Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد پانزدهم، شماره دوم، خرداد- تیر ۱۳۸۷
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذ ساخته شده از چوب صنوبر *(Populus deltoides)*، پالونیا *(Paulownia fortunei)* و مخلوط آنها به روش شیمیایی مکانیکی(CMP)

*سید ضیاءالدین حسینی[۱] و مرتضی مشعلچیان[۲]

[۱]استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

[۲]دانش‌آموخته کارشناس‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۰/۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۱۲

چکیده

طیف گسترده تهیه خمیر کاغذ با روش‌های مکانیکی و نیمه‌شیمیایی از جمله: حرارتی مکانیکی، شیمیایی- حرارتی مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی به‌دلیل صرفه‌جویی در ماده اولیه و تولید خمیر کاغذ پربازده، بیش از هر زمان دیگر مطرح و در حال توسعه و تکمیل است. اگرچه از تولید خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی به‌صورت انبوه در ایران بیش از دو دهه نمی‌گذرد، اما در زمینه مطالعات خمیر کاغذ، پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای حاصل گردیده است. برای تهیه خمیر کاغذ با روش‌های مذکور نیاز به چوب با دانسیته پائین است، بنابراین گونه‌های سریع‌الرشد از جمله صنوبر و پالونیا مورد توجه می‌باشند. رشد چوب پالونیا بیش از صنوبر است و به همان نسبت الیاف کوتاه‌تری تولید می‌کند. مقاومت کاغذهای تهیه شده از خمیر خالص پالونیا و صنوبر به‌علت عکس‌العمل متفاوت الیاف آنها در برابر پالایش اختلاف معنی‌داری به‌وجود می‌آورد. از جانب دیگر با بررسی خواص کاغذ ملاحظه می‌شود که پالایش‌پذیری در الیاف بلندتر صنوبر سهل‌تر و بهتر صورت می‌گیرد، ولی ارزش متوسط کمی طول الیاف صنوبر پس از پالایش نزول نموده و اختلاف آن را با طول الیاف خمیر پالونیا کاهش می‌دهد. بنابراین، افزودن مقدار۱۰ درصد خمیر پالونیا به خمیر صنوبر در مقاومت‌های به پاره شدن، ترکیدن، کشش، سفتی و همچنین طول پاره شدن در مقام مقایسه با کاغذ تهیه شده ازخمیر خالص صنوبر اختلاف معنی‌داری به‌وجود نمی‌آورد. این در حالی است که با افزودن مقدار ۱۰ درصد خمیر پالونیا به خمیر صنوبر، خاصیت ماتی کاغذ حاصل افزایش و مقاومت به تا شدن آن کاهش می‌یابد و بین کاغذهای دو گروه یاد شده در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار پیدا می‌کند. مدت زمان مناسب برای تولید خمیر با بازده حدود ۸۵ درصد در شرایط بهینه پخت با حرارت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت ماده چوبی به مایع پخت ۷: ۱، برای چوب پالونیا ۹۰ دقیقه و برای چوب صنوبر۱۰۰ دقیقه حاصل گردید. با توجه به نتایج این بررسی، تهیه خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی از چوب پالونیا و امکان افزودن آن به خمیر شیمیایی- مکانیکی صنوبر، افق امیدبخشی را در تأمین کمبود چوب برای صاحبان کارخانجات چوب و کاغذ ترسیم می‌کند.

واژهای کلیدی: صنوبر، پالونیا، تند رشد، بازده، الیاف، شیمیایی مکانیکی، مقاومت کاغذ، پاره شدن

*- مسئول مکاتبه:

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کاغذهای حاصل از روش‌های شیمیایی دارای مقاومت مکانیکی زیاد بوده اما بازده کم و آلودگی‌های زیست محیطی آن موجب شده است که محققین راه‌های دیگر تهیه خمیر کاغذ را آزمایش کنند. در کشورهایی که دارای درختان پهن‌برگ بیشتری هستند سرمایه‌گذاری برای تهیه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی بیشتر صورت گرفته است. مک‌دونالد و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقات خود برروی تهیه خمیر مکانیکی اظهار داشتند که برای وجود مقاومت مکانیکی مناسب در تولید کاغذهای سبک مطبوعاتی لازم است سه خاصیت مستقل: ضریب پخشیدگی نور برای ماتی[1]، طول الیاف برای تأمین مقاومت مکانیکی و بالاخره دانسیته برای چاپ‌پذیری کاغذ همزمان بهینه‌سازی شوند. سابقه روش‌های تهیه خمیر کاغذ مکانیکی به چند دهه قبل برمی‌گردد. اما روش آسیابی تهیه خمیر کاغذ[2] در سال ۱۸۴۳ توسط کلر[3] ابداع شد که پس از آن با استفاده از دفیبراتور آسپلوند در اوایل دهه ۱۹۶۰ توانستند خمیر کاغذ مکانیکی پالایشی[4] تولید کنند. روش گرمایی مکانیکی[5] تهیه خمیر کاغذ در اوایل دهه ۱۹۷۰ معرفی گردید که به‌سرعت گسترش یافت و بالاخره در همین فاصله زمانی بود که خمیرسازی به روش شیمیایی حرارتی مکانیکی[6] پدید آمده و توسعه یافت (تیروینن و همکاران، ۲۰۰۴). امروزه از خمیرهای مکانیکی و شیمیایی مکانیکی بیشتر از چند دهه قبل استفاده می‌شود، به‌طوری‌که از خمیر مکانیکی پهن‌برگان و خمیر فشاری آسیابی[7] کاغذهای ظریف اندود شده تهیه می‌شود و به‌جای کاغذهای کرافت استفاده می‌گردد. به‌عنوان مثال، می‌توان از خمیر رنگ‌زدایی شده شیمیایی گرمایی مکانیکی صنوبر نام برد (تیرونن و همکاران، ۲۰۰۴). به‌طورکلی سمت‌گیری تهیه خمیرهای شیمیایی مکانیکی بیشتر در کشورهایی که دارای منابع فراوان پهن‌برگ هستند به چشم می‌خورد و به‌علت بازده زیاد خمیر پیش‌بینی می‌شود که در آینده نیز افزایش یابد (کیسی، ۱۹۷۹). در پروژه هالستامگس در نزدیکی استکهلم سه خط تولید حرارتی مکانیکی و یک خط تولید خمیر آسیابی وجود دارد که روی هم سالانه ۸۰۰۰۰۰ تن خمیر استاندارد برای روزنامه تولید می‌کند. در این پروژه با بازسازی و ایجاد تغییرات در خط تولید و قرار دادن ۶۵ پالایش‌گر در مسیر ۴ خط تولید نه تنها ظرفیت تولید را افزایش داده بلکه با کاهش روانی خمیر و رساندن آن به ۸۵-۷۰ میلی‌لیتر موجب بهینه شدن خصوصیات سطح و همچنین مقاومت کاغذ روزنامه و مجله گردیده است (والجرن و همکارن، ۲۰۰۴). در تحقیق دیگری که نورجرن و همکاران (۲۰۰۴) برروی کیفیت خمیر حرارتی مکانیکی تأثیر حرارت زیاد بر مصرف انرژی و تغییر شکل الیاف انجام دادند، نتیجه گرفته‌اند که گرمای بالاتر از نقطه حرارت نرم شدن لیگنین (۱۲۵ درجه سانتی‌گراد) و رساندن آن به ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد موجب تغییر شکل دیواره ضخیم الیاف، کاهش و از دو نرمه، افزایش دانسیته کاغذ، و کاهش مصرف انرژی برای پالایش می‌شود. این تحقیقات نشان داد که سطح کاغذ به‌دست آمده صاف‌تر گردیده است. شرکت متزو[8] در مرکز تکنولوژی تهیه خمیرهای مکانیکی آنجلنکسکی در فنلاند دو خط تولید حرارتی مکانیکی و شیمیایی حرارتی مکانیکی با دو پالایش‌گر تحت فشار در سال ۲۰۰۳ نصب نمود که قادر است روزانه ۲۵ تن خمیر تولید کند. در بندر هکزبری[9] استان نوا اسکوشیا کشور کانادا خط تولید جدید خمیر حرارتی مکانیکی برای تولید کاغذ روزنامه احداث گردیده که ظرفیت تولید آن ۷۵۰ تن خمیر هوا خشک در روز است (ارزکوسکا، ۲۰۰۵). در ایران گونه چوب صنوبر دلتوئیدس از مدت‌ها قبل وارد و کشت شده که به‌صورت سازگار درآمده است گونه دیگر وارداتی پالونیا است که

1- Opacity
2- Groundwood pulp
3- Keller
4- Refined mechanical pulp
5- Thermomechanical pulp
6- Chmitermomechanical pulp
7- Pressure Groundwood pulp

8- Metso
9- Hawkesbury

www.SID.ir

Archive of SID

تقریباً به تازگی وارد شمال ایران گردیده و کشت شده (کمتر از یک دهه) که تا این لحظه سازگار رشد نموده است. بررسی‌های انجام شده برروی مرفولوژی الیاف پالونیای ۵ ساله منطقه گرگان نشان داد که چوب تنه درخت هنوز جوان است (یدالهی و بهفر، ۱۹۹۷؛ امیدی، ۱۹۹۹). استفاده از الیاف جوان چوب در تهیه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی برای تولید کاغذ روزنامه و مجله در صورتی‌که از ۲۰ درصد تجاوز نکند، قابل توصیه می‌باشد (زوبل و ون بویچتنن، ۱۹۸۹). الیاف جوان چوب طی مراحل مختلف تا رسیدن به کامل چوب مرتباً دستخوش تغییرات مرفولوژی و شیمیایی می‌شوند، به‌طوری‌که مقدار لیگنین در این بخش از چوب زیادتر است (پنشین و دزو، ۱۹۸۰). بررسی برروی تهیه خمیر و کاغذ شیمیایی مکانیکی چوب صنوبر و همچنین پالونیا روئیده شده در ایران کمتر به چشم می‌خورد، از این‌رو، هدف از این تحقیق مقایسه مقاومت کاغذ حاصل از خمیر شیمیایی مکانیکی صنوبر و پالونیا و اختلاط آنها و همچنین دورنمای استفاده از چوب تند رشد پالونیا در تهیه خمیر کاغذ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

صنوبر دلتوئیدس و پالونیا درختان موردنیاز این تحقیق بودند که از هر کدام سه اصله درخت از جنگل آموزشی- پژوهشی دکتر بهرام‌نیا متعلق به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتخاب و قطع گردید. از آنجا که درختان پالونیای قطع شده ۷ ساله بودند به‌منظور همگن‌سازی نمونه‌ها، دوایر اضافی صنوبر از آن جدا و حذف گردیدند. ارتفاع محل نمونه‌برداری حدود ۲۵۰ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالیانه حدود ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. درختان موردنظر سالم، بدون انحراف و در عرصه جنگل‌کاری پراکنده بودند. از هر درخت قطع شده به ارتفاع ۱/۳۰ متر از سطح زمین دوباره یک گرده بینه قطع گردید و برای انجام بررسی به آزمایشگاه دانشکده جنگلداری و فنآوری چوب انتقال داده شد. از بخش انتهایی هر گرده بینه یک چوب به طول ۱۰ سانتی‌متر انتخاب و از آن جدا گردید که پس از پوست‌کنی با استفاده از خردکن صنعتی خرده‌چوب یا چیپس آماده شد. خرده‌چوب‌های هرگونه, از ذرات ناجور پاک‌سازی شدند و برای زدودن آلودگی‌ها، کاملاً شستشو و در هوا خشک گردیدند. رطوبت خرده چوب‌ها تعیین و در کیسه‌های پلاستیکی در بسته, نگهداری شدند. در تهیه خمیر کاغذ از مایع پخت سولفیت سدیم (SO_3Na_2)، مورد استفاده در خط تولید خمیر CMP شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران استفاده گردید. سایر مشخصات پخت عبارت بودند از: سولفیت سدیم براساس ۱۲ درصد وزن خرده چوب کاملاً خشک و نسبت خرده‌چوب به مایع پخت به‌ترتیب ۱ به ۷ درنظر گرفته شد. برای هر بار پخت از ۵۰۰ گرم خرده‌چوب (برمبنای وزن خشک) استفاده گردید. گرمای پخت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد برای هر دو گونه صنوبر و پالونیا یکسان در نظر گرفته شد. جهت دستیابی به بازده مورد قبول در این روش تولید خمیر که عموماً ۸۵ درصد است، با انجام پخت‌های آزمایشی زمان ۱۰۰ دقیقه برای صنوبر و ۹۰ دقیقه برای پالونیا مناسب تشخیص داده شد. شفافیت[1] مورد قبول در خمیرهای شیمیایی مکانیکی رنگبری شده از ۵۴ تا ۵۷ درصد ایزو (ISO) است که برای حصول به این درجه شفافیت خمیر، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) بیست حجم به‌کار برده شد. برای نزدیکی به شفافیت موردنظر رنگبری‌های آزمایشی صورت گرفت که پراکسید موردنیاز برای رنگبری خمیر صنوبر ۲/۵ درصد و برای خمیر پالونیا ۵ درصد بر مبنای وزن خشک مناسب تشخیص داده شد. در جریان رنگبری با پراکسید هیدروژن، برای رسوب دادن یون‌های سنگین فلزی احتمالی تولید شده از دی‌اتیلن‌تری‌آمین‌پنتا استیک اسید (DTPA) به‌مقدار ۰/۳ درصد براساس وزن خشک خمیر استفاده گردید. برای خنثی نمودن اسیدهای پدید آمده و یا گروه‌های اسید در خمیر و همچنین حل نمودن ترکیبات لیگنین حاصل شده

1- Brightness

www.SID.ir

Archive of SID

از رنگبری، از هیدروکسید سدیم بر مبنای ۰/۷ درصد وزن پراکسید هیدروژن و برای تثبیت رنگ خمیر از سیلیکات سدیم به مقدار ۳ درصد بر مبنای وزن خمیر خشک در مورد تهیه کاغذ هر دو گونه استفاده گردید. با توجه به هر یک از دو گونه چوبی، خشکی آنها به ۱۲ درصد رسانده شد، آنگاه مواد مذکور به انضمام خرده‌چوب پس از مخلوط نمودن در یک کیسه پلاستیکی جای گرفته و در یک حمام آب‌گرم به‌مدت ۴۵ دقیقه تحت گرما قرار گرفت و در خاتمه خمیرها آبکشی شدند. برای پالایش خمیراز استاندارد T248- Om-85، برای تعیین درجه روانی خمیر از استاندارد T222 -Om-94 و برای ساختن کاغذ دست‌ساز از استاندارد T205-om-88 آئین‌نامه تاپی[1] استفاده گردید. کاغذهای ساخته شده ۶۰ گرمی بودند که در آن وزن پایه، مقاومت‌های به ترکیدگی, پارگی، کشش، پاره شدن، سفتی، تاشدگی، و ماتی طبق استانداردهای تاپی صورت گرفت. برای مقایسه آماری از آنالیز واریانس استفاده شد و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در قالب آزمون فاکتوریل صورت گرفت.

نتایج و بحث

اگرچه بازده خمیر کاغذ تولید شده از چوب پالونیا مقدار بیشتری را نشان می‌دهد، اما در مقایسه با یکدیگر به کمک آزمون T در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید (جدول ۱). چوب هر دو گونه صنوبر و پالونیا جوان می‌باشد به‌طوری‌که الیاف تولید شده هر سال در داخل هر درخت تا پایان مرحله جوان چوبی از نظر ترکیبات شیمیایی و مرفولوژی با یکدیگر دارای اختلاف می‌باشند.

بین شفافیت کاغذ حاصل از خمیر چوب صنوبر به‌مقدار ۵۶/۷۲ و کاغذ حاصل از خمیر چوب پالونیا به‌مقدار ۵۵/۲۶ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حقیقت رنگ جوان چوب قریب به اتفاق چوب‌ها روشن بوده و به هم بسیار نزدیک می‌باشند. پس از تهیه خمیر، نه تنها اختلاف چندانی با هم نداشتند بلکه با تیمار مختصر، به شفافیت دلخواه رسیدند. اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذ تهیه شده از خمیر خالص صنوبر برابر ۵/۵۲۲ و در کاغذ تهیه شده از خمیر خالص پالونیا ۴/۰۹۹ (mNm^2/g) به‌دست آمد که در سطح ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. هنگامی‌که از مقدار خمیر صنوبر کم شده و به‌تدریج خمیر پالونیا با درصدهای مختلف به آن اضافه می‌شود اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذ در مقام مقایسه با کاغذ حاصل از صنوبر خالص کاهش می‌یابد.

با استفاده از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین اندیس‌های مقاومت به پاره شدن کاغذ ملاحظه شد که از پنج حالت کاغذ تهیه شده، چهار حالت آن در چهار گروه متفاوت و مجزا قرار گرفتند، اما کاغذ حاصل از اختلاط ۹۰ درصد خمیر صنوبر و ۱۰ درصد خمیر پالونیا در یک گروه جای گرفتند و با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). طول الیاف خمیر صنوبر بلندتر و با پالونیا اختلاف دارد اما در مقابل ضخامت دیواره الیاف خمیر پالونیا قدری بیشتر بوده است. الیاف بلندتر پالایش را سهل‌تر و بهتر می‌پذیرند، اما در عوض الیاف بلندتر تا حدودی بیشتر شکسته می‌شوند و همچنین انرژی زیادتری مصرف می‌کنند، بنابراین کیفیت پالایش در الیاف خمیر صنوبر دارای ارزیابی بالاتری است. از طرف دیگر برای رسیدن به روانی مشابه دو خمیر صنوبر و پالونیا، اگرچه الیاف خمیر صنوبر تا حدودی بیشتر شکسته می‌شود اما ارجحیت خود را در رابطه با طول الیاف بلندتر و پالایش بهتر دیواره حفظ می‌نماید زیرا شانس مکرر قرار گرفتن دیواره الیاف بلندتر در بین کاردک‌های پالایش‌گر بیشتر از الیاف کوتاه‌تر است. بنابراین، در تهیه کاغذ مخلوط با افزودن ۱۰ درصد خمیر پالونیا به صنوبر مقاومت به پاره شدن آن با کاغذ حاصل از خمیر خالص صنوبر در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری پیدا نمی‌کند این بدان معنی است که طول و دیواره الیاف خمیر پالونیا

1- TAPPI

www.SID.ir

Archive of SID

در کاغذ مخلوط نتوانسته است اثر منفی بر مقاومت به پاره شدن باقی بگذارد، بنابراین می‌تواند جایگزین گردد. با افزایش سهم خمیر پالونیا در خمیر مخلوط (به‌مقدار ۲۰ درصد) ملاحظه می‌شود که نقش پالایش اگرچه نه چندان خوب دیواره الیاف خمیر پالونیا برروی اندیس مقاومت به پاره شدن موثر نبوده و یا اینکه کمتر مؤثر بوده است, گروه‌بندی آماری را حتی در حالت افزودن ۳۰ درصد خمیر پالونیا به صنوبر عوض نکرده است (جدول ۲).

با آنکه ضخامت دیواره الیاف پالونیا قدری بیشتر از صنوبر است اما در سطح ۱ درصد بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. عملکرد پالایشگر برروی دیواره الیاف دو خمیر برای رسیدن به روانی مشابه به‌علت اختلاف طول الیاف دو خمیر, مشابه ارزیابی نمی‌شود از طرفی با توجه به کاهش طول متوسط الیاف خمیر صنوبر در اثر پالایش اثر مؤثر دیواره پالایش شده در مقاومت به ترکیدن بخوبی مشاهده می‌گردد، بنابراین کاغذهای ساخته شده از خمیر مخلوط با افزایش خمیر پالونیا مقاومت به ترکیدن را کاهش داده و نقش منفی دیواره پالونیا نیز به‌خوبی قابل ملاحظه می‌باشد (جدول۳).

اندازه‌گیری‌های مقاومت به کشش و سختی کاغذ نشان داد که نقش دیواره الیاف در مقاومت به کشش و سختی کاغذ کمتر از نقش دیواره در مقاومت به پاره شدن و ترکیدن بوده است به‌طوری‌که در خمیر مخلوط با افزایش درصد خمیر پالونیا که دیواره‌ای مشابه الیاف خمیر صنوبر داشته اما به‌خوبی آن پالایش نشده است در مقاومت به کشش و سختی کاغذ حاصل از خمیرهای مخلوط تا افزودن مقدار ۲۰ درصد خمیر پالونیا تفاوتی را در مقاومت پدید نیاورده است، که نشان می‌دهد اتصالات بین فیبری این دو خمیر تا افزایش ۲۰ درصد خمیر پالونیا در این دو مقاومت کاغذ مشابه عمل نموده و آن را در یک گروه آماری قرار داده است اما افزودن بیش از این مقدار تاثیر دیواره را نشان داده است (جدول۴).

اگرچه در برآورد کلی الیاف خمیر صنوبر تا حدودی بلندتر ارزیابی می‌شود اما به‌علت انجام پالایش نسبت به حالت قبل از پالایش به متوسط پائین‌تری نزول پیدا می‌کند، ولی در عوض دیواره آن بهتر پالایش می‌شود و در ارزیابی مقاومت به تا شدن کاغذ نقش عمده پیدا می‌کند به‌طوری‌که با افزودن ۱۰ درصد خمیر پالونیا با پالایش بدتر دیواره به خمیر صنوبر با افت مقاومت به تا شدن همراه بوده است و در مقام مقایسه با کاغذ تهیه شده از خمیر خالص صنوبر در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری پیدا می‌کند (جدول ۵).

جدول ۱- بازده خمیر شیمیایی مکانیکی (CMP) تهیه شده از چوب صنوبر و پالونیا در زمان‌های مختلف.

نوع چوب	حرارت پخت (درجه سانتی‌گراد)	زمان بهینه تهیه خمیر کاغذ (min.)	بازده (درصد)
صنوبر	۱۶۰	۱۰۰	۸۵/۷۳
پالونیا	۱۶۰	۹۰	۸۶/۳۵

جدول ۲- اندیس مقاومت به پاره شدن (mNm^2/g) کاغذ حاصل از خمیر پالونیا و صنوبر و اختلاط آنها.

گروه‌بندی	میانگین اندیس مقاومت به پاره شدن ($mN\ m^2/g$)	کاغذ خمیرهای مختلف و درصد اختلاط آنها
C	۴/۰۹۹	۱۰۰ درصد پالونیا
B	۴/۸۰۴	۷۰ درصد صنوبر+۳۰ درصد پالونیا
B	۴/۸۳۰	۸۰ درصد صنوبر+ ۲۰ درصد پالونیا
AB	۵/۱۳۲	۹۰ درصد صنوبر+۱۰ درصد پالونیا
A	۵/۵۲۲	۱۰۰ درصد صنوبر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- اندیس مقاومت به ترکیدن ($Kpam^2/g$) کاغذ حاصل از خمیر پالونیا و صنوبر و همچنین اختلاط آنها.

گروه‌بندی	میانگین اندیس مقاومت به ترکیدن ($Kpam^2/g$)	کاغذ خمیرهای مختلف و درصد اختلاط آنها
D	۱/۶۷۸	۱۰۰ درصد پالونیا
C	۲/۹۰۷	۷۰ درصد صنوبر+ ۳۰ درصد پالونیا
BC	۳/۲۸۰	۸۰ درصد صنوبر+ ۲۰ درصد پالونیا
AB	۳/۷۸۷	۹۰ درصد صنوبر+ ۱۰ درصد پالونیا
A	۴/۰۱۲	۱۰۰ درصد صنوبر

جدول۴- مقاومت به کشش (KN/m)، و سختی (KN/m) کاغذ حاصل از خمیر پالونیا و صنوبر و اختلاط آنها.

گروه‌بندی	مقاومت به سختی (KN/m)	مقاومت به کشش (KN/m)	کاغذ خمیرهای مختلف و درصد اختلاط آنها
B	۲۸۵/۸۰	۲/۳۵۸	۱۰۰ درصد پالونیا
B	۲۹۵/۹۰	۲/۷۴۶	۷۰ درصد صنوبر+ ۳۰ درصد پالونیا
A	۳۳۹/۹۰	۳/۳۰۵	۸۰ درصد صنوبر+ ۲۰ درصد پالونیا
A	۳۴۴/۹۰	۳/۴۶۳	۹۰ درصد صنوبر+ ۱۰ درصد پالونیا
A	۳۴۹/۰۰	۳/۵۵۰	۱۰۰ درصد صنوبر

جدول ۵- مقاومت به تا شدن (تعداد دفعات) کاغذ حاصل از خمیر پالونیا و صنوبر و همچنین اختلاط.

گروه‌بندی	تعداد دفعات تا دشدن	کاغذ خمیرهای مختلف و درصد اختلاط آنها
C	۱۰/۶۶	۱۰۰ درصد پالونیا**
B	۳۷/۶۶	۷۰ درصد صنوبر+۳۰ درصد پالونیا
B	۴۷/۰۰	۸۰ درصد صنوبر+ ۲۰ درصد پالونیا
B	۴۹/۶۶	۹۰ درصد صنوبر+۱۰ درصد پالونیا
A	۸۰/۶۶	۱۰۰ درصد صنوبر**

**: اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد

ماتی کاغذ تهیه شده از خمیر خالص پالونیا و صنوبر و همچنین دیگر مخلوط‌های آن با هم در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری پیدا نموده و در مقایسه میانگین‌ها در گروه‌بندی‌های متفاوت قرار می‌گیرند. اختلاف ماتی کاغذهای ساخته شده ناشی از عکس‌العمل دیواره الیاف دو خمیر در برابر پالایش است که این عمل در صنوبر به‌دلیل پالایش بهتر خمیر، سطح کلی الیاف افزایش یافته و مکان‌هایی را که ممکن است اتصالات بیشتری ایجاد نمایند افزایش داده و نور بجای اینکه هنگام خروج از فیبر اول وارد هوا شود به درون فیبر دیگر که در تماس رشته‌ای بسیار نزدیک با آن است شده و در اثر تعامل نوری، ماتی کاهش می‌یابد، این در حالی است که پالایش موجب می‌شود در الیاف خمیر پالونیا شکسته‌های بیشتری تولید گردد که این شکسته‌ها به‌مراتب کوچک‌تر از شکسته‌های خمیر صنوبر می‌باشند. بنابراین به هنگام ساختن کاغذ از خمیر پالونیا، شکسته‌های خرد موجب می‌شود که منافذ درشت ساختاری کاغذ پر شده و کاهش ماتی را در کاغذ پالونیا موجب گردد (جدول ۶).

از آنجایی‌که یکی از عوامل مؤثر در طول پاره شدن کاغذ، طول الیاف می‌باشد که در دو خمیر یاد شده اختلاف عمده با یکدیگر ندارند، بنابراین همان‌طوری‌که انتظار می‌رفت با افزودن ۱۰ درصد خمیر پالونیا به خمیر صنوبر در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری در طول پاره شدن کاغذ مخلوط پدید نیاورده است، اما افزایش درصدهای بیشتر خمیر پالونیا (۲۰ و ۳۰ درصد) به خمیر صنوبر بر جمع الیاف کوتاه‌تر اضافه نموده و از طول پاره

www.SID.ir

Archive of SID

شدن کاغذ کاسته، به‌طوری‌که آنها را در گروه‌بندی‌های آماری متفاوت قرار داده است (جدول ۷).

در تهیه کاغذ از خمیر شیمیایی مکانیکی صنوبر و پالونیا به‌صورت خالص، ملاحظه می‌شود که کلیه مقاومت‌های دو کاغذ به‌علت اختلاف در طول و همچنین پالایش‌پذیری با هم اختلاف معنی‌داری دارند. اگر ماتی و مقاومت به تا شدن را در نظر گرفته نشود با افزودن ۱۰ درصد خمیر پالونیا به خمیر صنوبر کلیه مقاومت‌های مذکور با کاغذ تهیه شده از خمیر خالص صنوبر تفاوت معنی‌دار ایجاد نمی‌کند و می‌توان کاغذی با مقاومت‌های مشابه کاغذ صنوبر خالص تولید کرد. بنابراین، با جایگزین نمودن ۱۰ درصد خمیر پالونیا به‌جای خمیر صنوبر، ذخیره چوب با ارزش صنوبر قلمداد شده و با توجه به تند رشد بودن پالونیا و دوره بهره‌برداری کوتاه‌مدت آن افق امید بخشی را برای صاحبان صنایع چوب و کاغذ کشور ترسیم می‌نماید.

جدول ۶- ماتی کاغذ حاصل از خمیر پالونیا و صنوبر و همچنین اختلاط آنها.

گروه‌بندی	ماتی (درصد)	کاغذ خمیرهای مختلف و درصد اختلاط آنها
E	۷۴/۸۷۱	۱۰۰ درصد پالونیا
D	۷۷/۸۳۰	۷۰ درصد صنوبر+ ۳۰ درصد پالونیا
C	۷۹/۳۶	۸۰ درصد صنوبر+ ۲۰ درصد پالونیا
B	۸۲/۰۸	۹۰ درصد صنوبر+ ۱۰ درصد پالونیا
A	۸۷/۰۱	۱۰۰ درصد صنوبر

جدول ۷- طول پاره شدن (Km) کاغذ حاصل از خمیر پالونیا و صنوبر و همچنین اختلاط آنها.

گروه‌بندی	طول پاره شدن (Km)	کاغذ خمیرهای مختلف و درصد اختلاط آنها
D	۳/۹۷	۱۰۰ درصد پالونیا
C	۴/۷۱	۷۰ درصد صنوبر + ۳۰ درصد پالونیا
B	۵/۵۳	۸۰ درصد صنوبر + ۲۰ درصد پالونیا
A	۵/۸۸	۹۰ درصد صنوبر + ۱۰ درصد پالونیا
A	۶/۱۰	۱۰۰ درصد صنوبر

منابع

1.Casey, J.P. 1979. Pulp and Paper Chemistry and chemical technology Third Edition, Volume I. John Wiley and Sons, NewYork, Toronto .PP: 817.

2.Casey, J.P. 1980. Chemistry and chemical technology. volume 3, third edition, John Wiley & Sons, New York, Toronto.PP.564

3.Mc Donald, D., Miles, K., and Amiri, R. 2004. The nature of mechanical pulping process. Pulp & Paper Canada 105:27-32

4.Norgren, S., Hoglund, H., and Back, R. 2004. Irreversible long fiber collapse at high temperature TMP Reject refining-initial studies. Pulp & Paper Canada, volume105: 47-51 pp.

5.Omidi, A. 1999. The study of spacing on anatomical properties of Pauline wood (Pauline fortune), B.Sc. project, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, PP.62

6.Orzechowska, A. 2005 . Keep It Simple and Smart. . Pulp & Paper Canada, volume 106: 28-30.

7.Panshin, A.J., and de Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology, McGraw-Hill Book Company, Hamburg ,London, Pp:722.

8.Tyrvainen, J., Lavonen, P., and Petersson, L. 2004 . Mesto Paper ‘s new TMP/CTMP pulping line at themechanical pulping ceneter Anjalankoski. Finland, Pulp & Paper Canada, 105: 47-51.

9.Wahlgren, M., Karlsson, L., Sabourin, M., and Aichinger, J. 2004. Operating experience with new RTS line at Holmen Hallstavik. Pulp & Paper Canada, 105: 27-29.

10.Yadollahi, S., and Behfar, A. 1997. Study on anatomical properties and juvenile wood rate progress in paulownia (Pauline fortunei), B.Sc. project, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Pp: 65.

11.Zobel, B.J., and Van Buijtenen, J.P. 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer verlag, Berlin. Pp: 201.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 15(2), Jun-July 2008
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

The comparison of physical and mechanical specificity of papers made of poplar (*Populus deltoides*), paulownia (*Paulownia fortunei*) and their mixture wood, using chemi-mechanica l (CMP) method

***S.Z. Hosseini[1] and M. Mashalchiyan[2]**
[1]Professor Dept. of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [2]M.Sc. graduate student Dept. of Sciences and Wood and Paper Industries

Abstract

Pulp producing in vast scale using mechanical and semichemical methods such as: thermomechanical (TMP), chemei-thermomechanical (CTMP) and chemei-mechanical (CMP), because of saving raw material and producing high yield pulp are the main important issue, which is being developed and implemented recently, and is considered more than the past. Finland, Sweden and Canada involved in the above mentioned issue more than other countries. Although chemei-mechanical pulp production does not pass on more than two decades in Iran, but there has been a lot of research progress in the field of pulp and papermaking processes. Pulp preparing, using above mentioned methods needs wood with low density, therefore, fast growing trees such as paulownia and poplar are being pay attention. Paulownia grows faster than poplar, and hence produces shorter fibers. Comparison between paper strength made out of pure poplar and paulownia pulp showed significantly difference, because of different fiber reaction during refining. On the other hand, from paper strength tests were found, that poplar pulp longer fibers are refined easily and better than paulownia, then gives the paper better strength as well. During refining, poplar longer pulp fiber is broken to shorter fiber and caused less difference between the two pulp fibers. Therefore, tearing, burst, tensile, stiffness and breaking length of paper made up from poplar pure pulp and poplar pulp with 10% added paulownia were found significant difference between them in 1% level. Opacity of paper made out of from poplar pulp with 10% added paulownia, is increased, meanwhile folding strength is decreased. Optimum cooking time for paulownia and poplar wood, in order to reach the pulp yield about 85%, while the cooking temperature is 160 C^{o} and wood to liquor ratio 1:7, are 100 and 90 minutes respectively. Regarding to the results of this study, producing chemei-mechanical pulp from paulownia and the possibility of adding to poplar chemei-mechanical pulp, is drawn promising horizon to meet wood demand in pulp and paper industries.

Keywoords: Poplar; Paulownia, Fastgrowing; Yield, Fibers; Chemei-mechanical; Paper strength; Tearing

www.SID.ir