

بررسی خصوصیات لیگنین زدائی و کاغذسازی چوب صنوبر
دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله

محققان:

عباس فخریان

بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ-مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

ایران-صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵ تهران

Fakhrian@rifr-ac.org

چکیده:

سه اصله درخت ۴، ۶ و ۱۲ سال صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ بطور تصادفی از ایستگاه تحقیقات صفرابسته واقع در استان گیلان قطع و جهت بررسی خصوصیات خمیر کاغذ، کاغذسازی و مقاومت کاغذهای ساخته شده از آنها به آزمایشگاه شیمی چوب و کاغذسازی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع انتقال داده شد.

به منظور پخت چوب و تهیه خمیر کاغذ و کاغذ از این ماده لیگنوسلولزی روش سولفات (کرفت) مورد استفاده قرار گرفت. در این روش درجه حرارت پخت ۱۶۵ درجه سانتیگراد. سولفیدیت ۲۵ درصد و نسبت ۵؟؟؟ به ۱ ثابت ده و قلیائیت موثر، زمان پخت و سن بهره برداری هرکدام در سه سطح در نظر گرفته شدند. میانگین بازده خمیر کاغذها حداقل ۴۳/۸۳ درصد و حداکثر ۵۲/۲۸ درصد و عدد کاپای آنها بترتیب ۱۴/۸۵ و ۳۹/۴۸ اندازه گیری شد.

گروه بندی بازده خمیر کاغذ درختان در سه دوره بهره برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله با ثابت در نظر گرفتن فاکتورهای زمان پخت و قلیائیت موثر نشان داد که خمیر کاغذ درخت ۴

ساله با ۴۹/۱۰ درصد در گروه A و خمیر کاغذ درختان ۶ و ۱۲ ساله بترتیب با ۴۷/۲۱ درصد و ۴۷/۱۲ درصد در گروه B قرار گرفته‌اند.

به منظور تعیین مقاومت کاغذهای دست ساز، خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت موثر ۱۴٪ در سه سطح ۴۵۰، ۴۰۰ و ۳۵۰ میلی لیتر (C.S.f) و خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت موثر ۲۰ درصد تا ۳۵۰ میلی لیتر پالایش شدند. از خمیر کاغذهای پالایش شده کاغذ ۶۰ گرمی تهیه شد. خواص مقاومتی کاغذها شامل طول پاره شدن، مقاومت در برابر پاره شدن، مقاومت در برابر ترکیدن و مقاومت در برابر تاه شدن اندازه گیری شد.

۱- مقدمه:

بهره برداری گستره از منابع چوبی کشور و روند رو به کاهش آن استفاده از منابع جدید لیگنوسلولزی جایگزین منابع جنگلی را اجتناب ناپذیر کرده است. گونه های سریع الرشد صنوبر از کیفیت مناسب تکنولوژی برخوردار بوده و بعضی از آنها دارای برخی از نرمشهای زراعی از جمله سلکسیون، تلقیح و تهیه پایه های سریع الرشد به منظور کوتاه نمودن دوره بهره برداری و افزایش تولید چوب می باشند. همچنین امروزه با پیشرفت علم ژنتیک پایه های از درختان چوبی بخصوص درختان سریع الرشد که قابلیت استفاده از آنها در صنعت کاغذ قابل افزایش است امکان پذیر می باشد و ضروری است مطالعات لازم درباره ویژگیهای این منابع به عنوان ماده اولیه کاغذسازی به مرحله اجرا گذاشته شود.

استفاده از چوب صنوبر در کاغذسازی دارای مزایائی است، از جمله اینکه صنوبر در بسیاری از نقاط کشور به صورت سنتی و صنعتی کشف می شود. چوب آنها عمدتاً نرم و سبک بوده و دارای رنگ روشن می باشند و برای تبدیل آنها به خمیر کاغذ به

انرژی کمتری (شیمیایی و مکانیکی) در مقایسه با پهن‌برگان دیگر نیاز می‌باشد. صنوبرها بسیار سریع‌الرشدند و زمان رسیدن به قابلیت بهره‌برداری آنها در صنعت خمیر کاغذ کوتاه است.

۲ - سابقه تحقیق:

بطور کلی علت استفاده از صنوبر در کشورهای مختلف جهان به علت رشد سریع و کاربرد آن در زراعت چوب (Agry forestry) با میزان رویش سالیانه زیاد می‌باشد. Macleod (1988) تولید خمیر کاغذ از صنوبر در حدود ۱۰۰ سال پیش برای اولین بار توسط یک شرکت امریکائی تولید خمیر کاغذ در مانایونک (Manayunk) با ظرفیت حدود ۱۸ تا ۲۴ تن در روز با فرایند سودا صورت گرفت. از آن روز تا بحال تولید کاغذ از صنوبر ادامه دارد و به علت سریع‌الرشد بودن و خواص تکنولوژی چوب آن و دارا بودن بیش از ۵۰ درصد سلولز و حدود ۳۰ درصد همی سلولز و حدود ۲۰ درصد و کمتر از آن لیگنین رو به گسترش است. Macleod (1988) در کانادا از کارخانجاتی که با فرآیند کرافت کار می‌کردند در سال ۱۹۸۶ بوسیله صنوبر بیش از ۵۰۰ هزار تن خمیر کاغذ بدست آمده است و این تقریباً نصف میزان خمیر کاغذ کرافت تولید شده از پهن‌برگان می‌باشد.

مهرابی، س. (۱۳۷۰) در بررسی مقایسه‌ای 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 ترتیب فوق ۰/۸۵۴ و ۱/۱۴۸ و ۱/۰۸ میلی‌لیتر

وزن مخصوص خشک ترتیب فوق ۰/۳۸۶، ۰/۴۶۱ و ۰/۳۴۱ گرم بر سانتیمتر مکعب

میانگین درصد سلولز ترتیب فوق ۵۰/۵۰، ۵۱/۵۰ و ۴۹/۵ درصد

میانگین درصد لیگنین ترتیب فوق ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد

نتایج حاصله از پخت نشان می‌دهد که از کبوده بومی کلن ۴۴/۹ و دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ می‌توان با استفاده از ۲۰ درصد قلیائیت حفال و مدت پخت ۳ ساعت به خمیر کاغذی با بازده ۵۳ درصد 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 راندمان بالا از دوگونه صنوبر دلتوئیدس و صنوبر در اورامریکن به نتایج زیر رسیده است.

میانگین طول الیاف صنوبر دلتوئیدس	۱/۱۱۷ میلی‌متر
میانگین طول الیاف صنوبر اورامریکن	۱/۲۹ میلی‌متر
دانسیته چوب صنوبر دلتوئیدس	۰/۳۶۵
دانسیته چوب صنوبر اورامریکن	۰/۳۹
سلولز چوب صنوبر دلتوئیدس	چوب برون ۵۲/۸۸ درصد
	چوب درون ۵۳/۲ درصد
سلولز چوب صنوبر اورامریکن	چوب درون ۵۶/۴۴
	چوب برون ۵۷/۲۰
لیگنین چوب صنوبر دلتوئیدس	چوب برون ۲۳/۴۳٪
	چوب درون ۲۳/۵۰٪
لیگنین چوب صنوبر اورامریکن	چوب برون ۱۸/۸۲
	چوب درون ۱۸/۹۳

نامبرده بازده خمیر کاغذ CMP صنوبر دلتوئیدس را ۸۸-۸۲ درصد اندازه‌گیری کرده و اظهار می‌دارد مقاومت‌های مکانیکی گونه اورامریکن بیشتر از صنوبر دلتوئیدس است.

۳- روش کار:

تهیه نمونه‌های مورد آزمایش: نمونه‌های مورد آزمایش از طرح "مناسب‌ترین دوره بهره‌برداری صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱" واقع در ایستگاه تحقیقاتی صنوبر صفرابسته تهیه شدند.

تهیه خمیر کاغذ: به منظور پخت چوب و مقایسه خمیر کاغذ. پالایش‌پذیری کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سه سن بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله روش کرافت (سولفات) مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای متغیر پخت‌های اصلی به شرح زیر است.

قلیائیت موثر: ۱۴، ۱۷ و ۲۰ درصد (مبنا ۲۰ Na)

زمان پخت ۱،۲ و ۳ ساعت

درجه حرارت پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس

سن درخت ۴، ۶ و ۱۲ سال

سولفیدیت ۲۵ درصد (مبنا ۲۰ Na)

نسبت ۴۴۴؟ ۵ به ۱

عدد کاپا مطابق استاندارد شماره ۸۵-T۲۳۶cm آیین‌نامه TAPPI، اندازه‌گیری درجه روانی مطابق استاندارد شماره ۹۲-T۲۲۷om آیین‌نامه TAPPI، پالایش خمیر کاغذها مطابق استاندارد شماره ۸۸Tom-۲۰۵ آیین‌نامه TAPPI انجام گرفته است. به منظور ساخت کاغذ با وزن پایه ۶۰ گرم خمیر کاغذها تا رسیدن به درجه روانی ۳۵۰ ML پالایش شدند (خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت موثر ۱۴ درصد، زمان پخت ۱ ساعت و دوره‌های بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله تا رسیدن به درجه روانی ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ میلی‌متر پالایش شدند). برای ساخت کاغذ دست‌ساز از خمیر کاغذهای تهیه شده تحت شرایط ذیل استفاده شده است.

قلیائیت موثر: ۱۴ و ۲۰ درصد (مینا Na_2O)

زمان پخت: ۱ ساعت

سولفیدیت: ۲۵ درصد (مینا Na_2O)

دوره بهره‌برداری: ۴، ۶ و ۱۲ ساله

درجه حرارت پخت: ۱۶۵ درجه سلسیوس

نسبت CaO به SiO_2 : ۵ به ۱

به منظور اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از استانداردهای زیر استفاده شده است.

مقاومت در برابر پاره‌شدن بر طبق استاندارد شماره ۸۸-om-۱۴ T آیین‌نامه TAPPI

مقاومت در برابر ترک‌شدن بر طبق استاندارد شماره ۹۱-om-۴۰۳ T آیین‌نامه TAPPI

مقاومت در برابر تاه شدن بر طبق استاندارد شماره ۸۱-om-۴۰۳ آیین‌نامه TAPPI

طول پاره شدن بر طبق استاندارد شماره ۸۸-om-۳۲۰ آیین‌نامه TAPPI

روش تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها و همچنین مقاومت کاغذهای دست‌ساز؟؟ طرح فاکتوریل در قالب بلوکهای کاملاً تصادفی و جهت گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شده است.

نتایج: در جدول شماره ۱ نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای چوب درخت صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که بیشترین بازده خمیر کاغذ با ۵۲/۲۱ درصد مربوط به خمیر کاغذ تهیه شده در شرایط قلیائیت موثر ۱۴ درصد و زمان پخت ۱ ساعت (مربوط به چوب درخت ۱۲ ساله) و پخت ۳ ساعت (مربوط به درخت ۴ ساله) است. عدد کاپای این دو خمیر کاغذ بترتیب ۲۸/۳۷ و ۱۴/۸۵ اندازه‌گیری شده است. در جدول شماره ۲ نتایج تجزیه و تحلیل خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس در دوره بهره‌برداری ۴ ساله خلاصه شده است. با توجه به

شماره ۱ مشاهده می‌شود با ثابت در نظر گرفتن فاکتور زمان پخت با افزایش قلیائیت موثر از ۱۷ درصد به ۲۰ درصد بازده خمیر کاغذها کاهش یافته است که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. گروه‌بندی میانگین بازده خمیر کاغذها با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۳ خلاصه شده است. همچنین با ثابت در نظر گرفتن قلیائیت موثر با افزایش زمان پخت (جدول شماره ۲) بازده خمیر کاغذها کاهش می‌یابد که در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار است. در جدول شماره ۴ گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذها نشان داده شده است.

جدول شماره ۱: نتایج بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱

عدد کاپا			بازده (%)			قلیائیت موثر (%)	زمان پخت (ساعت)	سن درخت (سال)
میانگین		تکرار	میانگین		تکرار			
	۲	۱		۲	۱			
۲۹/۸۱	۲۸/۳۰	۳۱/۳۳	۵۰/۳۶	۹۳/۵۰	۸۰/۴۹	۱۴		
۲۱/۴۹	۲۱/۰۵	۲۲/۸۳	۴۸/۴۱	۷۱/۴۷	۱۱/۴۹	۱۷	۱	
۱۸/۳۷	۱۸/۱۲	۱۸/۶۳	۴۷/۷۶	۴۲/۴۷	۱۱/۴۸	۲۰		
۲۳/۲۶	۲۲/۳۴	۲۴/۱۸	۴۸/۸۰	۶۷/۴۸	۹۴/۴۸	۱۴		
۱۸/۲۲	۱۸/۰۳	۱۸/۴۲	۴۶/۵۱	۵۹/۴۶	۴۳/۴۶	۱۷	۲	۴
۱۶/۷۱	۱۶/۹۸	۱۶/۴۵	۴۵/۹۲	۵۷/۴۶	۲۷/۴۵	۲۰		
۲۰/۵۴	۲۰/۵۷	۲۰/۲۳	۴۷/۳۳	۲۰/۴۷	۴۷/۴۷	۱۴		

17/89	18/75	17/03	47/31	23/20	20/20	17	3	
				23/20	20/20			
14/85	15/27	14/33	43/33	35/33	31/33	20		
				33/33	33/33			
28/33	27/56	29/10	49/98	21/21	27/27	14		
				29/29	27/27			
20/47	20/93	20/02	47/96	10/10	10/10	17	1	
				47/47	10/10			
18/24	18/82	17/66	43/33	53/43	23/23	20		
				43/43	23/23			
18/75	18/83	18/68	49/16	10/10	18/18	14		
				49/49	18/18			
16/68	17/23	16/13	46/93	52/52	16/16	17	2	
				46/46	16/16			
15/34	14/31	15/51	45/53	51/51	20/20	20		
				45/45	20/20			
21/86	22/30	21/33	49	18/18	52/52	14		
				49/49	52/52			
18/16	18/04	18/28	45/33	20/20	16/16	17	3	
				45/45	16/16			
15/76	15/95	15/51	43/33	27/27	17/17	20		
				43/43	17/17			

٣٠/٤٨	٣١/٥٤	٢٩/٤٢	٥٢/٢٠	/٨٨ ٥٢	/٥٣ ٥١	١٤		
١٩/٥٨	٢٠/٥٣	١٨/٦٤	٥٠/٤٣	/٠١ ٥١	/٨٦ ٤٩	١٧		
١٦/٦٥	١٦/٥٠	١٦/٨٠	٤٩/٣٨	/٥٨ ٤٩	/١٨ ٤٩	٢٠		
١٩/١٣	٢١/٠٣	١٧/٢٤	٥٠/١٦	/١٤ ٥١	/١٩ ٤٩	١٤		
١٦/٢٦	١٦/٥٥	١٥/٩٧	٤٨/٥٧	/٠٧ ٤٩	/٠٨ ٤٨	١٧	٢	١٢
١٥/٨٥	١٤/٥٠	١٧/٢٠	٤٧/٥٦	/٥٣ ٤٧	/٥٩ ٤٧	٢٠		
١٨/٦٨	١٨/٨٤	١٨/٥٢	٤٩/٠١	/٤٩ ٤٩	/٥٣ ٤٨	١٤		
١٥/٨٤	١٦/٤٣	١٥/٢٦	٤٨/٢٧	/٨٧ ٤٨	/٦٧ ٤٧	١٧	٣	
١٤/٥٢	١٥/٢٣	١٣/٨١	٤٦/٣٠	/٤٦ ٤٧	/١٤ ٤٥	٢٠		

جدول شماره ۲: نتایج تجزیه و تحلیل آماری بازده خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۰۲۹۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۱	تکرار
۳۵/۸۶	۱۲/۳۷	۲۴/۷۴	۲	A=قلیائیت موثر
۳۶/۴۴	۱۲/۵۷	۲۵/۱۵	۲	B=زمان پخت
۱/۹۳	۰/۶۷	۲/۶۷	۴	AXB
	۰/۳۴۵	۲/۷۶	۸	خطا

جدول شماره ۳: مقایسه میانگین بازده خمیر کاغذها در سطح ۱٪

گروه بندی بازده (میانگین)	قلیائیت موثر
$14 = 48/70 = A$	۱۴
$17 = 47/08 = B$	۱۷
$20 = 45/84 = C$	۲۰

جدول شماره ۴: مقایسه میانگین بازده خمیر کاغذها در سطح ۱٪

زمان پخت (ساعت)	گروه‌بندی بازده (میانگین)
۱	$1 = 48/71 = A$
۲	$2 = 47/08 = B$
۳	$3 = 45/83 = C$

نتایج تجزیه و تحلیل عدد کاپای خمیر کاغذها در دوره بهره‌برداری ۴ ساله (جدول شماره ۵) نشان می‌دهد که با ثابت در نظر گرفتن فاکتور زمان پخت با افزایش قلیائیت موثر عدد کاپا کاهش می‌یابد که اختلاف آنها در سطح ۱٪ کاغذ معنی دار می‌باشد همچنین با افزایش زمان پخت و ثابت در نظر گرفتن قلیائیت موثر کاهش عدد کاپا در سطح ۱٪ معنی دار شده است.

جدول شماره ۵: نتایج تجزیه و تحلیل آماری عدد کاپا خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس در

سن ۴ سالگی

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۵۵	۱	تکرار
۱۰۳/۱۲	۹۱/۰۹	۱۸۲/۱۸	۲	A = قلیائیت موثر
۵۳/۹۳	۴۷/۶۴	۹۵/۲۷	۲	B = زمان پخت
۵/۸۰	۵/۱۱	۲۰/۴۶	۴	AXB
	۰/۸۸	۷/۰۷	۸	خطا

در شکل شماره ۱ منحنی تأثیر افزایش قلیائیت موثر در بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس در سن ۴ سالگی نشان داده شده است. در جدول شماره ۶ نتایج تجزیه و تحلیل آماری خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس ۶ ساله خلاصه شده است. جدول شماره ۶ نشان می‌دهد با ثابت در نظر گرفتن فاکتور زمان پخت، با افزایش قلیائیت موثر از ۱۴ درصد به ۲۰ درصد بازده خمیر کاغذ کاهش یافته است که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی دار شده است.

شکل شماره ۱: منحنی تأثیر افزایش قلیائیت موثر بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس در سن ۴ سالگی

جدول شماره ۶: نتایج تجزیه و تحلیل آماری خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس در سن ۶ سالگی

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۵۲	۰/۱۸	۰/۱۸	۱	تکرار
۶۴/۰۷	۲۲/۱۳	۴۴/۲۶	۲	A = قلیائیت موثر
۱۵/۷۷	۵/۴۴	۱۰/۹۰	۲	B = زمان پخت
۲/۴۲	۰/۸۵	۳/۴۱	۴	AXB
	۰/۳۵	۲/۷۶	۸	خطا

گروه‌بندی میانگین بازده خمیر کاغذها تحت این شرایط با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۷ آورده شده است.

جدول شماره ۷: مقایسه میانگین بازده خمیر کاغذهای صنوبر دلتوئیدس در سن ۶ سالگی

قلیائیت موثر	گروه بندی بازده (میانگین)
٪۱۴	٪۱۴ = A = ۴۹/۱۴
٪۱۷	٪۱۷ = B = ۴۶/۸۹
٪۲۰	٪۲۰ = C = ۴۵/۳۲

در شکل شماره ۲ منحنی افزایش زمان پخت در بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس ۶ ساله نشان داده شده است.

شکل شماره ۲: منحنی تأثیر زمان پخت بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ چوب صنوبر دلتوئیدس ۶ ساله

در جدول شماره ۸ نتایج تجزیه و تحلیل عدد کاپای خمیر کاغذهای درخت ۶ ساله صنوبر دلتوئیدس آورده شده است. با توجه به جدول شماره ۸ مشاهده می‌شود که با ثابت در نظر گرفتن فاکتور زمان پخت، افزایش قلیائیت موثر باعث کاهش کاپای خمیر کاغذها شده که این میزان کاهش در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار شده است. همچنین افزایش زمان پخت (با ثابت در نظر گرفتن فاکتور قلیائیت موثر) باعث کاهش عدد کاپای خمیر کاغذها شده که اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول شماره ۸: نتایج تجزیه و تحلیل عدد کاپای خمیر کاغذهای صنوبر دلتوئیدس ۶ ساله

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۲/۱۸	۱	۱	۱	تکرار
۱۲۹/۰۴	۵۹/۲۳	۱۱۸/۴۶	۲	A = قلیائیت موثر
۷۹/۷۵	۳۶/۶۰	۷۳/۲۰	۲	B = زمان پخت

۱۰/۸۱	۴/۹۶	۱۹/۸۵	۴	AXB
	۰/۴۶	۳/۶۷	۸	خطا

نتایج تجزیه و تحلیل آماری بازده خمیر کاغذهای صنوبر دلتوئیدس ۱۲ ساله در جدول شماره ۹ نشان داده شده است. با توجه به جدول شماره ۹ مشاهده می‌شود که افزایش قلیائیت موثر و یا زمان پخت باعث کاهش بازده خمیر کاغذها شده است که این کاهش بازده در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار است. در جداول ۱۰ و ۱۱ مقایسه میانگین بازده تحت تأثیر قلیائیت موثر و زمان پخت و در شکل شماره ۳ تأثیر قلیائیت موثر در بازده و عدد کاپا خمیر کاغذها نشان داده شده است.

جدول شماره ۹: نتایج تجزیه و تحلیل آماری بازده خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس ۱۲ ساله

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۲۲/۶۱	۵/۸۵	۵/۸۵	۱	تکرار
۴۲/۶۹	۱۱/۰۴	۲۲/۰۹	۲	A = قلیائیت موثر
۴۷/۸۳	۱۲/۳۷	۲۴/۷۵	۲	B = زمان پخت
۰/۷۸	۰/۲	۰/۸۱	۴	AXB

	۰/۲۶	۲/۰۷	۸	خطا
--	------	------	---	-----

جدول شماره ۱۰: مقایسه میانگین بازده خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس ۱۲ ساله در سطح
٪۱

زمان پخت	گروه بندی بازده (میانگین)
۱	$۱ = ۵۰/۶۷ = A$
۲	$۲ = ۴۸/۷۷ = B$
۳	$۳ = ۴۷/۸۶ = B$

جدول شماره ۱۱: مقایسه میانگین بازده خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس ۱۲ ساله

قلیائیت موثر	گروه بندی بازده (میانگین)
--------------	---------------------------

$1 = 14$	$50/46 = A = 1$
$2 = 17$	$49/09 = B = 2$
$3 = 20$	$40/75 = C = 3$

شکل شماره ۳: تأثیر قلیائیت موثر بر بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس
۱۲ ساله

در جدول شماره ۱۲ نتایج تجزیه و تحلیل آماری عدد کاپای خمیر کاغذهای چوب
صنوبر دلتوئیدس ۱۲ ساله آورده شده است.

جدول شماره ۱۲: نتایج تجزیه و تحلیل آماری عدد کاپای خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس
۱۲ ساله

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۴/۶۳	۵/۱۵	۵/۱۵	۱	تکرار
۵۶/۶۲	۶۳/۰۷	۱۲۶/۱۴	۲	A = قلیائیت موثر
۴۱	۴۵/۶۷	۹۱/۳۳	۲	B = زمان پخت
۱۱/۳۷	۱۲/۶۶	۵۰/۶۶	۴	AXB
	۱/۱۱	۸/۹۱	۸	خطا

نتایج تجزیه و تحلیل آماری چوب درخت صنوبر دلتوئیدس بدون در نظر گرفتن
فاکتورهای زمان پخت و قلیائیت موثر در جدول شماره ۱۳ خلاصه شده است. مشاهده
می‌شود که با افزایش سن درخت (سن بهره‌برداری)، بازده خمیر کاغذها افزایش پیدا

کرده است که در سطح ۱٪ معنی‌دار است. گروه‌بندی بازده خمیر کاغذ درختان در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله در جدول شماره ۱۴ آورده شده است.

جدول شماره ۱۳: نتایج تجزیه و تحلیل آماری بازده خمیر کاغذهای صنوبر دلتوئیدس در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ سال

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱۸/۰۶	۹/۱۲۹	۱۵۵/۲۰	۱۷	تکرار
۴۴/۶۸	۲۲/۵۹	۴۵/۱۸۴	۲	سن
	۰/۵۱	۱۷/۱۹۱	۳۴	خطا

جدول شماره ۱۴: مقایسه میانگین‌های بازده خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس

دوره بهره‌برداری (سال)	گروه‌بندی بازده (میانگین)
۱ = ۴	۳ = ۴۹/۱۰ = A
۲ = ۶	۱ = ۴۷/۲۱ = B
۳ = ۱۲	۲ = ۴۷/۱۲ = B

نتایج تجزیه و تحلیل آماری عدد کاپای خمیر کاغذها در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله نشان داد که با ثابت در نظر گرفتن فاکتور قیائیت موثر و زمان پخت، با تغییر سن درخت از ۴ سال به ۱۲ سال میزان عدد کاپای خمیر کاغذ آنها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار شده است. بطوری که عدد کاپای خمیر کاغذهای درخت ۴ ساله با ۲۰/۱۱ در گروه A، عدد کاپای خمیر کاغذهای درخت ۶ ساله با ۱۹/۰۶ در گروه AB و عدد کاپای خمیر کاغذهای درخت ۱۲ ساله در گروه B قرار می‌گیرند.

خصوصیات مقاومتی کاغذهای دست‌ساز:

به منظور تعیین مقاومت کاغذهای دست‌ساز، خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت موثر ۱۴٪ در سه سطح ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ میلی‌لیتر (C.S.f) و خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت موثر ۲۰٪ تا ۳۵۰ میلی‌لیتر (C.S.f) پالایش شدند. از خمیر کاغذهای پالایش شده کاغذ ۶۰ گرمی تهیه شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای دست‌ساز در زیر آورده شده است.

عامل مقاومت در برابر ترکیدن:

در جدول شماره ۱۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندیس ترکیدن کاغذها آورده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل نتایج اندیس ترکیدن کاغذها نشان داد که در قلیائیت موثر ۱۴٪، با افزایش سن درخت و سطوح مختلف پالایش اختلاف اندیس ترکیدن کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. در جدول شماره ۱۶ نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ صنوبر دلتوئیدس خلاصه شده است.

طول پاره شدن: در جدول شماره ۱۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری طول پاره شدن کاغذها و در جدول شماره ۱۷ نتایج تجزیه و تحلیل آماری آنها نشان داده شده است. با توجه به جدول شماره ۱۷ مشاهده می‌شود که با افزایش سن درخت و میزان پالایش

اختلاف مقدار طول پاره‌شدن کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. در جدول شماره ۱۸ تأثیر افزایش سن درخت و قلیائیت موثر بر طول پاره‌شدن نشان داده شده است.

جدول شماره ۱۵: نتایج اندازه‌گیری مقاومت‌های کاغذ صنوبر دلتوئیدس در زمان پخت ۱ ساعت

تعداد تاه‌شدن			مقاومت در برابر ترکیدن Kpa m/gr			مقاومت در برابر پاره‌شدن m.N?/gr			طول پاره‌شدن Km			درجه روانی (csf)	%EA	سن درخت (سال)
۲۷	۲۸	۲۹	/۱۸ ۶	/۰۹ ۶	/۱۲ ۶	/۸۳ ۷	/۹۷ ۷	/۶۳ ۷	/۱۴ ۸	/۸۹ ۷	/۰۲ ۸	۳۵۰		
۲۴	۲۴	۲۵	/۰۱ ۹	/۹۸ ۵	۶	/۸۶ ۷	/۰۶ ۷	/۷۷ ۷	/۵۱ ۷	/۵۲ ۷	/۵۱ ۷	۴۰۰	۱۴	۴
۲۶	۲۴	۲۵	/۹۲ ۵	/۵۵ ۵	/۸۶ ۵	/۰۲ ۸	/۲۷ ۸	/۱۷ ۸	/۵۳ ۶	/۲۹ ۶	/۴۸ ۶	۴۵۰		
۳۰	۳۰	۳۱	/۸۹ ۵	/۳۷ ۶	/۱۹ ۶	/۵۲ ۸	/۹۵ ۷	/۳۱ ۸	/۳۲ ۸	/۱۴ ۸	/۲۸ ۸	۳۵۰	۲۰	
۳۲	۳۳	۳۲	/۱۳ ۵	/۹۷ ۵	/۵۶ ۵	/۹۸ ۷	/۴۱ ۷	/۷۲ ۷	/۷۳ ۸	/۵۱ ۸	/۶۹ ۸	۳۵۰		
۳۳	۲۸	۳۱	/۰۸ ۵	/۵۹ ۵	/۳۱ ۵	/۱۲ ۷	/۹۷ ۷	/۸۲ ۷	/۱۷ ۸	/۹۲ ۸	/۶۷ ۸	۴۰۰	۱۴	۶

			۵	۵	۵	۸	۷	۷	۷	۷	۷			
۲۵	۲۸	۲۷	/۱۱	/۴۲	/۲۷	/۴۵	/۴۱	/۳۹	/۸۷	/۷۱	/۰۶	۴۵۰		
			۵	۵	۵	۸	۸	۸	۶	۷	۷			
۳۵	۳۶	۳۵	/۸۲	/۹۶	/۲۷	/۹۳	/۳۶	/۷۵	/۹۷	/۶۵	/۸۱	۳۵۰	۲۰	
			۶	۵	۶	۸	۸	۸	۸	۸	۸			
۳۵	۳۶	۳۷	/۲۲	/۴۲	/۲۳	/۸۳	/۵۲	/۷۶	/۲۶	/۳۲	/۵۳	۳۵۰		
			۵	۵	۵	۷	۷	۷	۸	۸	۸			
۲۵	۲۴	۲۶	/۸۷	/۲۷	/۰۹	/۵۹	/۷۱	/۶۹	/۰۹	/۲۱	/۰۹	۴۰۰	۱۴	۱۲
			۴	۵	۵	۷	۷	۷	۷	۸	۸			
۲۲	۲۱	۲۱	/۸۶	/۱۲	/۹۲	/۷۳	/۲۲	/۶۳	/۰۸	/۶۸	/۳۱	۴۵۰		
			۴	۵	۴	۸	۸	۸	۷	۷	۷			
۳۶	۳۶	۳۷	/۱۱	/۴۲	/۲۳	/۷۹	/۹۲	/۸۳	/۵۲	/۴۹	/۳۷	۳۵۰	۲۰	
			۶	۶	۶	۸	۸	۸	۸	۸	۸			

جدول شماره ۱۶: نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ از صنوبر

دلتوئیدس

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه
سن درخت = A	۲	۰/۳۴۵	۱/۷۲۵	۴۰/۹۹۰۲
سطح پالایش = B	۲	۰/۴۷۰	۰/۲۳۵	۰/۵۷۸۳

AXB	۴	۰/۰۲۱	۰/۰۰۵	۰/۱۲۳۱
خطا	۱۸	۰/۷۵۸	۰/۰۴۲	
کل	۲۶	۴/۶۹۹		

جدول شماره ۱۷: نتایج تجزیه و تحلیل آماری طول پاره‌شدن صنوبر دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله براساس سن درخت و سطوح مختلف پالایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه
سن درخت = A	۲	۳/۷۱۰	۱/۸۵۵	۷/۸۳۳۲
سطح پالایش = B	۲	۱۱/۱۸۹	۵/۵۹۵	۲۳/۶۲۶۹
AXB	۴	۲/۱۲۰	۰/۵۳۰	۲/۲۳۷۹
خطا	۱۸	۴/۲۶۲	۰/۲۳۷	
کل	۲۶	۲۱/۲۸۱		

جدول شماره ۱۸: نتایج تجزیه و تحلیل آماری طول پاره شدن صنوبر دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله براساس سن درخت و قلیائیت موثر

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه
سن درخت = A	۲	۱/۰۵۷	۰/۵۲۸	۳۵/۷۳۱۰
سطح پالایش = B	۱	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۷/۸۹۸۲
AXB	۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۷	۰/۴۹۷۴
خطا	۱۲	۰/۱۷۷	۰/۰۱۵	

کل	۱۷	۱/۳۶۶	۱/۳۶۶
----	----	-------	-------

مقاومت در برابر پاره شدن: در جدول شماره ۱۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندیس پارگی و در جدول شماره ۱۹ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری آنها آورده شده است. جدول شماره ۱۹ نشان می‌دهد که با تغییر میزان پالایش در سه سطح ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ (C.S.f) اندیس پارگی کاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار است ولی با تغییر سن درخت اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار شده است.

در جدول شماره ۲۰ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری پارگی تحت تأثیر دو فاکتور سن درخت و قلیائیت موثر نشان می‌دهد که با افزایش سن درخت تغییرات اندیس پارگی در سطح ۵٪ معنی‌دار نشده است ولی با تغییر قلیائیت موثر اختلاف اندیس پارگی در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است.

جدول شماره ۱۹: نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقاومت در برابر پاره شدن صنوبر دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله براساس سن و سطوح پالایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه
سن درخت = A	۲	۰/۲۸۵	۰/۱۴۳	۲/۸۵
سطح پالایش = B	۲	۲/۷۱۱	۱/۳۵۶	۲۷/۰۸۰۲
AXB	۴	۰/۱۹۴	۰/۰۴۹	۰/۹۷۰۵
خطا	۱۸	۰/۹۰۱	۰/۰۵۰	
کل	۲۶	۴/۰۹۲		

جدول شماره ۲۰: نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقاومت در برابر پاره شدن صنوبر دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله براساس سن و قلیائیت موثر

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه
سن درخت = A	۲	۰/۵۵۴	۰/۲۷۷	۳/۴۴۰۵
سطح پالایش = B	۱	۴/۲۱۵	۴/۲۱۵	۵۲/۳۷۴۲
AXB	۲	۰/۰۹۷	۰/۰۴۹	۰/۶۰۵۰
خطا	۱۲	۰/۹۶۶	۰/۰۸۰	
کل	۱۷	۰/۸۳۱		

تعداد تاه شدن:

در جدول شماره ۱۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری تعداد تاه شدن و در جدول شماره ۲۱ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری تعداد تاه شدن کاغذها خلاصه شده است. مشاهده می‌شود (جدول شماره ۲۱) که با افزایش سن درخت و میزان پالایش اختلاف تعداد تاه شدن کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. همچنین تعداد تاه شدن کاغذها تحت تأثیر دو فاکتور سن درخت و قلیائیت موثر (جدول شماره ۲۲) نشان می‌دهد که با تغییر سن درخت و قلیائیت موثر اختلاف تعداد تاه شدن کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول شماره ۲۱: نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقاومت در برابر تاه شدن صنوبر
دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله براساس سن و سطوح پالایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبه
سن درخت = A	۲	۷۶/۹۶۳	۳۸/۴۸۱	۲۵/۳۴۱۵
سطح پالایش = B	۲	۲۸۶/۷۴۱	۱۴۳/۳۷۰	۹۴/۴۱۴۵
AXB	۴	۱۳۶/۵۹۳	۳۴/۱۴۸	۲۲/۴۸۷۸
خطا	۱۸	۲۷/۳۳۳	۱/۵۱۹	
کل	۲۶	۵۲۷/۶۳	۲۱۷/۵۱۸	

جدول شماره ۲۲: نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقاومت در برابر تاه شدن صنوبر
دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله براساس سن و قلیائیت موثر

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
سن = A	۲	۱۵۲/۴۴۴	۷۶/۲۲۲	۱۳۷/۲۰۰۰
قلیائیت موثر = B	۱	۱۶/۰۵۶	۱۶/۰۵۶	۲۸/۹۰۰۰
AXB	۲	۵/۷۷۸	۲/۸۸۹	۵/۲
خطا	۱۲	۶/۶۶۷	۰/۵۵۶	
کل	۱۷	۱۸۰/۹۴۴	۹۵/۷۲۳۰	

بحث و نتیجه‌گیری:

این تحقیق با هدف اندازه‌گیری خواص کاغذسازی کرافت (سولفات) چوب صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ به انجام رسید. نتایج حاصل از پخت نشان داد که با ثابت در نظر گرفتن درجه حرارت پخت و میزان مواد شیمیایی، با افزایش سن درخت بازده خمیر کاغذها افزایش یافت که اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده میانگین بازده خمیر کاغذها در درخت ۱۲ ساله با ۴۹/۱۰ درصد بیشترین مقدار و بازده خمیر کاغذها در درختان ۶ ساله و ۴ ساله به ترتیب با ۴۷/۲۱ درصد و ۴۷/۱۲ درصد کمترین مقدار را داشتند. میانگین بازده خمیر کاغذهای درخت ۱۲ ساله در گروه A میانگین و بازده خمیر کاغذهای درختان ۶ و ۴ ساله در گروه B قرار گرفتند. این افزایش بازده می‌تواند علاوه بر خروج لیگنین بیشتر از چوب، بدلیل حساس بودن بعضی از عناصر تشکیل‌دهنده درختان در حال رشد ۴ و ۶ ساله در برابر تعریف قلیا باشد. با افزایش سن درخت و ثابت در نظر گرفتن درجه حرارت پخت و میزان مواد شیمیایی عدد کاپای خمیر کاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی‌دار شد.

با افزایش درجه حرارت پخت و همچنین میزان مواد شیمیایی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها به علت خروج بیشتر لیگنین از دیواره الیاف کاهش یافت.

با توجه به نتایج حاصل از بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها (جدول شماره ۱) مشاهده می‌شود در قلیائیت موثر ۱۷ درصد و ۲۰ درصد، سولفیدیت ۲۵ درصد و زمان پخت ۲ ساعت می‌توان از خمیر کاغذهای درختان صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ سال خمیر کاغذ مناسب رنگبری و تولید کاغذهای چاپ و

تحریر تولید کرد. در این شرایط میانگین بازده خمیر کاغذها بین ۴۸/۵۷-۴۵/۷۶ درصد و عدد کاپای آنها بین ۱۸/۲۲-۱۵/۳۴ بدست آمده است.

رحمانی، ر. همتی، ا. (۱۳۷۷) در بررسی تعیین مناسبترین دوره بهره‌برداری صنوبر *Populus deltoid* کلن ۷۷/۵۱ اظهار می‌دارند، بیشترین میانگین تولید مربوط به صنوبر ۴ ساله می‌باشد، که میزان تولید آن در هکتار در مقایسه با صنوبر ۱۲ ساله ۳۰ تن بیشتر است و از نظر بازگشت سرمایه نیز به ؟؟؟؟ زمان دوره ۱۲ ساله تقلیل می‌یابد و در نتیجه برای تولیدکننده مقرون به صرفه است که در برداشت دوره ۴ ساله سرمایه‌گذاری نماید ؟؟؟ و همکاران (۱۳۸۰) در بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و آناتومیکی صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ طول الیاف درخت ۴ ساله را بطور متوسط ۱/۰۲۵ میلی‌متر، ۶ ساله را ۱/۱۷۷ میلی‌متر و ۱۲ ساله را ۱/۲۹۹ میلی‌متر اندازه‌گیری کرده‌اند و نتایج نشان می‌دهد که صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ از طول الیاف کوتاهی برخوردار است. نتایج فوق مبین استفاده از چوب درخت با دوره ۴ ساله می‌باشد. در صورت تولید خمیر کاغذهای با مقاومت زیادتر لازم است مقداری خمیر الیاف بلند به آن اضافه شود.

به منظور تعیین خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از این گونه، خمیر کاغذی تهیه شده در قلیائیت موثر ۱۴٪ در سه سطح ۴۵۰، ۴۰۰ و ۳۵۰ میلی‌لیتر و خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت موثر ۲۰ درصد تا ۳۵۰ میلی‌لیتر (C.S.F) پالایش شدند.

در قلیائیت موثر ۱۴٪ با افزایش سن درخت و سطوح میزان پالایش اختلاف اندیس ترکیدن کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. با افزایش میزان پالایش اندیس ترکیدن کاغذها افزایش یافت، به طوری که اندیس ترکیدن خمیر کاغذهای پالایش شده در درجه روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر با میانگین ۵/۶۵۸ gr?kpm در گروه A قرار گرفت. بر اثر پالایش دیواره الیاف له شده و در نتیجه سطح ایجاد اتصال افزایش می‌یابد. همچنین پالایش سبب فیبرپاره شدن الیاف و آزاد شدن تعدادی از میکروفیبرها از درون

دیواره سلولی شده و این میکروفیبریلها آزاد شده قادر خواهند بود به راحتی درهم رفته و با تماس بیشتر موجب تقویت اتصال بین الیاف گردند. با افزایش پالایش درجه روانی خمیر کاغذ کاهش یافته و مقاومت به کشش و ترکیدن آن افزایش می‌یابد که یکی از دلایل مهم افزایش مقاومت اندیس ترکیدن کاغذهای فوق است. همچنین با افزایش سن درخت و میزان پالایش (در قلیائیت موثر ۱۴ درصد) و میزان قلیائیت موثر و سن درخت (در میزان پالایش ۳۵۰ میلی‌لیتر) اختلاف طول پاره شدن کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شده بطوری که خمیر کاغذ درخت ۱۲ ساله با میانگین ۷/۹۴۰ km، خمیر کاغذ تهیه شده در سطح پالایش ۳۵۰ میلی‌لیتر با ۸/۳۴۳ km و خمیر کاغذ تهیه شده در قلیائیت موثر ۲۰ درصد با ۸/۵۰۴ km دارای بیشترین مقدار بوده و در گروه A قرار گرفتند. افزایش میزان پالایش و همچنین افزایش لیگنین‌زدائی و در نتیجه کاهش لیگنین که مانعی در سر راه اتصال بین الیاف است به درهم‌رفتگی الیاف کمک می‌کند و پیوند بین الیاف بیشتر می‌شود و در نتیجه طول پاره شدن الیاف افزایش یافته است.

در قلیائیت ۱۴ درصد با افزایش میزان پالایش در سه سطح ۴۵۰، ۴۰۰ و ۳۵۰ میلی‌لیتر اندیس پارگی خمیر کاغذها در سطح ۱٪ و با تغییر سن درخت از ۴ سال به ۶ سال و ۱۲ سال اندیس پارگی آنها در سطح ۵٪ و با افزایش قلیائیت موثر از ۱۴ درصد به ۲۰ درصد (در میزان پالایش ۳۵۰ میلی‌لیتر) در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار شدند و بیشترین مقادیر اندازه‌گیری شده آنها به ترتیب فوق‌الذکر ۸/۰۳۰ kpa/m/gr، ۸/۳۶۶ و ۸/۵۹۶ kpa/m/gr اندازه‌گیری شد که مربوط به درخت ۶ ساله، پالایش در سطح ۳۵۰ میلی‌لیتر و قلیائیت موثر ۲۰٪ بود.

تعداد تاه شدن کاغذها تحت تأثیر دو فاکتور سن درخت و قلیائیت موثر (میزان پالایش ثابت و ۳۵۰ میلی‌لیتر) در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار شد. تعداد تاه‌شدن کاغذها در این بررسی بین ۲۱-۳۷ بار اندازه‌گیری شد. آقای Marlon, R. و همکاران (۱۹۶۸)

فاکتور ترکیدن، فاکتور مقاومت در برابر پاره شدن و طول پاره شدن خمیر کاغذ کرافت (سولفات) صنوبر *populus deltoides***p. caudina* امریکا را بترتیب $63 \text{ km} / 3$ و 63 mnm/gr ، 63 kpam/gr و $63 \text{ km} / 3$ گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه‌گیری شده در این بررسی کمی کمتر است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از چوب صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ به دلیل سریع‌الرشد بودن، سبکی و داشتن رنگ روشن و قابلیت تهیه خمیر کاغذی با بازده و عدد کاپای مناسب می‌توان برای تولید انواع آن استفاده کرد. برای افزایش مقاومت‌ها لازم است مقداری خمیر الیاف بلند به این کاغذها اضافه شود.

فهرست منابع مورد استفاده

- ۱- رحمانی، ر.همتی، ا. ۱۳۷۷. تعیین مناسب‌ترین دوره بهره‌برداری کلن ۷۷/۵۱ *populus deltoides* موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تحقیقات جنگل و صنوبر (۱).
- ۲- رسالتی، حسینی، ۱۳۶۷. تکنولوژی تهیه خمیر، جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی گرگان.
- ۳- دفخریان، ع. و همکاران، ۱۳۸۰. بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، نشریه چوب و کاغذ شماره ...
- ۴- مهرابی، سعید، ۱۳۷۰. بررسی مقایسه‌ای از سه کلن صنوبر، کبوده بومی کلن ۴۴/۹، دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ جهت تهیه خمیر و کاغذ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.

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

- 6- Franklin, G.L. (1954) Araoid method softening wood for microtome sectioning tropical.
- 7- Woods 88-36
- 8- Macleod, Martin, Koran, 20Ltan, 1988. High yield pulping of Aspen. Wniversite du Quebec. A Trois- Rivieres , Trois- Rivieres, Quebec.
- 9- Tappi test method, 1992-93. TAPPI press. Marton, R., stairs, G.R., Schreiner, E.J.: Influence of Growth Rate and clonal Effects in wood anatomy and pulping properties of Hybrid poplars. Tappi 51 (1968): 5,230-5

Investigation of delv g nification on paper making characteristics of populus .deltoids col.77051 in tree priode of harvesting

Three 3,6 and 12 years old populus deltoide trees (77.51 col.), were cut off, In random, from the research center for populus trees, located In Gilan province and were transferred to the laboratory of chemistry of wood and paper making of research institute of forest and rangelands.

With the use of kraft processing, percentage of sulfidity rate of %25, and the temperature of 165 c a additiom to modification of effective alkali, up to %14, %17, %20 and cooking time at maximume temperature of 60 min., 120 min.,

180 min., with a rate of liquide to lignocellulosics material equivalent .???

Average of yield and kappa number of pulps were measured between 43.83-2.20 and 14.85-30.48 respectively

For manufacture of hand-made paper, they were refined up to the frenesdegree of 350, 400 and 450 c.s.f for %14 effective alkali and 350 c.s.f. for %20 effective alkali. The mechanical properties of 60 grams land-made papers include breaking length, burst Index, tear Index and folding were measured.