بررسي خواص كاغذ توليدی از نسبت‌های متفاوت گونه‌های صنوبر دلتوئيدس و پالونيا به روش نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي (NSSC)

الياس افرا*[۱]، سيدضياءالدين حسيني[۲] و حسين رسالتي[۳]
[۱] دانشجوي دكتري علوم و صنايع چوب و كاغذ، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۲] استاد دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان، ايران
[۳] دانشيار دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۴/۱/۲۱، تاريخ تصويب: ۸۴/۱۱/۱۵)

چكيده

اين تحقيق با هدف بررسي خصوصيات خمير و كاغذ حاصل از تلفيق چوب صنوبر دلتوئيدس و پالونيا انجام گرفته است. بدين منظور نخست خواص آناتوميكي و شيميايي الياف حاصل از اين گونه‌هاي درختي اندازه‌گيري شد. براساس اين اندازه‌گيري‌ها چوب صنوبر و پالونيا به ترتيب با متوسط طول الياف ۱۰۶۴/۶۰ و ۹۷۷/۶۰۶ ميكرومتر در رده پهن‌برگان با الياف متوسط طبقه‌بندي شدند. صنوبر در مقايسه با پالونيا، سلولز بيشتر و ليگنين ومواد استخراجی كمتری دارد. پخت خمير به روش نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي با مصرف ۱۵% سولفيت سديم و ۷% بي‌كربنات سديم براساس وزن خشک ماده چوبی انجام پذيرفت. با درنظر گرفتن درجه رواني مطلوب فرايند NSSC، براي خمير پالونيا با دور پالايش ۷۲۰۰، درجه رواني CSF ۴۰۹و براي خمير صنوبر با دور پالايش ۳۶۰۰درجه رواني CSF ۴۱۵ حاصل شد. عامل متغير در اين بررسي درصد اختلاط دو نوع خمير تهيه‌شده (خالص گونه‌ها، ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونيا،۸۰% صنوبر + ۲۰% پالونيا،۷۰% صنوبر + ۳۰% پالونيا) در ساخت كاغذ بود. بررسي خواص كاغذ حاصل از اختلاط دو گونه نشان مي‌دهد كه افزودن ۱۰% خمير پالونيا به خمير صنوبر قابل قبول است و تاثير چنداني در خواص مقاومتي كاغذ ندارد و از نظر آماري نيز در مقايسه با كاغذ خالص صنوبر كاهش معني‌داري در شاخص‌های مقاومتی اين كاغذ مشاهده نمي‌شود. از طرفي افزودن ۲۰% خمير پالونيا موجب كاهش چشمگير برخي خصوصيات مقاومتی مانند مقاومت در برابر تركيدن، طول پاره شدن و مقاومت كششي مي‌شود، ولي تاثير چنداني بر برخي مقاومت‌ها مانند مقاومت در برابر پاره شدن، سفتي ومقاومت به له شدن در حات حلقه ندارد.

واژه‌هاي كليدي: پالونيا، خمير كاغذ نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي، درجه رواني و پالايش

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۱-۳۷۱۶۴۵۴ فاكس: ۰۱۱۱-۳۲۲۴۹۱۵ E-mail: afraelyas@yahoo.com

مقدمه

امروزه نظرهای محققان و صاحبان صنایع معطوف به کارگیری آن دسته از فرایندهای تولید خمیر کاغذ است که به مواد شیمیایی کمتری در فرایند تولید نیاز دارند و این مسئله در راستای اهداف زیست‌محیطی است. در این راستا فرایند NSSC به عنوان یکی از روش‌های تولیدی تامین‌کننده هدف مورد نظر، نیازمند بررسی‌هایی در زمینه بهینه کردن روش تولید با اهداف اقتصادی و اکولوژیکی بر اساس کاهش مواد شیمیایی مصرفی و استفاده از گونه مناسب است (۴). فرایند خمیرسازی نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC)، یک فرایند خمیرسازی دو مرحله‌ای است که طي آن الیاف طبیعی به خمیر کاغذ تبدیل مي‌شود و در نهایت این خمیر برای ساخت لایه مواج (کنگره‌ای) میانی کارتن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فرایند از یک ماده شیمیایی مانند سولفیت سدیم خنثی به همراه محلول کربنات سدیم برای تنظیم PH به‌منظور تیمار مقدماتی خرده‌چوب استفاده شده و در نهایت جداسازی الیاف با اعمال نیروی مکانیکی تکمیل می‌شود (۱۰).

امروزه لایه مواج میانی کارتن اغلب از خمیر نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) پهن‌برگان تهیه می‌شود (۵). اریا و همکاران تحقیقی را در زمینه دستیابی به بالاترین ویژگي‌های فیزیکی فرایند تولید خمیر کاغذNSSC با به کارگیری مقادیر کمتری از مواد شیمیایی و تعیین شرایطی از فرایند تولید که تحت آن مایع پخت مصرفی در برگیرنده کمترین مقادیر مواد جامد آلی و غیرآلی بوده باشد، انجام دادند(۳). درنهایت شرایط پخت بهینه برای حصول بالاترین ویژگي‌های مکانیکی بدین قرار به دست آمد: دمای پخت ۱۸۶ درجه سانتیگراد، زمان پخت ۳۰ دقیقه، ۱۱/۶% سولفیت سدیم و ۳/۰۵% کربنات سدیم بر اساس وزن خشک ماده چوبی. امروزه با توجه به کمبود گونه‌های سوزنی برگ جنگلی با الیاف بلند، استفاده از گونه‌های درختی سریع الرشد همچون صنوبر با طول الیاف متوسط، یکی از منابع تامین‌کننده مواد اولیه محسوب می‌شود. حتی استفاده از پایه‌های کم قطر به عنوان پایه‌های غیر تجاری و با کیفیت نامطلوب نیز می‌تواند جوابگوی بخشی از نیازمندي‌های این صنعت در بسیاری از فرایندها از جمله فرایند NSSC باشد (۶). در این راستا لاوو و همکاران بررسی‌هایی را در زمینه توسعه و به‌کارگیری هیبریدهای مختلف صنوبر که دارای رویش قطری سالانه مناسب‌تری نسبت به گونه‌های بومی‌خود در مناطق مختلف از جمله کاناداست، انجام دادند. نتیجه بررسی‌های انجام‌شده بر روی ویژگي‌های کاغذسازی پانزده هیبرید مختلف صنوبر با دوره رشد کوتاه، نشان می‌دهد که خمیرهای NSSC تولیدشده از این پایه‌ها در مقایسه با پایه‌های بومی‌ویژگي‌های فیزیکی بهتری از کاغذ داشتند (۷). نگی مطالعاتی را بر روی تولید خمیر کاغذ از چوب درختان سریع‌الرشد گونه‌های مختلف به وسیله فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) انجام داد. نتایج این تحقیق نشان داد که بازده به‌دست آمده از گونه صنوبر بیشتر از سایر گونه‌ها بوده است(۸). در بین گونه‌های سریع‌الرشد پهن‌برگ، پالونیا یکی از مطلوب‌ترین گونه‌های درختی است. فرد رایت رشد قطری پالونیا تومنتوزای ۴ ساله در جنوب کارولینا در امریکا را ۵ سانتیمتر در سال ذکر کرده و چوب آن را به علت تراکم کم برای تهیه خمیر کاغذ، توصیه کرده است(۹).

بر اساس سابقه ذکر شده، در این تحقیق، هدف جایگزینی گونه پهن برگ سریع‌الرشد پالونیا فورتونه‌ای (*Paulownia fortunei*) به عنوان بخشی از ماده اولیه در تهیه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی بوده است.

مواد و روش‌ها

گونه‌هاي درختي مورد آزمایش از جنگل آموزشي دکتر بهرام‌نیا واقع در شصت‌کلاته در ۱۴ کیلومتري جنوب غربي شهرگرگان برداشت شد. پس از اخذ مجوز برای قطع درخت، ۳ اصله درخت هشت ساله سالم پالونیا با قطرهای برابر سینه ۳۵ تا ۴۰ سانتیمتر و۳ اصله درخت ۱۱ ساله سالم صنوبر دلتوئیدس با قطرهای برابر سینه ۱۴ تا ۱۷ سانتیمتربه طور تصادفي انتخاب شدند. آنگاه درختان مورد

نظر به وسیله اره موتوري قطع شده و شاخ و برگ اضافي آن جدا شد. از هر درخت یك گرده بینه به طول ۸۰ سانتیمتر از ارتفاع برابر سینه جدا شد و برای انجام عملیات ساخت خمیر و کاغذ به مرکز تحقیقات کارخانه صنایع چوب وکاغذ مازندران انتقال یافت.

تهیه خمیر و کاغذ

در این تحقیق پخت چوب‌هاي هر گونه به‌صورت مجزا و مستقل از هم انجام پذیرفت و در هر دو پخت از دو ماده شیمیایي سولفیت سدیم و بي‌کربنات سدیم به‌ترتیب به میزان ۱۵ و ۷درصد بر اساس وزن خشک ماده چوبی استفاده شد. شرایط پخت به شرح زیر است:

نسبت مایع پخت به ماده چوبی یاL/W: ۱/۱۰ ،

درجه حرارت پخت: ۱۷۰ درجه سانتیگراد،

زمان پخت براي صنوبر و پالونیا به ترتیب ۱۶۵ و ۱۷۰ دقیقه.

پس از عملیات پخت، خمیر کاغذ شست وشو شده و بازده آن تعیین شد. سپس خمیرهاي حاصل با استفاده از پالایشگر دیسکی آزمایشگاهی دفیبره شدند. آنگاه اندازه‌گیری درجه رواني اولیه خمیر کاغذ بنابر استاندارد T ۲۲۷om - ۹۲انجام پذیرفت تا میزان پالایش مورد نیاز براي دستیابي به درجه رواني مطلوب برآورد شود. پالایش ثانویه خمیر نیز مطابق استاندارد شماره ۸۵ - T ۲۴۸om به‌وسیله دستگاه PFI تا درجه رواني ۲۰CFS ± ۴۰۰ انجام گرفت. پس از ساخت کاغذ دست‌ساز براساس استاندارد ۸۸ - T ۲۰۵om(کاغذهاي خالص گونه‌ها وکاغذهاي حاصل از اختلاط گونه‌ها: ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونیا، ۸۰% صنوبر + ۲۰% پالونیا، ۷۰% صنوبر + ۳۰% پالونیا)، خواص مقاومتي کاغذهاي یادشده براساس روش‌های استانداردTAPPIبه شرح زیر انجام پذیرفت:

- مقاومت در برابر پاره شدن

T ۴۱۴om - ۸۸

- مقاومت در برابر ترکیدن

T ۴۰۳om - ۹۱

- طول پاره شدن

T ۴۹۴om - ۸۸

- مقاومت کششي

T ۴۰۴om - ۹۹

- سفتي

T ۴۰۴om - ۹۹

- مقاومت به له شدن در حالت حلقه (RCT)

T ۸۱۸om - ۸۷

برای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، به محاسبه میانگین و انحراف از معیار اکتفا شد. به‌طور کلي پنج نسبت اختلاط دو نوع خمیر مطابق جدول۱ به عنوان تیمار انتخاب شده و مقاومت‌ها در سه تکرار اندازه‌گیري شد. برای بررسی خصوصیات مقاومتی کاغذ براساس طرح کاملا تصادفی و جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن اقدام شد و از نرم افزار spss استفاده شد.

جدول ۱- درصد اختلاط خمیرهای حاصل از پالونیا و صنوبر به عنوان تیمار

تیمار / گونه	۱	۲	۳	۴	۵
پالونیا (درصد)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۱۰۰
صنوبر (درصد)	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۰

نتایج

ابعاد الیاف،طول فیبر، قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف هر دو گونه درختی با روش فرانکلین اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری در هر حلقه رویشی از دیسک‌های ارتفاع برابر سینه با سه تکرار و هر تکرار سی فیبر را شامل شد.براساس جدول ۲ صنوبر دلتوئیدس و پالونیا در زمره پهن‌برگان با الیاف متوسط طبقه‌بندی شدند.

جدول ۲- مشخصات بیومتریک الیاف صنوبر و پالونیا

محل اندازه‌گیری		طول فیبر	قطر فیبر	قطر حفره سلولی	ضخامت دیواره‌ها
پالونیا (درصد)	میانگین(میکرون)	۰/۹۷۷	۳۱/۸۴	۲۱/۵۰	۵/۲۴
	انحراف از معیار	۰/۰۹	۱/۰۳	۱/۱۳	۰/۷۶
صنوبر (درصد)	میانگین(میکرون)	۰/۱۰۶۴	۲۶/۴۱	۱۷/۹۹	۴/۱۹
	انحراف از معیار	۰/۱۵	۲/۳۹	۱/۲	۰/۷۱

ترکیبات شیمیایی

مقادیر سلولز، لیگنین و مواد استخراجی براساس استانداردهای T 204om-88، T 224om-88 و T 264om-88 اندازه‌گیری شدند (جدول ۳). با توجه به این جدول درصد مواد استخراجی و لیگنین پلونیا بیشتر از صنوبر و درصد سلولز پالونیا کمتر از سلولز است.

جدول ۳- میانگین و انحراف از معیار ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر و پالونیا

ترکیبات شیمیایی		میانگین (درصد)	انحراف از معیار
سلولز	صنوبر	۵۲/۶۱	۱/۶۵
	پالونیا	۴۵/۵۶	۰/۹۸
لیگنین	صنوبر	۲۴/۶۶	۱/۲۲
	پالونیا	۲۹/۷۸	۱/۷۲
مواد استخراجی	صنوبر	۳/۸۹	۰/۵۶
	پالونیا	۶/۹۸	۰/۹۸

در این تحقیق اثر افزایش درصد خمیر چوب پالونیا به خمیر خالص صنوبر دلتوئیدس بر خواص مقاومتي كاغذهاي حاصل بررسي شد. شرایط و بازده پخت در جدول ۴ خلاصه شده است.

جدول ۴- شرایط و بازده پخت نیمه شیمیایي سولفیت خنثي هر دو گونه **(NSSC)**

گونه	درجه حرارت (سانتیگراد)	زمان پخت (دقیقه)	سولفیت سدیم (درصد)	بي كربنات سديم (درصد)	بازده خمیر (درصد)
پالونیا	۱۷۰	۱۷۰	۱۵	۷	۷۷/۴۳
صنوبر دلتوئیدس	۱۷۰	۱۶۵	۱۵	۷	۷۵/۶۴

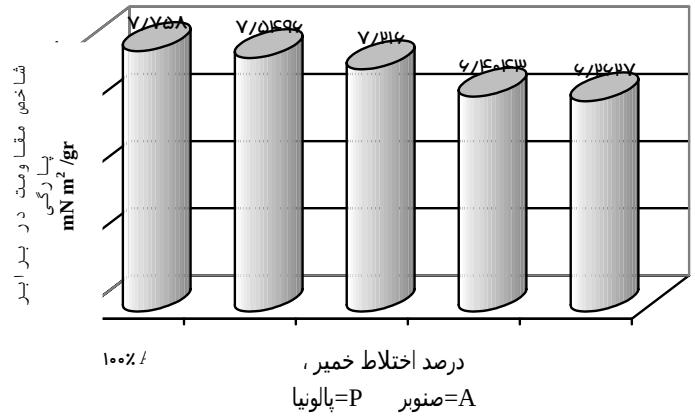
مقاومت در برابر پاره شدن

همان‌طور که شکل۱ نشان می دهد، با افزایش درصد ترکیبی پالونیا، شاخص مقاومت در برابر پارگی کاهش می‌یابد. براساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۵ و بررسی مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، می‌توان نتیجه گرفت که بین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهاي ساخته‌شده از ۱۰۰% صنوبر، ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونیا و ۸۰% صنوبر + ۲۰% پالونیا ازنظر آماري اختلاف معني‌داري وجود ندارد، ازاین در ساخت کاغذي با مقدار مقاومت در برابر پارگي مشخص (مقاومت در برابر پارگي کاغذ حاصل از ۱۰۰% صنوبر به عنوان شاهد)، مي‌توان ازخمیر صنوبري استفاده کرد که تا ۲۰% به آن خمیر پالونیا افزوده شده باشد. با افزودن مقادیر بیشتري از خمیر پالونیا، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ حاصل کاهش معنی‌داری از نظر آماری مي‌یابد. دلیل این کاهش مقاومت را مي‌توان طول‌الیاف کمتر پالونیا در مقایسه با صنوبر و درصد لیگنین بیشتر و سلولز کمتر آن دانست.

جدول ۵- تجزیه واریانس مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن

منبع تغییرات	درجه آزادي	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معني‌داري
بین گروه‌ها	۴	۵/۴۴۴	۱/۳۶۱	۹/۸۷۹	۰/۰۰۲
خطا	۱۰	۱/۳۷۸	۰/۱۳۸		
کل	۱۴	۶/۸۲۱			

در سطح احتمال ۱% معني‌دار است



شکل ۱- نمودار مقادیر میانگین مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها با نسبت‌های متفاوت

مقاومت در برابر ترکیدگی

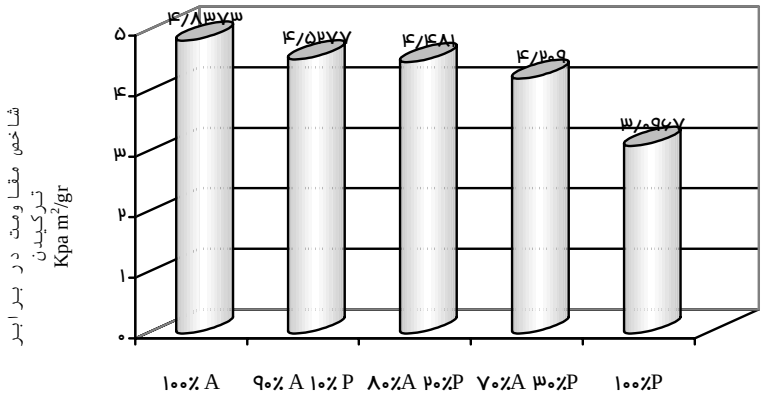
همان‌طورکه شکل۲ نشان‌می‌دهد، با افزایش‌درصد ترکیبی پالونیا شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۶ و بررسی مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، می‌توان نتیجه گرفت که بین شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذهاي ساخته شده از ۱۰۰% صنوبر و ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونیا ازنظر آماري اختلاف معني‌داري وجود ندارد، از این رو در ساخت کاغذي با مقدار مقاومت در برابر ترکیدگی مشخص (مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذ حاصل از ۱۰۰% صنوبر به عنوان شاهد)، مي‌توان ازخمیر صنوبري استفاده‌کرد که تا ۱۰% به آن خمیر پالونیا افزوده شده باشد. با افزودن مقادیر بیشتري از خمیر پالونیا، شاخص مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذ

حاصل كاهش معنی‌داری از نظر آماری مي‌يابد. دليل اين كاهش مقاومت را مي‌توان به درصد ليگنين بيشتر و سلولز كمتر پالونيا در مقايسه با صنوبرنسبت داد.

جدول۶- تجزيه واريانس مقادير شاخص مقاومت در برابر ترکيدن

منبع تغييرات	درجه آزادي	مجموع مربعات	ميانگين مربعات	F	معني داري
بين گروه‌ها	۴	۵/۴۱۶	۱/۳۵۳	۴۳/۹۵۸	۰/۰۰۰
خطا	۱۰	۰/۳۰۸	۰/۰۰۳۰۸		
كل	۱۴	۵/۷۲۴			

در سطح احتمال ۱% معني‌دار است



درصد اختلاط خمير،

A=صنوبر P=پالونيا

شكل ۲- نمودار مقادير ميانگين مقاومت در تركيدن كاغذها با نسبت‌های متفاوت

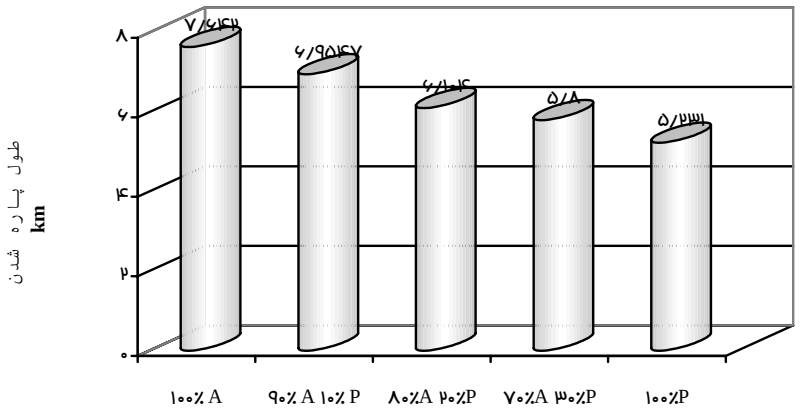
طول پاره شدن

همان‌طوركه شكل۳ نشان مـی‌دهـد، بـا افـزايش درصـد تركيبی پالونيا، مقدار طول پاره شدن كاهش می‌يابد. بنابـر نتـايج بـه دسـت آمـده در جـدول ۷ و بررسـی مقايسـه ميانگين‌ها به روش دانكن، می‌توان نتيجه گرفـت كـه بـين مقدار طول پاره شدن كاغذهاي ساخته‌شده از ۱۰۰% صنوبر و ۹۰% صـنوبر + ۱۰% پالونيـا ازنظـر آمـاري اخـتلاف معني‌داري وجود ندارد، ازاين‌رو در ساخت كاغذي با مقـدار طول پاره شدن مشـخص (مقـدار طـول پـاره شـدن كاغـذ حاصل از ۱۰۰% صنوبر به عنوان شاهد)، مـي‌تـوان ازخميـر صنوبري استفاده‌كرد كه تا ۱۰% به آن خمير پالونيا افـزوده شده باشد.با افزودن مقادير بيشتري از خمير پالونيـا مقـدار طول پاره شدن كاغـذ حاصـل كـاهش معنـی داری از نظـر آماری مي يابد. دليل اين كـاهش مقاومـت را مـي‌تـوان بـه دليل درصد ليگنين بيشتر و سلولز كمتر پالونيا در مقايسـه با صنوبر نسبت داد.

جدول ۷- تجزيه واريانس مقادير طول پاره شدن

منبع تغييرات	درجه آزادي	مجموع مربعات	ميانگين مربعات	F	معني‌داري
بين گروه‌ها	۴	۱۰/۹۵۰	۲/۷۳۷	۱۲/۰۹۸	۰/۰۰۱
خطا	۱۰	۲/۲۶۳	۰/۲۲۶		
كل	۱۴	۱۳/۲۱۳			

در سطح احتمال ۱% معني دار است



درصد اختلاط خمیر،
A=صنوبر **P**=پالونیا

شکل ۳- نمودار مقادیر میانگین طول پاره شدن کاغذها با نسبت‌های متفاوت

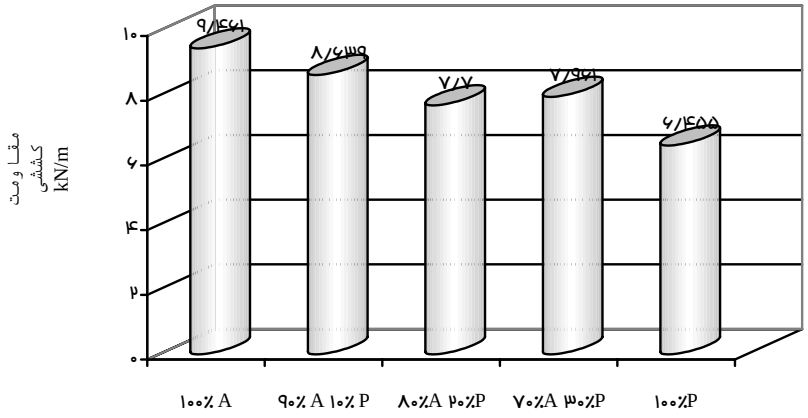
مقاومت کششي

همان‌طور که شکل۴ نشان می دهد، با افزایش درصد ترکیبی پالونیا، مقاومت کششی کاهش می‌یابد. براساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۸ و بررسی مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، می‌توان نتیجه گرفت که بین مقاومت کششی کاهش کاغذهاي ساخته‌شده از ۱۰۰% صنوبر و ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونیا ازنظر آماري اختلاف معني‌داري وجود ندارد، از این رو در ساخت کاغذي با مقاومت کششی مشخص (مقاومت کششی کاغذ حاصل از ۱۰۰% صنوبر به عنوان شاهد)، مي‌توان ازخمیر صنوبري استفاده‌کرد که تا ۱۰% به آن خمیر پالونیا افزوده شده باشد. با افزودن مقادیر بیشتري از خمیر پالونیا، مقاومت کششی کاغذ حاصل کاهش معنی‌داری از نظر آماری مي یابد. دلیل این کاهش مقاومت را مي‌توان به درصد لیگنین بیشتر و سلولز کمتر پالونیا در مقایسه با صنوبر مربوط دانست. تصور می‌شود دلیل افزایش ناگهانی مقاومت کششی در اختلاط ۷۰% صنوبر + ۳۰% پالونیا، توزیع نامناسب نمونه‌های کاغذ تهیه شده برای تست مربوط و خطای دستگاه اندازه‌گیری باشد.

جدول ۸- تجزیه واریانس مقادیر مقاومت کششي کاغذهاي دست ساز

منبع تغییرات	درجه آزادي	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معني داري
بین گروه‌ها	۴	۱۵/۰۳۵	۳/۷۵۹	۱۴/۶۷۳	۰/۰۰۰
خطا	۱۰	۲/۵۶۲	۰/۲۵۶		
کل	۱۴	۱۷/۵۹۶			

در سطح احتمال ۱% معني‌دار است



درصد اختلاط خمیر،

A= صنوبر P=پالونیا

شکل ۴- نمودار مقادیر میانگین مقاومت کششي کاغذهاي دست ساز کاغذها با نسبت‌های متفاوت

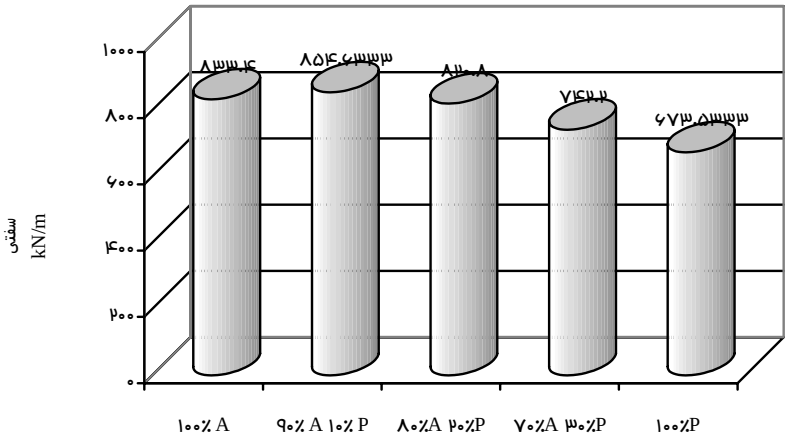
سفتی

همان‌طورکه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش درصد ترکیبی پالونیا، سفتی کاهش می‌یابد. براساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۹ و بررسی مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن، می‌توان نتیجه گرفت که بین سفتی کاغذهاي ساخته‌شده از ۱۰۰% صنوبر، ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونیا و ۸۰% صنوبر + ۲۰%پالونیا ازنظر آماري اختلاف معني‌داري وجود ندارد، پس در ساخت كاغذي با سفتی مشخص (سفتی کاغذ حاصل از ۱۰۰% صنوبر به عنوان شاهد)، مي‌توان ازخمير صنوبري استفاده كرد كه تا ۲۰% به آن خمير پالونيا افزوده شده باشد. با افزودن مقادير بيشتري از خمير پالونيا سفتی کاغذ حاصل کاهش معنی‌داری از نظر آماری مي‌يابد. دليل اين كاهش مقاومت را مي‌توان درصد ليگنين بيشتر و سلولز كمتر پالونيا در مقايسه با صنوبر دانست. تصور می‌شود دلیل افزایش ناگهانی مقاومت در کششی در اختلاط ۹۰% صنوبر + ۱۰% پالونیا، توزیع نامناسب نمونه‌های کاغذ تهیه شده برای تست مربوط و خطای دستگاه اندازه‌گیری باشد.

جدول ۹- تجزيه واريانس مقادير سفتي كاغذهاي دست‌ساز

منبع تغييرات	درجه آزادي	مجموع مربعات	ميانگين مربعات	F	معني‌داري
بين گروه‌ها	۴	۸۶۴/۶۸۱۸۸	۱۷۰۴۷/۲۱۶	۸۷/۸۷۳	۰/۰۰۰
خطا	۱۰	۱۹۳۹/۹۹۳	۱۹۳/۹۹۹		
كل	۱۴	۷۰۱۲۸/۸۵۷			

در سطح احتمال ۱% معني‌دار است



درصد اختلاط خمیر،

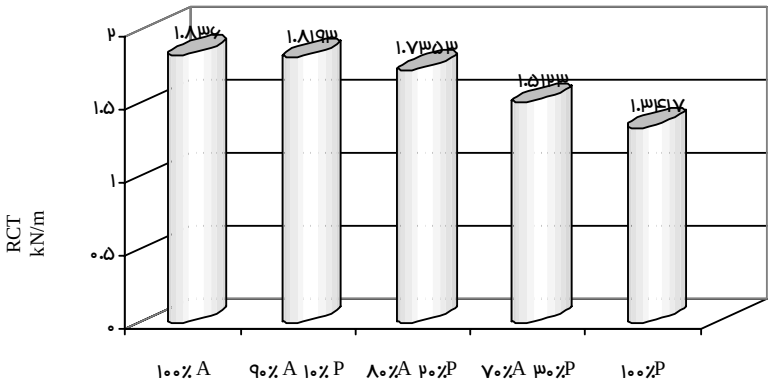
A= صنوبر P=پالونیا

شکل ۵- نمودار مقادیر میانگین سفتي کاغذهاي دست‌ساز کاغذها با نسبت‌های متفاوت

جدول۱۰- تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به له شدن در حالت حلقه

منبع تغییرات	درجه آزادي	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معني داري
بین گروه‌ها	۴	۰/۵۱۱	۰/۱۲۸	۵/۶۵۴	۰/۰۱۲
خطا	۱۰	۰/۲۲۶	۰/۰۲۲۵		
کل	۱۴	۰/۷۳۷			

در سطح احتمال ۱% معني‌دار است



درصد اختلاط خمیر،

A- صنوبر P- پالونیا

شکل ۶- مقادیر میانگین مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذها با نسبت‌های متفاوت

بحث

در اين بررسي صنوبر دلتوئيدس با ميانگين طـول اليـاف ۱۰۶۴ ميكرومتـر و پالونيـا بـا ميـانگين طـول اليـاف ۹۷۷ ميكرومتر در رده چوب‌هاي با طـول اليـاف متوسـط طبقـه بندي مي شوند كه الياف صنوبر دلتوئيدس بـا طـول اليـاف بيشتر بی‌گمـان خـواص مقـاومتي بهتـري را در كاغـذهاي حاصله در مقايسه با پالونيا ايجاد مي‌كند. ليكن چوب پالونيا نيز با داشتن طول اليافي قابل قبـول، مـي‌توانـد جـايگزيني مناسب براي بخشي از چوب صنوبر دلتوئيـدس مصـرفي در صنعت باشد. الياف صنوبر با داشتن سلولز بيشتر و ليگنـين كمتر در مقايسه با پالونيا، كاغذی بـا اتصـالات بيشـتر و در نتيجه خـواص مقـاومتی بهتـری ارائـه مـی‌دهـد. اليـاف در صنوبر، در مقايسـه بـا اليـاف پالونيـا، بـه نسـبت بلنـد، بـا ضخامت ديواره نازك‌تر و انعطاف‌پذيرتر از چوب پالونياست، به طوري كه خمير صنوبر در هنگـام پـالايش بـا ۳۶۰۰ دور پالايش به درجه رواني مورد نظر فرايند ساخت كاغذ مربوط مي‌رسد، در حالي‌كه اين رقم براي خمير پالونيـا در شـرايط مشابه ۷۲۰۰ دور پالايش بوده است كه از جانب ديگر نفـوذ بهتر مواد شيميايي پخـت در چـوب صـنوبر دلتوئيـدس در مقايسه با چوب پالونيا در مرحله پخت را می‌توان از دلايـل ديگر قلمداد كرد.

تجزيه و تحليل و بررسي خواص مقاومتي كاغذهاي حاصل از خمير كاغذ نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي در حالـت‌هـاي مختلف، نشان مي‌دهـد كـه كاغـذ حاصـل از خميـر ۱۰۰% صنوبر دلتوئيدس خواص مقاومتي بهتري دارد و در ارتبـاط با خواص مقاومتي انـدازه‌گيـري شـده در ايـن تحقيـق كـه عبارتند از: مقاومت در برابر پـاره شـدن، مقاومـت در برابـر تركيدن، طول پاره شدن، مقاومت كششي، سفتي و مقاومت به له شدن در حالت حلقه (RCT)، بيشترين مقاومت‌هـا را در مقايسه با كاغذهاي حاصل از خمير پالونيـا و كاغـذهاي حاصل از اختلاط اين دو خمير، به خود اختصاص داده است كه دليل آن را مي‌توان به بلندتر بودن طـول اليـاف چـوب صنوبر دلتوئيدس، مقادير كمترمواد استخراجي و همچنـين ضخامت ديواره كمتر و در نتيجه انعطاف‌پذيري بهتر اليـاف آن نسبت داد. بررسي خـواص كاغـذ حاصـل از اخـتلاط دو گونه صنوبر دلتوئيدس و پالونيا نشان مي‌دهـد كـه افـزودن ۱۰% خمير پالونيا به خمير صنوبر دلتوئيدس تاثير چنـداني در خواص مقاومتي كاغذ در مقام مقايسه با استفاده از صـد در صد خمير كاغذ صنوبر ندارد و از نظر آماري نيز اختلاف معني‌داري در مقاومت‌هاي اين دو دسته كاغذ مشاهده نمي شود. از طرفي افزودن ۲۰% خميـر پالونيـا موجـب كـاهش چشمگير برخي مقاومت‌ها مانند مقاومت در برابر تركيـدن، طول پاره شدن و مقاومـت كششـي مـي شـود، ولـي تـاثير چنداني بر برخي مقاومت‌هـا ماننـد مقاومـت در برابـر پـاره شـدن، سـفتي و مقاومـت بـه لـه شـدن در حالـت حلقـه (RCT)ندارد. از اين رو چنين استنباط مي‌شـود كـه گونـه سريع الرشد پالونيا مـي‌توانـد متناسـب بـا مـوارد اسـتفاده مربوطه و ويژگي‌هاي مورد نظر سازندگان كاغـذ، در فراينـد NSSC به ميزا ن ۱۰ تـا ۲۰%بـا توجـه بـه شـاخص‌هـای مقاومتی كاغذ مورد نظر جايگزين خمير صنوبر دلتوئيـدس شود.

منابع

۱- ملااحمد نراقي، مژده، ۱۳۷۶. بررسي مقاومت كاغذ حاصله از چوب صنوبر دلتوئيدس بـه روش سـولفيت خنثـي در منطقـه ساري، پايان‌نامه كارشناسي‌ارشد دانشگاه علوم كشاورزي گرگان.

۲- يدالهي، وبهفر، ۱۳۷۶. بررسي خصوصيات آناتومي و ميـزان پيشـرفت جـوان چـوب در پالونيـا (Paulownia fortunei)، پروژه كارشناسي، دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي گرگان.

3- Area, M. C., Felissia, F. E., Venica, A., and Valade, J. L., 2001. NSSC process optimization: pulping, pulps and spent liquors, TAPPI JOURNAL, April 2001, Vol. 84(4)

4- Area, M. C., Felissia, F. E., Venica, A., and Valade, J. L., 1998.NSSC Process Optimization: II. Spent Liquors, 1998 Pulping Conference Proceedings

5- Bormett, D.W., D.I. Fahey & J.F. Launorie ,1981.Use of oak in linerboard, Forest Service, Forest Laboratory, Research Paper, FPL410.

6- Gray C. Myers, Rodger A. Arola, Richard A. Horn, and Theodor H. Wegner, 1996. Chemical and mechanical pulping of aspen chunkwood, mature wood, and juvenile wood, TAPPI JOURNAL, December 1996, Vol. 79(12)

7- Law, K. N., Vald, J. L., Rioux, S., and Lanouette, 1997. Wood and Paper Properties of Five Short-Rotation Popular Clones Grown in Quebec, 1997 Pulping Conference Proceedings

8- Negi, A., 1983. Influence of wood properties of some Poplar and Willow clones on the characteristics of NSSC process. Symposium on improvement of production and processing of Poplar and Willow wood in croatia, Yugoslavia.

9- Paulownia- response, 2004….FredWright <fwright@SCESCADE.NET

10- Urmanbetova Aselia, 2001. Type ofPaper and Containerboard, Containerboard Grades and tests, Glossary of Mead Corporation available: http://www.mead.com

Comparative Study on Properties of Paper Produced from Different Ratio of Poplar and Paulownia Species using Neutral Sulfite Semi Chemical (NSSC) Process

E. Afra[*1], S.Z. Hosseini[2] and H. Resalati[3]

[1] Ph. D. Candidate of Wood and Paper Sciences and Industries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

[2] Professor, Faculty of Forestry and Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

[3] Associate Prof, Faculty of Forestry and Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran

(Received 10 April 2005, Accepted 4 February 2006)

Abstract

The purpose of this research is to investigate characteristics of the paper made of Paulowina tomentosa and Populus deltroides. Anatomic and chemical properties of the fiber of these plant species were measured at first. According to the measurements, Paulowina tomentosa and Populus deltroides, with average fiber lengths 1,064.60 mc and 977.606 mc, respectively, are categorized as broad-leaved threes with medium fiber length. As compared to Paulowina, Populus deltriods contains more cellulose and less lignin and extractives. Cooking the paste was performed according to the NSSC process and the wood was treated with 15% sodium sulfite and 7% sodium bicarbonate based on the o.d. weight of the wood material. Regarding the optimum freeness for the NSSC process, freeness of 409 CSF was obtained for Paulowina pulp at the 7,200 rpm while this index was 415 CSF at 3,600 rpm for Populus pulp. The variable in this research was the percentage of the two components in the processed pulp (100% of each species, 90% Populus deltroides + 10% Paulowina tomentosa, 80% Populus deltroides + 20% Paulowina tomentosa, 70% Populus deltroides + 30% Paulowina tomentosa). Investigation on these paper characteristics shows that adding paulownia to pulp up to 10 percent is acceptable and it doesn't affect the strength characteristics of the paper in comparison with the paper of made exclusively of Populus pulp. On the other hand, adding 20% of Paulowina paste to the pulp up to 20% reduces strength characteristics, including burst strength, breaking length and tensile strength but doesn't affect some other strengths such as tear strength and ring crush (RCT).

Keywords: Paulownia , Neutral Sulfite Semichemical pulp , Freeness , Refining.

* Corresponding author: Tel: 0911-3716454 , Fax: 0111-3224915 E-mail: afraelyas@yahoo.com