر بر خمیر کاغذها، بیشترین بازده و عددکاپا در زمان پخت ۱ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۵۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۲٪ به ترتیب با ۶۱/۹۱٪ و ۵۴/۸۳ و کمترین بازده و عدد کاپا در زمان پخت ۳ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۶٪ به ترتیب با ۴۵/۶۳٪ و ۱۳/۴۲ بدست آمد. افزایش زمان پخت، درجه حرارت پخت و میزان قلیائیت موثر بر روی خمیر کاغذها باعث کاهش عددکاپای آنها شده است که این اختلاف کاهش در هر سه مورد در سطح ۱٪ معنی دار شده است. با افزایش هر یک از عوامل زمان پخت، درجه حرارت پخت و میزان قلیائیت موثر، لیگنین بیشتری از خمیر کاغذها خارج شده و باعث کاهش عددکاپای آنها می شود (منحنی های ۲ و ۳). اثر متقابل زمان پخت و قلیائیت موثر، زمان پخت و درجه حرارت پخت و همچنین قلیائیت موثر و درجه حرارت پخت بر روی کاهش عددکاپای خمیر کاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی دار شده است. کمترین میزان عددکاپا به میزان ۱۳/۴۲ تحت تاثیر متقابل زمان پخت ۳ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۶٪ بدست آمد. بازده این خمیر کاغذ ۴۵/۶۳٪ می باشد.

مقاومت در برابر پاره شدن

با افزایش زمان پخت مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی دار شد. با افزایش زمان پخت لیگنین بیشتری از خمیر کاغذ خارج شده، پالایش پذیری و در نتیجه پیوند بین الیاف افزایش یافته است. بیشترین میزان مقاومت در برابر پاره کاغذها با میانگین $5/413 \text{ mNm}^2/\text{gr}$ در زمان پخت ۳ ساعت بدست آمد (جدول ۹).

می باشد. فخریان (۱۳۸۰) میزان سلولز صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سن بهره برداری ۱۲ ساله را ۵۲/۷۸٪ و میزان لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر آن را به ترتیب ۲۲/۳۵٪، ۲/۸۵٪ و ۰/۲۷٪ اندازه گیری کرد. مقایسه نشان می دهد که صنوبر کوستانزو از میزان سلولز و لیگنین کمتری نسبت به صنوبر دلتوئیدس برخوردار است، که علت آن نوع گونه و شرایط رویشگاه می باشد.

خمیر کاغذ

با افزایش زمان پخت از یک ساعت به سه ساعت بازده خمیر کاغذها کاهش یافته است که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی دار شده است. بیشترین بازده در زمان پخت ۱ ساعت با ۵۵/۳۲٪ بدست آمد. خمیر کاغذهای بدست آمده با بازده ۵۱/۶۵٪ و ۵۱/۳۳٪ به ترتیب در زمان های پخت ۲ و ۳ ساعت بدست آمدند که در گروه B قرار گرفتند. با افزایش زمان پخت زمان نفوذ مایع پخت به داخل خرده چوبها بیشتر شده و لیگنین بیشتری از خمیر کاغذ خارج می شود. در منحنی ۲ تاثیر افزایش زمان پخت بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای صنوبر کوستانزو نشان داده شده است. افزایش میزان قلیائیت موثر از ۱۲٪ به ۱۶٪ نیز باعث تغییر میزان بازده خمیر کاغذها شد که این تغییرات بازده در سطح ۱٪ معنی دار شده است.

افزایش غلظت مواد شیمیایی سرعت لیگنین زدایی را افزایش داده، بر جداسازی سریع سلولز اثر می گذارد. در منحنی ۳ تاثیر میزان قلیائیت موثر بر بازده و عددکاپای خمیر کاغذها آورده شده است. افزایش تغییرات درجه حرارت پخت در سطح ۱٪ باعث اختلاف معنی دار شدن بازده خمیر کاغذها نشد. تاثیر متقابل زمان پخت و قلیائیت موثر بر روی بازده خمیر کاغذها در سطح ۵٪ معنی دار نشد. در تاثیر متقابل سه عامل زمان پخت، درجه حرارت

مقاومت به کشش:

A قرار گرفته‌اند. با افزایش زمان پخت، قابلیت پالایش‌پذیری خمیر کاغذها افزایش یافته، پیوند بین الیاف از استحکام بیشتری برخوردار می‌گردند و مقاومت به تاه شدن کاغذها افزایش می‌یابد (جدول ۹).

نتایج اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی نشان می‌دهد که این درخت از سلولز مناسب و لیگنین نسبتاً کمتری در مقایسه با سوزنی برگان و پهن برگانی نظیر اکالیپتوس برخوردار می‌باشد و به دلیل بافت باز (جرم ویژه سبک)، با مصرف انرژی کمتر، دسترسی به خمیر کاغذ با بازده مناسب و عدد کاپای کم امکان‌پذیر می‌باشد. بیشترین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر کوستانزو در زمان پخت ۱۵۰ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۵۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۲٪ به ترتیب با ۶۱/۹۱٪ و ۵۴/۸۳٪ و کمترین بازده و عدد کاپا در زمان پخت ۳ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سلسیوس و قلیائیت موثر ۱۶٪ به ترتیب با ۴۵/۶۳٪ و ۱۳/۴۲٪ بدست آمد. با توجه به نتایج فوق مشاهده می‌شود که در پخت‌های با بازده و عدد کاپای کمتر (عدد کاپای کمتر از ۱۵) تولید کاغذهای چاپ و تحریر و در پخت‌های با بازده و عدد کاپای زیادتر تولید کاغذهای بسته‌بندی امکان‌پذیر می‌باشد. به دلیل کوتاه بودن طول الیاف این درخت لازم است مقداری خمیر کاغذ الیاف بلند به منظور تامین مقاومت‌های کاغذهای تولیدی به این خمیر کاغذها اضافه کرد.

منابع مورد استفاده

- پارسا پژوه، د. ۱۳۵۷. تکنولوژی چوب. انتشارات دانشگاه تهران ۱۸۵۱
- پور موسی، ش. ۱۳۷۷. بررسی مقایسه‌ای خصوصیات کاغذ سازی دو کلن صنوبر با فرایند مکانیکی توسعه یافته (APMP) پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس .

با افزایش زمان پخت میزان مقاومت به کشش الیاف به دلیل خروج لیگنین و پالایش‌پذیری بهتر الیاف، افزایش یافته که اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. مقاومت به کشش کاغذهای تهیه شده در ۳ ساعت پخت با ۶۴/۰۷ نیوتن دارای بیشترین مقدار بوده و در گروه A قرار گرفته است. کشش کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۱ ساعت و ۲ ساعت به ترتیب ۵۸/۱۰ نیوتن و ۵۰/۹۳ نیوتن است که به ترتیب در گروه‌های B و C قرار گرفته‌اند (جدول ۹).

طول پاره شدن:

طول پاره شدن کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳ ساعت با ۶۹۵۳ متر دارای بیشترین مقدار بوده و در گروه A قرار گرفته است. طول پاره شدن کاغذهای تهیه شده در زمان‌های پخت ۲ ساعت و ۱ ساعت با ۶۲۱۹ متر و ۵۷۹۱ متر در گروه‌های B و C قرار گرفته‌اند. فخریان (۱۳۸۱) طول پاره شدن کاغذهای صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱، ۱۲ ساله را به طور متوسط ۸۳۷۰ متر اندازه‌گیری کرد. یکی از علل کمتر شدن مقادیر طول پاره شدن کاغذهای صنوبر کوستانزو نسبت به صنوبر دلتوئیدس کوتاه تر بودن طول الیاف صنوبر کوستانزو نسبت به صنوبر دلتوئیدس می‌باشد (جدول ۹).

تعداد تاه شدن مضاعف:

با افزایش زمان پخت تعداد تاه شدن مضاعف کاغذها افزایش یافت که اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. تعداد تاه شدن مضاعف کاغذها در زمان‌های پخت، ۱، ۲ و ۳ ساعت به ترتیب و به طور متوسط ۴۹۸، ۷۵۷ و ۱۰۷۴ اندازه‌گیری شد که به ترتیب در گروه‌های B، B و

- مشیر وزیری، ه. مختومی، ع. ۱۳۷۱. صنوبر ایران پشوانه حیات جنگل و توسعه صنعت از دیدگاه بررسی آماری. سازمان جنگلها و مراتع کشور، دفتر فنی صنایع چوب.

- نظر نژاد، ن. ۱۳۷۵. بررسی خصوصیات خمیر و کاغذ با راندمان بالا (C M P) از دو گونه صنوبر دلتوئیدس و اورامریکن. پایان نامه فوق لیسانس، دانشگاه تربیت مدرس .

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

-Macleod, Martin, Koran, Zoltan, 1988. High yield pulping of Aspen. Universite du. -Rivieres, Trois-Rivieres, Quebec Quebec. a Trois-

-Tank, T. 1980. The technology of fiber and cellulose. The pub. Of university of Istanbul, Faculty of forestry, No. 2362/272, Istanbul-Turkey, P. 158

- Tappi test method , 1992-93 .TAPPI press

- طباطبایی، م. ۱۳۶۳. چوب صنوبرها و امکانات کاربرد آن در صنایع . موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع شماره ۴۵-۱۳۶۴.

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

- مهرابی، س. ۱۳۷۰. بررسی مقایسه ای از سه کلن صنوبر، کبوده بومی کلن ۴۴/۹، دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ جهت تهیه خمیر و کاغذ. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی

Pulp and paper making properties of *Populus costanzo*

Fakhryan, A.^{1*}, Hosseinkhani, H.², Golbabaee, F.² and Brazandeh, M.²

1*- Corresponding author, M.Sc., Wood and Forest products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran, E-mail:Fakhryan@rifr-ac.ir

2- M.Sc., Wood and Forest products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran,

Received: Feb. 2010 Accepted: April, 2010

Abstract

In this investigation chemical, physical, morphological, pulp and paper making characteristics of *Populus costanzo* were investigated. The average dry and critical specific gravity was found as 0.39 and 0.36. The fiber morphology include fiber length, diameter, lumen and thickness of cell wall were determined as 1.14 mm, 28.84 μm , 28 μm and 2.92 μm respectively. The average chemical composition were measured as cellulose 50.74%, lignin 19.18%, Ext. 1.22% and Ash 1.65%. Kraft Process was used for Pulping. The maximum yield and kappa number of *Populus costanzo* at 1 hour cooking time, 150°C cooking temperature and 12% effective alkali conditions were obtained as 61.91% and 54.83% respectively. While minimum yield and kappa number following 3 hour cooking, 170°C cooking temperature and 16% effective alkali condition, obtained as 45.63% and 13.42 respectively.

Keywords: *Populus costanzo*, kraft process, yield, pulp, kappa number, burst strength, tear strength