

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)

در رشته صنایع خمیر و کاغذ

بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذ CMP سپیدار با استفاده از خمیر کاغذ مرکب‌زایی شده مخلوط کاغذ باطله اداری

پژوهش و نگارش

سمیرا حبیبی

استاد راهنما

علی قاسمیان

اساتید مشاور

احمدرضا سرائیان

حسین رسالتی

۱۳۹۰

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود. بنابراین بمنظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

- ۱) قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.
- ۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشافات و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳) انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب سمیرا حبیبی دانشجوی رشته صنایع خمیر و کاغذ مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که همواره چشم به موفقیت من دوخته اند

و

خواهران عزیزم

که همواره چشم به موفقیت آنها دوخته ام

تشکر و قدردانی

خداوند! به اذن تو قدم از قدم برمی دارم و آرزوهای کبلی فرشی می شود زیرا پایم برای به توستیدن، تایشتم می کنم زیرا که شاید تایشتم!

پاس از سرورانی که یارشان نیاز بهم بوده است؛

تشکر و سپاس از یاری و بزرگواری استاد راهنمایم جناب آقای دکتر قاسمیان که بجز به خط بهم ایم کرد و علم و دانش خود را بدون هیچ چشمداشتی بر من ارزانی داشتند و در پناه یاری ایشان سخت ترین محظت این راه، شیرین ترین خاطر تم شد. تلاش و یاری ایشان را می تایم. از استاد مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر رسالتی و جناب آقای دکتر سرانیان که در طول انجام این پژوهش بارونی گشاده پذیرای بنده بودند و از هم فکری و مشاورت ایشان بهره برده ام صمیمانه قدردانی می نمایم.

باتشکر از داوران محترم جناب آقای دکتر افرا و جناب آقای دکتر نزار اعیان که با حضورشان بر کار من ارج نهادند، یاری و بزرگواریشان را ارج می نهم. از نماینده محترم تحصیلات تکلیبی جناب آقای دکتر آزادفر به خاطر مساعدت های بی دریغشان تشکر می نمایم. هم اکنون فرصتی است معتنم تا از دوستان حاضر و تام آنان که یاریم کردند خانم هاهمندس کالو، مراد پور، احمدی، سلطانی، فلاح نیاساگلزاری کنم و یاد می ماند که به پاس محظت ارزشمندی که متعلق به خودشان بود و از من دریغ نوزیدند مدیونشان بانم. بهواره روزهایی سرشار از سربلندی، موفقیت و سلامتی را برایشان آرزو مندم.

در انتها...

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی شان به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگارن، بهترین پشتیبان است به پاس قلب های بزرگشان که فریادس است و سرگردانی و ترس در پناهبشان به شجاعت می کرلید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند دست پدر و مادرم را می بوسم از خدا به خاطر وجودشان پاسگلزارم.

چکیده

جهت بهبود ویژگی‌های مختلف خمیر کاغذ CMP گونه سپیدار از خمیر کاغذ مرکب زدایی شده مخلوط کاغذهای باطله اداری استفاده شد. خمیر کاغذ CMP براساس شرایط استاندارد صنعتی (صنایع چوب و کاغذ مازندران) و خمیر DIP مخلوط کاغذ باطله اداری به روش شناورسازی تهیه شد. بعد از رساندن درجه روانی خمیرهای کاغذ یاد شده به حدود ۳۰۰، از آنها در اختلاط با خمیر الیاف بلند وارداتی کاغذهای دست ساز تهیه گردید و ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آنها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش نسبت خمیر DIP کاغذهای باطله اداری در مخلوط خمیرها، ویژگی‌های نوری کاغذها بهبود یافته ولی ویژگی‌های مقاومتی اندکی کاهش نشان دادند. نتایج حاصل از امتیازدهی تیمارهای آزمایشی براساس محاسبه معادلات نرمال سازی نشان داد که کاغذ حاوی ۸۰ درصد خمیر CMP سپیدار، ۱۵ درصد خمیر مرکب‌زدایی شده و ۵ درصد خمیرالیاف بلند وارداتی بعد از تیمار شاهد دارای بالاترین رتبه و به عبارت دیگر، بهترین شرایط از نظر مجموع ویژگی‌های کاغذ است. لذا استفاده از خمیر DIP مخلوط کاغذهای باطله اداری تا سطح ۱۵ درصد در اختلاط با خمیر کاغذ CMP گونه سپیدار به همراه مقدار کمی خمیر الیاف بلند وارداتی منجر به تولید کاغذ روزنامه مناسب شده و قابل توصیه است. به علاوه تحت شرایط مناسب می‌توان سهم این خمیر DIP را به ۲۰ درصد نیز رساند و همچنان کاغذی با ویژگی‌های مقاومتی و نوری مطلوب به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: خمیر CMP سپیدار، مرکب زدایی، مخلوط کاغذهای باطله اداری، شناور سازی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- تعریف کاغذ.....	۲
۳-۱- تولید و مصرف کاغذ.....	۳
۴-۱- ضرورت بازیافت کاغذ.....	۳
۵-۱- تغییرات در ویژگی‌های کاغذ در اثر بازیافت.....	۶
۶-۱- آماده‌سازی کاغذ باطله برای ساخت کاغذ.....	۷
۱-۶-۱- پخش الیاف.....	۷
۲-۶-۱- مرکب‌زدایی.....	۷
۳-۶-۱- مرکب‌زدایی شیمیایی به روش شناورسازی.....	۸
۷-۱- مروری بر ویژگی‌های خمیر CMP.....	۱۰
۸-۱- مروری بر ویژگی‌های گونه سپیدار.....	۱۱
۹-۱- اهداف تحقیق.....	۱۳
۱۰-۱- فرضیات تحقیق.....	۱۳

فصل دوم: سابقه تحقیق

۱-۲- سابقه تحقیق در ایران.....	۱۶
۲-۲- سابقه تحقیق در خارج از کشور.....	۱۸

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۱-۳- تهیه خمیر CMP از گونه سپیدار.....	۲۸
۱-۱-۳- دفیبره کردن خمیر CMP.....	۲۸
۲-۱-۳- رنگ‌بری خمیر CMP.....	۲۹
۳-۱-۳- تعیین درجه روانی خمیر CMP.....	۳۰

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۳۰.....	۳-۱-۴- پالایش خمیر CMP
۳۱.....	۳-۲- تهیه خمیر مرکب‌زدایی شده از مخلوط کاغذ باطله اداری
۳۱.....	۳-۲-۱- مرکب‌زدایی شیمیایی خمیر حاصل از مخلوط کاغذ باطله اداری
۳۳.....	۳-۲-۲- پالایش خمیر مرکب‌زدایی شده
۳۳.....	۳-۳- پالایش خمیر الیاف بلند وارداتی
۳۴.....	۳-۴- امکان‌سنجی استفاده از خمیر مرکب‌زدایی شده کاغذهای باطله اداری به جای خمیر الیاف بلند وارداتی در اختلاط با خمیر CMP سپیدار
۳۴.....	۳-۵- تهیه کاغذ دست ساز
۳۵.....	۳-۶- اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و نوری کاغذهای دست ساز
۳۵.....	۳-۶-۱- ویژگی‌های فیزیکی
۳۵.....	۳-۶-۱-۱- ضخامت
۳۵.....	۳-۶-۱-۲- حجیمی
۳۵.....	۳-۶-۲- ویژگی‌های مکانیکی
۳۵.....	۳-۶-۲-۱- مقاومت کششی
۳۶.....	۳-۶-۲-۲- مقاومت به پارگی
۳۶.....	۳-۶-۲-۳- مقاومت به ترک‌شدن
۳۶.....	۳-۶-۳- ویژگی‌های نوری
۳۶.....	۳-۶-۳-۱- درجه روشنی
۳۶.....	۳-۶-۳-۲- ماتی
۳۷.....	۳-۷- روش تجزیه تحلیل آماری

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۰.....	۴-۱- ویژگی‌های کاغذهای دست ساز حاصل از اختلاط خمیرها
۴۰.....	۴-۱-۱- ویژگی‌های فیزیکی کاغذ

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۴۰.....	۱-۱-۱-۴- ضخامت
۴۲.....	۲-۱-۱-۴- حجیمی
۴۵.....	۲-۱-۴- ویژگی‌های مکانیکی کاغذ
۴۵.....	۱-۲-۱-۴- مقاومت کششی
۴۸.....	۲-۲-۱-۴- مقاومت به پارگی
۵۱.....	۳-۲-۱-۴- مقاومت به ترکیدن
۵۴.....	۳-۱-۴- ویژگی‌های نوری
۵۴.....	۱-۳-۱-۴- درجه روشنی
۵۸.....	۲-۳-۱-۴- ماتی
۶۱.....	۲-۴- معادلات نرمال‌سازی

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶۸.....	۱-۵- نتیجه‌گیری
۷۰.....	۲-۵- پیشنهادات

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۳-۱ نسبت اختلاط خمیر CMP، الیاف بلند وارداتی و DIP کاغذ باطله اداری	۳۴
جدول ۴-۱ مقادیر ضخامت کاغذهای دست ساز (میکرون μ)	۴۰
جدول ۴-۲ آزمون تجزیه واریانس ضخامت کاغذهای دست ساز	۴۰
جدول ۴-۳ آزمون دانکن ضخامت کاغذهای دست ساز	۴۱
جدول ۴-۴ مقادیر حجیمی کاغذهای دست ساز (cm^3/g)	۴۳
جدول ۴-۵ آزمون تجزیه واریانس حجیمی کاغذهای دست ساز	۴۳
جدول ۴-۶ آزمون دانکن حجیمی کاغذهای دست ساز	۴۳
جدول ۴-۷ مقادیر شاخص مقاومت کششی کاغذهای دست ساز (N.m/g)	۴۶
جدول ۴-۸ آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت کششی کاغذهای دست ساز	۴۶
جدول ۴-۹ آزمون دانکن شاخص مقاومت کششی کاغذهای دست ساز	۴۶
جدول ۴-۱۰ مقادیر شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز ($\text{mN.m}^2/\text{g}$)	۴۶
جدول ۴-۱۱ آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز	۴۸
جدول ۴-۱۲ آزمون دانکن شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز	۴۹
جدول ۴-۱۳ مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز ($\text{kPa.m}^2/\text{g}$)	۵۱
جدول ۴-۱۴ آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز	۵۲
جدول ۴-۱۵ آزمون دانکن شاخص مقاومت ترکیدن کاغذهای دست ساز	۵۲
جدول ۴-۱۶ مقادیر درجه روشنی کاغذهای دست ساز (ISO)	۵۴
جدول ۴-۱۷ آزمون تجزیه واریانس درجه روشنی کاغذهای دست ساز	۵۵
جدول ۴-۱۸ آزمون دانکن درجه روشنی کاغذهای دست ساز	۵۶
جدول ۴-۱۹ مقادیر ماتی کاغذهای دست ساز (%)	۵۸
جدول ۴-۲۰ آزمون تجزیه واریانس ماتی کاغذهای دست ساز	۵۸
جدول ۴-۲۱ آزمون دانکن ماتی کاغذهای دست ساز	۵۹
جدول ۴-۲۲ درصد اهمیت ویژگی‌های مکانیکی و نوری در محاسبات نرمال‌سازی	۶۲

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۴-۲۳ مقادیر میانگین نتایج ویژگی‌های نوری و مکانیکی حاصل از اختلاط خمیر CMP سپیدار و کاغذ باطله اداری	۶۳
جدول ۴-۲۴ رتبه‌بندی کاغذهای دست ساز حاصل از اختلاط خمیر CMP سپیدار و کاغذ باطله اداری براساس داده‌های حاصل از آزمایشات	۶۴

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ سرعت بازیافت در کشورهای اروپای غربی.....	۵۰
شکل ۱-۴ تغییرات ضخامت کاغذهای دست ساز.....	۴۱
شکل ۲-۴ تغییرات حجیمی کاغذهای دست ساز.....	۴۴
شکل ۳-۴ تغییرات شاخص مقاومت کششی کاغذهای دست ساز.....	۴۷
شکل ۴-۴ تغییرات شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز.....	۵۰
شکل ۵-۴ تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز.....	۵۳
شکل ۶-۴ تغییرات درجه روشنی کاغذهای دست ساز قبل و پس از مرکب زدایی.....	۵۵
شکل ۷-۴ تغییرات درجه روشنی کاغذهای دست ساز.....	۵۶
شکل ۸-۴ تغییرات ماتی کاغذهای دست ساز.....	۵۹
شکل ۹-۴ تغییرات ماتی کاغذهای دست ساز قبل و پس از مرکب زدایی.....	۶۰

فصل اول

مقدمه

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

کاغذ پاره اصلی تمدن بشر طی دو هزار سال گذشته بوده و یکی از بخش‌های جدایی ناپذیر زندگی روزانه بشر معاصر است، ارتباط بسیار نزدیک ما با این ماده سبب شده است تا آن را ماده‌ای با پیچیدگی خاص ندانیم. اما این تصور از حقیقت دور است. کاغذ از منابع گیاهی تهیه می‌شود، لذا هم از نظر مرفولوژیکی و هم از نظر فیزیکی و شیمیایی ماده‌ای پیچیده است (میرشکرایی و صادقی فر ۱۳۸۶).

الیاف سلولزی متداول کاربرد گسترده‌ای در تولید انواع بی‌شمار کاغذ و مقوا یافته است. خود فرآیند تولید کاغذ یعنی اساس فرآیند صاف سازی و تشکیل شبکه ضعیفی از نمد الیاف تا حد زیادی پیچیده است. این نمد شبه کاغذ با وجود مقاومت کم، بایستی به طور پیوسته از بخش‌های پرس و خشک کن ماشین کاغذ عبور کرده و با سرعتی که در حال حاضر حدود ۶۰ کیلومتر بر ساعت است، به صورت نوار پیچانده شود، عملی که در جریان آن نمد کاغذ تحت کشش قرار می‌گیرد. برای جلوگیری از پارگی‌های متوالی کاغذ و یکنواختی آن، برخی از پیشرفته‌ترین فناوری‌های مهندسی کنترل مورد نیاز است همچنین ضروری است که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و نوری کاغذ تولیدی بهبود پیدا کند که می‌توان با افزودن عناصر شیمیایی مختلف به این مهم دست یافت (میرشکرایی و صادقی فر ۱۳۸۶، بنونتی و همکاران ۲۰۰۶).

۱-۲- تعریف کاغذ

زمانی که به کاغذ فکر می‌کنیم، ذهن ما در درجه اول به سمت ماده‌ای برای نوشتن و چاپ متمرکز می‌شود و احتمالاً در مرحله بعد به ماده‌ای برای بسته‌بندی اشیاء با وجود این، به دلیل اینکه محصولات بسیاری مثل پارچه، مقوا، کاغذ صافی، پوشش‌های جراحی و غیره نیز با فرآیندهای مشابهی تولید می‌شوند، تعریف جامع تری برای کاغذ مورد نیاز است (میرشکرایی و صادقی فر ۱۳۸۶).

کاغذ را می‌توان با تکیه بر روش تولید آن تعریف کرد، یعنی ماده‌ای ورقه‌ای ساخته شده از شبکه‌ای از الیاف طبیعی سلولزی که با ته‌نشینی از یک تعلیق آبی تشکیل شده است. الیاف مورد استفاده برای کاغذسازی، سلول‌های سازنده گیاهان محسوب می‌شوند و در نتیجه از منابع گیاهی

گسترده‌ای ممکن است تامین شوند. در عمل، منابع تامین الیاف برای ساخت کاغذ توسط عواملی مثل در دسترس بودن، بازده در واحد سطح و کیفیت الیاف محدود شده است. در پایان قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، پنبه حاصل از ضایعات نساجی عمده‌ترین منبع فیبری محسوب می‌شد و مهم‌ترین کارخانه‌های ساخت کاغذ در اطراف صنایع پارچه بافی توسعه یافت. در اوایل قرن بیستم با افزایش تقاضا برای مصرف کاغذ و عدم تکافوی ضایعات صنایع نساجی برای تامین ماده اولیه، مصرف چوب به شدت افزایش یافت به طوری که در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد الیاف بکر از چوب تامین می‌شود (میرشکرایبی و صادقی فر ۱۳۸۶).

۳-۱- تولید و مصرف کاغذ

مصرف کاغذ در کشورهای پیشرفته زیاد و مصرف سرانه کاغذ و مقوا در نقاط مختلف دنیا به طور چشم‌گیری متغیر است به علاوه مصرف کاغذ و مقوا به طور پیوسته در جهان در حال افزایش است. در حالی که در سال ۱۹۵۰ حدود ۴۴ میلیون تن، در سال ۱۹۹۸ تقریباً ۳۰۰ میلیون تن، در سال ۲۰۰۳ حدود ۳۳۹ میلیون تن کاغذ در جهان تولید شد و تخمین زده شد تولید در سال ۲۰۱۰ به ۴۰۰ میلیون تن افزایش پیدا کند. داده‌های آماری نشان می‌دهد که بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۲ سرعت رشد تولید کاغذ در آمریکا ۲/۵ درصد، در کشورهای اروپایی ۴/۲ درصد، در آلمان ۴/۸ درصد و در سراسر جهان ۴ درصد بوده است و در یک بازه زمانی تقریباً ۱۰ ساله، یعنی از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰، تولید کاغذ در جهان دو برابر گردیده است (اونسیت ۲۰۰۶، سیکستا ۲۰۰۶).

صنایع چوب و کاغذ به طور پیوسته در جستجوی تکنولوژی‌های جدید و دوستدار محیط زیست هستند تا به این وسیله هم سهم سالیانه گیاهان کشاورزی را در تولید کاغذ افزایش دهند و هم استفاده از خمیر کاغذ باطله در تولید کاغذ را به طور پیوسته بیشتر کنند (کوپانیا و همکاران ۲۰۰۸).

۴-۱- ضرورت بازیافت کاغذ

کاغذ باطله بزرگترین بخش زباله جامد است که بیشترین تاثیر را روی محیط زیست و زندگی معمولی افراد دارد. خوب است بدانید که بازیافت کاغذ باطله به طور مطلوبی باعث کاهش آلودگی پیرامون با کاهش جریان زباله به محیط زیست و همچنین کاهش هزینه‌های مصرفی مربوطه می‌شود.

کاهش در مصرف انرژی اضافه در تولید کاغذ و محصولات مقوایی از چوب و پنبه و همچنین ذخیره منابع جنگلی اصلی (بکر) منجر به کاهش آلودگی هوا و زمین می شود و تعادل اکولوژیکی را بهبود می بخشد (نی و همکاران، ۱۹۹۸).

براساس آمار شرکت های کاغذسازی بازیافت هر تن کاغذ باطله می تواند باعث ذخیره ۷۰۰۰ گالن آب، ۴۱۰۰ کیلووات ساعت انرژی، دور کردن ۶۰ پوند پساب آلوده کننده هوا می شود. ثابت شده است که هر تن کاغذ اگر از ۱۰۰ درصد الیاف بازیافتی تهیه شود تقریباً ۲۵ درخت حفظ می شود. بنابراین یکی از موضوعات مهم زیست محیطی بازیابی و استفاده دوباره از الیاف ثانویه به عنوان یک منبع از مواد خام برای تولید محصولات کاغذی است. در عوض، بهبود تکنولوژی های فرآیندی به منظور استفاده کامل از این منابع ثانویه ضروری است (نی و همکاران ۱۹۹۸، کوستا و رویو ۲۰۰۵).

کاغذ و محصولات فیبری وابسته تقریباً حدود ۵۰ درصد از زباله های جامد شهری^۱ در ایالات متحده به شمار می آیند. بسیاری از ایالت ها قوانین مورد نیاز شرکت های تولید کننده کاغذ را برای تعیین کمترین حد استفاده از الیاف ثانویه در کاغذهایشان تصویب کرده اند. شرکت های کاغذ سازی در نتیجه این قوانین ملزم به استفاده از ۲۵ تا ۵۰ درصد الیاف ثانویه در ترکیب کاغذهای روزنامه یا چاپ و تحریر (اداری) هستند که در نتیجه بازیافت کاغذ به یک صنعت مهم در کشور و ایالت ها تبدیل شده است. براساس نتایج آنالیز فیزیکی زباله های شهری در ایران نیز به طور متوسط حدود ۱۰/۹ درصد از این زباله ها را کاغذ و مقوا تشکیل می دهد (نی و همکاران ۱۹۹۸، میرشکرایی ۱۳۸۰).

الیاف بازیافتی ماده اولیه با ارزشی برای صنعت کاغذ هستند و حدود یک سوم از مقدار کل مواد خام مصرف شده را تشکیل می دهند که به خاطر قیمت مناسب در مقایسه با الیاف بکر، بازیافت کاغذ باطله در بسیاری کشورهای اروپایی افزایش یافته است. شکل زیر توسعه استفاده از کاغذ بازیافتی و محصولات کاغذی را بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ نشان می دهد (سرعت متوسط بازیافت کاغذ باطله در اروپا ۴۳ درصد برای سال ۲۰۰۶ اعلام شده است) (کوپانیا و همکاران ۲۰۰۸، اونسیت ۲۰۰۶).