Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۰، شماره ۴، صفحه ۶۶۱-۶۵۳، (۱۳۹۴)

بررسی ویژگی‌های کاغذ ساخته شده از الیاف چوب‌کششی و نرمال چوب صنوبر (*Populus nigra*)

جابر حسین‌زاده [۱*]، علی عبدالخانی [۲]، محمد امامی‌نسب [۳]، حمید خدابنده‌لو [۳] و محمد احمدی [۴]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناس ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

پست الکترونیک: j.hosseinzade@ut.ac.ir

۲- دانشیار، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۳- دانشجوی کارشناس ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴- دانشجوی دکترا، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۴

چکیده

در این تحقیق از چوب نرمال و کششی درخت صنوبر که یک گونه تند رشد است و به‌عنوان یک ماده اولیه خوب برای صنعت کاغذسازی به‌شمار می‌رود، استفاده شد. بعد از تهیه نمونه‌ها، در ابتدا ابعاد الیاف و ویژگی‌های بیومتریک الیاف چوب‌کششی و چوب نرمال اندازه‌گیری شد که نتایج نشان داد، الیاف چوب‌کششی از ضریب رانکل و ضریب لاغری بیشتری در مقایسه با الیاف چوب نرمال برخوردار بودند. در مقابل، الیاف چوب نرمال نسبت به الیاف چوب کششی ضریب انعطاف‌پذیری بالاتری داشتند. خرده چوب‌های کششی و نرمال توسط فرایند کرافت تبدیل به خمیرکاغذ و کاغذ شدند. بازده چوب کششی ۱۳ درصد بیشتر از چوب نرمال بود و عدد کاپای چوب کششی به‌طور محسوسی از چوب نرمال کمتر بود. در ادامه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز، مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد کاغذهای ساخته شده از الیاف چوب کششی دارای مقاومت کششی و ترکیدن کمتری در مقایسه با نرمال بودند. همچنین کاغذهای ساخته شده از الیاف چوب نرمال و کششی به نسبت مساوی، مقاومت‌های بیشتری از خود نشان دادند. نتایج آزمون‌های نوری و رنگ نشان داد که کاغذهای ساخته شده از الیاف چوب کششی روشنایی و سفیدی بیشتری نسبت به الیاف چوب نرمال داشت.

واژه‌های کلیدی: بیومتریک، خواص مکانیکی، چوب‌کششی، صنوبر.

مقدمه

در کشورهایی که منابع جنگلی محدودی دارند برای پیدا کردن منابع لیگنوسلولزی همواره اقدامات مختلفی انجام شده و همچنان در حال انجام است. ازجمله این اقدامات استفاده از مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی، بازیافت الیاف سلولزی و کاشت گونه‌های تند رشد مناسب و سازگار در این کشورها می‌باشد. ازجمله منابع چوبی تند رشد می‌توان به صنوبرها اشاره کرد که به دلیل امکان کشت آنها در بیشتر مناطق، تنه مستقیم، جداسازی راحت پوست و وجود بافت همگن و رنگ روشن، علاوه بر استفاده در صنایع لایه‌گیری،

www.SID.ir

Archive of SID

کبریت‌سازی و ... می‌تواند چوب مناسبی برای تولید خمیرکاغذ باشد (Saraeian *et al.*, 2011). بنابراین تحقیقات فراوانی بر روی جنس صنوبر به‌عنوان یک ماده اولیه مناسب برای کاغذسازی انجام شده است. نظرنژاد پژوهشی را با هدف شناخت خصوصیات آناتومیکی، فیزیکی و شیمیایی صنوبر دلتوئیدیس انجام داد و به این نتیجه رسید که میانگین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر برون‌چوب به‌ترتیب ۵۲/۸۸، ۲۳/۴۳، ۰/۸۲۵، ۰/۷۷۹ و درون‌چوب ۵۳/۲، ۲۳/۴۹، ۰/۸۴۵، ۱/۶۸۵ می‌باشد (Nazarnezhad, 1996). Mehrabi (۲۰۰۵) ویژگی‌های خمیرکاغذ و کاغذ سه کلن صنوبر کبوده، دلتوئیدیس و اورامریکن را مورد بررسی قرار داد. برای پخت این سه کلن از زمان‌های ۱، ۲ و ۳ ساعت، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، سولفودیته ۲۵ درصد و قلیاییت فعال در سه سطح ۱۵، ۱۷/۵ و ۲۰ درصد استفاده کرده و به این نتیجه رسید که می‌توان از کبوده بومی و دلتوئیدیس با استفاده از ۲۰ درصد قلیاییت فعال و مدت زمان پخت ۳ ساعت به خمیرکاغذی با بازده ۵۳ درصد و عدد کاپای ۱۸ دست یافت. وانگ خمیرکاغذ ساخته شده از گونه‌های صنوبر را بررسی کرد. در این مطالعه تولید خمیرکاغذهای مکانیکی، شیمیایی- مکانیکی و شیمیایی حاصل از صنوبر و همچنین استفاده از این خمیرکاغذها در ساخت کاغذ بررسی شد. بر اساس نتایج این مطالعه، مشکلات ویژه‌ای در ارتباط با استفاده از چوب صنوبر برای ساخت خمیرکاغذ و کاغذ در کارخانه‌ها وجود دارد که ازجمله این مشکلات وجود لکه‌های مشخص، چوب پوسیده و پوست و قیر را می‌توان نام برد (Jahan Latibari *et al.*, 2005). چوب کششی، جزو چوب‌های واکنشی است که در واکنش به تنش‌های مختلف رشد، اغلب در قسمت فوقانی تنه‌ها و شاخه‌های خمیده درختان پهن‌برگ تشکیل می‌شود (Yoshida *et al.*, 2000). چوب کششی فقط به قسمت فوقانی تنه‌های خمیده درختان پهن‌برگان محدود نشده و ممکن است در سایر قسمت‌های تنه درخت، حتی تنه‌های راست نیز بدون بروز برون مرکزی قابل‌توجه تشکیل شود (Parham *et al.*, 1997). یکی از گونه‌های مستعد تشکیل چوب کششی درخت صنوبر می‌باشد و درصد زیادی از چوب کششی در شرایط متراکم کشت دادن درختان جوان صنوبر دیده شده است (Isebrands *et al.*, 1975);. (Anderson *et al.*, 1975) بنابراین می‌توان گفت که وجود الیاف چوب کششی در میان خرده چوب‌های صنوبر مورد استفاده در خمیر و کاغذسازی امری عادی است.

تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که خواص فیزیکی، مکانیکی، آناتومی و شیمیایی چوب کششی یک گونه با چوب نرمال آن متفاوت است. مطالعات نشان می‌دهد که چوب کششی در مقایسه با چوب نرمال آن از الیاف بلندتر و بازدهی الیاف بیشتری برخوردار است (Pilate *et al.*, 2004). اطلاع از ویژگی‌های الیاف و ضرایب آن، ما را در انتخاب ماده اولیه مناسب در صنایع کاغذسازی هدایت می‌کند. البته خواص کاغذ به ویژگی‌های الیاف تشکیل‌دهنده آن بسیار وابسته است. خواص بیومتری الیاف، شامل طول الیاف، ضخامت دیواره، ضریب لاغری، ضریب رانکل و ضریب انعطاف‌پذیری آن تأثیر بسزایی روی خواص مقاومتی کاغذ، ماتی، چاپ‌پذیری و زبری آن دارد (Mahdavi *et al.*, 2003). مطالعات Parham و همکارانش بر روی کاغذ ساخته شده از الیاف چوب کششی گونه صنوبر (*Populus tristis*) حکایت از آن داشت که کاغذ کرافت ساخته شده از چوب کششی زبر بوده و از خواص مقاومتی کمتری برخوردار است (Parham *et al.*, 1997).

بنابراین در تحقیق حاضر ویژگی‌های مکانیکی کاغذ کرافت ساخته شده از چوب کششی، نرمال و ترکیب مساوی آنها مورد بررسی قرار گرفت تا اثر هریک از این کاغذهای ساخته شده بر ویژگی‌های مکانیکی آنها بهتر بررسی شده و با هم مقایسه شود.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی: NaOH, Na2S برای پخت کرافت از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

مواد شیمیایی لازم برای گرفتن عدد کاپا از شرکت

www.SID.ir

Archive of SID

پارس شیمی خریداری شد.

تهیه نمونه چوبی: خرده چوب‌های مورد استفاده برای ساخت خمیرکاغذ از یک گرده‌بینه صنوبر (Populus nigra) حاوی چوب کششی و چوب نرمال تهیه شد. شناسایی چوب کششی با استفاده از معرف هرزبرگ انجام شد. این معرف، رنگ چوب کششی را به رنگ ارغوانی تا آبی تیره و رنگ ناحیه چوب نرمال را به رنگ زرد مبدل می‌سازد Taramian و همکاران (2007). لازم به ذکر است که ناحیه چوب کششی به دلیل درخشندگی خاص آن و پرزدار شدن سطح خرده چوب‌ها قابل شناسایی بود.

اندازه‌گیری طول الیاف و خواص بیومتری آن: برای اندازه‌گیری طول الیاف، پس از شناسایی چوب کششی و چوب نرمال، دیسک‌ها برش داده شده و بعد از آنها تراشه‌هایی به ضخامت ۱ میلی‌متر و طول ۲ سانتی‌متر تهیه شد. وابری الیاف به روش محلول آب اکسیژنه و اسید استیک انجام شد. برای اندازه‌گیری طول الیاف از عدسی چشمی با بزرگنمایی X ۱۰ استفاده شد. متوسط ابعاد الیاف با اندازه‌گیری ۳۰ عدد فیبر سالم به‌دست آمد. پس از اندازه‌گیری ابعاد الیاف، ضرایب بیومتری آنها شامل ضریب لاغری، ضریب رانکل و ضریب انعطاف‌پذیری محاسبه شد.

تهیه خمیرکاغذ: از دو نمونه چوب کششی و نرمال خرده چوب‌هایی به ضخامت ۴ میلی‌متر، طول ۴ سانتی‌متر و عرض ۲ سانتی‌متر تهیه شد.

برای پخت و تهیه خمیرکاغذ از روش کرافت (سولفات) استفاده شد. پس از انجام پخت‌های آزمایشی، شرایط پخت بهینه انتخاب شد که بشرح زیر می‌باشد:

زمان پخت: ۱۲۰ دقیقه قلیائیت مؤثر (بر مبنای Na2O): ۲۰٪ دمای پخت: ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد

سولفیدیته: ۲۵٪ نسبت L/W: ۵ به ۱

پس از پایان زمان پخت، جداسازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام شده و بعد نمونه‌ها با استفاده از الک ۲۰ و ۲۰۰ شستشو داده شدند. ذرات باقیمانده بر روی الک ۲۰ به‌عنوان وازده و ذرات باقیمانده بر روی الک ۲۰۰ به‌عنوان خمیرکاغذ مورد قبول تعیین شد.

درصد بازده خمیرکاغذها از نسبت وزن کل خمیرکاغذ خشک به وزن خشک خرده چوب‌ها به‌دست آمد. عدد کاپای خمیرکاغذها بر اساس استاندارد شماره ۹۹-om ۲۳۶ T آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شد.

سپس درجه روانی خمیرکاغذها بر اساس استاندارد شماره ۰۴-om ۲۲۷ T آیین‌نامه TAPPI مشخص شد. برای تنظیم درجه روانی خمیرکاغذ به حد مطلوب (۳۵۰CSF) مطابق استاندارد شماره ۰۰ -sp ۲۴۸ T آیین‌نامه TAPPI خمیرکاغذها به‌وسیله پالاینده آزمایشگاهی پالایش شدند.

از خمیرکاغذهای پالایش‌شده طبق استاندارد شماره ۰۲-sp ۲۰۵ T آیین‌نامه TAPPI کاغذهای دست‌ساز جرم پایه ۶۰gr/m2 تهیه شد (لازم به ذکر است برای هر ترکیب شرایط تعداد ۷ ورق کاغذ دست‌ساز ساخته شد). کاغذهای به‌دست‌آمده هوا خشک شده و به مدت ۲۴ ساعت در اتاق کلیما تحت شرایط رطوبت نسبی ۶۰ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. از کاغذهای دست‌ساز بر اساس استاندارد شماره ۰۱-sp ۲۲۰ T نمونه‌های آزمونی تهیه گردید و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذهای حاصل طبق استانداردهای زیر بشرح زیر انجام شد:

جرم پایه: استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T410 om-88

دانسیته ظاهری کاغذ: استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T426 wd-70

مقاومت به کشش: ISO-1924

مقاومت به ترکیدن: استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T403 om-02

ویژگی‌های نوری: استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T452OM-98

رنگ: برای تعیین رنگ نمونه‌ها از رنگ‌سنج (Minolta CR 300 Series, Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan) استفاده شد. قبل از اندازه‌گیری رنگ کاغذها، دستگاه با استفاده از یک صفحه سفید استاندارد تنظیم شد و پارامترهای استاندارد دستگاه به‌صورت L=۹۳/۴۹،

www.SID.ir

Archive of SID

a= −۰/۲۵ و b= −۰/۰۹ تعیین گردید. پارامترهایی که دستگاه می‌خواند عبارتند از: وضوح یا L (سفید =۱۰۰ و سیاه =۰)، a (سبز= ۸۰− تا قرمز =۱۰۰) و b (آبی = ۸۰− تا زرد = ۷۰). در مورد هر نمونه حداقل ۳ نقطه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$) انجام شد.

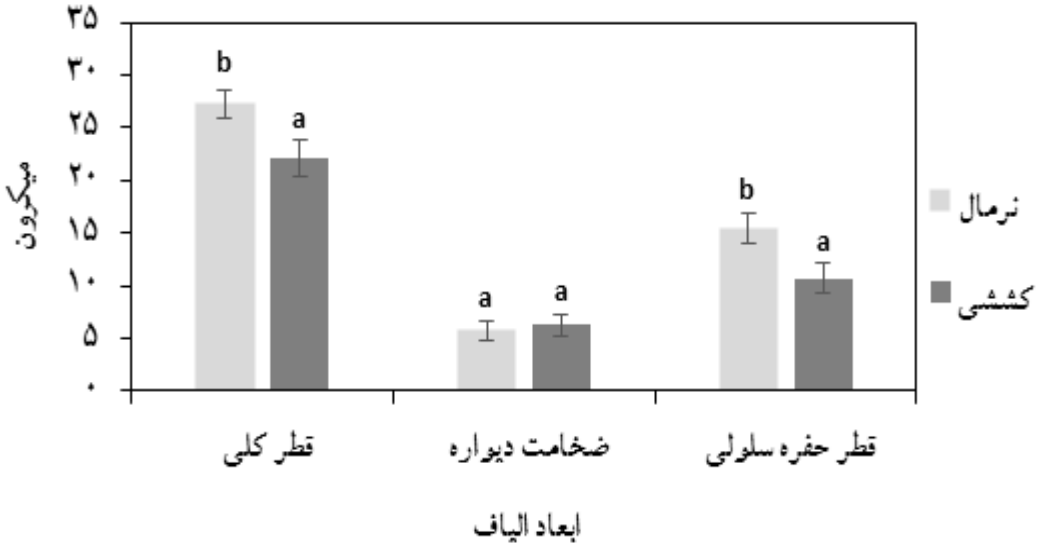
نتایج و بحث

طول الیاف

اندازه‌گیری طول الیاف نشان داد که الیاف چوب کششی در مقایسه با الیاف چوب نرمال از طول بیشتری برخوردار بودند. میانگین طول الیاف چوب کششی برابر با ۱/۰۴ میلی‌متر و چوب نرمال برابر با ۸۷۹/۲ میکرون بود. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج طارمیان و همکاران مطابقت داشت Taramian و همکاران (2007).

قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف

در شکل ۱ میانگین قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف چوب کششی و چوب نرمال نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که تفاوت محسوسی بین قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف چوب کششی و چوب نرمال وجود دارد. الیاف چوب نرمال در مقایسه با الیاف چوب کششی از قطر کلی و قطر حفره سلولی بیشتری برخوردار بودند. میانگین قطر کلی الیاف چوب کششی و چوب نرمال به‌ترتیب برابر با ۲۲/۰۵ و ۲۷/۲۸ میکرون اندازه‌گیری شد. میانگین قطر حفره سلولی الیاف چوب کششی برابر با ۱۰/۶۶ میکرون و میانگین قطر حفره سلولی الیاف چوب نرمال برابر ۱۵/۴۲ میکرون بود. همچنین نتایج نشان داد که ضخامت دیواره الیاف چوب کششی بیشتر از نرمال بود. میانگین ضخامت دیواره الیاف چوب کششی برابر با ۶/۳ و ضخامت دیواره الیاف چوب نرمال برابر با ۵/۷ میکرون اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق با تحقیقات Lu و همکارانش بر روی چوب کششی گونه Salix gordejecii مطابقت داشت Lu, Q و همکاران (2006).



شکل ۱- ابعاد الیاف چوب کششی و نرمال

www.SID.ir

Archive of SID

ضرایب بیومتری الیاف: ضرایب بیومتری الیاف شامل ضریب انعطاف‌پذیری، ضریب رانکل و ضریب لاغری در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده این بود که الیاف چوب کششی از ضریب رانکل و ضریب لاغری بیشتری در مقایسه با الیاف چوب نرمال برخوردار بودند. در مقابل الیاف چوب نرمال نسبت به الیاف چوب کششی ضریب انعطاف-پذیری بالاتری داشتند. دیواره ضخیم‌تر الیاف، باعث کاهش اتصالات شیمیایی بین آنها و در نتیجه کاهش قابلیت چاپ‌پذیری شد Lashkarbolouki و همکاران (2005). از طرفی با افزایش ضخامت دیواره الیاف، ماتی و زبری کاغذ تولیدی افزایش یافته، ولی مقاومت و طول پاره شدن آن بهبود یافت Mahdavi و همکاران (2002)؛ بنابراین کاغذهای تولید شده از چوب کششی راش قابلیت چاپ‌پذیری کمتر و ماتی و زبری بیشتری داشتند. همچنین با توجه به اینکه الیاف چوب کششی راش، طول بیشتر و قطر کمتری نسبت به الیاف چوب نرمال دارد از ضریب لاغری بیشتری برخوردار است؛ که این نتایج نشان می‌دهد الیاف چوب کششی شکل‌گیری بهتری روی توری ماشین کاغذ دارد و باعث بهبود کیفیت کاغذ تولیدی می‌شود Lashkarbolouki و همکاران (2005).

جدول ۱- ضرایب بیومتری الیاف چوب کششی و نرمال صنوبر

نوع چوب	ضریب انعطاف‌پذیری	ضریب رانکل	ضریب لاغری
نرمال	۵۶/۵۲	۰/۷۴	۳۲/۲۲
کششی	۴۸/۳۴	۱/۱۸	۴۷/۳۸

بازده خمیر و عدد کاپا: بین بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ کرافت چوب نرمال و کششی درخت صنوبر تفاوت محسوسی مشاهده شد. بازده خمیر چوب نرمال و کششی به‌ترتیب برابر ۴۶/۳۸ و ۵۹/۵۴ است. همان‌طوری که گفته شد بازده چوب کششی به‌طور معناداری بیشتر از چوب نرمال است که علت آن را می‌توان به مقدار بیشتر سلولز در چوب کششی نسبت به چوب نرمال دانست. البته عدد کاپا نیز این نتایج را ثابت می‌کند. عدد کاپای خمیر چوب کششی ۱۱ و چوب نرمال ۲۰ اندازه‌گیری شد.

گراماژ، ضخامت و دانسیته

گراماژ، ضخامت و دانسیته کاغذهای دست‌ساز در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- خواص فیزیکی کاغذهای دست‌ساز

نوع کاغذ	دانسیته (g/cm^3)	ضخامت (μm)	گراماژ (g/m^2)
نرمال	۰/۴۹۵	۱۲۰	۵۹/۵
کششی	۰/۵۵	۱۲۰	۶۶
مختلط	۰/۵۲۵	۱۲۰	۶۳

با توجه به جدول ۲ و نتایج ضخامت دیواره الیاف و دانسیته ظاهری کاغذهای دست‌ساز مشاهده می‌شود که ضخامت دیواره الیاف بیشتر در چوب کششی منجر به دانسیته بیشتر در کاغذهای حاصل از چوب کششی شده است که نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین ضخامت دیواره الیاف و دانسیته ظاهری کاغذ است. همچنین دانسیته

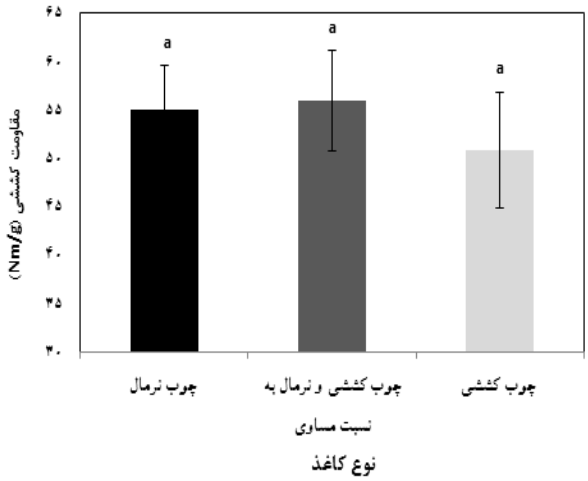
www.SID.ir

Archive of SID

کاغذهای مختلط که ترکیبی از خمیر کشش و نرمال هستند نیز بین دانسیته کاغذ نرمال و دانسیته کاغذ کششی است.

شاخص مقاومت به کشش: مقاومت به کشش شاخصی از دوام پتانسیل کششی کاغذ است که در اثر نوع مصرف، تحت تنش کششی قرار می‌گیرد. مهمترین فاکتور مؤثر بر مقاومت به کشش کاغذ، مقدار و کیفیت اتصال الیاف به یکدیگر می‌باشد Scott (2005) . نتایج آزمون کششی در شکل (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مقاومت‌کششی، کاغذ ساخته شده از چوب نرمال و نسبت مساوی چوب نرمال و کششی بیشتر از کاغذ ساخته شده از چوب کششی است. یکی از عوامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ، ویژگی‌های بیومترک الیاف است. با توجه به این مسئله شایان ذکر است که هرچه دیواره الیاف ضخیم‌تر باشد الیاف در مقابل نیروهای وارده هنگام پالایش، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و شکل اولیه در مقطع عرضی خود را حفظ می‌کنند. بر اثر این خاصیت قابلیت انعطاف‌پذیری و مچاله شدن الیاف کم خواهد شد. این الیاف معمولاً توانایی زیادی در جذب و دفع آب دارند. با توجه به اینکه ضریب انعطاف‌پذیری الیاف چوب نرمال حدوداً ۱۰ درصد از الیاف چوب کششی بیشتر است، از این‌رو هنگام پالایش مقاومت کمتری نشان می‌دهند و بهتر فیبریله می‌شوند که این امر باعث می‌شود الیاف در هنگام تشکیل شبکه کاغذ تعداد بیشتری پیوند هیدروژنی با هم تشکیل دهند و اتصال الیاف بهتر و بیشتر صورت بگیرد؛ به‌طوری‌که باعث افزایش مقاومت‌کششی کاغذ نرمال نسبت به کاغذ کششی می‌شود. همچنین نتایج نشان دادند، زمانی که به نسبت مساوی از الیاف نرمال و کششی استفاده می‌کنیم مقاومت‌کششی باز افزایش می‌یابد که علت آن می‌تواند حضور همزمان الیاف بلند چوب کششی و الیاف انعطاف‌پذیر چوب نرمال در کنار هم باشد که باعث افزایش اتصالات بین الیاف می‌شود. بنابراین نتایج به‌دست آمده با نتایج Parham و همکاران مطابقت دارد.

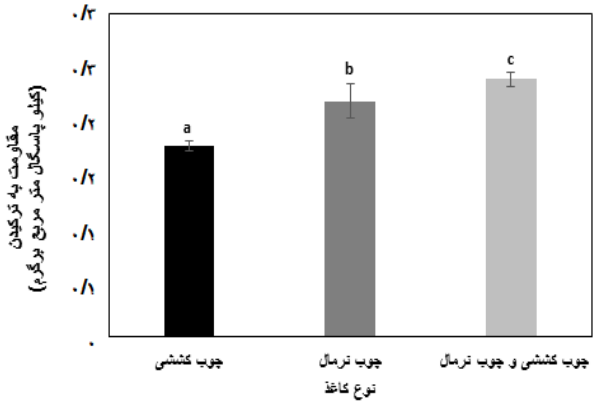
شاخص مقاومت به ترکیدن: مقاومت به ترکیدن ازجمله مقاومت‌هایی است که به طول الیاف، ضخامت دیواره سلولی و میزان پیوند بین الیاف بستگی دارد و هر چه دیواره سلولی الیاف نازک‌تر یا انعطاف‌پذیرتر باشد به دلیل ایجاد اتصالات بیشتر، پیوندهای بین الیاف افزایش یافته و در نتیجه مقاومت به ترکیدن کاغذ افزایش می‌یابدScott (2005). نتایج نشان داد که مقاومت به ترکیدن نیز مانند مقاومت به کشش در کاغذ ساخته شده از چوب نرمال به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاغذ ساخته شده از چوب کششی می‌باشد (شکل ۳) و وقتی از ترکیب چوب کششی و نرمال استفاده شد مقاومت به ترکیدن به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. کم بودن میزان مقاومت به ترکیدن چوب کششی به علت داشتن لایه ژلاتینی می‌باشد که به‌عنوان عامل مزاحمی باعث افت مقاومت مکانیکی شده است. همچنین یکی از علت‌های افت مقاومت‌های مکانیکی در کاغذ ساخته شده از چوب کششی میزان کم زایلان در ساختار آن می‌باشد Parham و همکاران (1997).



شکل ۲- شاخص مقاومت به کشش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- شاخص مقاومت به ترکیدن

جدول ۳- خواص نوری

نوع کاغذ	روشنایی	زردی
نرمال	۳۳/۴۱±۰/۲۲	۴۳/۹۴±۱/۲
نرمال-کششی	۳۸/۰۱±۰/۵۸	۳۰/۶۹±۰/۹۸
کششی	۴۲/۶۳±۰/۱	۲۸/۱۳±۱/۵

خواص نوری: در جدول ۳ خواص نوری، شامل روشنایی (Brightness) و زردی آورده شده است. همان‌طوری که انتظار می‌رفت، کاغذ ساخته شده از الیاف چوب کششی، روشنایی بیشتر و زردی کمتری دارد و در مقابل این، کاغذ چوب نرمال قرار دارد؛ که علت این امر مقدار بیشتر سلولز و وجود لایه ژلاتینی در الیاف چوب کششی و مقدار بیشتر لیگنین در الیاف چوب نرمال می‌باشد.

رنگ: رنگ در کاغذ از اهمیت کارکردی محرزی برخوردار است. رنگ در کاغذ و مقوا به‌منظور شناسایی، جلب توجه و تأکید بر خصوصیات برجسته به‌کار می‌رود. برای همین منظور استفاده از رنگدانه‌های مختلف در صنعت کاغذسازی برای ایجاد رنگ‌های گوناگون، برای مصارف مختلف امری عادی است. نتایج آزمون رنگ نشان داد که بیشترین فاکتور L یا همان میزان سفیدی مربوط به کاغذ چوب کششی است، با مقدار ۷۷/۳۷ و با افزایش الیاف چوب نرمال در کاغذ این مقدار کاهش پیدا می‌کند. بالا بودن میزان سفیدی در کاغذ چوب کششی را می‌توان به وجود لایه ژلاتینی در الیاف چوب کششی، بالا بودن مقدار سلولز و کمتر بودن مقدار لیگنین نسبت داد. فاکتورهای A و B نیز به‌طور منظمی از کاغذ چوب کششی به نرمال افزایش پیدا می‌کنند که نشان‌دهنده این است که با افزایش الیاف چوب نرمال در کاغذ، رنگ کاغذ به سمت رنگ قرمز و زرد تمایل پیدا می‌کند. نتایج آزمون رنگ در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- رنگ کاغذهای دست‌ساز

نوع کاغذ	فاکتورهای رنگ		
	b	a	L
کششی	۱۴/۳۵ ± ۰/۰۹	۷/۳۸ ± ۰/۰۷	۷۷/۳۷ ± ۱/۲۶
نرمال-کششی	۱۶/۰۵ ± ۰/۰۲	۸/۹۱ ± ۰/۰۳	۷۲/۵۹ ± ۳/۰۹
نرمال	۱۷/۸۴ ± ۰/۰۹	۱۰/۴۲ ± ۰/۱۲	۶۷/۷۴ ± ۲/۰۰

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه چوب صنوبر یکی از گونه‌های پرکاربرد در صنعت کاغذسازی است و یکی از گونه‌های مستعد تشکیل چوب واکنشی است، این امر ممکن است در تنه راست هم اتفاق بیفتد. در این تحقیق سعی شد تا ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای ساخته شده از چوب نرمال و کششی و مخلوط این دو تا مورد بررسی قرار گیرد که نتایج نشان داد مقاومت‌های مکانیکی در چوب کششی خالص کاهش پیدا می‌کنند و خواص نوری بهبود می‌یابد و زمانی که ۵۰ درصد خمیر چوب کششی به نرمال اضافه شد مقاومت‌های مکانیکی کاغذ بهتر شدند؛ بنابراین حضور چوب واکنشی در خمیر باعث بهبود مقاومت مکانیکی می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

-Anderson, H.W.; Zsuffa, L., 1975. Yield and wood quality of hybrid cottonwood grown in two-year rotation. Forest Res. Rept. No. 101. Maple, Ontario: Ont. Min. Nat. Resources, Div. Forests.

-Jahan Latibari, A.; Pourmousa, Sh., 2005. An Investigation on High Yield Soda Pulp from *P . euroamericana and P .nigra var betolifolia* Wood. Iranian Journal Natural Resources, 58(3): 657-670

-Isebrands, J.G.; Parham, R.A., 1974. Tension wood anatomy of shortrotation populous spp. before and after kraft pulping. Wood Sci. 6(3):256-265.

-Lashkarbolouki, E.; Parsapaj, D., 2005. A Study of Anatomical Characteristics, Fiber Biometry and Some Other Physical Properties of One of the Most Important Clones of Poplar (Populus deltoides77.51) in Gilan. Iranian Journal Natural Resources, 58(1): 194-207

-Lu, Q.; Jones, G.L.I.; Xu, F.; Sun, R.C., 2006. Comparative study of anatomy and lignin distribution in normal and tension wood of Salix gordejecii. Wood Science and Technololgy, 40(5): 14-21

-Mahdavi, S.; Faezipour, M.; Resalati, H.; Familian, H., 2002. The Effects of Provenance and Age Variations on Wood Properties of Eastern Cottonwood. Iranian Journal Natural Resources, 56(3): 279-293

-Mahdavi, S.; Faezipour, M.; Resalati, H.; Familian, H., 2003. The Effects of Provenance and Age Variations on Wood Properties of Eastern Cottonwood. Iranian Journal Natural Resources, 56(3): 281-292

-Mehrabi, S., 2005. Study of pulp and paper properties of colones Kabudeh, 44/9 deltoeides 69/55and American 214popolus. Wood and Paper Research Journal, 20(2): 151-167.

-Nazarnezhad, N., 1996. Investigation of pulp CMP properties of two species deltoeides and American popolus. Pajouhesh & Sazandegi, 10(36): 32-33

-Parham, R.A.; Robinson, K.W.; Isebrands, J.G., 1977. Effects of tension wood on kraft paper from a short-rotation hardwood (Populus Tristis No. 1), Wood Science and Technology, 40(5): 291-303.

-Pilate, G.; Yoshinaga, A.; Cathala, B.; Chabbert, B.; Rueld, K.; Lapierrea, C.; Lauransa, F.; Leple, C., 2004. Lignification and tension wood, Comptes Rendus Biologies, 327: 889-901.

-Scott, W., 2005. Properties Of Paper An Introduction, Translated by Afra, E., Aeij Press, Tehran

-Saraeian, A.R.; Khalili Ghasht Roodkhani, A.; Aliabadi, M.; Dahmardeh Ghaleh, M., 2011. Comparison of Soda and Kraft Pulp Properties of Populus deltoides Sapwood and Heartwood. Journal of Wood & Forest Science and Technology, 17(4): 125-137

-Taramian, A.; Faezipour. M.; Karimi. A.N.; Parsapajouh, D.; Moezipour, A., 2007. Investigation on physical properties and fiber dimensions of tension wood and normal wood in beech (Fagus orientalis). Pajouhesh & Sazandegi, 81: 39-45

-Yoshida, M.; Okuda, T.; Okuyama, T., 2000. Tension wood and growth stress induced by artificial inclination in Liriodendron tulipifere Linn and Prunus spachiana Kitamura f. ascendens Kitamura. Annals of Forest Science 57(6): 739-746

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation the properties of paper made from tension and normal wood of *Populus nigra*

J. Hosseinzade[1*], A. Abdolkhani[2], M. Emaminasab[3], H. Khodabandehloo[4] and M. Ahmadi[5]

1-Corresponding author, MSc. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: j.hosseinzade@ut.ac.ir
2- Associate professor,, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3-MSc. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4-Ph.D Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: June, 2015 Accepted: July, 2015

Abstract

Tension wood (TW) and normal wood (NW) of *Populus nigra* was analyzed to determine its suitability for pulp production. Biometric characteristics of the normal and tension wood fibers were measured. Wood samples were pulped using kraft pulping process. Mechanical and physical properties of the pulp hand sheets were measured. The results showed that comparing to normal wood, the tension wood fibers had bigger Rankle coefficient and aspect ratio, while the flexibility of normal fibers was better than tension wood. Results showed that the pulp yield of tension wood pulp was 13 percent greater than normal wood. Also, applying the same pulping condition led to a lower kappa number in tension wood. Determination of mechanical properties indicated that the tensile and burst strength of hand sheets obtained from tension wood were comparatively lower than that of normal wood. Optical properties measurement showed an improved brightness and whiteness for tension hand sheets comparing to normal wood papers.

Keywords: Biometric, mechanical properties, tension wood, *populus nigra*

www.SID.ir