



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده منابع طبیعی ساری

موضوع پایان نامه

تاثیر اصلاح سطح الیاف و استفاده از کیتوزان جهت بهبود خواص مکانیکی کاغذ کرافت

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (MSC)

رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ

گرایش خمیر کاغذ

استاد راهنما

دکتر نورالدین نظرنژاد

استاد مشاور

دکتر امید رضانی

نگارش

ناصر رسول پور هدایتی

پاییز ۱۳۹۲



سازمان آموزش - تحصیلات تکمیلی

به نام خدا

صورت جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره: ۹۲۷۹۲۴

تاریخ: ۹۲/۶/۳۰

جلسه دفاع از رساله آقای: ناصر رسول پور هدایتی ، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته: خمر و کاغذ

به شماره دانشجویی: ۹۰۴۲۴۵۱۰۲ گرایش: گیاهپزشکی در ساعت: ۱۰ صبح روز: شنبه مورخ ۹۲/۶/۳۰

در محل: سالن شماره ۱ ، دانشکده: منابع طبیعی ، با حضور امضاء کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های

لازم، پایان نامه نامبرده بنا به رای هیأت داوران با نمره به عدد: ۱۹،۳۸ ، به حروف: نوزده و سه دهم و

۱۹،۳۸

با درجه: عالی

بدون اصلاحات پذیرفته شد. با اصلاحات پذیرفته شد (دانشجو موظف است تا تاریخ:

رساله اصلاح شده خود را که به تأیید: رسیده است به گروه آموزشی تحویل دهد).

مردود شناخته شد.

عنوان پایان نامه:

تاثیر اصلاح سطح الیاف و استفاده از کیتوزان جهت بهبود خواص مکانیکی کاغذ کرافت

هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشکده	دانشگاه	امضاء
استاد راهنما	دکتر نورالدین نظر نژاد	استاد داور		منابع طبیعی	علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	
استاد مشاور	دکتر امید رضانی	استاد داور		منابع طبیعی	دانشگاه صنعتی مازندران	
داور اول	دکتر سید مجید ذبیح زاده	دانشیار		"	علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	
داور دوم	دکتر قاسم اسد پور	استاد داور		"	"	
نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر سید محمد حسینی نصر	استاد داور		"	"	



با کمال توفیق

قدرردان دلفاف

اساتید عزیز

جناب آقاع دکتز نظر نزلد ، جناب آقاع دکتز رفغانی

خانم مهندسر قزوینی

خانم مهندسر رزم پور

خانم مهندسر نازک تبار

آقاع مهندسر مومنی

مدیریت و پرسنل گروه مهندسر فناوری سلولز و کاغذ دانشگاه شهید بهشتی تهران

و اساتید بزرگوارم

جناب آقاع دکتز ذبیح زلده

جناب آقاع دکتز اسمپور

و

سرکار خانم دکتز قربانی

می باشم.

ناصر رسول پور هدرابنی

پسکس ناقابل به
.....

روشنا وجودم
.....

پر

و

مادرم
.....

چکیده

در این پژوهش اثر اصلاح سطح الیاف بر روی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی خمیر و کاغذ کرافت، به تنهایی و همچنین به همراه کیتوزان که به عنوان یک زیست پلیمر طبیعی بهبود دهنده مقاومت کاغذ شناخته میشود، مورد ارزیابی قرار گرفت. بار سطحی الیاف نقش مهمی در واکنش آن‌ها با مواد شیمیایی دارد که به سوسپانسیون آبی الیاف اضافه می شوند. از طرفی اصلاح سطح الیاف توسط پرکسید هیدروژن موجب افزایش گروه عاملی کربوکسیل و به تبع آن افزایش بار آنیونی الیاف میشود. مقدار بیشتر گروه کربوکسیل به همراه کیتوزان منجر به تشکیل یک سیستم دوتایی آنیونی- کاتیونی میشود که اساس کار آن بر قوانین الکتروستاتیکی استوار است. لذا برای بررسی شرایط جذب کیتوزان، مصرف آن در سطوح ۰، ۰/۷۵ و ۱/۲۵ درصد (بر اساس وزن خشک خمیر کاغذ) بر روی الیاف اصلاح شده خمیر کاغذ کرافت در pH های متفاوت ۵/۵، ۷ و ۸/۵ بررسی شد. به این منظور ابتدا با روش جذب متیلن بلو مقدار گروه های کربوکسیل نمونه های خمیر قهوه ای تیمار شده با پرکسید در سطوح ۰، ۲، ۳، ۴ و ۶ درصد اندازه گیری شد. سپس نمونه هایی که دارای بیشترین مقدار گروه کربوکسیلی بودند، توسط کیتوزان مورد تیمار قرار داده و در نهایت به اندازه گیری خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ ساخته شده از آن‌ها پرداختیم. همچنین طیف FTIR نمونه های شاهد، تیمار شده با پرکسید هیدروژن و کیتوزان جهت بررسی تغییرات گروه های عاملی گرفته شد. نتایج نشان داد اصلاح سطح الیاف به تنهایی موجب افزایش مقاومت های کاغذ می گردد. همچنین کیتوزان در حالت بدون تیمار پراکسید نیز می تواند بعنوان یک ماده بهبود دهنده مقاومت خشک کاغذ عمل کند. از طرفی کیتوزان در مقادیر مصرف کمتر و pH قلیایی عملکرد بهتری از خود نشان میدهد نتایج اندازه گیری ها نشان می دهد که بالاترین دانسیته ظاهری کاغذ و بیشترین مقدار شاخص های مقاومت در برابر کشش و مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ تولیدی نیز در حالت قلیایی و در سطح ۰/۷۵ درصد کیتوزان می باشد. اما تیمارهای انجام شده بر روی مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ ساخته شده تاثیر معنی داری نداشت. نتایج حاصل از ارزیابی طیف های FTIR نشان می دهد که در نتیجه تیمار سطوح الیاف با پرکسید هیدروژن مقدار جذب پیک مربوط به گروه های کربوکسیل افزایش میابد به طوریکه میزان گروه کربوکسیل در خمیر اکسایش یافته ۱۱/۲٪ نسبت به خمیر قهوه ای (شاهد) بیشتر است که باعث شده است نشست شیمیایی کیتوزان بر روی الیاف اکسایش شده نسبت به خمیر قهوه ای ۱۸/۷۴٪ افزایش پیدا کند. همچنین بررسی مقدار نیتروژن کیتوزان موجود در کاغذ های ساخته شده توسط آزمون کج‌لدال نشان داد که نیتروژن کیتوزان در نمونه شاهد بیشتر از خمیر اکسایش شده می باشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح سطح الیاف، کیتوزان، خمیر کرافت، طیف سنجی FTIR و آزمون کج‌لدال، ویژگی های فیزیکی و مکانیکی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه و کلیات.....
۲	۱-۱ مقدمه.....
۲۳	۲-۱ اهداف و فرضیه ها.....
۲۳	۱-۲-۱ اهداف.....
۲۴	۲-۲-۱ فرضیه های تحقیق.....
۲۵	فصل دوم: پیشینه تحقیق.....
۲۶	۲. بررسی پیشینه تحقیق.....
۲۶	۱-۲ بررسی پژوهش های انجام شده در خارج و داخل کشور.....
۳۸	فصل سوم: مواد و روش ها.....
۳۹	۳. مواد و روشها.....
۳۹	۱-۳ نمونه برداری و آماده سازی خمیر کاغذ.....
۳۹	۲-۳ تعیین درصد رطوبت خمیر کاغذ.....
۴۰	۳-۳ تعیین درصد خشکی خمیر کاغذ.....
۴۰	۴-۳ تعیین درجه روانی خمیر کاغذ.....
۴۱	۵-۳ پالایش خمیر کاغذ.....
۴۲	۶-۳ تیمار با پروکسید هیدروژن.....
۴۲	۱-۶-۳ مرحله کلیت سازی.....
۴۳	۲-۶-۳ اکسایش خمیر کاغذ کرافت با پروکسید هیدروژن.....

۴۳	۷-۳ روش جذب متیلن بلو.....
۴۵	۸-۳ تیمار با افزودنی های کاتیونی.....
۴۵	۱-۸-۳ کیتوزان.....
۴۵	۲-۸-۳ شرایط افزودن مواد شیمیایی.....
۴۸	۹-۳ ساخت کاغذ دست ساز.....
۵۰	۱۰-۳ تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کاغذ.....
۵۰	۱-۱۰-۳ تعیین جرم پایه کاغذ.....
۵۰	۲-۱۰-۳ ضخامت ورقه کاغذ.....
۵۱	۳-۱۰-۳ دانسیته ظاهری کاغذ.....
۵۱	۴-۱۰-۳ شاخص مقاومت در برابر کشش.....
۵۲	۵-۱۰-۳ شاخص مقاومت در برابر ترکیدن.....
۵۳	۶-۱۰-۳ شاخص مقاومت در برابر پاره شدن.....
۵۴	۱۱-۳ ویژگی های نوری کاغذ.....
۵۴	۱-۱۱-۳ روشنی.....
۵۴	۲-۱۱-۳ ماتی.....
۵۵	۱۳-۳ طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز FTIR.....
۵۷	۱۴-۳ آزمون کجگدال.....
۵۸	۱۵-۳ طرح آماری مورد استفاده.....
۵۹	فصل چهارم: نتایج و بحث.....
۶۰	۴. نتایج و بحث.....

- ۱-۴ اندازه‌گیری درجه روانی خمیر.....۶۰
- ۲-۴ تعیین مقدار گروه کربوکسیل خمیر کاغذ کرافت در تیمارهای مختلف.....۶۰
- ۳-۴ خواص فیزیکی، مقاومتی و نوری کاغذ های ساخته شده.....۶۲
- ۱-۳-۴ دانسیته ظاهری.....۶۲
- ۲-۳-۴ شاخص مقاومت در برابر کشش.....۶۴
- ۴-۳-۴ شاخص مقاومت در برابر ترکیدن.....۶۶
- ۵-۳-۴ شاخص مقاومت در برابر پاره شدن.....۶۸
- ۴-۴ خواص نوری کاغذهای ساخته شده.....۷۰
- ۱-۴-۴ درجه روشنی و ماتی.....۷۰
- ۵-۴ تجزیه واریانس مقادیر بدست آمده از تیمارهای مختلف.....۷۳
- ۶-۴ خواص فیزیکی، مقاومتی و نوری کاغذ های ساخته شده با تیمار بهینه.....۷۳
- ۱-۶-۴ دانسیته ظاهری.....۷۴
- ۲-۶-۴ شاخص مقاومت در برابر کشش.....۷۵
- ۳-۶-۴ شاخص مقاومت در برابر ترکیدن.....۷۶
- ۴-۶-۴ شاخص مقاومت در برابر پاره شدن.....۷۷
- ۷-۴ خواص نوری کاغذهای ساخته شده با تیمار بهینه.....۷۸
- ۱-۷-۴ درجه روشنی و ماتی.....۷۹
- ۸-۴ طیف سنجی FTIR.....۸۰
- ۱-۸-۴ طیف سنجی FTIR کاغذهای کرافت.....۸۰
- ۱-۱-۸-۴ بررسی طیف COOH.....۸۰
- ۲-۱-۸-۴ بررسی طیف C-N.....۸۴
- ۵-۴ آزمون کج‌دال.....۸۵

۸۵.....	۴-۵-۱ آزمون کج‌دال برای کاغذهای کرافت.....
۹۰.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۹۱.....	۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۹۱.....	۵-۱ نتیجه‌گیری.....
۹۳.....	۵-۲ پیشنهادات.....
۹۴.....	فصل ششم: منابع و مراجع.....
۹۵.....	۶. منابع و مراجع.....

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: تاثیر افزایش پالایش بر روی نسبت بار سطح الیاف به بار کل الیاف.....	۲۸
جدول ۱-۳: شرایط پخت خمیر کرافت تهیه شده از کارخانه چوکا.....	۳۹
جدول ۲-۳: شرایط تیمار خمیر کاغذ با پروکسید هیدروژن.....	۴۳
جدول ۲-۳: مشخصات کیتوزان استفاده شده.....	۴۵
جدول ۳-۳: انواع تیمارهای انجام شده بر روی خمیر کاغذ قهوه‌ای کرافت.....	۴۶
جدول ۳-۴: اعمال تیمار بهینه بر نمونه شاهد و خمیر ۴٪ پروکسید.....	۴۷
جدول ۳-۵: علائم قراردادی برای کاهش حجم توضیحات در نمودارها.....	۴۸
جدول ۱-۴: مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف در مورد دانسیته ظاهری.....	۶۲
جدول ۲-۴: مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف در مورد مقاومت در برابر کشش.....	۶۴
جدول ۳-۴: مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف در مورد شاخص مقاومت در برابر ترکیدن.....	۶۷
جدول ۴-۴: مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف در مورد شاخص مقاومت در برابر پاره شدن.....	۶۸
جدول ۴-۵: مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف در مورد درجه روشنی و ماتی.....	۷۱
جدول ۴-۵: تجزیه واریانس مقادیر میانگین تیمارهای مختلف ویژگیهای مورد اندازه‌گیری.....	۷۳
جدول ۵-۵: نتیجه تجزیه واریانس مربوط به مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف خواص نوری کاغذهای ساخته شده.....	۷۸

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: نحوه تشکیل کیتوزان از کیتین.....	۱۶
شکل ۱-۲: پیوندهای احتمالی بین کیتوزان و الیاف سلولزی.....	۲۰
شکل ۱-۳: ساختار سلولز، کیتین، کیتوزان.....	۲۱
شکل ۳-۱: کوبنده آزمایشگاهی.....	۴۲
شکل ۳-۲: دستگاه اندازه‌گیری درجه روانی.....	۴۲
شکل ۳-۳: تهیه مایع زیر فیلتر جهت تعیین مقدار گروه کربوکسیل خمیرها.....	۴۴
شکل ۳-۴: دستگاه کاغذ دست ساز.....	۴۹
شکل ۳-۵: دستگاه پرس آزمایشگاهی ورق کاغذ.....	۴۹
شکل ۳-۶: رینگ های خشک کن کاغذ.....	۵۰
شکل ۳-۷: دستگاه اندازه گیری ضخامت کاغذ.....	۵۱
شکل ۳-۸: دستگاه اندازه گیری مقاومت در برابر کشش کاغذ.....	۵۲
شکل ۳-۹: دستگاه اندازه گیری مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ.....	۵۳
شکل ۳-۱۰: دستگاه اندازه گیری مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ.....	۵۴
شکل ۳-۱۱: دستگاه اندازه گیری درجه روشنی و ماتی کاغذ.....	۵۵
شکل ۳-۱۲: دستگاه طیف سنج FTIR.....	۵۶
شکل ۳-۱۳: دستگاه کج‌دال.....	۵۸
شکل ۴-۱: میزان گروه کربوکسیل خمیر کرافت در تیمارهای مختلف پراکسید هیدروژن.....	۶۱

- شکل ۴-۲: درصد افزایش گروه کربوکسیل در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد.....۶۱
- شکل ۴-۳: اثر کیتوزان در pH های مختلف بر روی دانسیته ظاهری کاغذهای دست ساز.....۶۳
- شکل ۴-۴: اثر کیتوزان در pH های مختلف بر روی شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذ های دست ساز.....۶۵
- شکل ۴-۵: اثر کیتوزان در pH های مختلف بر روی شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست ساز.....۶۷
- شکل ۴-۶: اثر کیتوزان در pH های مختلف بر روی شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز.....۶۹
- شکل ۴-۷: اثر کیتوزان در pH های مختلف بر روی درجه روشنی کاغذ های دست ساز.....۷۱
- شکل ۴-۸: اثر کیتوزان در pH های مختلف بر روی ماتی کاغذ های دست ساز.....۷۲
- شکل ۴-۹: تاثیر کیتوزان بر دانسیته ظاهری کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت.....۷۴
- شکل ۴-۱۰: تاثیر کیتوزان بر ضخامت کاغذهای ساخته شده از تیمارهای متفاوت.....۷۴
- شکل ۴-۱۱: تاثیر کیتوزان بر شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت.....۷۵
- شکل ۴-۱۲: تاثیر کیتوزان بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت.....۷۶
- شکل ۴-۱۳: تاثیر کیتوزان بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت.....۷۷
- شکل ۴-۱۴: اثر کیتوزان بر درجه روشنی کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت.....۷۹
- شکل ۴-۱۵: اثر کیتوزان بر ماتی کاغذهای ساخته شده با تیمارهای متفاوت.....۷۹
- شکل ۴-۱۶: طیف سنجی FTIR مربوط به تیمار های مختلف کاغذهای کرافت.....۸۱
- شکل ۴-۱۷: درصد نیتروژن کل در ۰/۲ گرم از نمونه کاغذ.....۸۶
- شکل ۴-۱۸: درصد نیتروژن موجود در نمونه های کاغذ دست ساز.....۸۷
- شکل ۴-۱۹: درصد نیتروژن ایجاد شده در نتیجه تیمار کیتوزان در نمونه های مورد نظر.....۸۸

فهرست رابطه‌ها

صفحه	عنوان
۳۹	رابطه ۱-۳: تعیین درصد رطوبت خمیر کاغذ.....
۴۰	رابطه ۲-۳: تعیین درصد خشکی خمیر کاغذ.....
۴۴	رابطه ۳-۳: تعیین مقدار گروه کربوکسیل خمیر کاغذ.....
۵۰	رابطه ۴-۳: تعیین وزن پایه کاغذ.....
۵۱	رابطه ۵-۳: تعیین دانسیته ظاهری کاغذ.....
۵۲	رابطه ۶-۳: تعیین شاخص مقاومت در برابر کشش.....
۵۲	رابطه ۷-۳: تعیین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن.....
۵۳	رابطه ۸-۳: تعیین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن.....
۸۳	رابطه ۱-۴: فرمول محاسبه عدد جذب در طیف سنجی FTIR.....
	رابطه ۲-۴: درصد نشست شیمیایی کیتوزان بر روی الیاف در خمیر پراکسید خورده نسبت به خمیر
۸۴	شاهد.....
	رابطه ۳-۴: درصد افزایش گروه کربوکسیل در خمیر ۳٪ پروکسید نسبت به خمیر شاهد در اثر اکسایش
۸۴	الیاف.....
۸۸	رابطه ۴-۴: درصد نیتروژن (حاصل از کیتوزان) نمونه تیمار شده با کیتوزان.....

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱. مقدمه و کلیات

ایجاد نیاز های جدید، همیشه از موثرترین عوامل توسعه در جنبه های مختلف زندگی بشری بوده است. اختراع صنعت چاپ توسط گوتنبرگ در قرن ۱۵ میلادی، راهیابی کتابها، مجلات و روزنامهها به زندگی آحاد افراد جامعه و افزایش سطح مطالعه، رشد صنعت بسته بندی و تمایل به استفاده از محصولات کاغذی، اقبال عمومی به محصولات بهداشتی کاغذی و بسیاری موارد دیگر که همگام با توسعه جوامع بشری ظهور کردند به گسترش هرچه بیشتر صنعت کاغذ سازی و ابداع، توسعه و بهینه سازی روشهای مختلف کاغذ سازی منجر گردید [اسموک^۳، ۱۳۷۴].

همچنین صنایع کاغذسازی از رقابت با صنایع دیگر، به ویژه پلاستیک و رسانه های الکتریکی در به دست آوردن بازارهای سنتی مصرف کاغذ آگاه است. بنابراین تکوین و تکامل فنون جدید برای حضور در این رقابت دشوار و نیاز به جستجوی موقعیتهای جدید هرگز تا این حد ضروری نبوده است [اسموک، ۱۳۸۲].

کاغذ، ترکیب پیچیده ای از انواع مواد زیستی، مصنوعی و معدنی می باشد. این اجزاء که شامل انواع الیاف چوبی و غیرچوبی و ذرات ریز آنها (نرمه ها)، مواد معدنی (پرکننده ها، رنگدانه های معدنی و...) و پلیمرهای طبیعی و مصنوعی (به منظور آهارزنی، ماندگاری و یا بهبود مقاومت) و همچنین سایر افزودنی ها هستند، برای برآورده ساختن یک ویژگی خاص یا تولید یک محصول ویژه می باشند. بنابراین ماندگاری هر یک از این اجزاء به مقدار لازم در محلول نهایی، برای دستیابی به ویژگی های کیفی در ورقه کاغذ نهایی و علاوه بر این به لحاظ به حداقل رساندن هزینه و آلودگی ها در سیستم ضروری می باشد [خسروانی، ۱۳۸۷].

بطور کلی خواص کاغذ تحت تاثیر سه فاکتور خواص ماده خام لیگنوسلولزی مصرفی، فراوری مکانیکی مواد اولیه و کاربرد مواد افزودنی شیمیایی قرار می گیرد. جهت بهبود کیفیت کاغذ تولیدی و قابلیت تولید، الیاف کاغذ سازی نیازمند یکسری تیمار های مکانیکی و شیمیایی در پایانه تر می باشند که جهت ارسال به

ماشین کاغذ آماده می‌شوند. از آنجایی که الیاف کاغذ دارای یکسری محدودیت‌های ذاتی هستند، افزودن مواد شیمیایی می‌تواند راه کار مناسبی جهت غلبه بر این مشکلات باشد.

مقاومت کاغذ متأثر از ویژگی های مواد اولیه و فرایندهای گوناگون در تولید کاغذ می باشد [آنتونوس^۴، ۲۰۰۹]. بعنوان مثال الیاف گونه های سوزنی برگ نسبت به گونه های پهن برگ و غیر چوبی از مقاومت بالاتری برخوردارند، پرکننده ها مقاومت کاغذ را کاهش می‌دهند یا شرایط کاغذ سازی قلیایی نسبت به شرایط اسیدی کاغذ قویتری تولید می‌کند. عوامل اساسی که بر مقاومت کاغذ تاثیر دارند شامل موارد زیر می باشد:

✓ مقاومت الیاف

✓ قابلیت پیوند یابی الیاف

✓ تعداد پیوند

✓ توزیع الیاف

با توجه به عوامل ذکر شده می‌توان گفت که نقش شیمی پایانه تر بر مقاومت یک فیبر بسیار ناچیز است و بیشتر تحت تاثیر گونه چوبی و فرآیندهای خمیر سازی بکار رفته می باشد. اما توزیع پیوندهای لیفی به مقدار زیادی تحت تاثیر ویژگی شکل گیری^۵ است که شکل گیری نیز تحت تاثیر عوامل متعدد شیمیایی است. بطور کلی شکل گیری ضعیف تاثیر نامطلوب بر مقاومت کاغذ دارد [راسترو^۶، ۲۰۱۱].

شیمی پایانه تر توسط دلمه شدگی^۷ و آبگیری در شکل گیری موثر است. دلمه شدگی بیش از حد موجب نواحی ناصاف و شکل گیری بد کاغذ می‌شود که بر روی مقاومت ورقه کاغذ تاثیر می‌گذارد [همزه، ۱۳۸۷].

توجه به خواص مقاومتی کاغذ در حین تولید و مصرف آن، همیشه به طور ویژه‌ای مد نظر کاغذسازان بوده است. در واقع کارایی بسیاری از ماشین‌های کاغذ به طور قابل ملاحظه‌ای با پاره شدن ورقه در پایانه تر

⁴Antunes

⁵ Formation

⁶Rasterio

⁷Agglomeration

ماشین کاغذ کاهش میابد [ماردون و همکاران^۸، ۱۹۷۵ و دونالد و همکاران^۹، ۱۹۸۸]. فراوانی پارگی‌های پایانه تر را می‌توان توسط اصلاح فرآیند از جمله استفاده از فرنیس^۱ غلیظ‌تر یا افزایش کارایی پرس ها، کاهش داد [ست و همکاران^{۱۰}، ۱۹۸۲]. کاغذسازان مواد شیمیایی متنوعی را به منظور افزایش عملکرد محصولات نهایی و همچنین بهره‌وری از فرآیند تولید استفاده می‌کنند [نیکو و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۰]. استفاده از مواد افزودنی مانند افزایش مقاومت تر و خشک یکی از راه‌های افزایش مقاومت‌های کاغذ می‌باشد.

بعضی از پدیده‌های شیمی کاغذسازی به طور مستقیم به شیمی سطح و خاصیت کلوییدی الیاف و نرمه‌ها مربوط می‌شود. خواص مهم سطح مرتبط با پدیده‌های سطحی عبارتند از ظرفیت جذب، رفتار هم کشیدگی و خواص تبادل یونی. این خواص تحت تاثیر سطح ویژه، بار سطحی و ترکیب شیمیایی الیاف و نرمه‌ها قرار دارند [همزه، ۱۳۸۷]. در واقع خصوصیات سطح الیاف، بر تمایل آن‌ها به جذب افزودنی‌های مختلف شیمیایی تاثیر می‌گذارد. جذب و ماندگاری پلی‌الکترولیت‌های افزودنی توسط ذرات موجود در سوسپانسیون کاغذسازی شدیداً تحت تاثیر بار الکترواستاتیکی قرار دارد. الیاف سلولزی به دلیل داشتن گروه‌های اسیدی که در حین پخت شیمیایی و رنگبری خمیر ایجاد شده است تا حدودی خاصیت آنیونی دارد [میرشکرایبی، ۱۳۸۱]. تحقیقات نشان داده‌اند که ظرفیت تبادل یونی الیاف چوب اغلب ناشی از وجود گروه‌های اسیدی همی سلولزها و گروه‌های سولفانات در بعضی از خمیرها است [اختراع و همکاران^{۱۲}، ۲۰۰۸ و اکوال و همکاران^{۱۳}، ۱۹۵۴]. این گروه‌های اسیدی ممکن است کربوکسیلیک (COOH) یا در بعضی موارد گروه‌های سولفونیک (SO₃H) باشند. در بیشتر خمیرها گروه‌های اورانیک اسید زایلان به عنوان گروه‌های اسیدی همیشگی هستند. گروه کربوکسیل یک گروه عاملی قابل یونی شدن است که در الیاف چوبی وجود دارد و از نظر شیمی پایانه تر به دلیل اثر آن بر بار سطحی الیاف اهمیت خاص دارد. این گروه در حین

⁸Mardon et al

⁹ Donald et al

¹⁰ Seth et al

¹¹Nicu et al

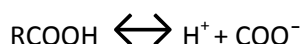
¹²Ekhtera et al

¹³Ekwall et al

تخریب قلیایی سبب تولید گروه های اسید کربوکسیلیک در انتهای احیاکننده زنجیره های سلولزی و همی سلولزی می گردد. همچنین در تیمارهای اکسایشی خمیر (مثل رنگبری) نیز این گروه ها ایجاد می شوند [میرشکرای، ۱۳۸۱ و همزه، ۱۳۸۷ و Standard-CM، ۲۰۰۲]. همی سلولزهای حل شده چوب حاوی گروه کربوکسیل اسید گلوکورونیک و لیگنین حل شده چوب حاوی گروه های فنلی اسیدی است و یونیزاسیون این گروه ها تحت تاثیر pH است [همزه، ۱۳۸۷]. در واقع گروه کربوکسیل ظرفیت تبادل یونی خمیر و توانایی جذب کاتیون فلزی را در طی فرآیند نشان می دهد. در خمیر کاغذ گروه های کربوکسیل به اتصال پیوند الیاف و شکل گیری کاغذ و ماندگاری آهار رزین کمک می کند. ثبات و خواص الکتریکی کاغذ منقبض شده اساساً به مقدار یون های فلزی متصل شده به وسیله گروه کربوکسیل وابسته است. در خمیرهای حل شونده گروه های کربوکسیل، ویسکوزیته را افزایش می دهد و قابلیت انحلال خمیر را کاهش می دهد [TAPPI 237]. [۱۹۹۸]. به طور کلی می توان گفت که در شرایط معمولی کاغذسازی، گروه های کربوکسیل و سولفونات ها و به ندرت گروه های فنولی در تبادل یونی شرکت می کنند. به هر حال در شرایط pH بالای موجود در سیستم سفید سازی و شست و شوی خمیر، گروه های هیدروکسیل فنلی لیگنین نیز در پدیده انتقال یون مشارکت می کنند [روزن^{۱۴}، ۱۹۷۵]. طبیعت آنیونی الیاف سبب ایجاد پتانسیل بار منفی در سطح الیاف می گردد که این موضوع از طریق اندازه گیری پتانسیل جریان تحرک الکتروفورتیک تأیید می شود. البته بخش عظیمی از مواد با بار منفی در اثر انحلال لیگنین و پلی ساکاریدهای اسیدی از خمیر کاغذ خارج می شوند. این نوع مواد با بار منفی به همراه مواد دیگری نظیر گروه های سولفونات که در هنگام خمیرسازی سولفیت از خمیر کاغذ ایجاد می شوند، در خمیر کاغذهای مکانیکی و شیمیایی مکانیکی و مواد بازیافتی حضور دارند و مواد کلوییدی و حل شده مزاحم و یا آشغال های آنیونی را تشکیل می دهند. این مواد به پلیمرهای کاتیونی متصل شده و از کارایی آنها می کاهند [خسروانی، ۱۳۸۷]. در واقع بار سطح تابعی از میزان گروه های کربوکسیل خمیر کاغذ است. بار سطحی الیاف نقش مهمی روی واکنش آن ها با مواد شیمیایی دارد که به سوسپانسیون آبی الیاف اضافه می شوند [میرشکرای، ۱۳۸۱]. همچنین الیاف و نرمه ها به طور طبیعی دارای

بار سطحی منفی اند و بار سطحی آنها بر اثر تغییر مقدار یونی شدن گروه های کربوکسیل سطحی در اثر تغییر pH یا تبادل یونی و جذب ذرات باردار تغییر می کند.

بنابراین می توان گفت: تعادل یونی گروه های کربوکسیل تحت تاثیر pH سیستم است. افزایش pH (کاهش غلظت یون OH^- در محیط) موجب تغییر تعادل یونی کربوکسیل به سمت راست می شود که در نتیجه آن افزایش (COO^-) و کاهش (COOH) است. به هر حال نسبت غلظت یون های مختلف همیشه یکسان است که به صورت ثابت تعادل Keq بیان می شود. کاهش pH اثر معکوسی دارد. (موجب کاهش H^+ و RCOO^- می شود). در واقع در pH های کمتر از ۲/۸ تعادل کاملاً به سمت چپ تغییر می کند و در عمل هیچ یون RCOO^- در محیط وجود ندارد. این موضوع از نظر بار سطح الیاف مهم است [همزه، ۱۳۸۷].



در طی تحقیقاتی که بر رفتار تبادل یونی خمیر ها در دامنه وسیعی از pH انجام شد نشان داده شده است که گروه های کربوکسیل عامل جذب یون در دامنه pH بین ۳ تا ۷ هستند. در pH ۹ تا ۱۱/۸ گروه های فنولی لیگنین نیز بسیار مهم اند [روزن، ۱۹۷۵]. اگر PH کمتر از ۲/۷۵ باشد بیشتر گروه های کربوکسیل هیدروژن دار می شوند و بار روی الیاف و نرمه ها اصولاً صفر است. بر عکس اگر pH تا حدود ۷-۸ افزایش یابد بسیاری از گروه های کربوکسیل یونی شده و بار سطح منفی می شود این پدیده را نیز می توان با اندازه گیری پتانسیل زتا یا تحرک میکروالکتروفورتیک سوسپانسیون خمیر بررسی کرد. گروه های فنولی لیگنین در pH های بیشتر از ۹ یونی می شوند. بنابراین در بعضی از سیستم های کاغذسازی این گروه ها ممکن