

بررسی تاثیر عوامل موثر فرآیندی بر روی شفافیت و بازده خمیر APMP از چوب صنوبر تبریزی (*Populus nigra*)^۱

محمدنجفیان اشرفی^۲ حسین رسالتی^۳ ضیاءالدین حسینی^۴

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر عوامل موثر فرآیندی بر روی شفافیت و بازده خمیر مکانیکی پراکسیدقلیایی (APMP) از چوب صنوبر تبریزی برای ساخت کاغذ چاپ و تحریر صورت پذیرفت. به این منظور، گونه مورد نظر از عرصه جنگلکاری شده در منطقه طرح صنایع کاغذ مراغه نمونه برداری و ابعاد الیاف آنها شامل طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف به ترتیب ۸۵۳، ۲۲/۶۶، ۱۵/۱۶ و ۳/۷۴ میکرون اندازه گیری شد.

برای تولید خمیر کاغذ APMP از مواد شیمیایی مختلف شامل سود (۷ و ۶ درصد)، پراکسید هیدروژن (۶ و ۵ درصد)، دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید (۰/۵ درصد) و سیلیکات سدیم (۳/۵ درصد) بر اساس وزن خشک خرده چوبها استفاده شد.

بر اساس نتایج تیمارهای آزمایشی، زمان پیش حرارت دهی خرده چوبها ۲۰ دقیقه، زمان آغشته سازی مرحله اول ۲۰ دقیقه، زمان آغشته سازی مرحله دوم ۱۰۵-۷۵ دقیقه، درصد خشکی مرحله اول آغشته سازی ۳۶-۳۴ درصد، درصد خشکی مرحله دوم آغشته سازی ۲۵-۲۳ درصد و درصد نسبی مصرف مواد شیمیایی در مرحله اول آغشته سازی برای سود در سه سطح ۴۰، ۵۰، ۶۰ درصد، برای پراکسید هیدروژن در سه سطح ۲۰، ۲۵ و ۴۴ درصد، برای دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید در دو سطح ۶۰ و ۷۵ درصد و برای سیلیکات سدیم در یک سطح ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. از خمیر کاغذ APMP تولید شده در ۲۴ تیمار انجام گرفته، شفافیتی حدود ۷۱/۷ تا ۷۸/۶ درصد ISO و بازده ای حدود ۷۴/۱۷ تا ۹۳/۴۷ درصد به دست آمد.

نتیجه نهایی نشان داد که با استفاده از درصد نسبی مصرف ۶۰، ۲۰ و ۷۵ درصد در مرحله اول آغشته سازی به ترتیب برای سود، پراکسید هیدروژن و دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید و با درصد خشکی ۳۴ در مرحله اول و ۲۳ در مرحله دوم به ازای مصرف ۷ درصد سود و ۶ درصد پراکسید هیدروژن خمیر کاغذ APMP در بازده قابل قبول دارای شفافیت مطلوب تری است.

واژه های کلیدی: صنوبر تبریزی، APMP، کاغذ چاپ و تحریر، متغیرهای فرآیندی، شفافیت و بازده خمیر کاغذ.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۲/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۸۳/۲/۲۸

^۲ - کارشناس ارشد علوم صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس (E-mail: najafiana@yahoo.com)

^۳ - دانشیار دانشکده علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۴ - دانشیار دانشکده علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

بر طبق آخرین آمار و اطلاعات موجود، سطح جنگل‌های تجارتي شمال ایران حدود ۱/۳ میلیون هکتار است و میانگین حجم درختان سرپا در جنگل‌های تجارتي شمال حدود ۲۸۰ مترمکعب در هکتار و مقدار رویش جمعی در سال حدود ۳-۲/۳ مترمکعب در هکتار برآورد شده است (۱).

حجم نشانه‌گذاری برای برداشت چوب از جنگل‌های شمال در سال‌های اخیر به حدود کمتر از ۱ مترمکعب در هکتار رسیده است. به عبارت دیگر مجموع چوب برداشت شده از جنگل‌ها در هر سال به طور رسمی به حدود یک میلیون مترمکعب کاهش یافته است که جوابگوی صنایع چوب و کاغذ کشور نمی‌باشد. بنابراین برای گسترش صنایع خمیر و کاغذ، جلوگیری از واردات و تولید مقادیر قابل توجهی از کاغذ و مقوا در داخل، باید بر اساس منابع لیگنوسلولزی غیرجنگلی سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی شود. از بین منابع لیگنوسلولزی متنوع، گونه‌های مختلف صنوبر با توجه به رشد سریع، سازگاری و پراکنش گسترده آنها از اهمیت ویژه برخوردارند.

از میان فرآیندهای موجود برای تولید خمیر کاغذ از چوب پهن‌برگان جهت ساخت کاغذ چاپ و تحریر، فرآیند جدید APMP در مقایسه با سایر فرآیندهای شیمیایی - مکانیکی مانند CMP و CTMP در اولویت بیشتری است. فرآیند APMP برای اولین بار توسط بوهن^۱ (۱۹۸۹) برای تولید خمیر کاغذ معرفی شد. وی ترکیبی از هیدروکسید سدیم، پراکسید هیدروژن و عوامل تثبیت‌کننده پراکسید هیدروژن را برای پیش تیمار خرده چوب‌ها قبل از پالایش و حین پالایش در درجه حرارت‌های مختلف به کاربرد. به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد این فرآیند، خمیرهای شیمیایی - مکانیکی به دست آمده از گونه‌های پهن‌برگ خصوصاً صنوبر دارای ویژگی‌های مقاومتی مطلوب و خواص نوری قابل قبول برای تولید کاغذ چاپ و تحریر بودند (۳).

سفرازا^۲ و همکاران (۱۹۹۱) بر روی تهیه خمیر کاغذ از مخلوط صنوبر، نراد، توس، نوئل و افرا مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که در فرآیند APMP انعطاف پذیری بیشتری در آغشته سازی خرده چوب با مواد شیمیایی در مقایسه با فرآیند متداول BCTMP وجود دارد و با این روش خمیر شفاف و محکمی با استفاده از مقادیر مناسب افرا و توس در ترکیب با صنوبر و سوزنی برگان در مقایسه با ترکیبی از سوزنی برگان و صنوبر به دست می‌آید (۷).

زو^۳ (۱۹۹۹) اثر فرایندهای APMP، CTMP، TMP، RMP و BCTMP را بر بهبود ویژگی‌های کاغذ دست ساز تولید شده از صنوبر لرزان آمریکای شمالی مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که برای تولید کاغذهایی با درجه روشنی بالا به وسیله رنگبری با پراکسید هیدروژن، فرآیند APMP برای به حداکثر رساندن بالک و ضریب پخش نور در یک مقاومت کششی مشخص مناسب است (۱۰).

زو و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی امکان استفاده از دو گونه اکالیپتوس شامل *E. grandis* از پاراگوئه، *E. grandis* و *E. saligna* از آرژانتین برای تولید خمیری با شفافیت بالا با استفاده از روش‌های BCTMP و APMP به این نتیجه رسیدند که ۱- در دو مرحله آغشته سازی در فرآیند APMP، توزیع مواد شیمیایی در طول دو مرحله نه تنها روی کارایی شیمیایی فرآیند، بلکه روی قابلیت رنگبری ثانویه هم موثر است. نکته اصلی در محدودیت قابلیت رنگبری ثانویه در فرآیند BCTMP بود در صورتی که خمیرهای APMP قابلیت رنگبری تا ۸۹ درصد ISO را داشتند ۲- دو فرآیند APMP و BCTMP از لحاظ مقدار خواص مقاومتی در خمیرهای به دست آمده، پساب و مصرف انرژی در حین فرآیند مشابه یکدیگر بودند، ولی در یک درجه روشنی برابر، فرآیند BCTMP دارای مقدار COD بیشتری در مقایسه با فرآیند APMP بود (۹).

۲-Sferrazza

۳-Xu

۱-Bohn

خمیر کاغذ در این مرحله از تحقیق شفافیت به عنوان فاکتور اصلی و بازده خمیر کاغذ به عنوان فاکتور فرعی وابسته به شفافیت در نظر گرفته شده است.

از مزایای فرآیند APMP نسبت به دیگر فرآیندهای شیمیایی - مکانیکی می‌توان به قابلیت استفاده از دامنه گسترده‌تری از پهن‌برگان و سوزنی‌برگان، سرمایه‌گذاری اولیه کمتر در احداث کارخانه، مصرف کمتر انرژی، شفافیت مطلوب‌تر کاغذ حاصله، رنگبری همزمان با تولید خمیر کاغذ، ضریب پخش نور و ماتی بالاتر کاغذ تهیه شده، قابلیت رنگبری مطلوب‌تر خمیر تولید شده تا شفافیت حدود ۸۹ درصد ISO با ویژگی‌های مقاومتی بالاتر و یا یکسان، تیمار بیولوژیکی آسان‌تر پساب‌های حاصل از فرآیند، سمیت پایین پساب تصفیه شده و مقدار تولید کمتر BOD و COD اشاره نمود (۷، ۸، ۹ و ۱۰).

در طرح صنایع کاغذ مراغه در نظر است با استفاده از گونه‌های صنوبر غالب در منطقه و از جمله *P. nigra* با استفاده از فرآیند APMP کاغذ چاپ و تحریر تولید گردد. در این طرح پیش‌بینی شده است که با استفاده از ۴/۵-۵ درصد پراکسید هیدروژن و ۷/۵-۶/۵ درصد هیدروکسید سدیم خمیری با بازده حدود ۸۹-۸۶ درصد و شفافیتی حدود ۸۰ درصد تولید گردد. فاز اول این تحقیق با هدف بهینه‌سازی متغیرهای فرآیندی شامل مقادیر مختلف مواد شیمیایی سود و پراکسید هیدروژن، درصد نسبی مصرف آنها در مراحل مختلف آغشته سازی و زمان تیمار مطلوب در هر یک از مراحل دوگانه آغشته سازی برای رسیدن به شفافیت حدود ۸۰ درصد و محدوده بازده حدود ۸۹-۸۶ درصد انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها

تهیه خرده چوب: از کل تنه صنوبر تبریزی برای تهیه خرده چوب استفاده گردید. برای این منظور کل تنه ۵ اصله درخت تبریزی که به صورت تصادفی در عرصه‌های جنگلکاری شده طرح کاغذ مراغه نمونه‌برداری شده است به صورت دستی پوست کنی شد و سپس توسط خردکن

پورموسی (۱۳۷۸) در بررسی ویژگی‌های خمیرسازی گونه صنوبر تبریزی با استفاده از ۵ درصد سود و ۲ درصد پراکسید در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر به روش APMP اقدام به تولید خمیر نمود که به بازده‌ای حدود ۵۳/۵۸-۵۴/۹۸ درصد و شفافیتی حدود ۸۲/۳۴-۸۲/۳۵ درصد ISO دست یافت (۲).

تولید خمیر کاغذ با شفافیت و بازده بالا بدون استفاده از مرحله رنگبری جداگانه و با تجهیزاتی ساده‌تر یکی از انگیزه‌های توسعه فرآیندهای جدید از جمله فرآیند APMP بوده است. برای تولید کاغذ چاپ و تحریر با استفاده از فرآیند APMP، آغشته سازی خرده‌چوب‌ها معمولاً با استفاده از دو مرحله آغشته سازی با مقادیر متغیر سود و پراکسید هیدروژن انجام می‌گیرد. در واقع کلید موفقیت فرآیند APMP بهینه سازی متغیرهای فرآیندی در مراحل آغشته سازی شامل پارامترهای مشروحه زیر می‌باشد:

۱- دما و زمان ماندگاری در مرحله پیش بخاردهی ،
۲- شدت و مقدار فشار پرس با نقاله حلزونی یا امپرسیفاینر^۱ ،

۳- غلظت مواد شیمیایی و نسبت آنها در مایع پخت ،
۴- دما و زمان ماندگاری در مراحل مختلف آغشته سازی،
بهینه سازی شرایط فوق به گونه چوب و مصارف مورد نظر برای خمیر تولید شده نیز بستگی دارد. در گونه‌هایی مانند اکالیپتوس، مقدار نیاز به هیدروکسید سدیم زیاد می‌باشد تا بتوان انرژی مصرفی را کاهش داده و خمیری با کیفیت و ویژگی‌های مطلوب تولید کرد. برای اکالیپتوس دو مرحله آغشته سازی و یا بیشتر پیشنهاد می‌گردد. شرکت اندریتس که امتیاز انحصاری نصب و راه اندازی فرآیند APMP را در اختیار دارد، دو مرحله آغشته سازی را برای دو گونه صنوبر *P. nigra* و *P. alba* در طرح کاغذ مراغه پیشنهاد نموده است. بازده و شفافیت دو شاخص مهم در ارزیابی و تولید خمیر کاغذ می‌باشد که بسیاری از ویژگی‌های کاربردی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی تحت تاثیر آنها قرار دارند. بنابراین برای تولید

۲۳-۲۵ درصد برسد. خرده‌چوب‌های آغشته شده به مواد شیمیایی بسته به زمان تیمار در مرحله دوم در درجه حرارت حدود ۷۵ درجه سانتیگراد حرارت دهی شدند.

دفیبره کردن: دفیبره کردن خرده‌چوب‌های تیمار شده با استفاده از یک دستگاه دفیبراتور آزمایشگاهی دو دیسکی ساخت داخل با یک دیسک ثابت و تحت فشار اتمسفر انجام شد که درجه روانی اولیه خمیر کاغذ تیمارهای منتخب بین ۷۵۲-۷۳۱ ml,CSF تعیین شد.

بازده خمیر کاغذ: بازده خمیر کاغذ به صورت وزنی و با محاسبه نسبت درصد وزن خشک خمیر شسته شده به وزن خشک خرده‌چوب‌های مورد استفاده تعیین گردید.

ساخت کاغذ: از خمیر تهیه شده پس از شستشو و آبگیری، کاغذهای دست ساز بر اساس استاندارد Tappi، آیین نامه شماره ۹۵ - ۲۰۵ sp با گراماژ ۶۰ gr/m^۲ تهیه شد.

شفافیت کاغذ: پس از کنترل رطوبت کاغذهای دست ساز، شفافیت آنها بر اساس استاندارد Tappi آیین نامه شماره ۹۸ - ۴۲۵ om T اندازه‌گیری شد.

طرح آماری: طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق، از نوع کاملاً تصادفی می‌باشد. برای مقایسه شفافیت و بازده در مرحله خمیرسازی، از آزمون همگنی واریانس‌ها و برای گروه‌بندی میانگین‌های اندازه‌گیری شده از آزمون دانکن استفاده گردید.

نتایج

با توجه به اینکه هدف اصلی این تحقیق امکان استفاده از چوب صنوبر به منظور تولید کاغذ چاپ و تحریر مکانیکی بوده است. تیمارها به صورتی انجام پذیرفت که شفافیتی بالاتر از ۷۶ درصد ISO با بازده بالاتر از ۸۶ درصد حاصل گردد. به این منظور تمامی تیمارها با درجه حرارت ثابت ۷۵ درجه سانتیگراد انجام پذیرفت ولی درصد مواد شیمیایی مانند سود سوزآور و پراکسید هیدروژن، نسبت درصد مصرف آنها در مراحل دوگانه آغشته سازی، زمان تیمار و درصد خشکی در مرحله اول و دوم آغشته سازی به

صنعتی در صنایع چوب و کاغذ مازندران به خرده‌چوب تبدیل گردید. خرده‌چوب‌های تولیدی قابل قبول پس از شستشو در محیط آزمایشگاه پهن شدند تا پس از هوا خشک شدن و تعیین رطوبت، برای عملیات آغشته سازی مورد استفاده قرار گیرند.

پیش تیمار حرارتی خرده‌چوب‌ها: ابتدا خرده‌چوب‌های هوا خشک در رطوبت اولیه ۱۱-۱۰ درصد در آب خیس داده می‌شدند تا رطوبت آن به حدود ۶۰-۵۰ درصد برسد که این مدت معمولاً ۳۰ تا ۴۵ دقیقه زمان را به خود اختصاص می‌داد. خرده‌چوب‌ها بعد از رسیدن به رطوبت موردنظر به مدت ۲۰ دقیقه تحت فشار اتمسفر در دمای حدود ۷۵ درجه سانتیگراد حرارت‌دهی می‌شدند.

آماده کردن مایع پخت: مایع پخت فرآیند APMP بر اساس هیدروکسید سدیم به مقدار ۷ و ۶ درصد، پراکسید هیدروژن به مقدار ۶ و ۵ درصد، دی اتیلن تری آمین پنتااستیک اسید (DTPA) به مقدار ۰/۵ درصد و سیلیکات سدیم به مقدار ۳/۵ درصد بر اساس وزن خشک خرده‌چوب‌ها و متناسب با مقدار جذب و درصد خشکی خرده‌چوب‌ها در مراحل دوگانه آغشته سازی تهیه شده است.

آغشته سازی شیمیایی: به منظور تیمار شیمیایی، ابتدا خرده‌چوب‌های بخارزنی شده وارد دستگاه خردکننده حلزونی شدند تا خرده‌چوب‌ها تا حدودی از هم جدا شوند. سپس با استفاده از پرس، آبگیری شده و در داخل محلول شیمیایی که از پیش آماده شده بود به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند تا به درصد خشکی ۳۴-۳۶ درصد (در مرحله اول) برسند، دمای مایع اشباع در این مدت حدود ۶۰-۵۵ درجه سانتیگراد بود. خرده‌چوب‌های آغشته شده به مواد شیمیایی به مدت ۲۰ دقیقه در درجه حرارت حدود ۷۵ درجه سانتیگراد تیمار شدند. سپس تحت تاثیر خرده‌کننده حلزونی و پرس برای بار دوم قرار گرفتند. بعد از پایان پرس، خرده‌چوب‌ها وزن شده و برای آغشته سازی مرحله دوم به مدت ۱۰ دقیقه در مایع شیمیایی از قبل آماده شده قرار گرفتند. بعد از پایان این مدت، مایع آغشته سازی از آن خارج شد تا به درصد خشکی به مقدار مورد نظر یعنی

جدول ۱- تاثیر درصد خشکی، زمان تیمار، میزان درصد مواد شیمیایی و درصد مصرف آنهار مراحل اول و دوم آغشته سازی بر شفافیت و بازده خنیر کاغذ APMP

بازده خنیر (%)	شفافیت خنیر (%)	پراکسید (%)		زمان تیمار (دقیقه)		درصد خشکی خنیر		pH		درصد مصرف پراکسید		درصد مصرف سود		هیدروژن کل (%)	پراکسید کل (%)	تلاشیت کل (%)	شماره تیمار
		مصرفی	مرحله اول	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله دوم				
۹۰/۷۰	۷۸/۷۸	۶۶/۱۹	۶۱/۱۸	۷۵	۲۰	۳۵	۳۳/۵	۲/۱۱	۱۳/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱	
۸۵/۹۰	۷۸/۷۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۲	
۸۶/۱۰	۷۸/۷۸	۷۵/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۳	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۴	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۵	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۶	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۷	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۸	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۹	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۰	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۱	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۲	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۳	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۴	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۵	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۶	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۷	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۸	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۱۹	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۲۰	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۲۱	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۲۲	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۲۳	
۸۶/۱۰	۷۵/۵۸	۷۸/۵۹	۷۸/۱۸	۹۰	۲۰	۵۳	۵/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	۵۷	۲۵	۳۰	۳۰	۵	۶	۲۴	

- در کلیه تیمارها سیلیکات سدیم مصرفی در حدود ۳/۵ درصد نسبت در صد آنها در هر یک از مراحل آغشته سازی ۵۰ درصد ثابت بوده است.

- در کلیه تیمارها DTPA مصرفی ۰/۵ درصد و نسبت آنها (به استثناء تیمار ۱۳) در مرحله اول ۷۵ درصد در مرحله دوم آغشته سازی ۷۵ درصد ثابت بوده است این نسبت‌ها برای تیمار ۱۳ در مرحله اول ۶۰ درصد و در مرحله دوم حدود ۴۰ درصد بوده است.

*در تیمار ۱۳ درصد بندی مصرف سود، پراکسید هیدروژن، و سیلیکات سدیم بر اساس دستورالعمل ارائه شده توسط کارخانه مراغه صورت گرفت.

می‌باشد اما با تیمار ۲۲ و ۲۳ اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. تیمار ۱۴ و ۱۳ و ۵ و ۶ و ۱۶ از لحاظ شفافیت در گروه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

برای انتخاب تیمارهای برتر از بین ۲۴ تیمار انجام شده به لحاظ بازده خمیر کاغذ، تمام تیمارها بعد از عملیات نرمال سازی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند که نتایج آن در جدول (۳) آمده است. با بررسی F محاسباتی و سطح معنی‌داری در این جدول مشاهده می‌گردد که بین بازده تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. میانگین بازده حاصل از تیمارهای مختلف براساس آزمون دانکن در شکل (۲) گروه‌بندی شده است.

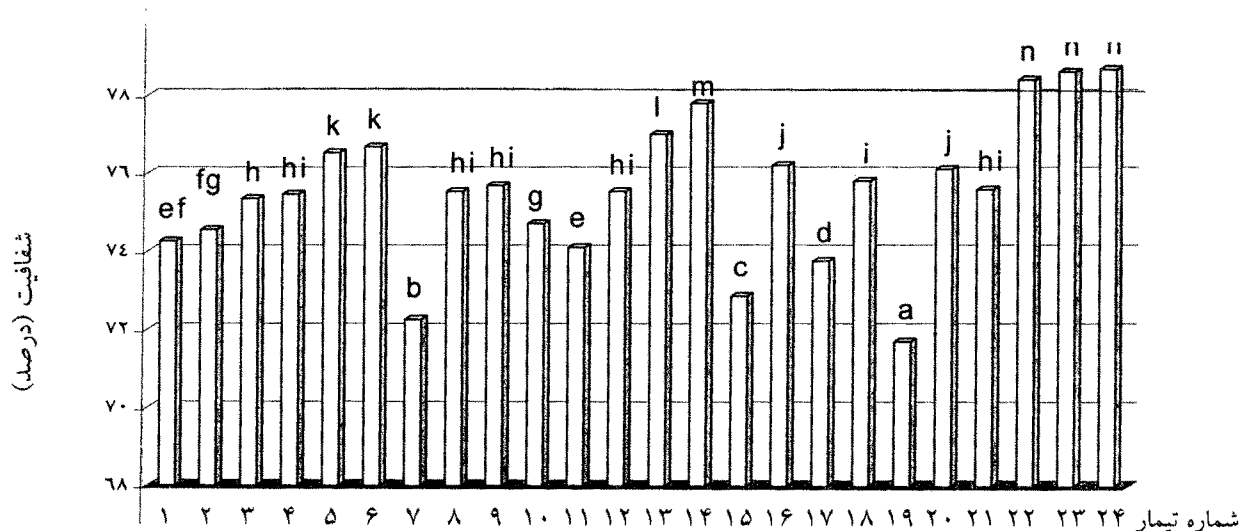
عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شد. برای یافتن شرایط بهینه تا رسیدن به شفافیت فوق، پخت‌های آزمایشی متعددی بر روی گونه صنوبر انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۱) مشاهده می‌گردد.

جهت انتخاب تیمارهای برتر از بین ۲۴ تیمار انجام شده از لحاظ شفافیت خمیر کاغذ، کلیه داده‌های هر تیمار، بعد از نرمال سازی مورد آزمون تجزیه واریانس قرار گرفته‌اند که نتایج آن در جدول (۲) آمده است. با بررسی F محاسباتی و سطح معنی‌داری در جدول (۲)، ملاحظه می‌گردد که بین شفافیت خمیرهای تولید شده از تیمارهای مختلف از لحاظ آماری در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

میانگین شفافیت خمیرهای تهیه شده از تیمارهای مختلف بر اساس آزمون دانکن در شکل (۱) گروه بندی شده است. تیمار ۲۴ اگر چه دارای بیشترین شفافیت

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس شفافیت خمیر در تیمارهای مختلف

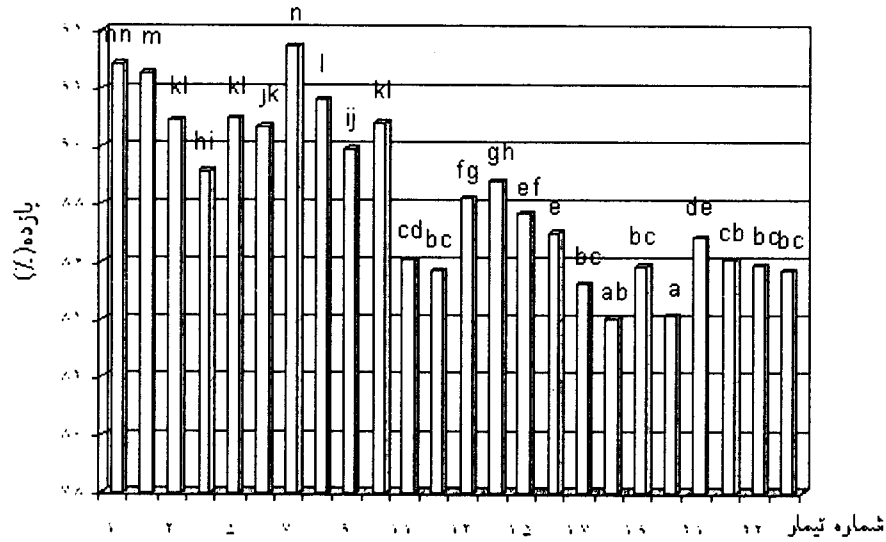
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسباتی	سطح معنی داری
بین گروه‌ها	۲۳	۴۷۵/۷۲۲	۲۰/۶۸۴	۳۰۲/۰۱۱	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۱۲۰	۸/۲۱۸	$6/849 \times 10^{-2}$		
کل	۱۴۳	۴۸۳/۹۴۰			



شکل ۱- مقایسه شفافیت خمیرهای تهیه شده از تیمارهای مختلف

جدول ۳ - تجزیه واریانس بازده خمیر در تیمارهای مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسبات	سطح معنی داری
بین گروه‌ها	۲۳	۵۴۶/۷۱۶	۲۳/۷۷۰	۹۳/۷۳۲	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۴۸	۱۲/۲۲۰	۰/۲۵۵		
کل	۷۱	۵۵۸/۹۳۶			



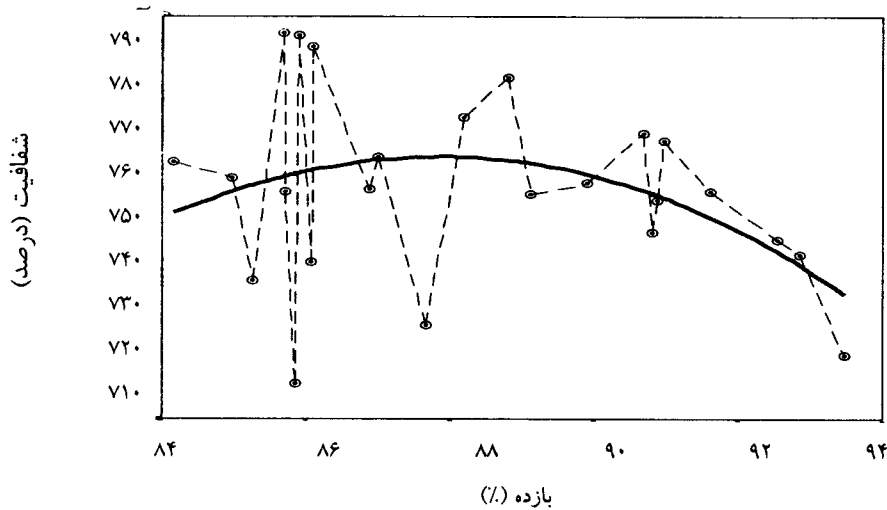
شکل ۲ - مقایسه بازده خمیرهای تهیه شده از تیمارهای مختلف

رابطه بین شفافیت و بازده از روی معادله‌ای که از منحنی فرمول cubic رابطه مستقیمی بین شفافیت و بازده وجود ندارد (شکل ۳).

رابطه بین شفافیت و بازده از روی معادله‌ای که از منحنی رگرسیون بین شفافیت و بازده به دست آمد ارزیابی شد. طبق

$P = 0/192 \quad R^2 = 0/146$

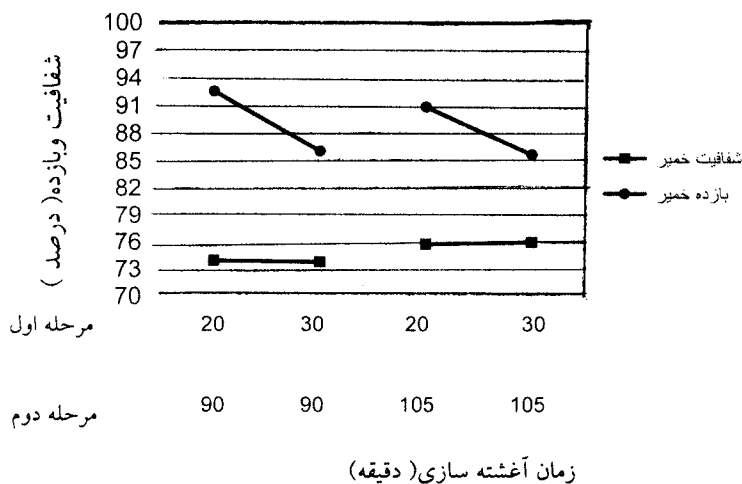
$y = -0/0006x^3 + 0/0824x^2 - 140/19259$



شکل ۳ - رابطه بازده و شفافیت خمیر APMP حاصل از شرایط متفاوت فرآیندی از صنوبر تبریزی

شدید بازده می‌گردد، درحالی که روی شفافیت تاثیر چندانی ندارد (تیمارهای ۱۰، ۱۱).

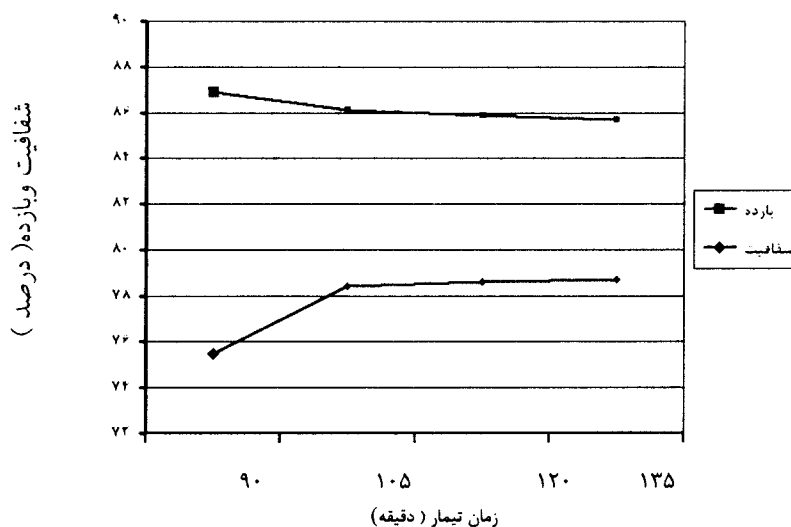
در شکل (۴) تاثیر زمان مرحله اول آغشته سازی بر شفافیت و بازده خمیر کاغذ نشان داده شده است. افزایش زمان آغشته سازی مرحله اول از ۲۰ دقیقه به ۳۰ دقیقه باعث افت



شکل ۴- رابطه بازده و شفافیت خمیر APMP حاصل از شرایط متفاوت فرآیندی از صنوبر تبریزی

۷۸/۶۸ درصد افزایش یافته ولی بازده خمیر کاغذ از ۸۶/۸۷ به ۸۵/۷ درصد دچار افت می‌گردد (تیمارهای ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴).

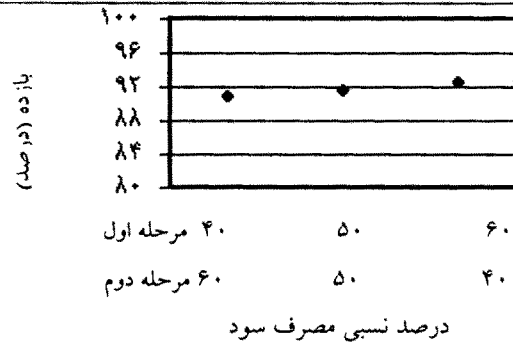
در شکل (۵) تاثیر زمان مرحله دوم آغشته سازی بر شفافیت و بازده خمیر APMP نشان داده شده است. با افزایش زمان مرحله دوم آغشته سازی از ۹۰ به ۱۳۵ دقیقه شفافیت از ۷۵/۵ به



شکل ۵- تاثیر زمان مرحله دوم آغشته سازی بر شفافیت و بازده خمیر کاغذ

مقدار بازده بوده است و کمترین بازده خمیر مربوط به حالتی بوده که از ۴۰ درصد سود سوز آور در مرحله اول آغشته سازی استفاده شده بود. بازده خمیر کاغذ در این تیمارها از ۹۲/۵۵ - ۹۰/۸۲ درصد متغیر بود (تیمارهای ۲، ۸ و ۱۰).

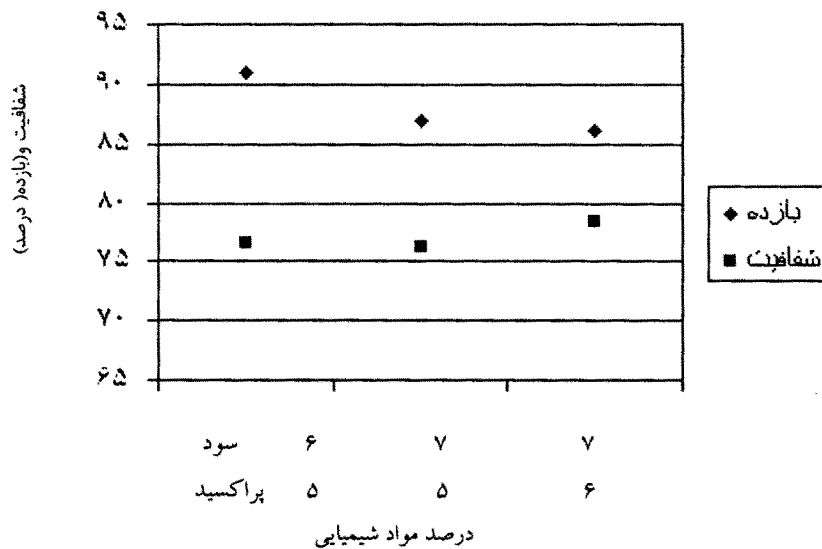
در شکل (۶) تاثیر درصد بندی‌های مختلف سود سوز آور در دو مرحله آغشته سازی بر روی بازده خمیر APMP نشان داده شده است. درحالتی که از ۶۰ درصد سود سوز آور در مرحله اول آغشته سازی استفاده شده خمیر تولید شده دارای بیشترین



شکل ۶ - تاثیر درصدبندی‌های مختلف هیدروکسیدسدیم در دو مرحله آغشته سازی بر بازده خمیر APMP (تیمارهای ۲ و ۱۰)

که از نمودار زیر مشاهده می‌گردد بیشترین شفافیت مربوط به تیماری بود که از ۶ درصد پراکسید هیدروژن استفاده شده بود.

در شکل (۷) تاثیر نسبت درصدهای مختلف مصرف کل هیدروکسیدسدیم و پراکسید هیدروژن بر شفافیت و بازده خمیر کاغذ نشان داده شده است (تیمارهای ۵، ۱۶ و ۲۲). همان طور



شکل ۷ - تاثیر درصدهای مختلف هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن بر شفافیت و بازده خمیر کاغذ (تیمارهای ۵، ۱۶ و ۲۲)

حدود ۸۰ درصد ISO با بازده حدود ۸۹ - ۸۶ درصد بوده است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که برای تولید کاغذ چاپ و تحریر از تیمارهای مختلفی مانند تیمارهای ۱۳، ۱۴، ۱۶ و ۲۲ که در آنها مقدار سود مصرفی ۶ تا ۷ درصد و پراکسید هیدروژن مصرفی بین ۵ تا ۶ درصد است می‌توان استفاده نمود. دلیل اینکه تیمارهای ۵ و ۶ با وجود بازده و

بحث و نتیجه گیری

همان طوری که از جدول (۱) مشخص است محدوده بازده خمیر کاغذ در ۲۴ تیمار انجام شده از ۹۳/۴۷ تا ۸۴/۱۷ درصد و شفافیت خمیر کاغذ در محدوده ۷۸/۶ تا ۷۱/۷ درصد ISO متغیر بود. از آنجایی که در تولید کاغذ چاپ و تحریر شفافیت به عنوان یک فاکتور اصلی مدنظر است، لذا هدف اصلی در این بخش از تحقیق رسیدن به شفافیت

درصدبندی مناسب این مواد و زمان تیمار و درصد خشکی مناسب در مراحل دوگانه آغشته سازی، می‌توان از چوب گونه صنوبر تبریزی خمیر کاغذ APMP مناسب برای ساخت کاغذ چاپ و تحریر تولید نمود.

لازم به یادآوری است که نسبت به نتایج بررسی ویژگی‌های کاغذ حاصل از خمیر به دست آمده از صنوبر تبریزی خالص و درجات مختلف اختلاط آن با صنوبر سپیدار متعاقباً اقدام خواهد شد.

تقدیر و تشکر

از مدیریت محترم طرح تحقیقات صنعتی، آموزشی و اطلاع رسانی وزارت صنایع و معادن و مدیریت محترم صنایع کاغذ مراغه و در نهایت از مدیریت محترم صنایع چوب و کاغذ مازندران بابت همکاری و ارائه خدمات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌نمائیم.

شفافیت بالا در اولویت قرار نگرفته‌اند این است که در تیمارهای ۵ و ۶ به دلیل استفاده از سود کمتر، دفیبره کردن الیاف طولانی‌تر و درصد وازده الیاف به مراتب بیشتر است. بنابراین تیمارهایی که در آن از ۶ درصد سود برای تولید خمیر استفاده شده است برای انتخاب تیمارهای برتر در اولویت قرار نگرفتند. زمانی که از ۷ درصد سود (به عنوان مثال در تیمار ۲۲) با درصد مصرف ۶۰ درصد سود در مرحله اول و ۴۰ درصد در مرحله دوم به همراه ۶ درصد پراکسید هیدروژن با درصد مصرف ۲۰ درصد پراکسید هیدروژن در مرحله اول و ۸۰ درصد در مرحله دوم و زمان تیمار ۱۰۵ دقیقه در مرحله دوم آغشته‌سازی استفاده می‌گردد به انرژی کمتری برای دفیبره کردن و پالایش نیاز است و دستجات الیاف بهم چسبیده (وازده خمیر کاغذ) نیز کمتر است و خمیر کاغذ حاصله دارای شفافیت بسیار مطلوب‌تری است.

نتیجه نهایی اینکه با بهینه سازی شرایط فرایندی شامل استفاده از مقدار مناسب سود و پراکسید هیدروژن،

منابع

- ۱ - سعید، ارسطو، ۱۳۷۴. مبانی - اقتصادی - عملی جنگلها، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
- ۲ - پورموسی، شادمان، ۳۷۸. بررسی مقایسه ای ویژگی‌های کاغذسازی دوکلن صنوبر با فرآیندهای مکانیکی توسعه یافته، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- 3-Bohn, W.L., 1989. Alkaline Peroxide Mechanical Pulping - The Alternative to BCTMP. CPPA Meeting, 109-114 pp.
- 4-Pan, G., S. Vichnevsky & G. Leary, 1998. Alkali Source for the Alkaline Proxide Mechanical Pulping of Wheat Straw Caustic or Soda Ash? Pulping Conference, Tappi proceeding.
- 5-Pan, G., S. Vichnevsky & G. Leary, 2000. Alkaline Proxide Mechanical Pulping Wheat Straw. Tappi Journal 83(3): 61
- 6-Pan, G., & G.Y. Leary, 2000. Alkaline Proxide Mechanical Pulping Wheat Straw, Tappi Journal, 83(7): 62.
- 7-Sferrazza, M.Y., W.L. Bohn & Y.L. Santini, 1991. Alkaline Proxide Mechanical Pulping of High Density Hard Woods. International Mechanical Pulping Conference, Tappi Proceeding.
- 8-Tyvainen, L. & K.N. Law, 1997. Alkaline Proxide Interstage Treated Mechanical Pulp and Paper Canada, 12(6): 57-62.
- 9-Xu, E.C., M. Sabourin & J.B. Jandcort, 1999. Evaluation of APMP and BCTMP Processes for Market Pulp Properties From South American Euealyptus Species. TAPPI Journal 82(12): 75-79
- 10-Xu, E.C., 1999. Chemical Treatment in Mechanical Pulping Part 2: North American Aspen, pulp & Paper Canada, 100(2), 40-45.

-
11. Xu, E.C., 2000. APMP Pulps From Non Wood Fiber Part2: Jute Andritz Inc. R& D Lab. Springfield OH/ USA.
 - 12- Xu, E.C., 2000. Mechanical Pulping of Hard Wood and its Application, Andritz Inc . Pilot Plant / R&D Laboratory , 3200 Upper Vpper pike, Springfield , OH/USA.

The Effects of Some Process Variables on *Populus nigra* APMP Pulp Yield and Brightness

M.Najafian Ashrafi¹

H.Resalati²

Z. Hosseini³

Abstract

The Effects of some process variables on *P. nigra* APMP pulp yield and brightness were investigated. Wood samples were prepared from poplar plantation fields in the vicinity of Maragheh Paper Company. Fiber dimensions such as average fiber length, diameter cell cavity and fiber wall thickness were assessed as 853, 22.66, 15.16 and 3.74 microns, respectively. For making APMP pulp, different chemicals namely sodium hydroxide (6 and 7%), hydrogen peroxide (5 and 6%) diethylene triamine pentaacetic acid (0.5%) and sodium silicate (3.5%) (based on O.D chips) were used. Based on the preliminary chemical treatment results, chips treated with preheating of 20 minutes, impregnation times of 20 and 75-105 minutes in first and second stages, pulp consistency of 34-36% and 23-25% in the first and second stages of impregnation, respectively, percentages of caustic charge in 3 levels of 40, 50 and 60% in the first impregnation stage, percentages of peroxide charge in 3 levels of 20, 25 and 44% in the first impregnation stage, percentages of diethylene triamine pentaacetic acid in 2 levels of 60 and 75% as well as percentages of sodium silicate of 50% in each stage of chemical impregnation, were selected as the process conditions. The APMP pulp brightness and yield obtained in the 24 treatments, were in the ranges of 71.7 – 78.6% and 84.17 – 93.46%, respectively. The final results indicated that by using optimum process variables such as total caustic and peroxide charges of 7 and 6% respectively, percentages of caustic, peroxide and diethylene triamine pentaacetic acid in the first impregnation stage of 60, 20 and 75%, consistency of 34 and 23% in the first and second stages respectively, it is possible to produce APMP pulp of high brightness in an acceptable yield range.

Keywords: *P. nigra*, APMP, Writing and printing paper, Process variables, Brightness, Pulp yield.

¹ - Senior Expert, Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres (E-mail: najafiana@yahoo.com)

² - Associate Professor, Faculty of Natural Resources Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

³ - Associate Professor, Faculty of Natural Resources Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources