



01123



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجا

دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc) در رشته چوب شناسی و صنایع چوب

عنوان:

جوهرزدایی آنزیمی کاغذ های مخلوط باطله اداری با استفاده از آنزیم سلولاز

کتابخانه اطلاعات مرکز تحقیقات
صنایع چوب گرجا

پژوهش و نگارش

محمد هادی آریائی منفرد

۱۴۸۷ / ۳ / ۲۸

استاد راهنما

دکتر حسین رسالتی

استاد مشاور

دکتر علی قاسمیان

زمستان ۱۳۸۶

۴۶۱۲۵



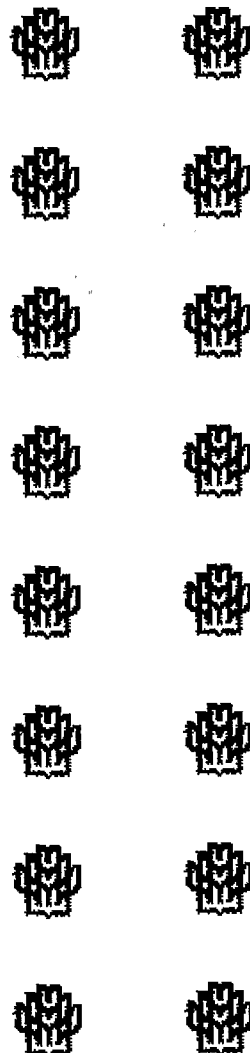
فرم شماره ۴ آئین نامه کارشناسی ارشد

مدیر محترم گروه آموزشی

(معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی)

بدینوسیله اعلام می دارد جلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمدهادی آریایی منفرد

به شماره دانشجویی ۸۴۲۳۰۱۳۱۰۱ رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ با عنوان " جوهرزدایی آنزیمی مخلوط کاغذ باطله اداری با آنزیم سلولاز " با حضور اعضای هیأت داوران در تاریخ ۱۳۸۶/۱۱/۱۶ ساعت ۱۳ الی ۱۵ در محل تالار مهندس خاوری به شرح ذیل با نمره ۹۹/۵۰ با حروف نوزده و نیم پذیرفته شد .



اعضای هیأت داوران: نام و نام خانوادگی: امضاء

۱- استاد راهنما

دکتر حسین رسالتی

۳- استاد مشاور

دکتر علی قاسمیان

۴- عضو هیأت داوران

دکتر محمدرضا دهقانی فیروزآبادی

۵- عضو هیأت داوران

دکتر احمدرضا سرائیان

۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه

دکتر شعبان شتایی جویباری

مکان: خیابان شهید بهشتی

ندوق پستی: ۳۸۶

فک: ۲۲۲۹۹۰۱

اب: ۲۲۵۱۷۰۳

E.ma

Guasnr@gau.ac

کز تلفن: ۲۲۲۴۸۲۷

۲۲۲۰۳۲۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که دستان پر تلاش و قلب
مهربانشان موجبات سعادت مرا فراهم آورده است. آنان که
به من درس از خود گذشتگی و شکیبایی آموختند و در
تمامی مراحل زندگی از محبت ها و حمایت های بی پایان
شان برخوردار بوده ام.

قدردانی و سپاس

حمد و سپاس خداوند مهربان را که با نیروی عقل و دانش انسان را بر سایر مخلوقات برتری داد، او که در تمام مراحل زندگی یاریم نمود و با اعطای نعمت حیات امکان انجام این مهم را میسر ساخت. اکنون که این پایان نامه را به سرانجام مقصود رساندم برخود لازم می دانم از کسانی که به نحوی در مراحل مختلف اجرای آن به اینجانب یاری رسانده اند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر حسین رسالتی، استاد راهنمای عزیز و بزرگووارم که راهنمایی های ارزشمند ایشان همواره راه گشای من بوده و طی انجام این تحقیق صبورانه و صمیمانه مرا تشویق و حمایت نمودند کمال سپاس را دارم و از خداوند متعال برای ایشان سلامتی آرزو می نمایم.

از جناب آقای دکتر علی قاسمیان که زحمت مشاوره این پایان نامه را تقبل نمودند و مراحل انجام این پایان نامه با دقت و درایت پاسخگویی سوالات بنده بودند کمال تشکر را دارم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر شتابی و اعضای محترم هیات داوران جناب آقایان دکتر احمد رضا سرائیان و دکتر محمد رضا دهقانی که با پیشنهاد های خود سعی در بهبود تدوین این پایان نامه را داشتند کمال سپاس را دارم.

از مسئولین و پرسنل محترم آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به ویژه خانم مهندس حسین خانی و جناب آقایان رضائی نژاد و ملک، همچنین مسئولین دفتر فنی دانشگاه که در انجام این تحقیق اینجانب را یاری نمودند، قدردانی می نمایم.

از کلیه دوستان و سروران گرامی به ویژه جناب آقای دکتر اسدپور و مهندس سلیمانی در کارخانه چوب و کاغذ مازندران و آقایان مرتضی مرنیدی، فرهاد زینلی، ایمان اکبرپور و کلیه عزیزانی که به نحوی در انجام این تحقیق مرا یاری رساندند تشکر و قدردانی می نمایم و از خداوند مهربان موفقیت و توفیق روز افزون آنان را خواستارم.

مخلوط کاغذ های باطله اداری، شامل منبع بزرگی از الیاف با کیفیت می باشند که فرآیند چاپ به روش غیر تماسی بر روی آنها صورت گرفته است. جوهرزدایی این کاغذ ها با فرآیندهای متداول شیمیایی به لحاظ تکنولوژیکی و اقتصادی مشکل است. یک روش مناسب دیگر که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته جوهرزدایی آنزیمی است. این تحقیق با هدف مقایسه قابلیت جوهرزدایی کاغذهای باطله اداری به روش شیمیایی و آنزیمی انجام گرفت. جوهرزدایی آنزیمی کاغذهای چاپ شده توسط دستگاه زیراکس با استفاده از آنزیم سلولاز تجاری حاصل از قارچ *Aspergillus niger* در سه سطح مقداری ۰/۰۲۵، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد براساس وزن خشک کاغذ (۲۵/۵، ۵۱ و ۱۰۲ U) و دو سطح زمان ۱۰ و ۱۵ دقیقه و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و pH ۸ انجام شد و تاثیر آن بر روی ویژگی های ظاهری و نوری کاغذ های دست ساز جوهرزدایی شده مورد مطالعه قرار گرفت. امتیازدهی نتایج از طریق معادلات نرمال سازی نشان داد تیمار E_7T_2 یعنی مقدار ۰/۰۵ درصد آنزیم و زمان ۱۵ دقیقه بهترین نتیجه را دارد و موجب بهبود ویژگی های ظاهری کاغذهای دست ساز نسبت به نمونه های حاصل از تیمار شیمیایی و شاهد (تیمار شده بدون حضور هرگونه مواد شیمیایی و آنزیم) می شود. در مرحله بعد تیمارهای برتر آنزیمی از نظر ویژگی های فیزیکی و مقاومتی با نمونه های شیمیایی و شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد تیمار شیمیایی از نظر ویژگی های فیزیکی نسبت به تیمار آنزیمی کاغذ های دست ساز بهتری حاصل می کند. اما از نظر ویژگی های مقاومتی کاغذ های دست ساز حاصل از تیمار آنزیمی تفاوت معنی داری با نمونه های حاصل از تیمار شیمیایی نداشتند. امتیازدهی نتایج از طریق معادلات نرمال سازی نشان داد در مجموع از بین تیمار های آنزیمی، شیمیایی و شاهد، تیمار شیمیایی کاغذ های دست ساز ویژگی های بهتری ایجاد می کند.

کلمات کلیدی: کاغذ باطله اداری، جوهرزدایی آنزیمی، ویژگی ظاهری، ویژگی مقاومتی، جوهرزدایی شیمیایی.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- فصل اول: مقدمه
۳	۱-۱ کلیات تحقیق
۶	۱-۱-۱ جایگاه بازیافت کاغذ در صنعت کاغذ سازی
۶	۱-۱-۲ انواع کاغذهای باطله
۶	۱-۲-۱-۱ جایگزین‌های خمیر
۷	۱-۲-۱-۲ کاغذهای جوهرزدایی شده با کیفیت
۷	۱-۲-۱-۳ مقوای کنگره‌ای کهنه
۸	۱-۲-۱-۴ روزنامه‌های باطله
۸	۱-۲-۱-۵ کاغذهای مخلوط
۹	۱-۳-۱-۱ جوهرزدایی
۱۰	۱-۳-۱-۲ جوهرزدایی به روش شستشو
۱۱	۱-۳-۱-۳ جوهرزدایی به روش شناورسازی
۱۳	۱-۳-۱-۴ روش ترکیبی
۱۴	۱-۴-۱-۱ عوامل موثر بر فرآیند جوهرزدایی
۱۵	۱-۴-۱-۲ جوهرزدایی شیمیایی
۱۷	۱-۴-۱-۳ معایب جوهرزدایی شیمیایی
۱۸	۱-۴-۱-۴ قابلیت جوهرزدایی انواع جوهر های چاپ
۲۰	۱-۵-۱-۱ روش‌های چاپ
۲۰	۱-۵-۱-۲ چاپ تماسی
۲۲	۱-۵-۱-۳ چاپ غیر تماسی
۲۴	۱-۶-۱-۱ آنزیم‌ها و فعالیت‌های آنزیمی
۲۵	۱-۶-۱-۲ سلولازها
۲۶	۱-۶-۱-۳ ساختار سلولز
۲۷	۱-۶-۱-۴ ساختار عمومی سلولازها

۲۹	..... ۱-۱-۶-۱-۳ فاکتورهای مؤثر بر هیدرولیز سلولز
۲۹	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۱ ویژگی‌های مؤثر ماده زمینه در هیدرولیز سلولز
۲۹	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۱-۱ درجه پلیمریزاسیون
۳۰	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۱-۲ کریستالیت
۳۰	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۱-۳ دسترس پذیری مناطق سطحی
۳۱	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۱-۴ ابعاد ذرات
۳۱	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۱-۵ پراکنش لیگنین
۳۱	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۲ خصوصیات مهم آنزیم برای هیدرولیز سلولز
۳۲	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۲-۱ جذب سطحی سلولاز بر روی سلولز
۳۲	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۲-۲ بازدارندگی محصول نهایی
۳۳	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۲-۳ پایداری تحت شرایط متفاوت
۳۳	..... ۱-۱-۶-۱-۳-۲-۴ همیاری بین اجزاء سیستم‌های سلولولیتیک
۳۴	..... ۱-۱-۶-۱-۴ کاربردهای سلولاز
۳۴	..... ۱-۱-۶-۱-۴-۱ سلولازها در صنایع خمیر و کاغذ
۳۵	..... ۱-۱-۶-۱-۵ مکانیزم عمل سلولاز در جوهرزدایی از کاغذهای مخلوط باطله اداری
۳۷	..... ۱-۱-۶-۱-۵-۱ شرایط واکنش سلولازها
۴۰	..... ۱-۱-۶-۱-۵-۲ ویژگی‌های الیاف، خمیر و کاغذ
۴۳	..... ۱-۱-۶-۱-۵-۳ کارآیی زدودن تونر
۴۴	..... ۱-۱-۶-۱-۵-۴ اثرات مواد افزودنی
۴۵	..... ۱-۱-۶-۱-۶ مزایای جانبی استفاده از آنزیم‌ها در جوهرزدایی
۴۵	..... ۱-۱-۶-۱-۶-۱ قابلیت رنگ بری
۴۷	..... ۱-۱-۶-۱-۶-۲ بهبود قابلیت زهکشی
۴۷	..... ۱-۱-۶-۱-۶-۳ کاهش آلودگی های زیست محیطی
۵۰	..... ۲- فصل دوم: سابقه تحقیق
۶۴	..... ۳- فصل سوم: مواد و روش ها
۶۴	..... ۳-۱ تهیه نمونه های آزمونی
۶۴	..... ۳-۲ مواد شیمیایی و آنزیم
۶۵	..... ۳-۳ دستگاه سلول شناورسازی
۶۶	..... ۳-۴ محاسبه رطوبت نمونه ها

۶۷	..... ۵-۳ خمیرسازی مجدد
۶۹	..... ۶-۳ جوهرزدایی
۷۰	..... ۷-۳ تعیین درجه روانی
۷۱	..... ۸-۳ تهیه کاغذ دست ساز
۷۳	..... ۹-۳ اندازه گیری ویژگی های کاغذ
۷۴	..... ۱-۹-۳ ویژگی های ظاهری و نوری کاغذ
۷۴	..... ۱-۱-۹-۳ درجه شفافیت
۷۵	..... ۲-۱-۹-۳ ماتی
۷۵	..... ۳-۱-۹-۳ تعداد ذرات جوهر
۷۶	..... ۴-۱-۹-۳ مساحت پوشیده از ذرات جوهر
۷۶	..... ۵-۱-۹-۳ کارآیی جوهرزدایی
۷۷	..... ۲-۹-۳ ویژگی های فیزیکی کاغذ
۷۷	..... ۱-۲-۹-۳ وزن پایه
۷۷	..... ۲-۲-۹-۳ ضخامت
۷۷	..... ۳-۲-۹-۳ بالک ودانسیته
۷۸	..... ۳-۹-۳ ویژگی های مکانیکی کاغذ
۷۸	..... ۱-۳-۹-۳ مقاومت کششی
۷۸	..... ۲-۳-۹-۳ مقاومت به ترکیدن
۷۹	..... ۳-۳-۹-۳ مقاومت به پاره شدن
۸۰	..... ۴-۳-۹-۳ طول پارگی
۸۰	..... ۱۰-۳ روش تجزیه و تحلیل آماری
۸۱	..... ۱-۱۰-۳ امتیازدهی از طریق معادلات نرمال سازی
۸۳	..... ۴- فصل چهارم: نتایج
۸۳	..... ۱-۴ ویژگی های خمیر کاغذهای جوهرزدایی شده
۸۳	..... ۱-۱-۴ درجه روانی
۸۵	..... ۲-۴ ویژگی های کاغذ
۸۵	..... ۱-۲-۴ ویژگی های نوری و ظاهری کاغذ
۸۵	..... ۱-۱-۲-۴ درجه شفافیت
۸۸	..... ۲-۱-۲-۴ ماتی

۱۹	..... ۳-۱-۲-۴ تعداد ذرات جوهر
۹۲	..... ۴-۱-۲-۴ مساحت پوشیده از ذرات جوهر
۹۶	..... ۲-۲-۴ کارآیی جوهرزدایی
۹۷	..... ۳-۴ امتیازدهی از طریق معادلات نرمال سازی
۱۰۲	..... ۴-۴ ویژگی های فیزیکی و مقاومتی کاغذ
۱۰۲	..... ۱-۴-۴ ویژگی های فیزیکی
۱۰۲	..... ۱-۱-۴-۴ ضخامت
۱۰۳	..... ۲-۱-۴-۴ بالک
۱۰۵	..... ۳-۱-۴-۴ دانسیته
۱۰۶	..... ۲-۴-۴ ویژگی های مقاومتی کاغذ
۱۰۶	..... ۱-۲-۴-۴ مقاومت کششی
۱۰۸	..... ۲-۲-۴-۴ مقاومت به ترکیدن
۱۰۹	..... ۳-۲-۴-۴ مقاومت به پاره شدن
۱۱۱	..... ۴-۲-۴-۴ طول پارگی
۱۱۳	..... ۵-۴ امتیازدهی از طریق معادلات نرمال سازی
۱۱۶	..... ۵-فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۱۱۶	..... ۱-۵ ویژگی های خمیرکاغذهای جوهرزدایی شده
۱۱۶	..... ۱-۱-۵ درجه روانی
۱۱۷	..... ۲-۵ ویژگی های نوری و ظاهری کاغذ
۱۱۷	..... ۱-۲-۵ درجه شفافیت
۱۱۹	..... ۲-۲-۵ ماتی
۱۲۰	..... ۳-۲-۵ تعداد ذرات جوهر
۱۲۱	..... ۴-۲-۵ مساحت پوشیده از ذرات جوهر
۱۲۳	..... ۵-۲-۵ کارآیی جوهرزدایی
۱۲۳	..... ۳-۵ امتیازدهی از طریق معادلات نرمال سازی
۱۲۴	..... ۴-۵ ویژگی های فیزیکی کاغذ
۱۲۴	..... ۱-۴-۵ ضخامت
۱۲۴	..... ۲-۴-۵ بالک
۱۲۵	..... ۳-۴-۵ دانسیته

۱۲۵	..... ۵-۵ ویژگی های مکانیکی کاغذ
۱۲۵	..... ۱-۵-۵ مقاومت کششی
۱۲۶	..... ۲-۵-۵ مقاومت به ترکیدن
۱۲۷	..... ۳-۵-۵ مقاومت به پاره شدن
۱۲۷	..... ۴-۵-۵ طول پارگی
۱۲۸	..... ۶-۵ امتیازدهی از طریق معادلات نرمال سازی
۱۲۸	..... ۶-۵ نتیجه گیری
۱۲۹	..... ۷-۵ پیشنهادات
۱۳۱	..... منابع
۱۳۵	..... پیوست ها

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۹	۱-۱ اندازه ذرات مرکب تولید شده در خمیر سازی به عنوان تابعی از نوع مرکب
۶۴	۱-۳ لیست مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق
۶۸	۲-۳ عوامل و شرایط خمیر سازی مجدد شیمیایی
۶۹	۳-۳ شرایط شناورسازی
۸۳	۱-۴ مقادیر درجه روانی خمیر های تیمار شده
۸۴	۲-۴ آزمون تجزیه واریانس درجه روانی خمیر های تیمار شده
۸۴	۳-۴ مقایسه میانگین درجه روانی خمیر های تیمار شده به روش GLM
۸۵	۴-۴ مقادیر درجه شفافیت سطح توری کاغذ های دست ساز
۸۵	۵-۴ آزمون تجزیه واریانس درجه شفافیت سطح توری کاغذ های دست ساز
۸۶	۶-۴ مقایسه میانگین درجه شفافیت سطح توری کاغذ های دست ساز به روش GLM
۸۶	۷-۴ مقادیر درجه شفافیت سطح رویی کاغذ های دست ساز
۸۷	۸-۴ آزمون تجزیه واریانس درجه شفافیت سطح رویی کاغذ های دست ساز
۸۷	۹-۴ مقایسه میانگین درجه شفافیت سطح رویی کاغذ های دست ساز به روش GLM
۸۸	۱۰-۴ مقادیر ماتی کاغذ های دست ساز
۸۸	۱۱-۴ آزمون تجزیه واریانس ماتی کاغذ های دست ساز
۸۸	۱۲-۴ مقایسه میانگین ماتی کاغذ های دست ساز به روش GLM
۸۹	۱۳-۴ تعداد ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذ های دست ساز
۹۰	۱۴-۴ آزمون تجزیه واریانس تعداد ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذ های دست ساز
۹۰	۱۵-۴ مقایسه میانگین تعداد ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذ های دست ساز به روش GLM
۹۱	۱۶-۴ تعداد ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذ های دست ساز
۹۱	۱۷-۴ آزمون تجزیه واریانس تعداد ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذ های دست ساز
۹۲	۱۸-۴ مقایسه میانگین تعداد ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذ های دست ساز به روش GLM
۹۳	۱۹-۴ مساحت ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذ های دست ساز
۹۳	۲۰-۴ آزمون تجزیه واریانس مساحت ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذ های دست ساز
۹۳	۲۱-۴ مقایسه میانگین مساحت ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذ های دست ساز به روش GLM
۹۴	۲۲-۴ مساحت ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذ های دست ساز
۹۵	۲۳-۴ آزمون تجزیه واریانس مساحت ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذ های دست ساز
۹۵	۲۴-۴ مقایسه میانگین مساحت ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذ های دست ساز به روش GLM
۹۶	۲۵-۴ میزان کارایی جوهر زدایی در سطح توری کاغذ های دست ساز
۹۶	۲۶-۴ آزمون تجزیه واریانس میزان کارایی جوهر زدایی در سطح توری کاغذ های دست ساز
۹۷	۲۷-۴ مقایسه میانگین میزان کارایی جوهر زدایی در سطح توری کاغذ های دست ساز به روش GLM
۹۸	۲۸-۴ درصد اهمیت ویژگی های ظاهری در محاسبه معادلات نرمال سازی تیمارهای آنزیمی
۱۰۰	۲۹-۴ میانگین نتایج ویژگی های ظاهری کاغذ های دست ساز حاصل از تیمارهای آنزیمی

- ۳۰-۴ امتیازات تعلق یافته به هریک از تیمارهای آزمایشی بر اساس الگوهای سه گانه..... ۱۰۱
- ۳۱-۴ مقادیر ضخامت کاغذ های دست ساز تیمار های برتر..... ۱۰۲
- ۳۲-۴ آزمون تجزیه واریانس ضخامت کاغذ های دست ساز..... ۱۰۲
- ۳۳-۴ آزمون دانکن ضخامت کاغذ های دست ساز..... ۱۰۳
- ۳۴-۴ مقادیر بالک کاغذ های دست ساز تیمار های برتر..... ۱۰۳
- ۳۵-۴ آزمون تجزیه واریانس بالک کاغذ های دست ساز..... ۱۰۴
- ۳۶-۴ آزمون دانکن بالک کاغذ های دست ساز..... ۱۰۴
- ۳۷-۴ مقادیر دانسیته کاغذ های دست ساز تیمار های برتر..... ۱۰۵
- ۳۸-۴ آزمون تجزیه واریانس دانسیته کاغذ های دست ساز..... ۱۰۵
- ۳۹-۴ آزمون دانکن دانسیته کاغذ های دست ساز..... ۱۰۵
- ۴۰-۴ مقادیر اندیس مقاومت کششی کاغذ های دست ساز..... ۱۰۶
- ۴۱-۴ آزمون تجزیه واریانس مقاومت کششی کاغذ های دست ساز..... ۱۰۷
- ۴۲-۴ آزمون دانکن اندیس مقاومت کششی کاغذ های دست ساز..... ۱۰۷
- ۴۳-۴ مقادیر اندیس مقاومت به ترکیدن کاغذ های دست ساز..... ۱۰۸
- ۴۴-۴ آزمون تجزیه واریانس مقاومت به ترکیدن کاغذ های دست ساز..... ۱۰۸
- ۴۵-۴ آزمون دانکن مقاومت به ترکیدن کاغذ های دست ساز..... ۱۰۹
- ۴۶-۴ مقادیر اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذ های دست ساز..... ۱۱۰
- ۴۷-۴ آزمون تجزیه واریانس اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذ های دست ساز..... ۱۱۰
- ۴۸-۴ آزمون دانکن اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذ های دست ساز..... ۱۱۰
- ۴۹-۴ مقادیر طول پارگی کاغذ های دست ساز..... ۱۱۱
- ۵۰-۴ آزمون تجزیه واریانس طول پارگی کاغذ های دست ساز..... ۱۱۲
- ۵۱-۴ آزمون دانکن طول پارگی کاغذ های دست ساز..... ۱۱۲
- ۵۲-۴ درصد اهمیت ویژگی های ظاهری و مقاومتی در محاسبه معادلات نرمال سازی..... ۱۱۳
- ۵۳-۴ میانگین نتایج ویژگی های ظاهری و مقاومتی کاغذ های دست ساز..... ۱۱۳
- ۵۴-۴ امتیازات تعلق یافته به هریک از تیمارهای آزمایشی بر اساس الگوهای سه گانه..... ۱۱۴

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۶	۱-۱ نرخ مصرف کاغذ های بازیافتی در ۱۲ کشور مهم تولیدکننده کاغذ در سال ۲۰۰۲
۱۱	۲-۱ نمودار جریان مواد در فرآیند جوهرزدایی
۱۲	۳-۱ نمونه ای از یک سلول شناورسازی آزمایشگاهی
۲۳	۴-۱ طرح نمونه ای از یک فرآیند چاپ به روش غیر تماسی
۲۸	۵-۱ طرحی از ساختار سلولز کریستالی و هیدرولیز آن توسط آنزیم های سلولولیتیک
۳۶	۶-۱ طرحی از مکانیزم احتمالی جوهرزدایی آنزیمی بوسیله تیمار با اندو۱-۴-D-گلوکاناز
۶۶	۱-۳ سلول شناورسازی آزمایشگاهی - نمای روبرو
۶۶	۲-۳ سلول شناورسازی آزمایشگاهی - نمای بالا
۸۴	۱-۴ تغییرات درجه روانی خمیرهای تیمار شده
۸۶	۲-۴ تغییرات درجه شفافیت سطح توری کاغذهای دست ساز
۸۷	۳-۴ تغییرات درجه شفافیت سطح رویی کاغذهای دست ساز
۸۹	۴-۴ تغییرات ماتی کاغذهای دست ساز
۹۰	۵-۴ تغییرات تعداد ذرات جوهر در یک مترمربع از سطح توری کاغذهای دست ساز
۹۲	۶-۴ تغییرات تعداد ذرات جوهر در یک مترمربع از سطح رویی کاغذهای دست ساز
۹۴	۷-۴ تغییرات مساحت پوشیده از ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح توری کاغذهای دست ساز
۹۶	۸-۴ تغییرات مساحت پوشیده از ذرات جوهر در یک متر مربع از سطح رویی کاغذهای دست ساز
۹۷	۹-۴ تغییرات میزان کارایی جوهرزدایی در سطح توری کاغذهای دست ساز
۱۰۳	۱۰-۴ تغییرات ضخامت کاغذهای دست ساز
۱۰۴	۱۱-۴ تغییرات بالک کاغذهای دست ساز
۱۰۶	۱۲-۴ تغییرات دانسیته کاغذهای دست ساز
۱۰۷	۱۳-۴ تغییرات اندیس مقاومت کششی کاغذهای دست ساز
۱۰۹	۱۴-۴ تغییرات اندیس مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز
۱۱۱	۱۵-۴ تغییرات اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست ساز
۱۱۲	۱۶-۴ تغییرات طول پارگی کاغذهای دست ساز

فصل اول

مقدمه

در سال های اخیر به دلیل کاهش منابع چوبی، افزایش تقاضا برای محصولات کاغذی، افزایش نگرانی های زیست محیطی ناشی از تولید کاغذ های بکر و حجم بالای کاغذ موجود در زباله های شهری ضرورت امر بازیافت منابع کاغذ موجود بیش از پیش احساس می شود. یکی از مراحل مهم در فرآیند بازیافت کاغذ و استفاده مجدد از آن، جوهر زدایی است. در سال های اخیر توجه محققین در سطح بین المللی به سوی بهینه سازی ویافتن راه های جدید در زمینه زدودن آلاینده ها به ویژه جوهر از کاغذ های باطله معطوف شده است.

طبق آمار های موجود در سال ۱۹۹۸ میلادی، ۲۲ درصد از کل کاغذ حاوی جوهر توسط کارخانجات تولید کننده کاغذ های روزنامه و چاپ و تحریر بازیافت شده، در صورتی که این مقدار در سال ۲۰۰۱ به ۳۱ درصد افزایش یافته است [۴۹ و ۱۱]. سهولت و یا سختی زدودن جوهر در ابتدا به نوع جوهر، فرآیند چاپ و نوع الیاف بستگی دارد. برخی از انواع کاغذ مانند روزنامه های چاپ شده با جوهرهای از جنس روغن نسبتا به آسانی با فرآیند های متداول شیمیایی جوهرزدایی می شوند اما کاغذ های چاپ شده به روش غیر تماسی به سختی جوهرزدایی می شوند و این در حالی است که مقدار چنین کاغذ هایی نسبت به حجم کل کاغذ بازیافت شده پیوسته در حال افزایش است [۱۱]. سخت ترین ماده خام برای جوهرزدایی، مخلوط کاغذ های باطله اداری^۱ می باشد که بخش عمده این منبع فیبری توسط دستگاه های فتوکپی و چاپگرهای لیزری که جوهر را به الیاف جوش می دهند چاپ شده، که باعث سختی زدودن آنها با روش های شیمیایی متداول گردیده است. در واقع کاغذ

های باطله اداری منبعی از الیاف با کیفیت هستند که فرآیند چاپ بر روی آنها انجام شده است و اگر جوهر زدایی بر روی آنها انجام شود می توان از آنها برای تولید کاغذ های با ارزش و انواع مختلفی از محصولات فیبری استفاده نمود. بنابراین جوهرزدایی از کاغذ های چاپ شده به روش غیر تماسی مانع فنی بزرگی در راه دست یابی و استفاده گسترده از آنها برای تولید کاغذ های با ارزش است. بسیاری از فرآیند های متداول جوهرزدایی از این کاغذ ها نیازمند مقادیر زیادی مواد شیمیایی است که استفاده از آنها منجر به هزینه های بالای تیمار پساب برای دست یابی به حدود مجاز استانداردهای زیست محیطی می گردد [۱۱]. علاوه براین، جوهرزدایی ذرات تونر به علت اتصال قوی آن ها که کوپلیمر های استایرن و اکریلات هستند، و طی فرآیند چاپ و تحت گرما ایجاد می شود حتی بکارگیری مراحل شناورسازی و شستشوی اضافه در روش شیمیایی نیز کارآیی پائینی دارد [۳۰ و ۴۶]. تحقیقات اخیر نشان می دهد که استفاده از آنزیم هایی از قبیل پکتیناز، همی سلولاز، سلولاز و لیگنینازها می تواند از طریق تاثیر بر سطوح و اتصالات فیبر در مجاورت ذرات جوهر موجب تسهیل در مراحل بعدی زدودن جوهر شود [۲۴ و ۳۰]. بهبود قابلیت زهکشی خمیر، کاهش استفاده از مواد شیمیایی گران قیمت، کاهش اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از استفاده از مواد شیمیایی و کاهش مصرف انرژی به علت بهبود در زهکشی را می توان از مزایای دیگر استفاده از تیمار آنزیمی دانست [۴۰ و ۱۵].

در این تحقیق دو فرض اصلی مطرح بود:

۱- استفاده از آنزیم در مقایسه با مواد شیمیایی موجب تسهیل در زدودن ذرات جوهر تونر از سطح الیاف و در نتیجه بهبود در ویژگی های ظاهری و نوری کاغذ های دست ساز حاصل می شود.

۲- استفاده از آنزیم سلولاز موجب کاهش ویژگی های مقاومتی کاغذ های دست ساز حاصل می شود.

اهدافی که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند عبارت بودند از:

۱- بررسی تاثیر درصدهای متفاوت آنزیم سلولاز و زمان های مختلف تیمار بر قابلیت جوهرزدایی از کاغذ باطله اداری و تعیین شرایط بهینه تیمار آنزیمی.

۲- مقایسه جوهرزدایی آنزیمی با شیمیایی به لحاظ پارامترهایی از قبیل درجه روانی خمیر، ویژگی های ظاهری و مقاومتی کاغذهای حاصله.

۱-۱ کلیات تحقیق

۱-۱-۱ جایگاه بازیافت کاغذ در صنعت کاغذ سازی

امروزه کاغذ و محصولات کاغذی نقش مهمی در زندگی روزمره ایفا می کنند. سالانه حدود ۳۶۵ میلیون تن محصولات کاغذی تولید و مصرف می شوند [۱۴]. این محصولات به شکل های بسیار گوناگونی عرضه می شوند و این تنوع به کاغذ این امکان را می دهد تا رقابت پذیری خود را در مقایسه با سایر فرآورده های مشابه حفظ کند. آمارهای جهانی از افزایش روز افزون مصرف کاغذ حکایت دارد. عوامل زیادی در افزایش مصرف کاغذ نقش دارند که از آن جمله می توان به گسترش روز افزون جمعیت و توسعه فرهنگی جوامع اشاره نمود [۶].

هم‌اکنون برای تهیه ماده اولیه مورد نیاز برای تأمین مصرف جهانی کاغذ، سالانه به حدود ۷۸۶ میلیون اصله درخت نیاز می‌باشد و صنعت کاغذ برای تأمین این مقدار ماده اولیه با چالش روبروست، این در حالی است که کاغذ و محصولات کاغذی بیشترین سهم را در زباله های دفن شده یعنی حدود ۳۸ درصد از این مواد را تشکیل می‌دهد [۱۴].

کاغذ باطله یک کالای جهانی است و ماده‌ی خام حیاتی برای تولید کاغذ و مقوا به شمار می‌آید. آن گونه که عده زیادی معتقدند بازیافت کاغذ باطله فعالیت جدیدی نبوده، بلکه فعالیتی رو به گسترش است. در گذشته، کاغذ باطله را صرفاً به دلایل اقتصادی مورد استفاده قرار می‌دادند، اما به تدریج تأثیرهای سیاسی و زیست محیطی نیز اهمیت یافته‌اند [۷]. بازیافت کاغذ علاوه بر کاهش حجم مواد ورودی به زمین‌های دفن زباله و تأمین ماده اولیه مورد نیاز برای تولید بخشی از تقاضای رو به ازدیاد جهانی محصولات کاغذی، مزایای دیگری را نیز دارا می‌باشد.

استفاده از کاغذهای بازیافتی برای تولید کاغذ نسبت به الیاف بکر موجب صرفه جویی ۵۵ درصدی منابع آب و ۷۰ درصدی مصرف انرژی می‌شود. کاهش ۷۴ درصدی در میزان انتشار آلاینده‌های هوا نسبت به ارسال کاغذ به زمینه‌های دفن زباله و یا سوزاندن آن نیز از مزایای دیگر بازیافت است. فراورش کاغذهای بازیافتی نیازمند مقادیر کمتری مواد شیمیایی است که قیمت آنها نیز ارزان تر است. در مجموع بازیافت موجب کاهش هزینه‌ها و در عین حال کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌شود [۱۴]. بازیافت موجب کاهش بهره برداری از درختان شده و در عین حال باعث اشتغال زایی بیشتری نسبت به حالتی می‌شود که خمیر مستقیماً حاصل از چوب تهیه می‌شود [۴۲].

طبق آمار ارائه شده توسط اداره محیط زیست ایالات متحده جایگزینی ۲۵ درصد از ماده اولیه کارخانه جات تولید کاغذ روزنامه با الیاف بازیافتی موجب کاهش ۱۰ درصدی در مصرف انرژی، کاهش ۱۴ درصدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای، ۱۰ درصد کاهش در انتشار NO_x و ۱۳ درصد کاهش در انتشار مواد زائد جامد می‌شود [۱۴]. تمام عوامل زیست محیطی و اقتصادی فوق موجب تغییر گرایش جهانی به سوی بازیافت محصولات کاغذی شده است.

در کشور ما نیز ضرورت استفاده از فناوری بازیافت به عنوان یکی از روش‌های مناسب تامین مواد اولیه سلولزی احساس می‌شود. گسترش این صنعت در کشور علاوه بر کاهش مقدار ارز خروجی از کشور جهت تامین کاغذ و محصولات کاغذی مورد نیاز داخلی می‌تواند موجب اشتغال‌زایی گسترده و کند نمودن روند بهره‌برداری از جنگل‌های طبیعی توسط مجتمع‌های بزرگ خمیر و کاغذ و نیز پویایی و تحرک مطلوب در صنایع خمیر و کاغذ کشور گردد [۷۵].

تولید یک تن کاغذ از الیاف بازیافتی به جای الیاف بکر موجب صرفه‌جویی در مصرف ۷۰۰۰ گالن آب ۱۷-۳۱ عدد درخت، ۴۰۰۰ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی و کاهش ۶۰ پوندی آلاینده‌های هوا می‌شود [۴۷]. با وجود تمام مزایای ذکر شده دولت‌های اغلب کشورهای دنیا سازمان‌های مسئول در امر بازیافت را با هدف حداقل ۵۰ درصدی بازیافت تشویق و یا ملزم نموده‌اند. در انگلیس و ایالات متحده در حال حاضر حدود ۴۰ درصد از کاغذهای باطله بازیافت می‌شود، اما کشورهایی از قبیل ژاپن و آلمان به مقادیر بیش از ۶۰ درصد نیز دست یافته‌اند (شکل ۱-۱) [۴۲].