Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
سال یازدهم ـ شماره دوم ـ تابستان ۱۳۸۳
www.magiran.com/jasnr

بررسی تأثیر پارامترهای فرایندی بر روی شفافیت و بازده خمیر APMP از چوب سپیدار

حسین رسالتی و سید محمد مهدوی
گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۲/۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۲/۱۲/۱۳

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر پارامترهای فرایندی بر روی شفافیت و با زده خمیر مکانیکی پر اکسید قلیایی(APMP) جهت تولید خمیر کاغذ بازده بالا و قابل مصرف برای ساخت کاغذ چاپ و تحریر از چوب سپیدار (Populus alba) انجام گرفت. گونه مورد نظر از منطقه جنگلکاری شده صنوبر در طرح صنایع کاغذ مراغه نمونه بردای شد و با استفاده از خردکن صنعتی در خط تولید صنایع چوب و کاغذ مازندران به خرده چوب تبدیل شد. براساس نتایج آزمایش‌های اولیه، زمان تیمار ۲۰ دقیقه برای پیش‌بخاردهی خرده چوب‌ها در مرحله اول آغشته‌سازی شیمیایی، زمان‌های تیمار حرارتی۹۰ و ۱۰۵ دقیقه برای مرحله دوم آغشته‌سازی، سود سوزآور مصرفی در دو سطح ٦ و ۷ درصد با درصد بندی مصرف۵۰، ٤۰ و ٦۰ درصد از کل آن در مرحله اول، پراکسیدهیدروژن مصرفی ۵ درصد با درصد بندی مصرف ۲۵ درصد از کل پراکسید در مرحله اول، درصد خشکی ۳٤ ـ ۳۲ درصد برای مرحله اول و ۲۳ درصد برای مرحله اول و ۲۳ درصد برای مرحله دوم آغشته‌سازی به‌عنوان پارامترهای مؤثر فرآیندی جهت دستیابی به خمیر کاغذ بازده بالا و با شفافیت حدود ۸۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت. در سطح مصرف سود ٦ درصد و با استفاده از درصدبندی مصرف ٦۰ درصد از از کل سود در مرحله اول آغشته‌سازی و زمان تیمار ۱۰۵ دقیقه در مرحله دوم آغشته‌سازی، شفافیت خمیر کاغذ حاصله ۸۱/۹ درصد و بازده آن حدود ۸۸ درصد بوده است. در سطح مصرف سود ۷ درصد و بت درصدبندی مصرف مشابه، در زمان تیمار۹۰ دقیقه شفافیت خمیر کاغذ ۷۹/۷ درصد و بازده آن ۸٦/۸ درصد و در زمان تیمار ۱۰۵ دقیقه شفافیت ۸۰/۲ درصد و بازده ۸۵/۳ درصد به‌دست آمد. با کاهش زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی و استفاده از درصدبندی کمتر مصرف سود در مرحله اول آغشته‌سازی، اگرچه خمیر کاغذ حاصله بازده بالاتری داشت ولی شفافیت آن پایین‌تر بوده است.

واژه‌های کلیدی: خمیر مکانیکی پراکسید قلیایی (AMPM)، سپیدار، کاغذ چاپ و تحریر، بازده، شفافیت، متغیرهای فرآیندی

مقدمه

مصرف فرآورده‌های کاغذی مثل کاغذهای روزنامه، مجلات،چاپ و تحریر و ... که با استفاده از خمیرهای مکانیکی بازده بالا تولید می‌گردند به‌طور روزافزونی در حال افزایش است و تولید این فرآورده‌ها بر پایه منابع داخلی به‌دلیل صرفه‌جویی در خروج ارز و توسعه صنعتی

www.SID.ir

Archive of SID

کشور بسیار ضروری است. محدودیت منابع جنگلی، حفظ محیط زیست و نیاز روزافزون به منابع سلولزی، بخش‌های صنعتی را بر آن داشته است تا کشت و توسعه گونه‌های سریع‌الرشد غیرجنگلی را مد نظر قرار دهند و برای بهره‌مند شدن از مزایایی چون هزینه پایین سرمایه‌گذاری، آلودگی‌های زیست‌محیطی کمتر و بازده بالاتر خمیر کاغذ، به فرایندهای مکانیکی روی آورند. بازنگری در تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که تولید خمیر مکانیکی پراکسید قلیایی در مقایسه با فرآیندهای شیمیایی مکانیکی متداول مثل CTMP و CMP دارای مزیت‌هایی است که می‌توان به برخی از آنها از جمله کاهش مصرف انرژی، رنگبری همزمان با خمیرسازی، تصفیه ساده‌تر پساب، پالایش در فشار اتمسفر و نیاز به سرمایه گذاری کمتر در مقیاس اقتصادی تولید اشاره کرد (ایکسو[1]، ۲۰۰۰؛ ایکسو، ۱۹۹۸؛ ایکسو و همکاران[2]، ۱۹۹۷). همچنین به‌دلیل کمبود گونه‌های مناسب برای ساخت کاغذهای روزنامه و چاپ و تحریر سوزنی برگان و نیز وجودگونه های چوبی و عمدتاً جنگلی که دارای دانسیته بالا و متوسط و مواد استخراجی به نسبت بالاتری هستند، انتخاب گونه‌های مناسب حایز اهمیت است. در حال حاضر کاشت صنوبر در نقاط مختلف جهان به دلیل مبارزه با کاهش سطح جنگل‌ها و جلوگیری از تخریب آنها و توسعه فضای سبز مورد توجه قرار گرفته و به لحاظ ویژگی‌های منحصر به فرد و ممتاز صنوبر نظیر سرعت رشد، سادگی تکثیر، رنگ روشن، رویش بالای سالانه و کوتاه بودن دوره بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در واقع در نظر است تا در طرح صنایع کاغذ مراغه با استفاده از گونه‌های صنوبر از جمله سپیدار (*P.alba*) و فرآیند APMP کاغذ چاپ و تحریر تولید می‌گردد. بنابراین هدف از این تحقیق بهینه‌سازی متغیرهای فرآیندی شامل مقادیر مختلف مواد شیمیایی مثل سودسوزآور، درصدبندی مختلف مصرف سود در مراحل دوگانه آغشته‌سازی و زمان تیمار متفاوت در مراحل دوگانه آغشته‌سازی، برای دستیابی به شفافیت مطلوب خمیر کاغذ در محدوده بازده مناسب از گونه سپیدار است.

میرشکرایی و انوری (۱۳۸۰) قابلیت اشباع خرده‌چوب‌ها را در فرآیند خمیرسازی APMP مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق با استفاده از فرآیند APMP، خرده چوب‌های گونه‌های صنوبر،ممرز و توسکا با ضخامت‌های مختلف در شرایط مختلف آغشته‌سازی شدند. نتایج نشان داد که متغیرهای زمان و درجه حرارت آغشته‌سازی، گونه چوبی و ضخامت خرده‌چوب‌ها روی اشباع‌پذیری مؤثر بود به‌طوری که افزایش زمان و درجه‌حرارت آغشته‌سازی باعث افزایش اشباع‌پذیری شد و افزایش ضخامت خرده‌چوب‌ها کاهش اشباع‌پذیری را به‌دنبال داشت و غلظت مایع آغشته‌سازی و نوع چوب (چوب درون و چوب برون) در گونه‌های مذکور تأثیری در اشباع‌پذیری نداشت و در نهایت گونه صنوبر در مقایسه با گونه‌های ممرز و توسکا بیشترین اشباع‌پذیری را نشان داد.

بلوجت[3] و همکاران (۱۹۹۱) تولید خمیر مکانیکی شیمیایی بازده بالا را با پراکسیدقلیایی (APMP) از پهن‌برگان شمال‌شرقی ایالات متحده بررسی کردند. مشکلات کاربرد این پهن‌برگان، دانسیته بالا و رنگ تیره آنها بود.

هدف از این مطالعه تولید خمیری شفاف و محکم با استفاده از فرآیند APMP و چوب گونه‌های افرا (*Acer rubrum*)، صنوبر(*Poplus termuloides*) و توس(*Betula papyrifyra*) بوده است. بازده خمیر حاصل از این فرآیند به‌طور متوسط ۹۰ درصد بود و مقاوم‌ترین خمیرهای APMP از توس و صنوبر تولید گردید، در حالیکه خمیرهای حاصل از افرا و مخلوط گونه‌ها ضعیف‌تر بودند. شفافیت خمیرهای توس و صنوبر به‌طور متوسط ۸۱ درصد ISO و شفافیت خمیرکاغذ افرا

1- Xu
2- Xu *et al.*
3- Blodgett *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور متوسط ۷۹درصد ISO بود. از مخلوط پهن‌برگان نامبرده خمیری مقاوم‌تر از خمیر افرا ولی ضعیف‌تر از خمیرهای توس و صنوبر تولید گردید.

مواد و روش‌ها

۱ـ تهیه خرده چوب: تعداد پنج اصله درخت از منطقه جنگل‌کاری شده طرح صنایع کاغذ مراغه به صورت کاملاً تصادفی از بین درختان با سن و قطر غالب انتخاب، قطع و کدگذاری شد. پایه‌های مذکور پوست‌کنی شدند و سپس توسط خردکن صنعتی به خرده‌چوب تبدیل و به مرکز تحقیقات صنایع چوب و کاغذ مازندران منتقل گردیدند.

خرده‌چوب‌های قابل قبول پس از شستشو هوا خشک و پس از تعیین رطوبت برای جلوگیری از تغییر رطوبت در کیسه‌های نایلونی نگه‌داری شدند.

۲ـ تعیین شرایط تیمارهای مختلف تولید خمیر APMP: جهت کنترل شرایط فرآیندی، از سوابق تحقیقات (مهدوی و رسالتی،۱۳۸۲) و بعضی از گزارش‌های شرکت Andritz استفاده شد (ایکسو،۱۹۹۹؛ یانگ کیانگ[1]، ۲۰۰۰). از آنجا که در فرآیند APMP مایع آغشته‌سازی شیمیایی شامل سودسوزآور، پراکسیدهیدروژن، سیلیکات‌سدیم و DTPA[2] می‌باشد در این تحقیق مقدار ۵ درصد پراکسید، ۳/۵ درصد سیلیکات‌سدیم، ۰/۵ درصد DTPA و دو سطح ٦و۷ درصد سودسوزآور به ازای وزن خشک چوب مصرف گردید. با توجه به دو مرحله‌ای بودن آغشته‌سازی، هر کدام از مواد با درصدبندی معینی در هر مرحله استفاده شد. بدین‌ترتیب برای سودسوزآور۳ سطح درصدبندی مصرف برای پراکسید، سیلیکات سدیم و DTPA هر کدام یک سطح درصدبندی مصرف منظور شد (جدول ۱).

در هر تیمار و برای هریک از مراحل آغشته‌سازی مایع شیمیایی جداگانه‌ای تهیه شد. علاوه بر متغیرهای مذکور، برای تیمار حرارتی مرحله دوم در دو سطح زمانی۹۰ و ۱۰۵ دقیقه منظور گردید. بدین ترتیب ۱۰ تیمار با شرایط فرآیندی مندرج در جدول ۲ برای تولید خمیرAPMP مشخص شد.

۳ـ روند تولید خمیر APMP از گونه سپیدار:

پیش‌بخاردهی خرده‌چوب‌ها: جهت انتقال بهتر گرما در حین پیش بخاردهی، نرم شدن هرچه بیشتر خرده‌چوب‌ها، کاهش خسارات مکانیکی وارد بر الیاف در حین عمل فشرده‌سازی با دستگاه فشرده‌ساز خرده‌چوب‌ها و خروج مؤثرتر مواد استخراجی، در این مرحله خرده‌چوب‌ها به مدت ۲۰ دقیقه با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و تحت فشار اتمسفر بخاردهی شدند.

ـ فشرده‌سازی و آغشته‌سازی شیمیایی مرحله اول: خرده‌چوب‌ها پس از پیش‌بخاردهی، وارد دستگاه فشرده شده‌سازی شد و عمل آبگیری انجام گرفت. خرده‌چوب‌های فشرده شده داخل مایع آغشته‌سازی مربوطه و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و مایع آغشته‌سازی به مقدار مناسب جذب گردید. میزان جذب عمل با توزین و تعیین درصد خشکی مناسب کنترل شد.

ـ تیمار حرارتی مرحله اول: جهت انجام فعل و انفعالات شیمیایی خرده‌چوب‌های آغشته‌شده به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط دمایی ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت.

ـ فشرده‌سازی و آغشته‌سازی مرحله دوم: پس از پایان تیمار حرارتی مرحله اول، خرده چوب‌ها به دستگاه فشرده‌سازی منتقل گردید. آغشته‌سازی مرحله اول باعث نرم‌شدن خرده‌چوب‌ها شد و در این مرحله خرده‌چوب‌ها به مقدار زیادی از یکدیگر گسیخته شدند و قابلیت جذب آنها برای آغشته‌سازی مرحله دوم بالا رفت. پس از پایان عملیات فشرده‌سازی خرده‌چوب‌ها جمع‌آوری و توزین شدند و مایع آغشته‌سازی مرحله دوم براساس این وزن و درصد خشکی مناسب تهیه گردید. سپس خرده‌چوب‌ها

1- Yongqiang
2-Diethylene Triamine Pentaacetic Acid دی‌اتیلن‌تری‌آمین‌پنتااستیک‌اسید

www.SID.ir

Archive of SID

در مایع آغشته‌سازی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. تا مقدار جذب مایع آغشته‌سازی در حد مناسب انجام گیرد. این عمل با توزین و تعیین درصد خشکی مناسب کنترل شد.

جدول ۱ـ میزان مصرف مواد شیمیایی مختلف و درصدبندی مصرف آنها در هر یک از مراحل آغشته‌سازی.

نوع مواد شیمیایی	میزان مصرف کل (درصد وزن خشک)	درصد مصرف از کل مواد شیمیایی	
		مرحله اول آغشته‌سازی	مرحله دوم آغشته‌سازی
NaOH	۶ و ۷	۴۰	۶۰
		۵۰	۵۰
		۶۰	۴۰
H_2O_2	۵	۲۵	۷۵
Na_2SiO_3	۳/۵	۵۰	۵۰
DTPA	۰/۵	۲۵	۷۵

ـ تیمار حرارتی مرحله دوم: خرده‌چوب‌های آغشته شده به مواد شیمیایی به مدت ۹۰ تا ۱۰۵ دقیقه (در تیمارهای مختلف) در شرایط دمایی ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا فعل و انفعالات رنگبری روی آنها کامل گردد.

ـ دفیبره کردن خرده‌چوب‌ها و تولید خمیر کاغذ: پس از پایان تیمار حرارتی مرحله دوم، خرده‌چوب‌ها به یک دستگاه دفیبراتور آزمایشگاهی با یک دیسک ثابت و یک دیسک متحرک در فشار معمول تغذیه شدند. در ضمن قبل از عملیات جداسازی الیاف با دفیبراتور هیچ نوع شستشویی انجام نگرفت و بدین‌ترتیب از مواد شیمیایی باقیمانده در خرده‌چوب‌ها در حین پالایش حداکثر استفاده به عمل آمد.

ـ شستشو و تعیین بازده خمیر کاغذ: پس از عملیات جداسازی الیاف، خمیر حاصل شستشو گردید و بازده تیمار مربوطه از تقسیم وزن خشک خمیر حاصل بر وزن خشک خرده‌چوب‌های اولیه با سه تکرار محاسبه شد.

ـ تعیین شفافیت خمیر کاغذ: از خمیر کاغذ تهیه شده پس از شستشوی کامل بر طبق استاندارد T205om-88 آیین‌نامه Tappi کاغذهای دست‌ساز استاندارد تهیه شد و سپس براساس استاندارد T452 om-92 آیین‌نامه Tappi شفافیت خمیر کاغذ برای هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شد.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شفافیت و بازده خمیرکاغذ برای تیمارهای مختلف تولید خمیر APMP از چوب سپیدار و تحت شرایط متفاوت فرآیندی در جدول ۲ ارایه شده است. چون انتظار بر آن بود که با افزایش مقدار سودسوزآور مقاومت‌های بالاتری در کاغذ نهایی به‌دست آید در نتیجه، در هر یک از سطوح مصرف سود (۶و۷ درصد)،

تیمارهای برتر، بطور جداگانه انتخاب گردیدند. مبنای انتخاب تیمار بهتر، در درجه اول شفافیت بالا و پس از آن بازده مناسب خمیر کاغذ بود.

۱ـ تأثیر پارامترهای فرآیندی بر شفافیت و بازده خمیر APMP در سطح ۶ درصد مصدف سودسوزآور:

براساس نتایج مندرج در جدول ۳، بررسی تجزیه و واریانس برای درصدبندی مصرف سود در سه سطح و برای زمان تیمار حرارتی مرحله دوم آغشته‌سازی در دو سطح صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ـ نتایج تأثیر متغیرهای فرآیندی بر روی شفافیت و بازده خمیرAPMP از گونه سپیدار.

کد تیمار	درصد خشکی (٪)		pH نهائی		زمان تیمار حرارتی‌دقیقه		شفافیت (ISO ٪)	بازده (٪)
	مرحله اول	مرحله‌دوم	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله اول	مرحله‌دوم		
T_1	۳۳	۲۳	۱۰/۹۵	۱۱/۰۲	۲۰	۹۰	۷۸/٤٦	۸۷
T_2	۳۳	۲۳	۱۱/۰٤	۱۱/۱٦	۲۰	۱۰۵	۸۰/۷۷	۸٦/٦۳
T_3	۳۲	۲۳	۱۱/۳٤	۱۰/۹۵	۲۰	۹۰	۷۹/٤۹	۸۸/۸٦
T_4	۳۲	۲۳	۱۱/۳	۱۰/۹۲	۲۰	۱۰۵	۸۱/۹۳	۸۷/۹٦
T_5	۳٤	۲۳	۱۰/۵۵	۱۰/۹۸	۲۰	۹۰	۷۹/۳۸	۸۹/٤٦
T_6	۳٤	۲۳	۱۰/۹۲	۱۱/۲۳	۲۰	۱۰۵	۷۹/۸	۸۸/۱۲
T_7	۳۲	۲۳	۱۱/۳٦	۱۱/۵۵	۲۰	۹۰	۷۹	۸٦/۹
T_8	۳۲	۲۳	۱۱/۳	۱۱/۱	۲۰	۱۰۵	۷۹/۷٦	۸۷/۰۹
T_9	۳۱	۲۳	۱۱/٤۸	۱۰/۸٦	۲۰	۹۰	۷۹/۷۳	۸٦/۷۹
T_{10}	۳۱	۲۳	۱۱/٤	۱۰/۸	۲۰	۱۰۵	۸۰/۲۳	۸۵/۳۲

جدول۳ ـ نتایج تأثیر متغیرهای فرآیندی بر روی بازده و شفافیت خمیرAPMP در سطح ٦ درصد سودسوزآور.

کدتیمار	متغیرهای فرآیندی				شفافیت(ISO٪)	بازده (٪)
	درصد مصرف سود		زمان تیمار حرارتی (دقیقه)			
	مرحله‌اول (٪)	مرحله‌دوم (٪)	مرحله‌اول	مرحله‌دوم		
T_1	۵۰	۵۰	۲۰	۹۰	۷۸/٤٦	۸۷
T_2	۵۰	۵۰	۲۰	۱۰۵	۸۰/۷۷	۸٦/٦۳
T_3	٦۰	٤۰	۲۰	۹۰	۷۹/٤۹	۸۸/۸٦
T_4	٦۰	٤۰	۲۰	۱۰۵	۸۱/۹۳	۸۷/۹٦
T_5	٤۰	٦۰	۲۰	۹۰	۷۹/۳۸	۸۹/٤٦
T_6	٤۰	٦۰	۲۰	۱۰۵	۷۹/۸	۸۸/۱۲

بررسی نتایج آماری نشان می‌دهد که درصدبندی مصرف سود، زمان تیمار حرارتی و اثر متقابل این دو متغیر در سطح ۱ درصد روی شفافیت خمیر کاغذ معنی‌دار است و گروه‌بندی دانکن تیز درصدبندی مصرف سود را در دو گروه و زمان تیمار حرکتی را نیز در دو گروه تقسیم‌بندی کرده است (جدول‌های ٤ و ۵).

معنی‌داری اثر متقابل درصدبندی مصرف سود و زمان تیمار بدین معنی است که برای هر درصدبندی مصرف سود با افزایش زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی، شفافیت خمیر کاغذ بیشتر می‌شود (شکل ۱). استفاده از درصدبندی٦۰ درصد سود در مرحله اول باعث افزایش نرم شدن خرده‌چوب‌ها و نفوذ بهتر مایع آغشته‌سازی در مرحله دوم می‌شود و افزایش زمان تیمار نیز به پراکسیدهیدروژن فرصت بیشتری برای تکمیل واکنش‌های رنگبری می‌دهد و در نتیجه شفافیت بالاتری در خمیر کاغذ ایجاد می‌شود در حالیکه در صورت استفاده از ٤۰ درصد سود در مرحله اول و افزایش زمان تیمار در مرحله دوم، تجزیه پراکسید بیشتر شده و کارایی رنگبری کاهش می‌یابد. بدین‌ترتیب با استفاده از تیمار T4 بیشترین حد شفافیت خمیر کاغذ بدست خواهد آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

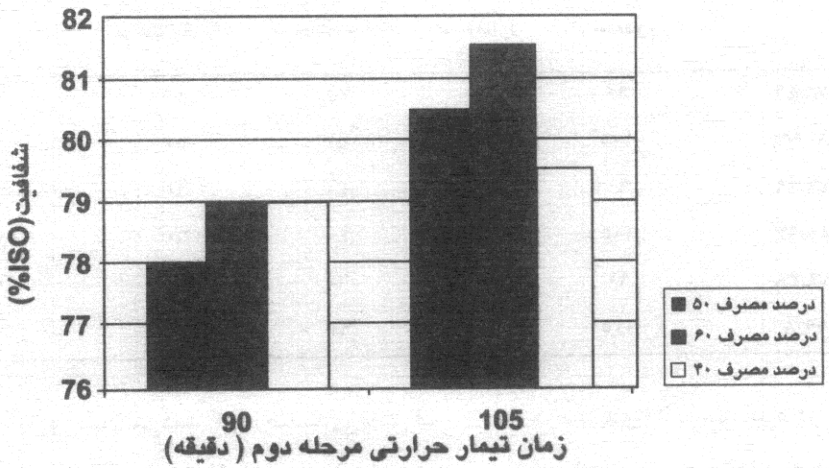
جدول ٤ ـ تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل درصدبندی مصرف سود و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی بر شفافیت خمیر کاغذ.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسباتی
درصد سود (a)	۲	۵/۰٤٤	۲/۵۲۲	۳۱/٦۸**
زمان تیمار (b)	۱	۱۳/۰۲۲	۱۳/۰۲۲	۱٦۳/۵٤**
(ab)	۲	٤/۱۲	۲/۰٦۰	۲۵/۸۷**
خطا	۱۲	۰/۹۹۵	۰/۰۷۹	
کل	۱۷			

**معنی‌داری در سطح یک درصد

جدول۵ ـ آزمون دانکن اثر مستقل متغیرهای فرآیندی بر روی شفافیت خمیر کاغذ.

درصد بندی مصرف سود (مرحله اول)	٦۰	۸۰/۷۱ a
	۵۰	۷۹/٦۲ b
	٤۰	۷۹/۵۵ b
زمان تیمار حرارتی مرحله دوم	۹۰	۷۹/۱۱ b
	۱۰۵	۸۰/۸۱ a



شکل۱ـ تأثیر درصدبندی مصرف سود در مرحله اول و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی روی شفافیت خمیر کاغذ در سطح ٦ درصد سودسوزآور.

نتایج آماری نشان می‌دهد که درصدبندی مصرف سود در سطح ۱ درصد و اثر متقابل درصدبندی مصرف سودسوزآور و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی در سطح ۵ درصد روی بازده خمیر کاغذ معنی‌دار است ولی زمان تیمار در مرحله دوم روی بازده خمیر کاغذ تأثیر معنی‌داری نداشته است. گروه‌بندی دانکن نیز درصدبندی مصرف سود را در گروه و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی را در یک گروه تقسیم‌بندی کرده است (جدول‌های ٦و۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦ـ تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل مصرف سود و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی بر روی بازده خمیر کاغذ.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسباتی
درصد بندی سود (a)	۲	۱۳/۲۱۷	٦/٦۰۸	۱۹/۳۹**
زمان تیمار (b)	۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱ ns
(ab)	۲	٤/۱۰۲	۲/۰۵۱	٦/۰۲*
خطا	۱۲	٤/۰۸۹	۰/۳٤۰	
کل	۱۷			

**معنی‌دار در سطح یک درصد *معنی‌دار در سطح ۵ درصد ns عدم معنی‌دار

جدول۷ـ آزمون دانکن اثر مستقل متغیرهای فرآیندی بر روی بازده خمیر کاغذ.

درصد بندی مصرف سود (مرحله اول)	٦۰	۸۸/٤۱ a
	۵۰	۸٦/۸۱ b
	٤۰	۸۸/۷۹ a
زمان تیمار حرارتی مرحله دوم	۹۰	۸۸/۰۲ a
	۱۰۵	۸۷/۹۹ a

اثر متقابل درصدبندی مصرف سود و زمان تیمار حرارتی نشان می‌دهد که به ازای هر درصدبندی مصرف سود، با افزایش زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی، بازده خمیر کاغذ افزایش می‌یابد (شکل ۲). همانطوریکه در این شکل نشان داده شده است، با وجود بازده بالاتر در زمان تیمار ۹۰ دقیقه، به دلیل سطح پایین‌تر شفافیت لازم است تا با افزایش مدت تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی به پراکسیدهیدروژن فرصت بیشتری برای تکمیل واکنش‌های رنگبری داده شود. گروه‌بندی دانکن، بازده حاصل از درصدبندی مصرف ٦۰ و ٤۰ درصد از کل سود در مرحله اول آغشته‌سازی را در یک گروه قرار می‌دهد که افت بیشتر بازده، برای درصدبندی مصرف ٤۰ درصد در زمان ۱۰۵ دقیقه (T6) نسبت به زمان ۹۰ دقیقه (T5) بدلیل خروج بیشتر همی‌سلولز در شرایط قلیایی و دمایی زیاد در مرحله دوم آغشته‌سازی است (ایکسو،۱۹۹۹).

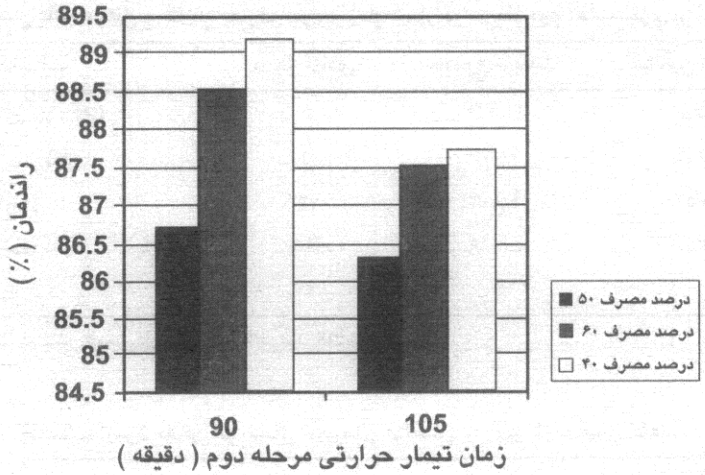
بدین ترتیب چون اختلاف معنی‌داری بین بازده خمیر کاغذ حاصل از درصدبندی مصرف ٤۰ و ٦۰ درصد وجود ندارد بالاتر است بنابراین در سطح ٦ درصد سودسوزآور تیمار مربوط به درصدبندی مصرف ٦۰ درصد در مرحله اول آغشته‌سازی یا همان تیمار T4 به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شده است. زمان تیمار حرارتی ۱۰۵ دقیقه در مرحله دوم آغشته‌سازی

۲ـ تأثیر پارامترهای فرآیندی بر شفافیت و بازده خمیر کاغذ در سطح ۷ درصد سودسوزآور: بر اساس نتایج مندرج در جدول ۸، بررسی تجزیه واریانس برای درصدبندی مصرف سود در دو سطح و برای زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی نیز در دو سطح صورت گرفت. با توجه به نتایج مربوط به سطح ٦ درصد مصرف سودسوزآور، از انجام تیمارهایی که ٤۰ درصد از سود را در مرحله اول آغشته‌سازی مصرف می‌کنند، در این بخش خودداری شد. زیرا علاوه بر سطوح پائین‌تر شفافیت خمیرکاغذ، به‌علت وجود مقدار سود سوزآور بیشتر در مرحله دوم آغشته‌سازی، افت بازده خمیر کاغذ بیشتر خواهد شد.

تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر زمان تیمار حرارتی و درصدبندی مصرف سود بر روی شفافیت خمیر کاغذ تا سطح ۱ درصد معنی‌دار است ولی هیچ‌گونه اثر متقابلی روی یکدیگر ندارد. گروه‌بندی دانکن نشان می‌دهد که استفاده از ٦۰ درصد سود در مرحله اول و زمان تیمار ۱۰۵ دقیقه در مرحله دوم آغشته‌سازی شفافیت بهتری را ایجاد می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ـ تأثیر درصدبندی مصرف سود در مرحله اول و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی روی بازده خمیر کاغذ در سطح ٦ درصد سودسوزآور و سطح شفافیت برای درصدبندی مصرف ٦٠ درصد

همان‌طور که می‌دانیم سود به‌طور مستقیم در رنگبری نقش ندارد اما یون OH با همی‌سلولز دیواره‌های الیاف واکنش داده و نفوذ هر چه بیشتر موادشیمیایی را باعث می‌شود (ایسکو و همکاران، ١٩٩٦). بدین ترتیب استفاده از مقادیر بیشتر سود در مرحله اول باعث نرم‌شدن بیشتر خرده چوبها و افزایش میزان جذب مایع آغشته‌سازی در مرحله دوم می‌شود. همچنین افزایش زمان تیمار فرصت بیشتری را به پرکسید هیدروژن برای تکمیل واکنشهای رنگبری می‌دهد (شکل ٣).

جدول ۸ـ نتایج تأثیر متغیرهای فرآیندی بر روی شفافیت و بازده خمیر کاغذ در سطح ۷ درصد سودسوزآور (جدول‌های ۹ و ۱۰).

گد تیمار	متغیرهای فرآیندی			شفافیت (ISO ٪)	بازده (%)
	درصدبندی مصرف سود		زمان تیمار حرارتی		
	مرحله اول (%)	مرحله دوم (%)	مرحله دوم (دقیقه)		
T_7	۵۰	۵۰	۹۰	۷۹	۸۷/۰۹
T_8	۵۰	۵۰	۱۰۵	۷۹/۷٦	۸٦/۹
T_9	٦۰	٤۰	۹۰	۷۹/۷۳	۸٦/۷۹
T_{10}	٦۰	٤۰	۱۰۵	۸۰/۲۳	۸۵/۳۲

جدول ۹ـ تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل درصدبندی مصرف سود و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی بر روی شفافیت خمیر کاغذ.

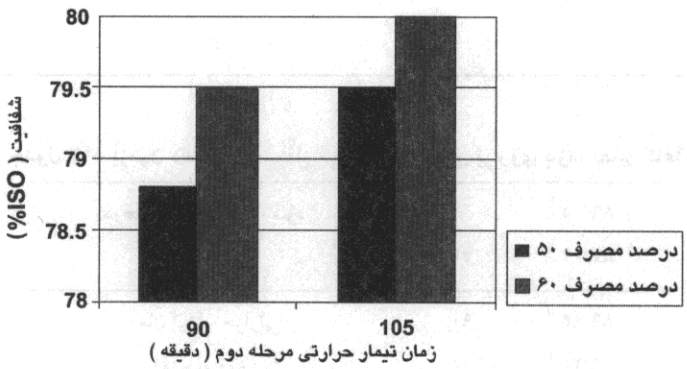
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسباتی
درصدبندی سود (a)	۱	۱/۰۷٤	۱/۰۷٤	۱۹/۱۳ **
زمان تیمار (b)	۱	۱/۲۰۲	۱/۲۰۲	۲۱/۵۵ **
(ab)	۱	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۹۳ Ns
خطا	۸	۰/٤۹۹	۰/۰۵٦	
کل	۱۱			

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- آزمون دانکن اثر مستقل متغیرهای فرآیندی بر روی شفافیت خمیر کاغذ

درصدبندی مصرف سود	٦٠	٧٩/٩٨ a
(مرحله اول)	٥٠	٧٩/٣٨ b
زمان تیمار حرارتی	٩٠	٧٩/٣٦ b
مرحله دوم	١٠٥	٨٠/٠٠ a



شکل ۳ ـ تأثیر درصد بندی مصرف سود در مرحله اول و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی بر روی شفافیت خمیرکاغذ در سطح ۷ درصد سود سوزآور

نتایج آماری نشان می دهد که اثر درصد بندی مصرف سود و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی و اثر متقابل آنها روی بازده خمیرکاغذ در سطح ۵ درصد معنی دار است . اثر متقابل متغیرهای نامبرده نشان می‌دهد که بازای هر درصد بندی مصرف سود با افزایش زمان تیمار بازده کاهش می‌یابد.

گروه‌بندی دانکن نیز نشان می دهد که استفاده از ۵۰ درصد از کل سود سوزآور در مرحله اول آغشته سازی، بازده خمیر بالاتری را بدنبال دارد (جدول‌های ۱۱ و ۱۲). اما در این صورت اولاً سطح شفافیت پائین‌تری ایجاد می شود و ثانیاً همیشه بازده بالاتر خمیر کاغذ به معنی خمیر مطلوب تر نمی‌باشد زیرا با استفاده از ۵۰ درصد از سود در مرحله اول مقدار پس زده غربال بیشتری در خمیرکاغذ حاصل می‌شود و دفیبره کردن الیاف خمیرکاغذ خوب صورت نخواهد گرفت و در نتیجه الیافی با سطوح زبر ایجاد می‌شود که خصوصیات سطحی کاغذ را تحت الشعاع قرار می‌دهد (یانک کیانک، ۲۰۰۰). بنابراین لذا با استفاده از ٦٠ درصد کل سود سوزآور در مرحله اول آغشته‌سازی، حداکثر نرم شدگی ممکن برای خرده‌چوبها ایجاد می‌شود تا در طی مراحل چندگانه فرآیندی بر روی الیاف اثر منفی برجای نگذارد. با توجه به اثر متقابل متغیرهای درصدبندی مصرف سود و زمان تیمار حرارتی، قابل انتظار است تا با مصرف ۷ درصد سود و افزایش زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی، کمترین بازده خمیر کاغذ حاصل شود (شکل٤). گروه‌بندی دانکن نیز نشان می‌دهد که در زمان تیمار ۹۰ دقیقه بازده بالاتری به‌دست می‌آید.

جمع‌بندی نتایج حاصله نشان می‌دهد که برای سطح سود ۷ درصد بهتر است تا از ٦٠ درصد از کل سود مصرفی در مرحله اول آغشته سازی و از سطح زمانی ۹۰ دقیقه (به‌دلیل راندمان بالاتر) و ۱۰۵ دقیقه (به خاطر شفافیت بالاتر) استفاده شود (تیمارهای T9 , T10) . با انتخاب این تیمارها می توان تأثیر زمان تیمار را نیز روی خصوصیات کاغذ نهایی کنترل کرد.

www.SID.ir

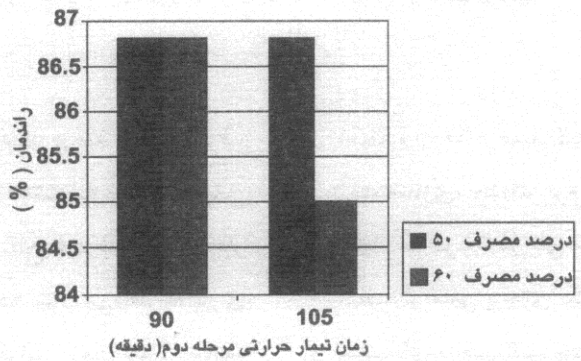
Archive of SID

جدول ۱۱ ـ تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل درصدبندی مصرف سود و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی بر روی بازده خمیر کاغذ.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F محاسباتی
درصد بندی سود (a)	۱	۲/۱۳۳	۲/۱۳۳	۸/٤۲*
زمان تیمار (b)	۱	۱/٦۷۲	۱/٦۷۲	٦/٦۰*
(ab)	۱	۲/٦۱۳	۲/٦۱۳	۱۰/۳۱*
خطا	۸	۲/۰۲۷	۰/۲٥۳٤	
کل	۱۱			

جدول ۱۲- آزمون دانکن اثر مستقل متغیرهای فرآیندی بر روی بازده خمیر کاغذ.

درصد بندی مصرف سود	٦۰	۸٦/۱٥ b
(مرحله اول)	٥۰	۸۷/۰۰ a
زمان تیمار حرارتی	۹۰	۸٦/۹٥ a
(مرحله دوم)	۱۰٥	۸٦/۲۰ b



شکل ٤ ـ تأثیر درصد بندی مصرف سود در مرحله اول و زمان تیمار در مرحله دوم آغشته‌سازی بر روی بازده خمیر کاغذ در سطح ۷ درصد سود سوزآور

بحث

نتایج حاصل نشان می‌دهد که با کنترل و بهینه سازی پارامترهای فرآیندی شامل تنظیم و کنترل مناسب زمان و حرارت تیمار و درصد خشکی خمیر کاغذ در مراحل دو گانه آغشته‌سازی، فشرده‌سازی مناسب خرده چوبها، درصد مصرف مناسب مواد شیمیایی بویژه سود سوزآور و پراکسید هیدروژن و درصدبندی مصرف هر یک از مواد شیمیایی در مراحل دوگانه آغشته‌سازی، از چوب گونه سپیدار می‌توان خمیر کاغذ APMP با شفافیت بیش از ۸۰ درصد در محدوده بازده مناسب ۸٦ تا ۸۸ درصد و تنها با مصرف حداقل ٦ درصد سود سوزآور و حداکثر ٥ درصد پراکسید هیدروژن تولید نمود. برای هر دو سطح مصرف سود سوزآور با استفاده از درصد بندی مصرف ٦۰ درصد از سود در مرحله اول آغشته سازی و زمان تیمار ۱۰٥ دقیقه در مرحله دوم آغشته‌سازی، خمیر کاغذ APMP حاصله دارای شفافیت بالاتری خواهد بود. لازم به تأکید است که ویژگی‌های کاغذ حاصل از تیمارهای برتر انتخاب شده در این بخش از تحقیق، جهت ارزیابی رابطه بین خصوصیات مقاومتی و نوری کاغذ حاصل و در نتیجه انتخاب بهترین تیمار برای تولید خمیر APMP قابل استفاده جهت ساخت کاغذ چاپ و تحریر در دست بررسی است که نتایج حاصله متعاقباً به چاپ خواهد رسید.

www.SID

Archive of SID

سپاسگزاری

در خاتمه از مدیریت و همکاران محترم طرح تحقیقات صنعتی، آموزش و اطلاع رسانی وزارت صنایع و معادن و نیز مدیریت و همکاران محترم صنایع کاغذ مراغه که حمایت های مالی لازم را برای انجام این پژوهش فراهم نمودند، سپاسگزاری می‌شود. از مدیریت محترم صنایع چوب و کاغذ مازندران و همکاران که برای انجام این تحقیق در مرکز تحقیقات آن شرکت مساعدت لازم را مبذول فرمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱.مهدوی، س.م.، ح. رسالتی.۱۳۸۲. بررسی تأثیر پارامترهای فرآیندی روی شفافیت خمیر APMP از چوب سپیدار (*p.alba*). مجموعه مقالات همایش ملی فرآوری و کاربرد مواد سلولزی، ۱۹۸-۱۹۲.

۲.میر شکرایی، ا.، ا. انوری.۱۳۸۰. بررسی قابلیت اشباع خرده چوبها در فرآیند خمیرسازی APMP (سودای سرد)، مجله منابع طبیعی ایران. ج ٥٤، شماره ۲، ۱۸۰-۱٦٥.

3.Boldgett, R.M, J.M, Genco., and B.J. W. Cole. 1991. "Alkaline Peroxide Mechanical Pulping of Northeastern Hard woods" Tappi Proceeding 1991 Pulping Conference: 207-213.

4.Xu, E.C. 2000. "APMP pulps from nonwood fiber part 2: jute". Andritz inc. R&D lab, Springfeld OH USA: 105-112.

5.Xu, E.C. 2000. "P-RC APMP pulps from Asian Tropical Hardwoods" Asia Paper Conference, Singapore, April: 25-27.

6.Xu, E.C. 1999. "A new concept in Alkaline Peroxide Mechanical Pulping" 1999 International mechanical pulping conference proceeding, Rouston, texas, May: 24-26.

7.Xu, E.C. 1998. "Properties and Papermaking Potential of APMP Pulp from Acacia Mangium", 52nd APPITA Annual General Conference Proceedings, (Brisbane, Australia, May 11-16): 501-508.

8.Xu, E. C., S.W.,Wang B. Liu, Y.Q.,Wang, H.B., Li, L.,Shi J.X., Hong, T. Nie, and F.Y.,Yen, 1997. "Alkaline Peroxide Mechanical Pulping and Its Application for Newsprint-A Successful Start-Up of the APMP System at Yalujiang Paper Mill". 1997 International Mechanical Pulping Conference Proceedings. June 9-13, Stockholm, Sweden: 37-47.

9.Xu, E.C., M.J., Sabourin, and J.B. Cort, 1996."Evaluation of APMP and BCTMP Processes for Market Pulp Properties from South American Eucalyptus Species". appi Pulping Conference Proceedings: 705-711.

10.Yongqiang, W. 2000. "Mill Experiences of Hardwood APMP Production", Ya Lujiang Paper Co. Ltd: 97-105.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 11(2), Summer 2004
www.magiran.com/jasnr

Investigating the effects of process variables on APMP Pulp brightness and yields of p.alba

H. Resalati and S. M. Mahdavi
Department of Wood and Paper Eng., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Gorgan, Iran.

Abstract

The present study was fulfilled with the aim of investigating the effects of process variables on APMP (alkaline peroxide mechanical pulping) pulp brightness and yields of *P.alba* to produce high yield pulps suitable for making writing and printing papers. The wood samples have been prepared from the poplar plantation fields in the area of Maragheh Paper Company and converted to acceptable chips by MWPI industrial chipper. Based on the results obtained in the preliminary experiments (1), chips prostrating time of 20 minutes, impregnation times of 20 minutes for first stage and 9o and 105 minutes for second stage, total caustic soda charge of 6 and 7 % with usage rations of 40, 50 and 60% of total caustic in first impregnation stage, total hydrogen peroxide charge of 5% with usage ratio of 25% in first impregnation stage, pulp consistency of 32-34 and 23% in first and second impregnation stages, respectively, were selected and studied as effective process variables to achieve high yield APMP pulps with pulp brightness of about 80%. The results have shown that; at caustic soda charge level of 6% with usage ratio of 60% of total caustic in first impregnation stage and treatment time of 105 minutes at second impregnation stage, it would be possible to produce APMP pulp with 81.9% brightness and relatively high pulp yield of about 88%. At total caustic charge of 7% with similar usage ratio, APMP pulp of 79.9% brightness at pulp yield of 86.8% in treatment time of 90 minutes, and APMP pulp of 80.2% brightness at relatively low pulp yield of 85.3% can be produced in treatment time of 105 minutes at second impregnation stage. By reducing the treatment time at second impregnation stage and using lower usage ratio of total caustic in the first impregnation stage, APMP pulps have higher yields but at lower brightness.

Keywords: Alkaline Peroxide Mechanical pulping (APMP); Populous Alba; Writing and printing papers; Pulp yield and brightness; Process variables

سال یازدهم - شماره دوم - تابستان ۱۳۸۳

www.SID.ir