دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان‌نامه جهت دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ صنایع خمیروکاغذ

عنوان

بررسی مقایسه‌ای خواص کاغذ حاصل از خمیر شیمیایی‌مکانیکی (CMP) تقویت شده با سلولز نانو-فیبریله‌شده (NFC) و سلولز میکروکریستال (MCC)

پژوهش و نگارش

صهباء علی‌نیای لاکانی

استاد راهنما

دکتر الیاس افرا

اساتید مشاور

دکتر حسین رسالتی

دکتر حسین یوسفی

۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشکش به پدر و مادر عزیزم که با صبر و پشتیبانی همیشگی خود در تمامی دوران زندگی ام امید موفقیت را در من زنده نگاه داشتند و همسر مهربانم که در تمام طول تحصیل یاریم نمود.

تقدیر و تشکر

ای هستی بخش، وجود مرا بر نعمات بی کرانت توان شکر نیست ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می تپد.
الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه ای برای اسارت و نه دست مایه ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.
حال که توفیق جمع آوری و تهیه این مجموعه را یافته ام بر خود واجب می دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری شان بهره مند گشته ام تشکر و قدردانی کنم و برای ایشان از درگاه پروردگار مهربان آرزوی سعادت و پیروزی نمایم.
در ابتدا صمیمانه ترین تقدیرها تقدیم به پدر و مادر عزیزم و بخصوص همسر مهربانم که همواره حامی و مشوقم بوده اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدون دعای خیر و برکت وجودشان غیرممکن بود.
از استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر افرا که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال تشکر را دارم.
از استاتید مشاور ارجمند جناب آقای دکتر رسالتی و جناب آقای دکتر یوسفی که در طول این تحقیق با رهنمودها و تشویق های خود مرا مورد لطف خویش قرار دادند، صمیمانه سپاسگزارم.
از داوران محترم جناب آقای دکتر دهقانی و جناب آقای دکتر قاسمیان که زحمت بازخوانی و داوری این مجموعه را به عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.
از کلیه اساتید گرانقدر گروه که در دوران تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، تشکر می نمایم.
از زحمات کارشناس محترم آزمایشگاه گروه کمال تشکر و امتنان را دارم.
و در نهایت از تمامی دوستان عزیزم که در طول این مدت افتخار آشنایی و مصاحبت با آنها را داشتم، به پاس محبت های بی دریغشان سپاسگزارم.

چکیده

در سال‌های اخیر، نانوفیبرهای سلولزی به‌دلیل داشتن خواص منحصربه‌فردی چون سطح ویژه، بلورینگی، مدول یانگ و مقاومت ویژهٔ بسیار زیاد و زیست‌تخریب‌پذیر بودن مورد توجهٔ ویژه محققان حوزه‌های علوم و تکنولوژی نانوکامپوزیت‌ها و خمیر و کاغذ قرار گرفته است. علاوه‌براین یکی از مشکلات مشاهده‌شده در استفاده از سلولز نانوفیبریله‌شده نحوهٔ برهم‌کنش این مواد با سوسپانسیون خمیر و چگونگی استقرار مناسب آن‌ها در ساختار کاغذ تولیدشده می‌باشد که عوامل فرآیندی قطعاً می‌تواند نقش مهمی را در این زمینه بازی کند.

در مطالعهٔ حاضر از مواد سلولزی و دوست‌دار محیط زیست شامل سلولز نانوفیبریله‌شده (NFC) و سلولز میکروکریستال (MCC) در ترکیب با خمیر شیمیایی‌مکانیکی (CMP) کارخانهٔ چوب و کاغذ مازندران حاوی گونه‌های ممرز و راش (مورد استفاده در تهیهٔ مقوای روکش) و با هدف بررسی اثر تقویت‌کنندگی این مواد و چگونگی تأثیر عوامل فرآیندی هم‌چون فشار پرس تر، مدت زمان و دمای اختلاط سوسپانسیون خمیر استفاده گردید.

بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذ CMP از طریق روش‌های مختلف شامل: ۱- استفاده از سلولز نانوفیبریله‌شده در چهار سطح ۵، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰درصد؛ ۲- استفاده از سلولز میکروکریستال در چهار سطح ۵، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰درصد؛ ۳- پالایش خمیر کاغذ تا دو سطح CSF ۲۵۰ و CSF ٤۰۰ با هدف بررسی اثر پالایش بر نحوهٔ برهمکنش خمیر کاغذ با NFC و MCC؛ ٤- فشار پرس تر در دو سطح ۳ و ٦ بار؛ ۵- مدت زمان اختلاط سوسپانسیون خمیر در چهار سطح ۰/۲۵، ۱، ٤ و ۸ ساعت و در نهایت ٦- دمای اختلاط سوسپانسیون خمیر در ۳ سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش مقدار سلولز نانوفیبریله‌شده تا ۵۰ درصد، میزان پالایش تا درجهٔ روانی CSF ۲۵۰ (با بهبود بر اثر افزایش سلولز نانوفیبریله‌شده)، فشار پرس تر تا bar ٦، مدت زمان اختلاط سوسپانسیون خمیر تا ۱ ساعت و افزایش دمای اختلاط تا ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به طور معنی‌داری باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذ حاصل می‌گردد. از طرفی، نتایج حاصل از به‌کارگیری سلولز میکروکریستال نتایج تقریباً عکس و نامطلوبی را از خود نشان داده است. به طور کلی نتیجه می‌گردد که سلولز نانوفیبریله‌شده در مقایسه با سلولز میکروکریستال به دلیل داشتن ابعاد نانومتری، سطح ویژه و نسبت منظر بیشتر در بهبود خواص خمیر CMP مؤثرتر بوده و اثر تقویت‌کنندگی بیشتری داشته است.

واژه‌های کلیدی

سلولز نانوفیبریله‌شده، سلولز میکروکریستال، خمیر شیمیایی‌مکانیکی، عوامل فرآیندی و بهبود ویژگی‌ها

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۲

۱-۱-کلیات ۲

۱-۱-۱- کاغذ و بسته‌بندی کاغذی ۲

۱-۱-۱-۱- فرآیند شیمیایی‌مکانیکی ٤

۱-۱-۱-۱-۱-دلایل استفاده از خمیر شیمیایی‌مکانیکی..... ٦

۱-۱-۲- مشکلات موجود در تولید کاغذ بسته‌بندی ۷

۱-۱-۳- فناوری نانو ۸

۱-۱-٤- نانوفیبر سلولز و ویژگی‌های آن ۱۱

۱-۲- بیان مسئله ۲۰

۱-۳- اهداف تحقیق ۲۱

۱-٤- فرضیات ۲۲

۲- مرور منابع ۲٤

۳- مواد و روش‌ها ۳٤

۳-۱-مواد ۳٤

۳-۱-۱- تهیهٔ خمیر کاغذ ۳٤

۳-۱-۲- تهیهٔ سلولز نانوفیبریله‌شده..... ۳۵

۳-۱-۳- تهیهٔ سلولز میکروکریستال ۳۵

۳-۲-روش‌ها ۳۷

۳-۲-۱- آماده‌سازی خمیر کاغذ برای عملیات پالایش ۳۷

۳-۲-۲- پالایش خمیر کاغذ ۳۷

۳-۲-۳- اندازه‌گیری درجهٔ روانی خمیر کاغذ ۳۸
۳-۲-٤- ساخت کاغذهای دست‌ساز ۳۹
۳-۲-٥- ارزیابی ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز ٤٥
٤- نتایج و بحث ٤٨
٤-۱-تأثیر استفاده از سلولز نانوفیبریله‌شده (NFC)..... ٤٨
٤-۱-۱- زمان آب‌گیری ٤٨
٤-۱-۲- ضخامت ٥٠
٤-۱-۳- دانسیتهٔ ظاهری ٥۱
٤-۱-٤- قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٥۲
٤-۱-٥- خواص کششی ٥۳
٤-۱-٦- مقاومت به پارگی ٥٦
٤-۱-۷- بررسی اثر پالایش در هنگام استفاده از سلولز نانوفیبریله‌شده (NFC)..... ٥۷
٤-۱-۷-۱-زمان آب‌گیری ٥۷
٤-۱-۷-۲-ضخامت ٥۸
٤-۱-۷-۳-دانسیتهٔ ظاهری ٥۸
٤-۱-۷-٤-قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٥۹
٤-۱-۷-٥-خواص کششی ٥۹
٤-۱-۷-٦-مقاومت به پارگی ٦۰
٤-۱-۸- ریزنگارهٔ میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان (FE-SEM)..... ٦۰
٤-۲-تأثیر استفاده از سلولز میکروکریستال (MCC) ٦٤
٤-۲-۱- زمان آب‌گیری ٦٥
٤-۲-۲- ضخامت ٦٦

٤-٢-٣- دانسیتهٔ ظاهری ٦٦
٤-٢-٤- قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٦٧
٤-٢-٥- خواص کششی ٦٨
٤-٢-٦- مقاومت به پارگی ٧٠
٤-٢-٧- بررسی اثر پالایش در هنگام استفاده از سلولز میکروکریستال (MCC)..... ٧١
٤-٢-٧-١- زمان آب‌گیری ٧١
٤-٢-٧-٢- ضخامت ٧١
٤-٢-٧-٣- دانسیتهٔ ظاهری ٧٢
٤-٢-٧-٤- قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٧٢
٤-٢-٧-٥- خواص کششی ٧٢
٤-٢-٧-٦- مقاومت به پارگی ٧٣
٤-٢-٨- ریزنگارهٔ میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان (FE-SEM)..... ٧٣
٤-٣- عوامل فرآیندی مؤثر بر افزودن سلولز نانوفیبریله‌شده (NFC) ٧٦
٤-٣-١- تأثیر فشار پرس تر..... ٧٦
٤-٣-١-١- ضخامت ٧٦
٤-٣-١-٢- دانسیتهٔ ظاهری ٧٧
٤-٣-١-٣- قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٧٨
٤-٣-١-٤- خواص کششی ٧٨
٤-٣-١-٥- مقاومت به پارگی ٨١
٤-٣-٢- اثرات مدت زمان اختلاط سوسپانسیون خمیر با ذرات NFC ٨٢
٤-٣-٢-١- زمان آب‌گیری ٨٢
٤-٣-٢-٢- ضخامت ٨٣
٤-٣-٢-٣- دانسیتهٔ ظاهری ٨٤

٤-٣-٢-٤- قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٨٥
٤-٣-٢-٥- خواص کششی ٨٧
٤-٣-٢-٦- مقاومت به پارگی ٨٩
٤-٣-٣- اثرات دمای اختلاط سوسپانسیون خمیر با ذرات NFC ٩٠
٤-٣-٣-١- زمان آب‌گیری ٩٠
٤-٣-٣-٢- ضخامت ٩١
٤-٣-٣-٣- دانسیتهٔ ظاهری ٩٢
٤-٣-٣-٤- قابلیت نفوذ پذیری به هوا ٩٣
٤-٣-٣-٥- خواص کششی ٩٤
٤-٣-٣-٦- مقاومت به پارگی ٩٧
٥- نتیجه‌گیری ١٠٠
٥-١- تأثیر استفاده از سلولز نانوفیبریله‌شده (NFC) ١٠٠
٥-٢- تأثیر استفاده از سلولز میکروکریستال (MCC) ١٠١
٥-٣-مقایسهٔ تأثیر استفاده از NFC و MCC ١٠٢
٥-٤-تأثیر عوامل فرآیندی ١٠٦
٥-٤-١- تأثیر فشار پرس تر ١٠٦
٥-٤-٢- تأثیر مدت زمان اختلاط سوسپانسیون خمیر ١٠٦
٥-٤-٣- تأثیر دمای اختلاط سوسپانسیون خمیر ١٠٧
٥-٥-پیشنهادات ١٠٧
منابع ١١٠

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از سلولز میکروکریستال ۱۶

شکل ۱-۲- سلولز نانوفیبریله‌شده ۱۸

شکل ۳-۱- سلولز نانوفیبریله‌شده..... ۳۵

شکل ۳-۲- سلولز میکروکریستال ۳۶

شکل ۳-۳- کاغذ صافی معمولی S&S..... ۴۰

شکل ۳-۴- وسائل آزمایش و مراحل کار..... ۴۱

شکل ۳-۵- کاغذ حاوی ۱۰۰ درصد NFC ۴۴

شکل ۴-۱- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر زمان آب‌گیری ۴۹

شکل ۴-۲- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر ضخامت..... ۵۰

شکل ۴-۳- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر دانسیتهٔ ظاهری..... ۵۱

شکل ۴-۴- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر قابلیت نفوذپذیری به هوا..... ۵۳

شکل ۴-۵- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر تغییر طول نسبی..... ۵۴

شکل ۴-۶- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر جذب انرژی کششی..... ۵۵

شکل ۴-۷- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر مقاومت کششی..... ۵۵

شکل ٤-٨- تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر مقاومت به پارگی..... ٥٧

شکل ٤-٩- ریزنگارهٔ الکترونی سطح کاغذ قبل و بعد از اختلاط با ٥٠٪ سلولز نانوفیبریله‌شده ٦٢

شکل ٤-١٠- ریزنگارهٔ الکترونی سطح شکست پارگی کاغذ حاوی ٥٠٪ سلولز نانوفیبریله‌شده (راست) و نانوفیبرها (چپ)..... ٦٣

شکل ٤-١١- ریزنگارهٔ الکترونی سطح شکست پارگی نمونهٔ شاهد..... ٦٣

شکل ٤-١٢- نمونهٔ خالص MCC..... ٦٤

شکل ٤-١٣- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر زمان آب‌گیری ٦٥

شکل ٤-١٤- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر ضخامت ٦٦

شکل ٤-١٥- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر دانسیتهٔ ظاهری ٦٧

شکل ٤-١٦- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر قابلیت نفوذپذیری به هوا ٦٨

شکل ٤-١٧- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر تغییر طول نسبی..... ٦٩

شکل ٤-١٨- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر جذب انرژی کششی..... ٦٩

شکل ٤-١٩- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر مقاومت کششی..... ٧٠

شکل ٤-٢٠- تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر مقاومت به پارگی..... ٧١

شکل ٤-٢١- سطح کاغذ محتوی ٥٠٪ سلولز میکروکریستال در دو بزرگ‌نمایی..... ٧٤

شکل ٤-٢٢- محل پارگی کاغذ حاوی ٥٠٪ سلولز میکروکریستال..... ٧٥

شکل ٤-٢٣- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر ضخامت..... ٧٦
شکل ٤-٢٤- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر دانسیتهٔ ظاهری..... ٧٧
شکل ٤-٢٥- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر قابلیت نفوذپذیری به هوا..... ٧٨
شکل ٤-٢٦- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر تغییر طول نسبی..... ٧٩
شکل ٤-٢٧- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر جذب انرژی کششی..... ٨٠
شکل ٤-٢٨- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر مقاومت کششی..... ٨٠
شکل ٤-٢٩- تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر مقاومت به پارگی..... ٨١
شکل ٤-٣٠- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر زمان آب‌گیری..... ٨٣
شکل ٤-٣١- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر ضخامت..... ٨٤
شکل ٤-٣٢- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر دانسیتهٔ ظاهری..... ٨٥
شکل ٤-٣٣- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر قابلیت نفوذپذیری به هوا..... ٨٦
شکل ٤-٣٤- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر تغییر طول نسبی..... ٨٨
شکل ٤-٣٥- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر جذب انرژی کششی..... ٨٨
شکل ٤-٣٦- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر مقاومت کششی..... ٨٩
شکل ٤-٣٧- تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر مقاومت به پارگی..... ٩٠
شکل ٤-٣٨- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر زمان آب‌گیری..... ٩١

شکل ٤-٣٩- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر ضخامت.....٩٢
شکل ٤-٤٠- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر دانسیتهٔ ظاهری.....٩٣
شکل ٤-٤١- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر قابلیت نفوذپذیری به هوا.....٩٤
شکل ٤-٤٢- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر تغییر طول نسبی.....٩٥
شکل ٤-٤٣- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر جذب انرژی کششی.....٩٦
شکل ٤-٤٤- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر مقاومت کششی.....٩٦
شکل ٤-٤٥- تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر مقاومت به پارگی.....٩٨

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- بررسی مقایسه‌ای نسبت مولکول‌های سطحی به تعداد کل مولکول‌ها ۱۰

جدول ۱-۲- ابعاد ساختارهای سلولزی ۱۸

فهرست جداول پیوست

جدول ۱- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر زمان آب‌گیری

جدول ۲- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر ضخامت

جدول ۳- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر دانسیتهٔ ظاهری

جدول ٤- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر قابلیت نفوذپذیری به هوا

جدول ٥- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر تغییر طول نسبی

جدول ٦- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر جذب انرژی کششی

جدول ۷- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر مقاومت کششی

جدول ۸- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز نانوفیبریله‌شده بر مقاومت به پارگی

جدول ۹- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر زمان آب‌گیری

جدول ۱۰- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر ضخامت

جدول ۱۱- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر دانسیتهٔ ظاهری

جدول ۱۲- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر قابلیت نفوذپذیری به هوا

جدول ۱۳- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر تغییر طول نسبی

جدول ١٤- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر جذب انرژی کششی

جدول ۱۵- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر مقاومت کششی

جدول ۱٦- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف سلولز میکروکریستال بر مقاومت به پارگی

جدول ۱۷- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر ضخامت

جدول ۱۸- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر دانسیتهٔ ظاهری

جدول ۱۹- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر قابلیت نفوذپذیری به هوا

جدول ۲۰- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر تغییر طول نسبی

جدول ۲۱- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر جذب انرژی کششی

جدول ۲۲- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر مقاومت کششی

جدول ۲۳- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف فشار پرس تر بر مقاومت به پارگی

جدول ۲٤- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر زمان آب‌گیری

جدول ۲۵- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر ضخامت

جدول ۲٦- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر دانسیتهٔ ظاهری

جدول ۲۷- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر قابلیت نفوذپذیری به هوا

جدول ۲۸- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر تغییر طول نسبی

جدول ۲۹- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر جذب انرژی کششی

جدول ۳۰- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر مقاومت کششی

جدول ۳۱- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف مدت زمان اختلاط بر مقاومت به پارگی

جدول ۳۲- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر زمان آب‌گیری

جدول ۳۳- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر ضخامت

جدول ۳٤- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر دانسیتهٔ ظاهری

جدول ۳۵- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر قابلیت نفوذپذیری به هوا

جدول ۳٦- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر تغییر طول نسبی

جدول ۳۷- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر جذب انرژی کششی

جدول ۳۸- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر مقاومت کششی

جدول ۳۹- آزمون تجزیهٔ واریانس تأثیر سطوح مختلف دمای اختلاط بر مقاومت به پارگی

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- کلیات

۱-۱-۱- کاغذ و محصولات کاغذی

کاغذ و محصولات کاغذی به عنوان یکی از کالاهای مصرفی جایگاه مهمی در زندگی انسان‌ها دارند. از زمانی که کاغذ برای ثبت اندیشه، گفتار، حوادث و دانش به‌کار رفته است هر روزه به میزان موارد مصرف آن به شکل‌های مختلف افزوده شده است. افزایش برق‌آسا و شگفت‌انگیز مصرف کاغذ را باید از ابتدای قرن نوزدهم که دانش و بینش بشری گسترش چشم‌گیر و صنعت چاپ تکامل گسترده‌ای یافته محسوب نمود. گرچه امروزه وسایل خبری نظیر تلفن، رادیو، اینترنت و ... به یاری انتقال کلمات و مفاهیم شتافته‌اند، اما کاغذ همواره ارزش و مقام یکتای خود را به عنوان بهترین، مطمئن‌ترین، ارزان‌ترین و ساده‌ترین وسیلهٔ انتقال

افکار بشر داشته است. بی‌شک در غیاب کاغذ فرهنگ‌ها گسترش نمی‌یافت و بشر امروزی از تمدن پیشینیان بهره‌ای نمی‌جست.

خمیر حاصل از چوب می‌تواند به انواع مختلفی از محصولات کاغذی از کاغذهای نازک و نرم دستمال کاغذی گرفته تا مقواهای بسیار سخت و ضخیم تبدیل گردد. در این میان ۵۰/۹ درصد از خمیر چوب تولیدی دنیا برای تولید کاغذ چاپ و تحریر، ۱۶/۹درصد برای تولید کاغذ روزنامه، ۱٤/۵درصد برای تولید کاغذ بهداشتی و ۱۷/۷درصد برای تولید کاغذ بسته‌بندی به‌کار می‌رود (گیبونز[1]، ۱۹۸٤).

بسته‌بندی در واقع چهرهٔ کالاست و به نحوی با ترکیب مواردی مانند طرح، نام تجاری و به خصوص کیفیت، باعث معرفی و مطرح‌شدن هرچه بهتر کالا می‌شود. ازجمله مواد به‌کاررفته برای بسته‌بندی کالاها کاغذ و مقوا است (رستمی و همکاران، ۱۳۸۸). مزایای مهم استفاده از مقوای مناسب برای بسته‌بندی را می‌توان بازیابی و استفاده مجدد و بازگشت سریع به چرخهٔ محیط زیست دانست. بسته‌های مقوایی و کاغذی در صورت عدم استفاده از مواد پلاستیکی و مصنوعی (به منظور بهبود برخی از قابلیت‌های آن) به راحتی قابل بازیابی هستند. هم‌چنین، بالابودن خواص کیفی بسته‌بندی کاغذی سبب شده که در بسیاری از بخش‌ها جایگزین سایر بسته‌بندی‌ها شود که از جمله جایگزینی مقوا به جای چوب در جعبه‌های میوه و دیگر اقلام غذایی را می‌توان نام برد. علاوه‌براین افزایش هزینهٔ انرژی موقعیت رقابتی کاغذ را در رابطه با پلاستیک‌های بر پایهٔ مواد نفتی که به انرژی بیشتری برای تولید نیاز دارند، بهبود بخشیده است (گیبونز، ۱۹۸٤).

هر یک از انواع کاغذها باید ویژگی‌های خاصی داشته باشند و بدین جهت باید از خمیرهای خاصی تولید گردند. به عنوان مثال کاغذ چاپ و تحریر باید دارای شکل‌گیری خوب، روشنی، مقاومت متوسط، خواص نوری و کشسانی بوده و از خمیرهایی چون کرافت

1-Gibbons