

بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ سودای پربازده از چوب دو گونه صنوبر *P.nigra var betolifolia* ، *P.euroamericana*

شادمان پورموسی^۳احمد جهان لتیباری^۲

چکیده

در راستای استفاده بهینه از چوب گونه‌های سریع‌الرشد صنوبر، ویژگی‌های خمیر کاغذ از چوب دو گونه صنوبر *P.euroamericana*، *P.nigra var betolifolia* در دو طبقه قطری ۲۰ و ۱۵ سانتیمتر با استفاده از فرآیند سودای پربازده بررسی شد. میانگین طول فیبر، قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر به ترتیب ۹۷۸/۶۳، ۲۳/۲۰، ۱۵/۴۵، ۳/۹۰ میکرون و مقدار سلولز: ۵۴/۳۳ درصد، لیگنین: ۲۱/۳۳ درصد، مواد استخراجی: ۱/۳۵ درصد و خاکستر: ۱/۲۱ درصد بوده است. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که خمیر کاغذ رنگبری شده سودای پربازده از چوب گونه *P.euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر نسبت به دیگر تیمارها برتر است. کاغذ حاصل از تیمار برتر دارای اندیس مقاومت در برابر پاره شدن برابر ۲۱۴/۴ $\text{mN.m}^2/\text{gr}$ ، طول پاره شدن برابر ۳/۶۶ km و اندیس مقاومت در برابر ترکیدن برابر ۱۷/۳ $\text{kPa.m}^2/\text{gr}$ بوده است. نتایج ارزیابی خواص نوری کاغذ حاصل نشان داد که این تیمار بیشترین روشنی (۵۲/۵۹ ISO) و کمترین ماتی (۹۵/۲۲) را نسبت به دیگر تیمارها داشته است.

واژه‌های کلیدی: صنوبر اورامریکن، صنوبر نیگرا، خمیر کاغذ سودای پربازده، روشنی، ماتی.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۲/۳/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۳/۲/۲۸

^۲ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج (E-mial: Latibari_24@yahoo.com)

^۳ - فارغ‌التحصیل کارشناس ارشد کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

پتانسیل زیاد چوب صنوبر، تحقیق در استفاده بهینه و اصولی از آن را در تولید خمیر کاغذ از طریق بکارگیری فرآیندهای جدید و پیشرفته ضروری کرده است. در این راستا تحقیقات گسترده‌ای انجام گرفته است که به ذکر تعدادی از آنها اکتفا می‌گردد.

آلان^۱ و همکاران (۱۹۶۸) بر روی تولید خمیر کاغذ مکانیکی از چوب‌های صنوبر، غان و افرا با بخاردهی مقدماتی و پیش‌تیمار شیمیایی با استفاده از NaOH و Na_۲CO_۳ تحقیق کردند. نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می‌دهد که به کارگیری NaOH ظرفیت ایجاد اتصال در سطوح الیاف را بهبود می‌بخشد، الیاف با طول بلند را افزایش می‌دهد و شکست عرضی دیواره سلولی را کاهش می‌دهد.

وانگ^۲ خمیر کاغذ ساخته شده از گونه‌های صنوبر را بررسی کرد. در این مطالعه تولید خمیر کاغذهای مکانیکی، شیمیایی مکانیکی و شیمیایی حاصل از صنوبر و همچنین استفاده از این خمیر کاغذها در ساخت کاغذ بررسی شد. براساس نتایج این مطالعه، مشکلات ویژه‌ای در ارتباط با استفاده از چوب صنوبر برای ساخت خمیر کاغذ و کاغذ در کارخانه‌ها وجود دارد که از جمله این مشکلات وجود لکه‌های مشخص، چوب پوسیده و پوست و قیر را می‌توان نام برد.

جنتیل^۳ و همکاران (۱۹۹۱) از سال ۱۹۸۸ در شرکت Miller Western Pulp Ltd پراکسید هیدروژن را در فرآیندهای خمیر کاغذسازی پربازده برای ساخت خمیر کاغذ تجاری با روشنی و مقاومت خوب به کار برده‌اند. در این فرآیندها مراحل مختلفی از اشباع شیمیایی در فشار معمولی با پالایش تحت فشار زیاد وجود دارد روشنی، بعد از برج رنگبری با پراکسید هیدروژن به بیشتر از ۸۱ ISO درصد برای سوزنی‌برگان و ۸۷ ISO درصد برای پهن‌برگان نظیر صنوبر لرزان می‌تواند برسد. این خمیر کاغذ در تولید

درجات مختلف کاغذهای بهداشتی و سایر کاغذهای عمومی به کار گرفته می‌شود.

سابورین و پرسلی^۴ فناوری پیش‌تیمار پراکسید قلیایی را برای بالابردن کیفیت خمیر کاغذ حرارتی-مکانیکی مورد استفاده در تولید کاغذ چاپ و تحریر و سایر درجات کاغذ چاپ مکانیکی، ارزیابی کرده‌اند.

کاراسکو و همکاران^۵ (۱۹۹۴) خمیر کاغذهای پربازده از چوب صنوبر با استفاده از فرآیند خمیر کاغذسازی انفجاری با بخار آب ساختند. در این بررسی زمانی که مواد شیمیایی در مرحله دوم به محلول اشباع Na_۲SO_۳ اضافه شد، ویژگی‌های مکانیکی خمیر کاغذ به طور قابل توجهی بهبود یافت، علاوه بر این انرژی لازم برای پالایش خیلی کاهش یافت. که البته مصرف بیشتر مواد شیمیایی ویژگی‌های نوری را کاهش داد. مدل‌های ریاضی برای پیش‌بینی صحیح انرژی ویژه پالایش و ویژگی‌های کاغذ با توجه به مقدار سولفون شده و بازده خمیر کاغذ، پیشنهاد شد.

هیمبورگر و همکاران^۶ (۱۹۹۶) عنوان می‌کنند از منابع علمی برمی‌آید که نفوذ پراکسید قلیایی به داخل خرده‌چوب‌ها قبل از فرآیندهای پالایشی، ویژگی‌های مهم کیفی مثل روشنی و مقدار مقاومت را بهبود می‌بخشد.

نظرنژاد (۱۳۷۵) در بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ پربازده (CMP) از دو گونه صنوبر *P. euroamericana*, *P. deltoides* نتیجه گرفت که با افزایش درجه حرارت و زمان تیمار، مقاومت‌های مکانیکی افزایش می‌یابد. همچنین مقاومت مکانیکی کاغذ *P. euroamericana* بیشتر از *P. deltoides* بوده است. در بررسی خواص نوری، گونه *P. euroamericana* دارای شفافیت بیشتر و ماتی کمتری نسبت به گونه *P. deltoides* بوده است.

لذا این تحقیق با هدف بررسی امکان تولید خمیر کاغذ از چوب دو گونه صنوبر *P. nigra*, *P. euromericana*, *var betolifolia* از طریق به کارگیری فرآیند سودای پربازده برای گسترش استفاده از چوب این دو گونه

۴-Psabourin & Presley

۵-Carrasco et al.

۶-Heimbürger et al.

۱-Allan

۲-Wang

۳-Gentile

سریع‌الرشد در صنعت کاغذسازی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

چوب صنوبر مورد استفاده این بررسی از مرکز تحقیقات البرز و از درختان دو گونه *P. euromericana*, *P. nigra* var *betolifolia* کلن شماره ۵۶۱/۴۱ طرح‌های سازگاری صنوبر تهیه شده است.

از هر گونه دو پایه در ردیف‌های کاشت دوم و سوم به روش نمونه‌برداری کاملاً تصادفی انتخاب و بعد از مشخص کردن جهت‌های جغرافیایی بر روی پایه‌های مذکور، درختان قطع شدند.

از هر پایه دو دیسک به ضخامت ۱۰ cm، یکی از ارتفاع برابر سینه و دیگری از ارتفاع ۳۰ سانتیمتری برداشته شد. از دوایر سالیانه جهت جنوب شرقی هر کدام از دیسک‌ها به طور جداگانه خلال‌هایی تهیه شد. با توجه به این که تعداد دوایر سالیانه دیسک‌های تهیه شده از پایه‌های مختلف برابر نبود بنابراین به تعداد کل دوایر سالیانه نمونه میکروگوانت تهیه شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها و جداسازی الیاف جهت اندازه‌گیری طول، قطر داخلی و خارجی الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شده است.

اندازه‌گیری طول، قطر داخلی و قطر خارجی الیاف با میکروسکپ *Olympus 2-IMT* در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. طول الیاف با بزرگنمایی ۴ X و قطر الیاف با بزرگنمایی ۴۰ X اندازه‌گیری شده و پس از آن با در نظر گرفتن ضریب مربوطه مقدار واقعی طول و قطر الیاف محاسبه شد. از هر دایره رویش سالیانه طول و قطر (داخلی و خارجی) ۳۰ عدد فیبر اندازه‌گیری و به منظور تجزیه و تحلیل آماری، نتایج به دقت ثبت شدند.

ساخت خمیر کاغذ

برای تهیه خرده‌چوب از گرده‌بینه‌های اول (نزدیک به یقه) پایه‌های به قطر ۲۰ و ۱۵ سانتیمتر استفاده شد. گرده‌بینه‌ها پس از انتخاب به دقت پوست‌کنی شده و سپس به ابعاد کوچکتر تبدیل شدند تهیه خرده‌چوب با استفاده از خردکن نیمه صنعتی انجام گرفته است. خرده‌چوب‌ها به طور جداگانه در محیط آزمایشگاه قرار گرفته و پس از رسیدن

به رطوبت تعادل با محیط در داخل کیسه‌های نایلونی ذخیره شدند.

در این بررسی از هیدروکسید سدیم به مقدار ۵ درصد، و از مخلوط ۵ درصد هیدروکسید سدیم و ۲ درصد پراکسید هیدروژن (براساس وزن خشک خرده‌چوب) برای تیمار شیمیایی و رنگبری خرده‌چوب‌ها استفاده شد. نسبت مایع پخت به چوب ۶ به ۱ انتخاب شد. از بشرهای شیشه‌ای نشکن با درپوش‌های آلومینیومی و نایلونی به عنوان محفظه اشباع استفاده شد. برای تیمار شیمیایی این بشرها در داخل حمام آبگرم (بن‌ماری) مجهز به دماسنج و دستگاه تنظیم درجه حرارت قرار داده شده‌اند.

برای تهیه خمیر کاغذ از زمان‌های اشباع ۱۰ و ۱۵ دقیقه و درجه حرارت ثابت ۹۵ درجه سانتیگراد استفاده شده است. به منظور تیمار خرده‌چوب‌ها ابتدا در هر یک از بشرهای شیشه‌ای نشکن محلول تیمار شیمیایی را با نسبت‌های مشخص شده و براساس ۵۰ گرم خرده‌چوب خشک، ریخته و تا رسیدن به دمای ۶۵ درجه در حمام آب گرم قرار گرفته شدند. پس از آن خرده‌چوب‌ها به داخل بشرهای شیشه‌ای ریخته شده و از صفحات آلومینیومی و نایلونی به عنوان درپوش استفاده شد. سپس درجه حرارت حمام آب گرم تا رسیدن به دمای ۹۵ درجه سانتیگراد افزایش داده شده و در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ و یا ۱۵ دقیقه تحت تیمار شیمیایی قرار گرفتند. در فرآیند سودای پربازده (فرآیند HYS)^۱ تیمار خرده‌چوب‌ها برای تولید خمیر کاغذ رنگبری نشده در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد و زمان ۱۵ دقیقه و برای تولید خمیر کاغذ سودای پربازده رنگبری شده (HYBS)^۲ تیمار خرده‌چوب در دمرحله و هر مرحله با زمان ۱۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد انجام گرفته است. در حالت تولید خمیر کاغذ رنگبری شده ابتدا خرده‌چوب‌ها تحت تاثیر هیدروکسید سدیم ۵ درصد (براساس وزن خشک خرده‌چوب) قرار گرفته و بعد از یک مرحله جداسازی الیاف توسط پالایشگر دیسکی آزمایشگاهی، و جداسازی آب، ۲ درصد پراکسید هیدروژن

۱- High Yield Soda

۲- High Yield Bleached Soda

اندیس مقاومت در برابر ترک‌کندن مطابق استاندارد شماره ۹۱-om-۴۰۳ T،
ماتی طبق استاندارد شماره ۹۱-om-۴۲۵ T،
روشنی طبق استاندارد شماره ۹۲-om-۴۲۲ T.

نتایج

نتایج حاصل از کلیه آزمون‌های انجام شده در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جداسازی شدند. آثار مستقل و متقابل هر یک از سه عامل نوع خمیر کاغذ، گونه و طبقه قطری بر متغیرهای اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون فاکتوریل تعیین گردید و کلیه اختلافات در سطح اعتماد ۹۵ درصد بررسی شدند. ویژگی‌های بیومتریک الیاف نیز با آزمون t تحلیل شدند.

میانگین ویژگی‌های آناتومیک شامل طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف چوب دو گونه *P. nigra var brtolifolia*، *P. euroamericana* در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر اندازه‌گیری و در جدول (۱) آورده شده است. هر یک از ارقام جدول میانگین ۳۰ تکرار می‌باشد.

(براساس وزن خشک خرده‌چوب) به مایع پخت مرحله قبل افزوده شده، تیمار شیمیایی در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه ادامه یافته است.

عمل جداسازی الیاف خرده‌چوب‌های تیمار شیمیایی شده توسط پالایشگر دیسکی آزمایشگاهی انجام شد.

برای تعیین بازده، از خمیر کاغذ نمونه‌ای تهیه شده و در اتوو در درجه حرارت $103 \pm 2^\circ C$ و به مدت ۲۴ ساعت خشک شده است. و سپس با محاسبه مقدار رطوبت خمیر کاغذ مرطوب، وزن خشک خمیر کاغذ تعیین و بازده خمیر کاغذ محاسبه شد.

اندازه‌گیری درجه روانی خمیر کاغذ طبق استاندارد شماره M۳:۶۵- آیین‌نامه Scan پالایش خمیر کاغذ طبق استاندارد ۸۵-om-۲۴۵ آیین‌نامه TAPPI و ساخت کاغذ دست‌ساز طبق استاندارد ۸۸-om-۲۴۵ آیین‌نامه TAPPI انجام شده است.

اندازه‌گیری مقاومت‌ها و ویژگی‌های نوری طبق استانداردهای زیر از آیین‌نامه Tappi به شرح زیر انجام گرفت:

اندیس مقاومت در برابر پاره‌شدن مطابق استاندارد ۸۸-om-۴۱۴ T.

طول پاره‌شدن کاغذ طبق استاندارد شماره ۸۸-om-۴۹۴ T،

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری متغیرهای آناتومیک در دو گونه *P. nigra*، *P. euramericana* در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر

(میانگین داده‌ها)

| گونه | قطر cm | طول الیاف μ | قطر الیاف μ | قطر حفرات الیاف μ | ضخامت دیواره μ |
|-------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------------|-------------------|
| <i>P. euroamericana</i> | ۱۵ | ۸۶۸ | ۲۱/۹ | ۱۴/۸ | ۳/۵ |
| <i>P. nigra</i> | ۱۵ | ۸۶۳ | ۲۳ | ۱۶/۶ | ۳/۳ |
| <i>P. euroamericana</i> | ۲۰ | ۹۷۸ | ۲۳/۲ | ۱۵/۴ | ۳/۹ |
| <i>P. nigra</i> | ۲۰ | ۹۵۲ | ۲۵/۸ | ۱۸/۸ | ۳/۵ |

قطر ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر در سطح اعتماد ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارد. همچنین نتایج نشان داده است قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف در چوب طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر دو گونه *P. nigra*، *P. euroamericana* اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر طول الیاف چوب گونه

تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به ویژگی‌های آناتومیک بر مبنای قطرهای متفاوت در یک گونه و قطرهای مشابه در دو گونه انجام گرفته است.

نتایج آزمون t (مقایسه واریانس‌ها) نشان داد که بین قطر الیاف چوب گونه *P. nigra* در طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر و همچنین قطر حفره الیاف در این گونه در طبقه

نرمش کوچکتر و تا حدودی نزدیک به *P.nigra* می‌باشد. در جدول (۲)، نتایج محاسبه ضرایب کاغذسازی چوب دو گونه *P.nigra*، *P.euroamericana* در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر آورده شده است.

P.euromericana مشابه با گونه *P.nigra* در همان طبقه قطری بوده ولی قطر و قطر حفره الیاف آن کوچکتر و ضخامت دیواره بزرگتر است. بنابراین ضریب لاغری الیاف گونه *P.euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر زیادتر از گونه *P.nigra* و ضریب رانکل آن زیادتر و ضریب

جدول ۲- نتایج محاسبه شده ضرایب کاغذسازی در دو گونه

| گونه | قطر cm | ضریب لاغری L/d | ضریب نرمش C/d*100 | ضریب رانکل 2D/c*100 |
|------------------------|-----------|-------------------|----------------------|------------------------|
| <i>P.euroamericana</i> | ۱۵ | ۳۹/۶۹ | ۶۷/۶۰ | ۴۷/۹۰ |
| <i>P.nigra</i> | ۱۵ | ۳۷/۰۱ | ۷۱/۲۰ | ۴۰/۲۷ |
| <i>P.euroamericana</i> | ۲۰ | ۴۲/۱۹ | ۶۶/۶۰ | ۵۰/۴۴ |
| <i>P.nigra</i> | ۲۰ | ۳۶/۹۰ | ۷۲/۹۰ | ۳۷/۱۶ |

پخت در جدول (۳) و شکل (۱) آورده شده است. هر یک از ارقام جدول (۳) میانگین دو اندازه‌گیری است.

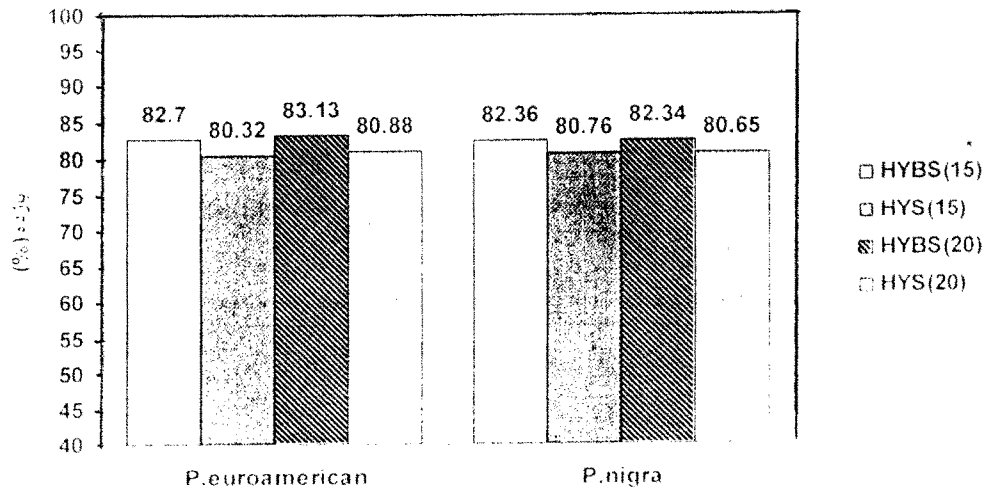
به علاوه پس از انجام هر پخت و جداسازی الیاف بازده و درجه روانی خمیر کاغذهای تهیه شده اندازه‌گیری و میانگین نتایج به دست آمده برای هر ترکیب از متغیرهای

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری بازده و درجه روانی دو فرایند سودای پربازده (HYS) و سودای پربازده رنگبری شده (HYBS)

| درجه روانی °SR | بازده درصد | فرآیند | زمان (min) | ترکیب مواد شیمیایی درصد | | قطر cm | گونه |
|-------------------|------------|--------|---------------|-------------------------------|------|-----------|------------------------|
| | | | | H ₂ O ₂ | NaOH | | |
| ۸/۵ | ۸۲/۷ | HYBS | ۱۰.۱۰ | ۲ | ۵ | ۱۵ | <i>P.euroamericana</i> |
| ۱۰/۵ | ۸۰/۳ | HYS | -۱۵ | - | ۵ | ۱۵ | <i>P.euroamericana</i> |
| ۱۰/۵ | ۸۳/۱ | HYBS | ۱۰.۱۰ | ۲ | ۵ | ۲۰ | <i>P.euroamericana</i> |
| ۹/۲۵ | ۸۰/۹ | HYS | -۱۵ | - | ۵ | ۲۰ | <i>P.euroamericana</i> |
| ۹ | ۸۲/۳۴ | HYBS | ۱۰.۱۰ | ۲ | ۵ | ۱۵ | <i>P.nigra</i> |
| ۱۱/۵ | ۸۰/۷ | HYS | -۱۵ | - | ۵ | ۱۵ | <i>P.nigra</i> |
| ۹ | ۸۲/۳ | HYBS | ۱۰.۱۰ | ۲ | ۵ | ۲۰ | <i>P.nigra</i> |
| ۹/۵ | ۸۰/۶ | HYS | -۱۵ | - | ۵ | ۲۰ | <i>P.nigra</i> |

درصد پراکسید هیدروژن به دست آمده است. در مورد چوب گونه *P.nigra* نیز زیادترین بازده در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر و همان ترکیب متغیرهای فوق حاصل شده است.

نتایج نشان می‌دهد که زیادترین بازده به مقدار ۸۳/۱۳ درصد مربوط به چوب گونه *P.euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر و پخت با ۵ درصد سودسوزآور و ۲



شکل ۱- رابطه بین فرآیند خمیرکاغذسازی، قطر درخت و گونه با بازده خمیرکاغذ (× ارقام داخل پرانتز قطر درخت است)

هیچکدام از عوامل بر درجه روانی معنی‌دار نبوده است. برای تعیین مقاومت‌های مکانیکی، کاغذهای دست‌ساز استاندارد تهیه شده و آزمایش‌های مربوطه بر روی آنها انجام گرفت. برای تهیه کاغذ دست‌ساز از خمیرکاغذهای با ترکیب عوامل متغیر جدول (۳) استفاده شده و نتایج به دست آمده در جدول (۴) خلاصه شده و در شکل‌های (۲) تا (۴) ارائه شده است.

نتایج تجزیه واریانس تاثیر متقابل سه عامل فرآیند، گونه و طبقه قطری بر روی بازده دو نوع خمیرکاغذ فرآیند سودای پربازده و سودای پربازده رنگبری شده، حاکی از آن است که فقط اثر عامل فرآیند بر بازده معنی‌دار بوده است و بازده فرآیند سودای پربازده رنگبری شده زیادتر از فرآیند سودای پربازده بوده است.

نتایج تجزیه واریانس تاثیر متقابل این سه عامل بر روی درجه روانی دو نوع خمیرکاغذ نشان داده است که اثر

جدول ۴- نتایج ویژگی‌های مقاومتی و نوری خمیرکاغذ سودای پربازده (HYS) و سودای پربازده رنگبری شده (HYBS) از چوب دو گونه *P. nigra* و *P. euroamericana* در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر

| گونه | قطر | فرآیند | پارامتر مقاومت در برابر پارشدن $mN.m^2/g$ | طول پاره شدن km | ترکیب آندیس مقاومت در برابر $Kpa.m^2/g$ | ماتردرصد | روشنیدرصد |
|-------------------------|-----|--------|---|-------------------|---|----------|-----------|
| <i>P. euroamericana</i> | ۱۵ | HYS | ۴/۹۰ | ۲/۴۱ | ۲/۳۰ | ۹۷/۵۵ | ۴۶/۰۸ |
| <i>P. euoamericana</i> | ۱۵ | HYBS | ۴/۴۰۸ | ۳/۴۸۰ | ۲/۵۳ | ۹۷ | ۵۵/۷۴ |
| <i>P. euroamericana</i> | ۲۰ | HYS | ۴/۶۵۴ | ۳/۴۹۰ | ۲/۹۲ | ۹۷/۲ | ۴۷/۲۶ |
| <i>P. euroamericana</i> | ۲۰ | HYBS | ۴/۲۱۴ | ۳/۶۶۰ | ۳/۱۷ | ۹۵/۲۲ | ۵۹/۵۲ |
| <i>P. nigra</i> | ۱۵ | HYS | ۳/۷۷۴ | ۲/۴۹۰ | ۲/۰۶۰ | ۹۷/۹۶ | ۴۵/۴۱ |
| <i>P. nigra</i> | ۱۵ | HYBS | ۳/۳۵۰ | ۲/۹۳۰ | ۲/۵۹۰ | ۹۷/۴۰ | ۵۳/۵۸ |
| <i>P. nigra</i> | ۲۰ | HYS | ۳/۳۴۴ | ۲/۷۰ | ۲/۴۰ | ۹۷/۶۸ | ۴۵/۴۲ |
| <i>P. nigra</i> | ۲۰ | HYBS | ۲/۸۲۴ | ۲/۸۳۰ | ۲/۴۵ | ۹۸/۰۹ | ۵۴/۹۸ |

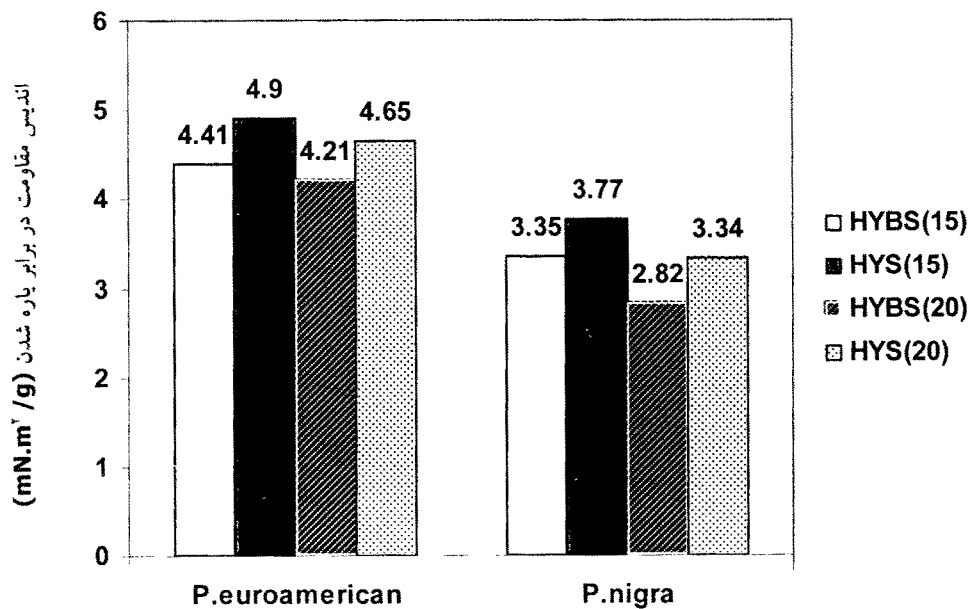
اندیس مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ، نشان می‌دهد که: اثر گونه *P.euroamericana* مشخص‌تر از نیگرا است. اثر قطر ۱۵ سانتیمتر مشخص‌تر از قطر ۲۰ سانتیمتر است. بنابراین بهترین عامل در این مورد، گونه *P.euroamericana* با قطر ۱۵ سانتیمتر است.

بررسی اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ نشان می‌دهد که بهترین ویژگی مربوط به چوب‌گونه *P.euroamericana* قطر ۱۵ سانتیمتر و پس از آن قطر ۲۰ سانتیمتر و فرآیند سودای پربازده است و استفاده از چوب‌گونه *P.euroamericana* قطرهای ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر و فرآیند سودای پربازده رنگبری شده در مقام دوم قرار می‌گیرند.

آثار متقابل هر سه عامل فرآیند، گونه و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر پاره شدن معنی‌دار بوده است. بررسی اثر متقابل دو عامل فرآیند و گونه بر اندیس مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ، نشان می‌دهد که: در یک فرآیند مشخص، اثر گونه *P.euroamericana* مشخص‌تر از گونه *P.nigra* است. و در یک گونه، اثر فرآیند سودای پربازده مشخص‌تر از سودای رنگبری شده است.

اثر متقابل دو عامل فرآیند و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ نشان می‌دهد: که در یک فرآیند مشخص، اثر طبقه قطری ۱۵ سانتیمتر مشخص‌تر از طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر است. در دو فرآیند متفاوت اثر فرآیند سودای پربازده مشخص‌تر از فرآیند سودای پربازده رنگبری شده است.

بررسی اثر متقابل دو متغیر گونه و طبقه قطری بر



شکل ۲- رابطه بین فرآیند خمیرکاغذسازی، قطر درخت و گونه با اندیس مقاومت در برابر پاره شدن خمیرکاغذ (× ارقام داخل پرانتز قطر درخت است)

است.

بررسی اثر متقابل دو عامل فرآیند و طبقه قطری بر طول پاره شدن کاغذ نشان می‌دهد که اثر فرآیند مشخص‌تر

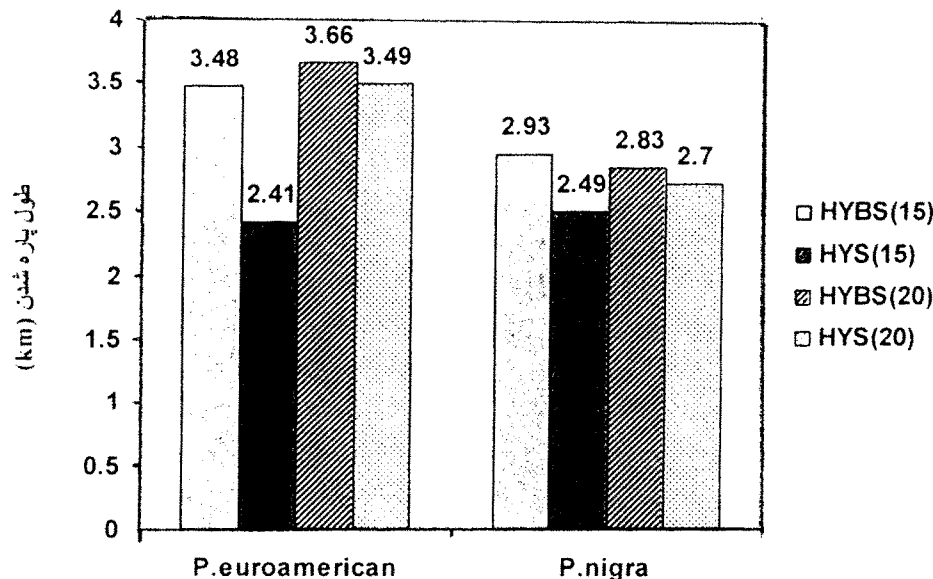
تجزیه و تحلیل آماری نتایج مربوط به طول پاره شدن کاغذ نشان می‌دهد که آثار مستقل و متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر روی طول پاره شدن کاغذ معنی‌دار

مشابه اثر گونه *P.euroamericana* مشخص‌تر از نیگرا است. بنابراین بهترین عوامل متغیر گونه *P.euroamericana* و طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر است. بررسی اثر متقابل دو متغیر نوع خمیر کاغذ و گونه بر طول پاره‌شدن کاغذ نشان می‌دهد که در یک فرآیند مشخص اثر گونه *P.euroamericana* مشخص‌تر است و یک گونه مشخص اثر فرآیند سودای پربازده رنگبری شده بارز است. در نتیجه بهترین نتیجه ترکیب دو متغیر *P.euroamericana* با فرآیند سودای پربازده رنگبری شده است.

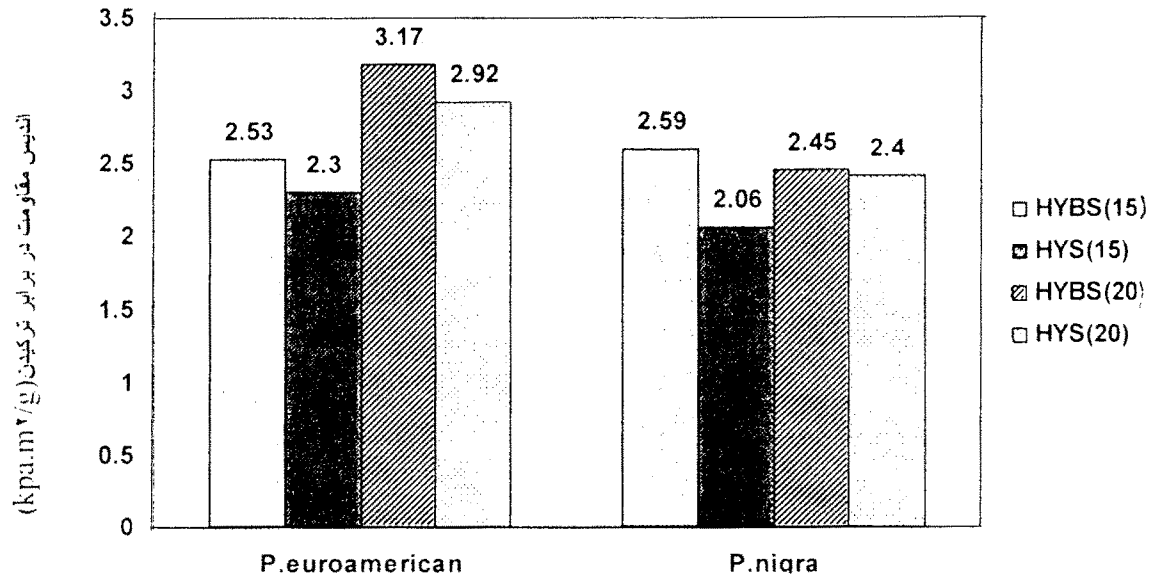
بررسی اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر طول پاره‌شدن کاغذ نشان می‌دهد:

از طبقه قطری است و اثر فرآیند سودای پربازده رنگبری شده نسبت به سودای پربازده بر طول پاره‌شدن کاغذ مشخص‌تر است. در بین خمیر کاغذهای سودای پربازده اثر قطر ۲۰ سانتیمتر مشخص‌تر از قطر ۱۵ سانتیمتر است اما در خمیر کاغذهای سودای پربازده رنگبری شده اختلاف معنی‌داری در این دو طبقه قطری دیده نمی‌شود. در نتیجه بهترین ترکیب در اثر متقابل دو متغیر مذکور، فرآیند سودای پربازده رنگبری شده و طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر است.

بررسی اثر متقابل دو متغیر گونه و طبقه قطری بر طول پاره‌شدن کاغذ، نشان می‌دهد که فقط در گونه *P.euroamericana* اثر طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر مشخص‌تر از ۱۵ سانتیمتر است. در دو گونه با قطرهای



شکل ۲- رابطه بین فرآیند خمیر کاغذسازی، قطر درخت و گونه با طول پاره‌شدن خمیر کاغذ (ارقام داخل پرانتز قطر درخت است)



شکل ۴- رابطه بین فرآیند خمیر کاغذسازی، قطر درخت و گونه با خمیر کاغذ (× ارقام داخل پرانتز قطر درخت است)

طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ، نشان می‌دهد که با توجه به نتایج به دست آمده بهترین ترکیب اثر متقابل (HYBS-euro-20) می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری درجه روشنی و ماتی کاغذهای دست‌ساز این بررسی در جدول (۴) خلاصه شده است. به علاوه تجزیه و تحلیل نتایج نیز انجام گرفته است.

تأثیر مستقل و متقابل سه عامل فرایند، گونه و طبقه قطری بر روی ماتی معنی‌دار بوده است. بررسی اثر متقابل دو متغیر فرآیند و گونه بر مقدار ماتی کاغذ، نشان می‌دهد که: در یک فرایند مشخص کاغذ، گونه *P. nigra* دارای ماتی بیشتری است.

بررسی اثر متقابل دو متغیر فرایند و طبقه قطری بر مقدار ماتی کاغذ نشان می‌دهد که اثر طبقه قطری مشخص‌تر از فرآیند است و کاغذ ساخته شده از خمیر کاغذ فرآیندهای مختلف با قطرهای کوچکتر دارای مقدار ماتی بیشتری است. مقایسه خمیر کاغذهای مختلف در یک قطر مشخص نشان می‌دهد که خمیر کاغذ سودای پربازده دارای مقدار ماتی بیشتری است. در نتیجه خمیر کاغذ سودای پربازده ساخته شده از چوب با قطر ۱۵ سانتیمتر دارای حداکثر مقدار ماتی است.

بررسی اثر متقابل دو متغیر فرایند و گونه، بر اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ، نشان می‌دهد که اثر فرآیند سودای پربازده رنگبری شده مشخص‌تر از سودای پربازده و اثر گونه *P. euroamericana* مشخص‌تر از *P. nigra* است. بنابراین بهترین ترکیب عوامل متغیر فرآیند سودای پربازده رنگبری شده با گونه *P. euroamericana* خواهد بود.

بررسی اثر متقابل دو متغیر فرآیند و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ، نشان می‌دهد که اثر فرآیند سودای پربازده رنگبری شده مشخص‌تر از سودای پربازده و اثر طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر مشخص‌تر از طبقه قطری ۱۵ سانتیمتر است. بنابراین فرآیند سودای پربازده رنگبری شده با طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر بهترین ترکیب عوامل متغیر است. به علاوه بررسی اثر متقابل دو متغیر گونه و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ، نشان می‌دهد که: اثر گونه *P. euroamericana* نسبت به *P. nigra* و اثر طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر نسبت به طبقه قطری ۱۵ سانتیمتر مشخص‌تر است لذا بهترین ترکیب، گونه *P. euroamericana* با طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر است. بررسی اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه

می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این بررسی به منظور شناخت و مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذسازی از چوب دو گونه سریع‌الرشد صنوبر شامل *P. nigra* Ovar *betolifolia* و *P. euroamericana* کلن شماره ۵۱۱/۴۱ در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر و با استفاده از دو فرآیند سودای پربازده (HYS) و سودای پربازده رنگبری شده (HYBS) خمیر کاغذ ساخته شده است.

با توجه به اینکه ویژگی‌های بیومتریکی الیاف یکی از عوامل تاثیر گذار بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ است، لذا این ویژگی نیز اندازه‌گیری شده است. به عنوان مثال هرچه دیواره الیاف ضخیم‌تر باشد الیاف در مقابل نیروهای وارده، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و شکل اولیه در مقطع عرضی خود را حفظ می‌کنند. بر اثر این خاصیت، قابلیت انعطاف پذیری و مچاله شدن الیاف کم خواهد شد. در واقع الیاف با دیواره ضخیم، کاغذی با ماتی زیاد، زبر و حجیم تولید می‌کنند که معمولاً توانایی زیادی در جذب و دفع آب دارند. ضخامت دیواره سلولی الیاف، بیان‌کننده مقدار انعطاف الیاف در پالایش پذیری آنهاست و هرچه ضخامت الیاف بیشتر باشد، مقاومت الیاف و در نتیجه انعطاف پذیری الیاف در هنگام پالایش بیشتر می‌شود.

گونه *P. euroamericana* نسبت به گونه *P. nigra* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر دارای الیاف با طول مشابه، قطر کوچکتر و ضخامت دیواره بزرگتر و قطر حفره کوچکتر است. در نتیجه الیاف گونه *P. euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر دارای ضریب لاغری و رانکل زیادتر و ضریب نرمش کوچکتر و تا حدودی نزدیک به *P. nigra* می‌باشد بنابراین می‌توان انتظار داشت که کاغذ ساخته شده از گونه *P. euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر مرغوبتر و مقاومت در برابر ترک‌شدن و تا خوردن آن تا حدودی مشابه و مقاومت در برابر پاره شدن زیادتر باشد. ارزیابی نتایج مربوط به ساخت دو نوع خمیر کاغذ نشان

بررسی اثر متقابل دو عامل گونه و طبقه قطری بر مقدار ماتی کاغذ نشان می‌دهد که در قطرهای مختلف از گونه *P. nigra* اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. ولی اثر قطر ۱۵ سانتیمتر گونه *P. euroamericana* مشخص‌تر است. بنابراین در بین دو گونه مذکور، گونه *P. nigra* در طبقه قطرهای ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر دارای بیشترین مقدار ماتی است.

بررسی اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر مقدار ماتی کاغذ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار ماتی متعلق به خمیر کاغذ گونه *P. nigra* با قطرهای ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر ساخته شده با هر یک از دو فرآیند است و کمترین مقدار ماتی به خمیر کاغذ گونه *P. euroamericana* با قطر ۲۰ سانتیمتر حاصل از فرآیند سودای پربازده رنگبری شده تعلق دارد.

تاثیر مستقل و متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر مقدار روشنی کاغذ نیز معنی‌دار بوده است. بررسی اثر متقابل دو متغیر فرآیند و گونه بر روشنی کاغذ، نشان می‌دهد که: اثر گونه *P. euroamericana* با فرآیند سودای پربازده رنگبری شده مشخص‌تر است. بررسی اثر متقابل دو متغیر گونه و طبقه قطری بر روشنی کاغذ نشان می‌دهد که در قطرهای مختلف یک گونه، اثر قطر ۲۰ سانتیمتر مشخص شده است. در قطرهای مشابه دو گونه، اثر گونه اروامریکن مشخص‌تر است.

بنابراین کاغذ ساخته شده از گونه *P. euroamericana* با قطر ۲۰ سانتیمتر دارای حداکثر روشنی می‌باشد.

بررسی اثر متقابل دو متغیر فرآیند و طبقه قطری بر روشنی کاغذ نشان می‌دهد که در یک فرآیند، اثر قطر ۲۰ سانتیمتر مشخص‌تر است. در نتیجه فاکتور (۲۰-HYBS) دارای بیشترین مقدار روشنی کاغذ است. بررسی اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر روشنی کاغذ نشان می‌دهد که برای ساخت خمیر کاغذ روشن‌تر، بهترین فرآیند سودای پربازده رنگبری شده بهترین گونه *P. euroamericana* و بهترین طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر بنابراین ترکیب متغیرهای (۲۰-euo-HYBS) دارای بیشترین روشنی بوده و به عنوان بهترین فاکتور انتخاب

سانتیگراد، زمان ۳۰ دقیقه، سولفیت سدیم ۱/۵۷ درصد را $5/5 \text{ mN. m}^2/\text{g}$ گزارش کرده است که علت آن ویژگی‌های بهتر الیاف صنوبر لرزان و تیمار شیمیایی ملایم‌تر در حضور سولفیت سدیم می‌تواند باشد. ولی نظرنژاد (۱۳۷۵) مقدار اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذ خمیر کاغذ چوب گونه *P. euroamericana* تحت شرایط درجه حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد، زمان پخت ۱۰ و ۲۰ دقیقه، ترکیب شیمیایی $\text{NaOH} + ۶\%$ درصد Na_2CO_3 ۱۲ درصد را به ترتیب $۳/۶ \text{ mN. m}^2/\text{g}$ و $۴/۵۲ \text{ mN. m}^2/\text{g}$ گزارش کرده است (۱).

طول پاره شدن خمیر کاغذ HYS بین ۲/۴۱ تا ۳/۴۹ کیلومتر و HYBS بین ۲/۸۳۰ تا ۳/۴۸ کیلومتر اندازه‌گیری شده است. به علاوه طول پاره شدن خمیر کاغذهای ساخته شده از چوب گونه *P. euroamericana* زیادتر از *P. nigra* اندازه‌گیری شده است. همچنین افزودن پراکسید هیدروژن به زیاد شدن طول پاره شدن کمک کرده است.

بررسی اثر متقابل سه متغیر فرایند، گونه و طبقه قطری بر طول پاره شدن کاغذ نشان می‌دهد: اثر طبقه قطری بر خمیر کاغذ HYBS بیشتر از HYS بود، و اثر طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر بیشتر از ۱۵ سانتیمتر می‌باشد. اثر گونه *P. euroamericana* مشخص‌تر از *P. nigra* بود. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که ترکیب (HYBS - euro-۲۰) بهترین ترکیب سه متغیر خواهد بود. شاید دلیل این امر ضریب درهم رفتگی زیادتر الیاف گونه *P. euroamericana* نسبت به الیاف *P. nigra* احتمالاً لیگنین کمتر گونه *P. euroamericana* و یا تاثیر پراکسید هیدروژن باشد. مقایسه نتایج این بررسی با مطالعات انجام گرفته در سایر مناطق بر روی چوب صنوبر نشان می‌دهد که طول پاره شدن خمیر کاغذ ساخته شده در شرایط فاکتور ۱۲ Na_2SO_3 درصد، درجه حرارت ۱۴۰ سانتیگراد، زمان ۳۰ دقیقه درجه روانی (۳۵۰ ml csf) معادل ۴/۸ کیلومتر بوده و زیادتر از این بررسی است لیسک. ولی در بررسی‌های نظرنژاد (۱۳۷۵) طول پاره شدن کاغذ ساخته شده از گونه *P. euroamericana* در درجه

می‌دهد که بازده خمیر کاغذ HYS حدود ۸۰ درصد و خمیر کاغذ HYBS حدود ۸۲ درصد است. افزودن ۲ درصد پراکسید هیدروژن به ماده شیمیایی پخت باعث افزایش بازده تا حدود ۲ درصد شده است. درجه روانی خمیر کاغذها بین ۸/۵ تا ۱۰/۵ $^{\circ}\text{SR}$ متغیر بوده است. با توجه به اینکه کنترل دقیق جداسازی الیاف و پالایش در مقیاس کوچک میسر نبوده است لذا نمی‌توان اظهار نظر قاطعی در مورد درجه روانی به عمل آورد.

زیادترین بازده به مقدار ۸۳/۱۳ درصد مربوط به گونه *P. euroamericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتر و پخت HYBS به دست آمده است.

نتایج تجزیه واریانس تاثیر متقابل سه عامل فرایند، گونه و طبقه قطری بر روی بازده دو نوع خمیر کاغذ فرایند سودای پربازده و سودای پربازده رنگبری شده، حاکی از آن است که فقط اثر عامل فرایند بر بازده معنی‌دار بوده است و بازده فرایند سودای پربازده رنگبری شده زیادتر از فرایند سودای پربازده بوده است.

بررسی اثر متقابل سه متغیر فرایند، گونه و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ نشان می‌دهد که بهترین ویژگی مربوط به چوب گونه *P. euroamericana* با قطر ۱۵ و قطر ۲۰ سانتیمتر و فرایند سودای پربازده تعلق دارد.

بیشتر بودن اندیس مقاومت در برابر پاره شدن گونه *P. euroamericana* نسبت به گونه *P. nigra* را می‌توان به دلیل مقدار لیگنین کمتر چوب گونه *P. euroamericana* عنوان کرد. به علاوه افزودن پراکسید هیدروژن به مایع پخت باعث کم شدن اندیس مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ شده است.

مقایسه نتایج این بررسی با نتیجه تحقیقات لیسک^۱ نشان می‌دهد که اندیس مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ HYS این بررسی کمتر است. نامبرده مقدار اندیس مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ CMP از صنوبر لرزان ساخته شده تحت شرایط درجه حرارت ۱۳۰ درجه

کمتری است. لیسک فاکتور ماتی کاغذ صنوبر لرزان که تحت شرایط درجه حرارت ۸۸ درجه سانتیگراد، زمان ۱۵ دقیقه، فشار ۶۰ Psi و انرژی پالایش KWh/odt ۱۱۰۵ تهیه شده است را ۸۸ درصد گزارش نموده که به مراتب کمتر از نتیجه این بررسی است. به علاوه گزارش نظرنژاد (۱۳۷۵) نیز فاکتور ماتی کاغذ صنوبر *P. euroamericana* که تحت شرایط درجه حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد، زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه با مصرف NaOH+۶درصد Na_2CO_3 ۱۲درصد ساخته شده به ترتیب ۹۶/۷۸ و ۹۵/۳۵ اعلام می‌کند که نزدیک به نتایج این بررسی است.

روشنی خمیر کاغذ HYS بین ۴۵/۴۱ تا ۴۷/۲۶ درصد و خمیر کاغذ HYBS بین ۵۳/۵۸ تا ۵۹/۵۲ درصد تعیین شده است. افزودن ۲ درصد پراکسید هیدروژن توانسته است روشنی را تا ۱۲ درصد افزایش دهد. به علاوه خمیر کاغذهای ساخته شده از چوب گونه *P. euroamericana* روشن‌تر از چوب *P. nigra* می‌باشند.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان قبول کرد که چوب گونه *P. euroamericana* به دلیل لیگنین کمتر و سلولز بیشتر نسبت به گونه *P. nigra* و فرایند خمیر کاغذسازی HYBS به دلیل استفاده از پراکسید هیدروژن در مقایسه با HYS و قطر ۲۰ سانتیمتر خمیر کاغذ روشن‌تری را می‌دهد. نتایج به دست آمده با نتایج سایر بررسیها تطابق دارد زیرا لیسک (۱۹۶۸) درصد روشنی خمیر کاغذ از چوب صنوبر لرزان را که تحت شرایط ۸۸ درجه سانتیگراد، زمان ۱۵ دقیقه، فشار ۶۰ psi و انرژی پالایش KWh/odt ۱۱۰۵ تهیه شده است ۵۶ درصد گزارش می‌کند و درصد روشنی خمیر کاغذ ساخته شده تحت شرایط ۸۲ درجه سانتیگراد، زمان ۳۰ دقیقه و انرژی پالایش KWh/odt ۸۸۵ را نیز ۵۹ درصد گزارش کرده است. با توجه به اینکه اثر سه سطح ترکیب مواد شیمیایی و بازده خمیر کاغذهای به دست آمده معنی‌دار بوده است بهترین خمیر کاغذ با ترکیب مقدار مواد شیمیایی (سود سوزآور) ۵ درصد در دو مرحله زمانی هر یک به مدت ۱۰ دقیقه در درجه حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد و با مقدار

حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد، زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه، با ۶ NaOH درصد Na_2SO_4 ۱۲ درصد به ترتیب ۳۹/۳ km و ۵/۴ km گزارش شده است که نزدیک به نتایج این بررسی است (۱). اختلاف موجود بین مقادیر طول پاره شدن احتمالاً به دلیل اختلاف در گونه، شرایط پخت و انرژی مصرفی می‌باشد.

اندیس مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ HYS بین ۲/۰۶ تا $2/92/gPa \cdot m^2$ و خمیر کاغذ HYBS بین ۲/۴۵ تا $3/97/gPa \cdot m^2$ تعیین شده است که بیانگر جداسازی بهتر الیاف و قابلیت اتصال خوب الیاف خمیر کاغذ HYBS است. اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ، نشان می‌دهد که بهترین ترکیب اثر متقابل (HYBS-euro-۲۰) می‌باشد.

از تحلیل نتایج چنین برمی‌آید که به جزء برخی از موارد استثنایی، خمیر کاغذ از چوب گونه *P. euroamericana* دارای اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ بیشتری است که این مهم می‌تواند به دلیل زیاد بودن ضریب در هم رفتگی الیاف گونه مذکور نسبت به گونه *P. nigra* باشد. در ضمن تاثیر پراکسید هیدروژن در خمیر کاغذ HYBS اندیس مذکور را افزایش داده است.

خواص نوری کاغذ علاوه بر اینکه به گونه چوبی بستگی دارد به شدت اثر عوامل مختلف در هنگام تهیه خمیر کاغذ نیز بستگی دارد. به عنوان مثال با افزایش شدت تیمار شیمیایی ماتی کاهش می‌یابد. ماتی خمیر کاغذ HYBS و HYS حدود ۹۸-۹۷ درصد تعیین شده است البته فقط در یک مورد ماتی به حدود ۹۵ درصد کاهش یافته است. اثر متقابل سه متغیر فرآیند، گونه و طبقه قطری بر مقدار ماتی کاغذ نشان می‌دهد که: بیشترین مقدار ماتی متعلق به خمیر کاغذ گونه *P. nigra* با قطرهای ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر و فرایندهای HYS و HYBS می‌باشد و کمترین مقدار ماتی به خمیر کاغذ گونه *P. euroamericana* با قطر ۲۰ سانتیمتر حاصل از فرآیند HYBS تعلق دارد. بنابراین گونه *P. euroamericana* با قطر ۲۰ سانتیمتر و فرایند HYBS به دلیل در هم رفتگی و اتصال بیشتر الیاف و همچنین به خاطر تاثیر پراکسید هیدروژن دارای ماتی

مقاومت در برابر پاره شدن کمتری هستند. نتایج حاصل از بررسی خواص نوری نشان داد که کمترین ماتی و بیشترین روشنی مربوط به خمیر کاغذ چوب گونه *P.euroamericana* بوده و با در نظر گرفتن تمام عوامل ارزیابی شده بهترین ترکیب شرایط برای رسیدن اهداف این تحقیق ترکیب (HYBS-euro-۲۰) می باشد.

پراکسید هیدروژن ۲ درصد (به ازای وزن خشک خرده چوب)، از دو طبقه قطری گونه های مذکور تهیه شده است. ارزیابی نتایج به دست آمده از اندازه گیری ویژگی های مقاومتی خمیر کاغذها نشان می دهد که خمیر کاغذهای HYBS در مقایسه با HYS رنگبری نشده دارای طول پاره شدن و اندیس مقاومت در برابر ترکیدن بیشتر اندیس

منابع

- ۱- نظر نژاد، نورالدین، ۱۳۷۵. بررسی خصوصیات خمیر و کاغذ با راندمان بالا (CMP) از دو گونه صنوبر *P.euroamericana* & *P.deltoides*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- 2- Allan, RS., C.W. Skeet and O.L.Forgacs. 1968; Pulp & Paper Mag. Can. 69(8), Sep, 20, 74-80.
- 3- Carrasco, F. et al. 1994 High Yield Pulping of Aspen Wood: Relation Between Pulp Properties & Fibre Characteristics by Multiple Linear Regression, Wood-Science and Technology. 28:6,409-421.
- 4- Gentile. V. M et al. 1991, Mechanical Pulping Conference Preprints, Tappi Press, Atlanta, P:188.
- 5- Leask, K.A 1968. Chemi Mechanical Pulps from Hardwoods. Tappi, 51(12): 117A-120A.
- 6- Sabourin, M. J and Presley, J.R., 1992, Pulping Conference Preprints, Tappi Press, Atlanta, P; 1135.
- 7- Stan. Heimburger et al. 1996. One-and Two-stage APMP- A route to High-Brightness pulp, Tappi, Vol: 79, No:8 August, PP:139-144.

An Investigation on High Yield Soda Pulp from *P.euroamericana* and *P.nigra* var *betolifolia* Wood

A. Jahan Latibari¹

Sh. Pourmousa²

Abstract

Application of High Yield Soda pulping for the production of unbleached (HYS) as well as bleached (HYBS) pulps from fast-growing poplar species; including two species; *P.nigra* var *betolifolia* and *P.euroamericana* No. 561/41 at two diameter classes (15 & 20 cm) is studied.

Anatomical measurements revealed average fiber length, fiber diameter, lumen diameter and cell wall thickness at 978.63, 23.20, 15.45 and 3.90 μm respectively.

Results in pulping and papermaking studies indicated that the treatment involving *P. euroamericana* species at a diameter of 20 cm, (using HYBS) is superior to the others.

Hand sheets made from the superior treatment possessed a tear index of 4.214 $\text{mN.m}^2/\text{g}$, breaking length of 3.66 km and burst index of 3.17 $\text{kPa.m}^2/\text{g}$. The results in optical studies indicated that highest brightness (59.52 ISO) as well as the lowest opacity (95.22) were obtained through this treatment as compared to other ones.

Keywords: *P.euroamericana*, *P. nigra* var *betolifolia*, High Yield Soda Brightness, Opacity.

¹ -Assistant Professor, Islamic Azad University, Karadj (E-mail: Latibari_24@yahoo.com)

² -Former Graduate Student, Tarbiat Moderres University