

بررسی ویژگیهای خمیر کاغذ و کاغذ سه کلن صنوبر کبوده و بومی کلن ۱۴۴/۹ دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴

سعید محرابی^۱

چکیده

صنوبرها از درختان سریع‌الرشد هستند که به علت دوره کوتاه بهره‌برداری و خواص تکنولوژیکی مناسب، مورد توجه صنایع خمیر و کاغذ کشورهای صاحب نام در این صنعت قرار گرفته‌اند. در این تحقیق ویژگیهای فیزیکی، آناتومیکی، خمیر کاغذ و کاغذ سه کلن صنوبر کبوده بومی کلن ۱۴۴/۹، دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ مورد بررسی قرار گرفت.

میانگین طول الیاف این سه کلن به ترتیب ۰/۸۵۴، ۱/۱۴۸ و ۱/۰۸ میلی‌متر، میانگین وزن مخصوص خشک آنها به ترتیب ۰/۳۸۶، ۰/۴۶۱ و ۰/۳۴۱ گرم بر سانتیمتر مکعب و میانگین میزان سلولز آنها به ترتیب فوق‌الذکر ۵۰/۵، ۵۱/۵ و ۴۹/۵ درصد اندازه‌گیری شد. برای پخت کرافت این سه کلن سه زمان پخت ۱، ۲ و ۳ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتیگراد، سولفیدته ۲۵٪ و قلیابیت فعال در سه سطح ۱۵، ۱۷/۵ و ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که از کبوده، بومی کلن ۱۴۴/۹ و دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ می‌توان با استفاده از ۲۰ درصد قلیابیت فعال و مدت زما ت پخت ۳ ساعت به خمیر کاغذی با بازده ۵۳ درصد و عدد کاپای ۱۸ که عدد کاپای پایینی است دست یافت.

واژه‌های کلیدی: صنوبر کبوده، صنوبر دلتوئیدس، صنوبر اورامریکن، روش کرافت، سلولز، لیگنین - بازده، عدد کاپا، خمیر کاغذ

^۱ - مدیر کارخانه ساقه سلولز - شهرک صنعتی تاکستان پست الکترونیکی: S-mehrab@yahoo.com

مقدمه

صنایع خمیر و کاغذ جزو یکی از مهمترین صنایع موجود در جهان بشمار می آید و رشد و توسعه آن در هر کشور بستگی به میزان رشد فرهنگی و تکنولوژیکی آن کشور دارد.

با توجه به کاهش سطح جنگلها در ایران و جهان به علت برداشت‌های ممتد و بیش از حد آنها، کمبود مواد اولیه لیگنو سلولزی با افزایش رشد صنایع خمیر و کاغذ محسوس می‌گردد و باید در مورد منابع لیگنو سلولزی غیر جنگلی سرمایه گذاری و مطالعات جدی صورت گیرد. از میان این منابع صنوبرها با توجه به سریع‌الرشد بودن و سازگاری و پراکنش گسترده آنها از اهمیت ویژه ای برخوردارند. بنابراین لازم است تا همزمان با کشت و جنگلکاری صنوبر به صورت وسیع و گسترده به عنوان یکی از منابع لیگنو سلولزی سریع‌الرشد، مطالعاتی درباره خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و خصوصیات خمیر و کاغذ دهی گونه‌ها و واریته‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر صورت گیرد تا مناسب‌ترین گونه‌های سازگار برای استفاده در صنعت خمیر و کاغذ انتخاب و توصیه گردد.

افزایش روز افزون مصرف خمیر و کاغذ به علت افزایش جمعیت و رشد فرهنگی ملت‌ها، و کاهش سطح جنگلها به علت بهره‌برداری وسیع از آنها، اغلب کشورهای تولید کننده کاغذ را با کمبود مواد اولیه کاغذ سازی رو به رو ساخته است بنابراین تحقیقات وسیعی برای جایگزینی مواد اولیه چوبی و غیر چوبی جدید برای تامین نیاز کارخانه‌های کاغذ سازی صورت پذیرفته است. از میان این منابع چوبی، صنوبرها به علت رشد سریع و کیفیت تکنولوژیکی مناسب کاغذ سازی جایگاه ویژه‌ای را دارا می‌باشند. از این رو کشورهای نظیر کانادا، ترکیه، یوگسلاوی، ایتالیا و آلمان و بسیاری از کشورهای دیگر تحقیقات وسیعی را در این زمینه انجام داده‌اند. در یک بررسی منابع

که از سال ۱۹۷۰ تا سال ۱۹۸۱ انجام شد است، حدود ۵۰۰ مقاله تحقیقاتی در زمینه استفاده از صنوبر در صنایع کاغذ ارائه گردیده است (Tomblor - ۱۹۸۱).
علت استفاده از صنوبر در کشورهای مختلف جهان به علت رشد سریع آن و کاربرد آن در زراعت چوب (agriforestry) با میزان رویش سالیانه زیاد می‌باشد (Tomblor - ۱۹۸۱).

در کانادا از کارخانه‌هایی که با فرآیند کرافت کار می‌کردند در سال ۱۹۸۶ به وسیله صنوبر دلتوئیدس بیش از ۵۰۰ هزار تن خمیر کاغذ بدست آمده است و این تقریباً نصف میزان خمیر کاغذ کرافت تولید شده از پهن برگان می‌باشد (Macleod - ۱۹۸۱).

راندمان خمیر کاغذهای رنگبری شده صنوبر بین ۵۴ تا ۵۸ درصد است، در حالی که این میزان برای سوزنی برگان ۴۸ - ۳۴ درصد است (Macleod - ۱۹۸۸).

مواد و روش‌ها

نمونه برداری:

برای تهیه نمونه‌های مورد آزمایش از سه کلن صنوبر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵، اورامریکن ۲۱۴ و کبوده بومی کلن ۴۴/۹ به صورت زیر اقدام گردید:
نمونه‌های دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ از ایستگاه صفرا بسته و اورامریکن ۲۱۴ از ایستگاه خوشامیان و کبوده بومی کلن ۴۴/۹ از ایستگاه تحقیقاتی کرج تهیه گردید.
قطر برابر سینه درختان در زمان قطع بین ۱۲ - ۸ سانتیمتر اندازه‌گیری شد.
اندازه‌گیری ویژگیهای فیزیکی، آناتومیکی، شیمیایی و تهیه چپیس (خرده چوب):
برای اندازه‌گیری ویژگیهای فیزیکی، مکعب‌هایی به ابعاد ۲ سانتیمتر از قسمتهای مختلف نمونه‌ها تهیه شد و از میان 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 خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری ابعاد الیاف، تراشه‌هایی از قسمت‌های مختلف نمونه‌ها (گرده بینه‌ها) انتخاب و پس از آماده‌سازی، 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	آیین نامه شماره ۸۵- T ۲۵۷ om استاندارد TAPPI
تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۶۴ om استاندارد TAPPI
خاکستر	آیین نامه شماره ۸۵- T ۲۱۱ om استاندارد TAPPI
لیگنین	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۲۲ om استاندارد TAPPI
مواد استخراجی	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۰۴ om استاندارد TAPPI

تهیه خمیر کاغذ :

برای پخت و مقایسه سه گونه صنوبر مذکور از روش کرافت استفاده گردید.

شرایط ثابت و متغیر پخت به شرح ذیل می باشد :

سولفیدیت: ۲۵ درصد

قلیابیت فعال: ۱۵ ، ۱۷/۵ و ۲۰ درصد

نسبت مایع پخت به چوب: ۵ به ۱

وزن خرده چوب در هر سیلندر: ۱۰۰ گرم بر مبنای وزن خشک

درجه حرارت پخت: ۱۷۰ درجه سانتیگراد

زمان پخت: ۱، ۲ و ۳ ساعت

هر پخت با سه تکرار انجام گرفت و پس از هر بار پخت، میزان بازده بعد از الک اندازه‌گیری شد. از میان خمیر کاغذهای دارای عدد کاپای حدود ۲۰، سولفیدیتته ۲۵٪، قلیابیت فعال ۲۰٪، زمان‌های پخت مختلف (مدت زمان پخت برای کبوده بومی یک ساعت و ربع، دلتوئیدس یک ساعت و چهل و پنج دقیقه و اورامرین ۳ ساعت و سی دقیقه در نظر گرفته شد) و خمیر کاغذهای در درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) کاغذ دست‌ساز تهیه شد. پالایش خمیر کاغذها و اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست‌ساز مطابق با استانداردهای زیر انجام گرفت:

پالایش خمیر کاغذ	آیین نامه شماره ۸۵-۲۴۸ cm T استاندارد TAPPI
ساخت کاغذ دست‌ساز	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
ماتی (کدری) کاغذ	آیین نامه شماره ۹۱-۴۲۵ om T استاندارد TAPPI
براقیت کاغذ	آیین نامه شماره ۹۲-۴۵۲ om T استاندارد TAPPI

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج فیزیکی و آناتومیکی از روش تجزیه واریانس با طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید، زیرا تکرار نمونه‌ها دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد، ولی اثر کلن‌های صنوبر (تیمارها) دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد. برای گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد (در سطح ۵٪ و ۱٪). لازم به تذکر است که تجزیه و تحلیل آماری دیگر نتایج به علت فقدان داده‌های بیشتر امکان پذیر نشد.

نتایج

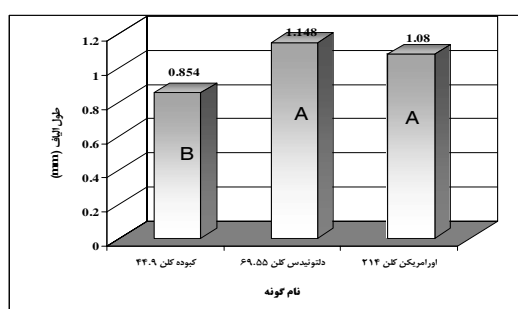
طول الیاف :

متوسط طول الیاف چوب صنوبر کبوده بومی کلن ۴۴/۹ ، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ به ترتیب ۰/۸۵۴ ، ۱/۱۴۸ و ۱/۰۸ میلیمتر و متوسط طول الیاف مغز سه کلن مذکور به ترتیب ۰/۷۶ ، ۰/۷۵ و ۰/۷۵ میلیمتر بدست آمد. در سطح ۵٪ و یک درصد تفاوت معنی داری بین طول الیاف چوب و مغز دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ مشاهده نمی شود، ولی بین این دو کلن و کبوده بومی کلن ۴۴/۹ تفاوت معنی داری وجود دارد. در جدول شماره ۱ گروه بندی دانکن طول الیاف این سه درخت آورده شده است.

جدول شماره ۱: گروه بندی دانکن طول الیاف سه کلن صنوبر

نام کلن	میانگین طول الیاف	سطح ۵٪	سطح ۱٪
کبوده بومی کلن ۴۴/۹	۰/۸۵۴	B	B
صنوبر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵	۱/۱۴۸	A	A
صنوبر اورامریکن کلن ۲۱۴	۱/۰۸	A	A

در شکل شماره ۱ هیستوگرام مقایسه طول الیاف چوب و مغز سه کلن صنوبر در سطح ۵٪ نشان داده شده است.



شکل شماره ۱- هیستوگرام مقایسه طول الیاف چوب و مغز سه کلن صنوبر در سطح ۵٪

وزن مخصوص:

متوسط وزن مخصوص خشک سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ به ترتیب ۰/۳۸۶، ۰/۴۶۱ و ۰/۳۴۱ گرم بر سانتیمتر مکعب بدست آمد. در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری بین دو کلن کبوده بومی ۴۴/۹ و اورامریکن ۲۱۴ مشاهده نمی شود ولی بین دو کلن مذکور و دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ اختلاف معنی داری وجود دارد. در جدول شماره ۲ گروه بندی وزن مخصوص خشک سه کلن صنوبر آورده شده است.

جدول شماره ۲: گروه بندی وزن مخصوص خشک سه کلن صنوبر

نام کلن	وزن مخصوص خشک gr/cm ³	سطح ۵٪	سطح ۱٪
کبوده بومی کلن ۴۴/۹	۰/۳۸۶	B	B
صنوبر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵	۰/۴۶۱	A	A
صنوبر اورامریکن کلن ۲۱۴	۰/۳۴۱	B	B

ضخامت دواير ساليانه :

متوسط ضخامت دواير ساليانه سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ به ترتیب ۱/۹۸۶، ۵/۵۹۶ و ۶/۰۸ میلیمتر اندازه گیری شد. در سطح ۵٪ و ۱ درصد تفاوت معنی داری بین دو کلن دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ مشاهده نمی شود. ولی بین دو کلن مذکور و کبوده بومی کلن ۴۴/۹ اختلاف معنی داری وجود دارد.

تعیین درصد وزنی پوست :

متوسط درصد وزنی پوست سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ به ترتیب ۱۴/۹۳۸، ۱۷/۶۲۵ و ۱۶/۸۷۵ درصد بدست آمد. در جدول شماره ۳ گروه بندی درصد وزنی پوست این سه کلن آورده شده است.

جدول شماره ۳: درصد وزنی پوست سه کلن صنوبر

کلن	وزن مخصوص خشک gr/cm ³	سطح %۵	سطح %۱
کبوده بومی کلن ۴۴/۹	۱۴/۹۳۸	A	A
صنوبر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵	۱۷/۶۲۵	B	Ab
صنوبر اورامریکن کلن ۲۱۴	۱۶/۸۷۵	B	B

ضخامت پوست:

متوسط ضخامت پوست سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ به ترتیب ۲/۱۲۵، ۵/۷۴۶ و ۲/۲۳۵ میلیمتر اندازه گیری شد. در سطح %۵ و ۱ درصد اختلاف معنی داری بین دو کلن کبوده بومی ۴۴/۹ و اورامریکن ۲۱۴ مشاهده نمی شود، ولی بین دو کلن مذکور و دلتوئیدس ۶۹/۵۵ اختلاف معنی داری مشاهده شد.

قطر برابر سینه:

متوسط قطر برابر سینه درصد نمونه برداری شده شامل سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹ (۲۱ ساله)، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ (۷ ساله) و اورامریکن ۲۱۴ (۸ ساله) به ترتیب ۱۰/۱۸۸، ۹/۵۷۵ و ۱۰/۷۸۸ سانتیمتر اندازه گیری شد.

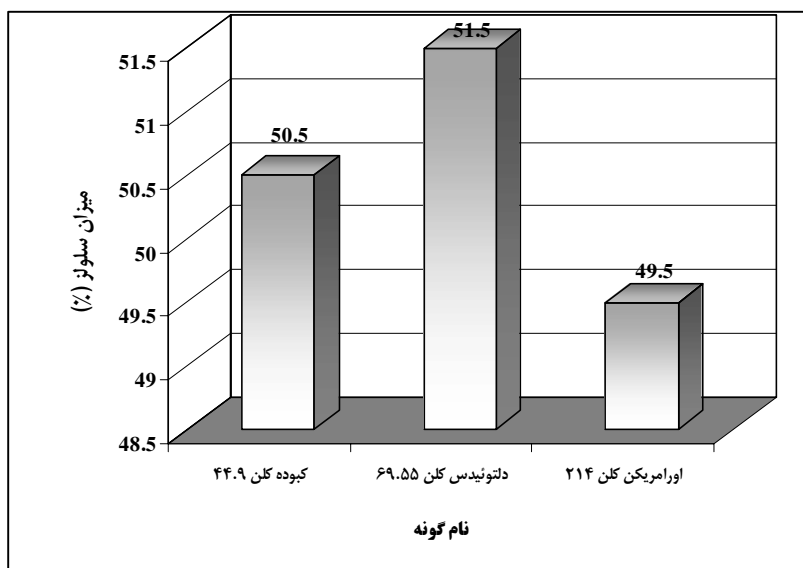
ترکیب شیمیایی :

مقادیر اندازه گیری شده سلولز ، لیگنین و مواد استخراجی این سه کلن در جدول شماره ۴ خلاصه شده است.

جدول شماره ۴ : مقادیر ترکیب شیمیایی سه کلن صنوبر

نام کلن	سلولز (%)	لیگنین (%)	مواد استخراجی (%)
کبوده بومی کلن ۴۴/۹	۵۰/۵	۱۶	۲/۵
صنوبر دلتونیدس کلن ۶۹/۵۵	۵۱/۵	۱۸	۱/۵
صنوبر اورامریکن کلن ۲۱۴	۴۹/۵	۲۰	۲/۵

در شکل شماره ۲ هیستوگرام میزان سلولز سه کلن صنوبر نشان داده شده است.



شکل شماره ۲: هیستوگرام میزان سلولز سه کلن صنوبر

خمیر کاغذ:

در جدول شماره ۵ نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیابیت فعال ثابت ۲۰ درصد و سولفدیتته ۲۵ درصد را مشاهده می نمایید.

جدول شماره ۵: نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای سه کلن صنوبر

در قلیابیت و سولفدیتته ثابت ۲۰ درصد و ۲۵ درصد

نام کلن	زمان پخت (ساعت)	بازده خمیر کاغذ	عدد کاپا
کبوده بومی کلن ۴۴/۹	۱	۵۴/۴	۲۱
	۲	۵۴	۱۹/۶
	۳	۵۳/۱	۱۸/۴
صنوبر دلتونیدس کلن ۶۹/۵۵	۱	۵۴/۸	۲۰/۱
	۲	۵۳/۸	۱۸/۳
	۳	۵۳	۱۸/۱
صنوبر اورامریکن کلن ۲۱۴	۱	۵۳/۶	۲۴/۳
	۲	۵۳	۲۲/۶
	۳	۵۱/۶	۲۰/۸

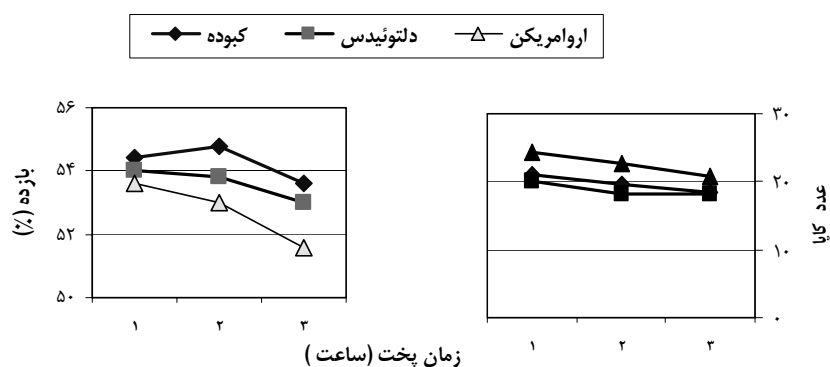
در جدول شماره ۶ نتایج حاصل از پخت و تهیه خمیر کاغذ از سه کلن صنوبر در زمان پخت ۳ ساعت و درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتیگراد آورده شده است.

جدول شماره ۶: نتایج بازده خمیر کاغذ سه کلن صنوبر در زمان پخت ۳ ساعت و درجه حرارت

پخت ۱۷۰ درجه سانتیگراد

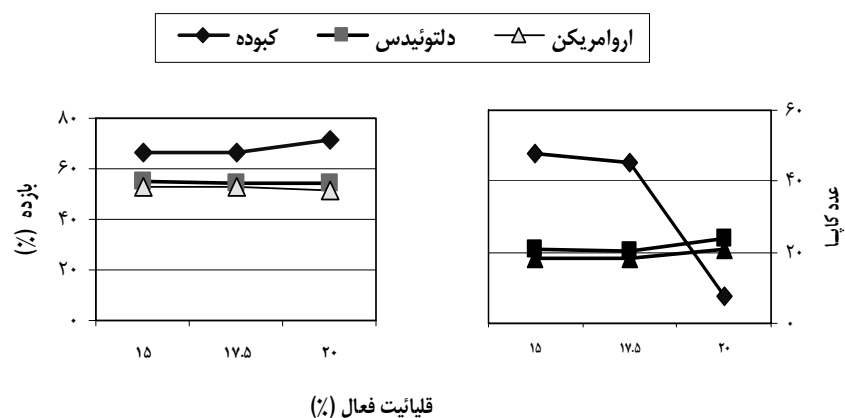
نام کلن	قلیابیت فعال (%)	بازده	عدد کاپا
کبوده بومی کلن ۴۴/۹	۱۵	۶۶/۱	۴۷/۷
	۱۷/۵	۵۵/۳	۲۱
	۲۰	۵۳/۱	۱۸/۴
صنوبر دلتونیدس کلن ۶۹/۵۵	۱۵	۶۶/۲	۴۵/۳
	۱۷/۵	۵۴/۳	۲۰/۴
	۲۰	۵۳	۱۸/۱
صنوبر اورامریکن کلن ۲۱۴	۱۵	۷۱/۶	۷/۵
	۱۷/۵	۵۴/۱	۲۴/۱
	۲۰	۵۱/۶	۲۰/۸

بررسی نتایج بدست آمده نشان می دهد که در کلیه کلن های صنوبر، با افزایش مدت زمان پخت، بازده خمیر کاغذ و عدد کاپای آنها کاهش یافت (شکل شماره ۳). در مدت زمان پخت یک ساعت، بازده خمیر کاغذ سه کلن کبوده بومی، دلتوئیدس و اورامریکن به ترتیب ۵۴/۴، ۵۴/۸ و ۵۳/۶ درصد و عدد کاپای آنها به ترتیب ۲۱، ۲۰/۱ و ۲۴/۳ اندازه گیری شد.



شکل شماره ۳- منحنی تاثیر زمان پخت بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها

بنابراین بیشترین بازده خمیر کاغذ و کمترین عدد کاپا مربوط به خمیر کاغذ دلتوئیدس است. با افزایش قلیاییت فعال از ۱۵ به ۱۷/۵ درصد و پس از آن به ۲۰ درصد (جدول شماره ۶)، در کلیه کلن ها تغییر قلیاییت فعال از ۱۵ به ۱۷/۵ درصد اثر قابل ملاحظه ای بر کاهش بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها دارد، ولی این کاهش از ۱۷/۵ به ۲۰ درصد به خصوص در مورد کاهش عدد کاپا چندان زیاد نیست (شکل شماره ۴).



شکل شماره ۴: منحنی تاثیر قلیائیت فعال بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها

در قلیائیت فعال ۱۷/۵ درصد، بازده خمیر کاغذ برای سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ به ترتیب ۵۵/۳، ۵۴/۳ و ۵۴/۹ و عدد کاپای آنها به ترتیب ۲۱، ۲۰/۴ و ۲۴/۱ اندازه گیری شد.

خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز:

در جدول شماره ۷ نتایج حاصل از اندازه گیری خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز سه کلن صنوبر نشان داده شده است.

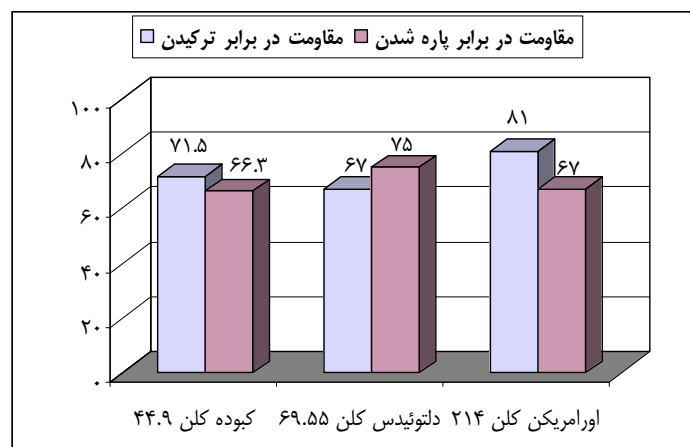
جدول شماره ۷: خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ دست ساز سه کلن صنوبر

نوع کلن	کبوده بومی	دلتوئیدس	اورامریکن کلن
خصوصیات فیزیکی و مکانیکی	کلن ۴۴/۹	کلن ۶۹/۵۵	۲۱۴
مدت زمان پالایش (دقیقه)	۱۰	۱۱	۱۱
وزن پایه گرم /متر مربع	۶۰	۶۰	۶۰
ضخامت کاغذ (میکرون)	۷۰ -۷۵	۷۵-۸۰	۶۵-۷۰
عامل ترکیدن Burst factor	۷۱/۵	۶۷	۸۱
عامل پارگی Tear factor	۶۶/۲	۷۵	۶۷
طول پاره شدن متر Breaking length	۷۰۰۰	۶۶۵	۷۵۵۰
مقاومت به تاه شدن Folding Strength	۹۷۵	۷۴۰	۱۷۰۰

به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کاغذ هر یک از سه کلن کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ در محدود کاپای حدود ۲۰ خمیر کاغذ تهیه شد. مدت زمان پخت برای کبوده بومی یک ساعت و ربع، دلتوئیدس یک ساعت و چهل و پنج دقیقه و اورامریکن سه ساعت و سی دقیقه بوده است. خمیر کاغذها تا رسیدن به درجه روانی ۳۰۰ میلی لیتر (CSF) پالایش شدند.

با توجه به جدول شماره ۷ مشاهده می شود که مقاومت به پارگی خمیر کاغذ دلتوئیدس بیشتر از دو کلن دیگر بوده است و مقاومت پارگی اورامریکن کمی بیشتر از کبوده بومی و تقریباً با آن یکسان است علت این اختلاف به سبب بیشتر بودن متوسط طول الیاف و وزن مخصوص دلتوئیدس نسبت به دو کلن دیگر است.

مقاومت‌های مربوط به پیوند بین الیاف از قبیل مقاومت به کشش، ترکیدن و طول پاره شدن در اورامریکن بیشتر از دو کلن دیگر است که دلیل آن وزن مخصوص کمتر چوب این کلن از دو کلن دیگر و نیز متوسط طول الیاف خوب این کلن است. در شکل شماره ۵ هیستوگرام عامل مقاومت در برابر ترکیدن و پاره شدن خمیر کاغذهای سه کلن صنوبر نشان داده شده است.



شکل شماره ۵ - هیستوگرام عامل مقاومت در برابر ترکیدن و پار شدن خمیر کاغذهای سه کلن صنوبر

نتیجه گیری :

خصوصیات فیزیکی و آناتومیکی:

پس از بررسی آماری و تجزیه و تحلیل نتایج در سطح ۱ و ۵ درصد مشاهده شده که بدون در نظر گرفتن دو صفت وزن مخصوص خشک و ضخامت پوست است. بین صفات اندازه گیری شده دو کلن صنوبر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ اختلاف معنی داری وجود ندارد. و می توان این دو کلن صنوبر را در یک گروه قرار داد، و لی دو کلن مذکور با کبوده بومی کلن ۴۴/۹ دارای اختلاف معنی داری می باشد.

خصوصیات شیمیایی :

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات ترکیب شیمیایی این سه کلن نشان می دهد که اورامریکن ۲۱۴ دارای سلولز کمتر و لیگنین بیشتر از دو کلن دیگر است که این اختلاف در نهایت منجر به تولید خمیر کاغذ با بازده کمتر از دو کلن دیگر خواهد شد. لازم به تذکر است که صنوبرها از جمله کلن های مورد مطالعه با دارا بودن حدود ۵۰٪

سلولز و کمتر از ۲۰ درصد لیگنین و درصد مواد استخراجی کم و نیز طول الیاف حدود ۱ میلیمتر از گونه‌های مناسب برای تولید خمیر و کاغذ می باشند.

ویژگیهای خمیر کاغذ :

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات خمیر کاغذ سه کلن صنوبر نشان می دهد که در ارتباط با عدد کاپا و بازده خمیر کاغذها در زمانهای مختلف پخت ، بازده خمیر کاغذ اورامریکن ۲۱۴ در عدد کاپای کمتر از ۲۲ درصد کاهش فوق العاده ای را در مقایسه با دو کلن دیگر از خود نشان می دهد و لازم است در تهیه خمیر کاغذهای با قابلیت رنگبری از دو کلن دیگر استفاده شود. منحنی تغییرات بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا در دو کلن دلتوئیدس و کبوده بومی مشابه بوده ولی در هر سطحی از کاپا بازده خمیر کاغذ دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ از کبوده بومی کلن ۴۴/۹ بیشتر است.

در کلیه کلن‌ها تغییر قلیابیت فعال از ۱۵ درصد به ۱۷/۵ درصد اثر قابل ملاحظه ای در بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا بوجود می آورد، اولی در مقایسه این تغییر از ۱۷/۵ به ۲۰ درصد به خصوص در مورد عدد کاپا چندان زیاد نیست. تغییر زیاد بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا در اثر افزایش قلیابیت از ۱۵ درصد به ۱۷/۵ درصد به احتمال زیاد در اثر افزایش غلظت مواد شیمیایی و تسریع واکنش لیگنین زدایی می باشد، ولی این احتمال هم وجود دارد که در اثر فقدان مواد شیمیایی کافی در ۱۵ درصد قلیابیت فعال به خصوص در پایان مدت زمان پخت ۳ ساعته ، کندانسیون لیگنین بر روی الیاف خمیر در هر یک از کلن‌ها نیز اتفاق افتاده باشد.

جمع بندی کلی نتایج بدست آمده نشان می دهد که از کبوده بومی کلن ۴۴/۹ و دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ می توان با استفاده از ۲۰ درصد قلیای فعال و مدت زمان پخت

۳ ساعت بازده خمیر کاغذ ۵۳ درصد با عدد کاپای حدود ۱۸ بدست آورد که خمیری مناسب برای سفید سازی و تولید کاغذ چاپ و تحریر می باشد.

ویژگیهای مکانیکی کاغذ

نتایج بدست آمده از خصوصیات مقاومتی کاغذ حاصل از سه کلن صنوبر نشان می دهد که مقاومت به پارگی بیشتر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ در مقایسه با دو کلن دیگر است. علت این اختلاف به سبب متوسط طول الیاف و وزن مخصوص بیشتر دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ از دو کلن دیگر می باشد. مقاومت‌های مربوط به پیوند الیاف از قبیل مقاومت کششی، ترکیدن و طول پاره شدن در اورامریکن ۲۱۴ بیشتر از دو کلن دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و کبوده بومی ۴۴/۹ بوده که دلیل آن وزن مخصوص کمتر چوب این کلن از دو کلن دیگر و نیز متوسط طول الیاف خوب این کلن است. با کاهش وزن مخصوص انعطاف پذیری و قابلیت کولاپس الیاف بیشتر شده و مقاومت کاغذ افزایش می یابد.

نتایج این بررسی نشان می دهد که دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ از لحاظ طول الیاف و رویش قطر مطلوب تر از کبوده بومی ۴۴/۹ هستند (رویش قطری حدود سه برابر)، ولی بازده و عدد کاپا در خمیر کاغذ حاصل از دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و کبوده بومی کلن ۴۴/۹ مشابه و مطلوب تر از اورامریکن است و این در حالی است که ویژگیهای مقاومتی مربوط به پیوند الیاف کاغذ از قبیل طول پاره شدن، مقاومت به تا شدن و ترکیدن در اورامریکن به مراتب مطلوب تر از دو کلن دیگر است. از سوی دیگر مقاومت به پارگی در دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ بیشتر از دو کلن دیگر است، بنابراین به نظر می رسد که با پخت مخلوط این کلنها می توان خمیر کاغذ با بازده و خصوصیات فیزیکی و مقاومتی مطلوب تر بدست آورد.

منابع مورد استفاده:

- ۱- رسالتی، حسین، ۱۳۶۸، شیمی چوب تکمیلی برای دوره کارشناسی ارشد، جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۲- رسالتی، حسین، ۱۳۶۸، تکنولوژی تهیه خمیر برای دوره کارشناسی ارشد، جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۳- رسالتی، حسین، ۱۳۶۸، کاغذسازی برای دوره کارشناسی ارشد، جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۴- پارسا پژوه، داود، ۱۳۶۳، تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران.
- 5- TOMBLER. G, 1981, poplar in pulp and paper industry, C.I.P. Research Lat, Hawkesbury ontario, CANADA.
- 6- MACLEOD. J. MARTIN, 1988, Chemical pulping of Aspen, pulp and paper Research institute of Canada, pointe Claire, Ouebec.
- 7- MCDONALD. MARTINE, KORAN. ZOLTAN, 1988, High yield pulping of Aspen, Universite du Quebec, a Trois-Rivieres, Trois-Rivieres, Quebec.
- 8- ASTM, Annual book of Standards. 1972. Philladelphia, Pa.
- 9- TECHTCAL ASSOCIATION OF PULP & PAPER INDUSTRIES. Standard methods for pulp & paper Technology park, Georgia.