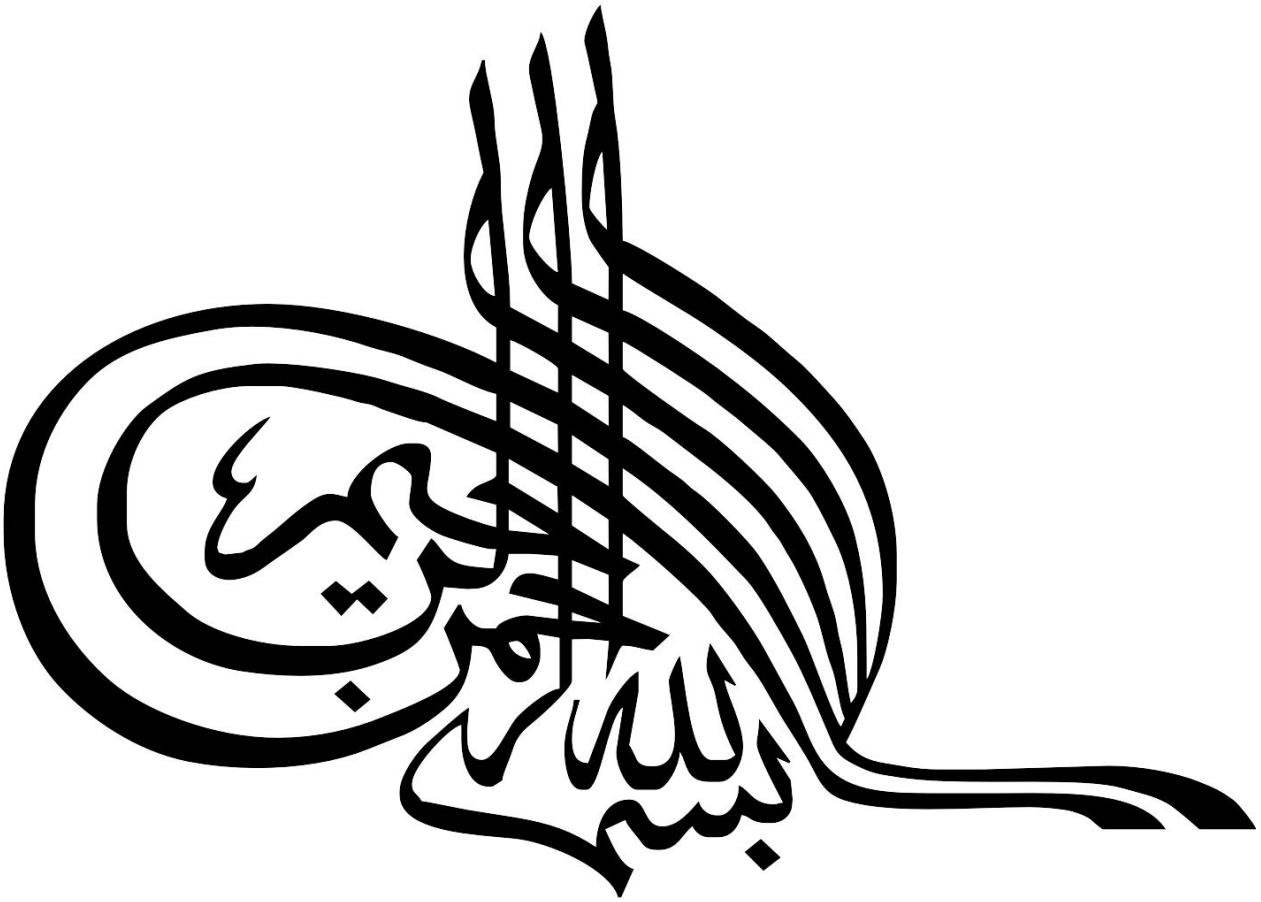

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده منابع طبیعی

عنوان:

بررسی مقایسه ای کاغذ حاصل از گونه ممرز با فرآیند های سودا-اوره و کرافت

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)
در رشته صنایع خمیر و کاغذ

استاد راهنما:
دکتر سید مجید ذبیح زاده

استاد مشاور:
دکتر نورالدین نظرنژاد

پژوهش و نگارش:
رسول درستان

آذر ماه ۱۳۹۰

سپاسگزاری

سپاس خدایی را که سخنوران در ستودن او بمانند و شمارندگان در شمردن نعمت‌های او نمانند و کوشندگان حق او را گذاردن نتوانند. خدایی که پای اندیشه تیزگام در راه شناسایی او سنگ است و صفت‌های او تعریف نشدنی و به وصف نیامدنی و در وقت نگنجیدنی و به زمانی مخصوص نابودنی است.

هر چند واژه‌ها را یارای آن نیست که لطف، محبت و بزرگواری کسانی را که در تمام دوران زندگیم جرعه نوش دریای بیکران مهر و محبتشان بوده‌ام به تصویر بکشند، به رسم ادب و احترام، بوسه بر دستشان زده و بر خود واجب می‌دانم زحمات و ارشادات کلیه اساتید بزرگوارم را ارج نهاده و مراتب تشکر قلبی و باطنی خویش را از الطاف و مهربانی‌های آنها ابراز نمایم.

از خانواده مهربانم به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند بی‌نهایت سپاسگزارم.

از زحمات، راهنمائی‌های ارزشمند استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر **مجید منیج زلده** که با راهنمایی‌ها و نظرات گهربار خود راهگشای اینجانب بوده‌اند کمال تشکر را دارم. انجام این پژوهش بدون کمک فکری، همکاری و همدلی این استاد متواضع و اندیشمند غیرممکن می‌نمود و همنشینی و شاگردی ایشان را که از بزرگترین افتخارات زندگی من می‌باشد، منت‌دار محبت‌های کارساز مهربان، هستم.

بر خود می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ و مشاورت‌های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای دکتر **نورالدین نظرنژاد** که با نظرات شیوا و راه‌گشایشان بر غنای علمی این تحقیق افزودند، قدردانی و حق‌شناسی نمایم.

از جناب آقای دکتر **حسین کرمانیان** و جناب آقای دکتر **قاسم اسدپور** که قبول زحمت فرموده و مطالعه پایان نامه و داوری رساله اینجانب را بر عهده گرفتند، سپاسگزارم.

در پایان بر خود لازم می‌دانم از همه عزیزانی که در به انجام رسیدن این پروژه مرا یاری رساندند، صمیمانه سپاسگزاری کرده و از خدای کریم پاداش در خور کرم خویش برای آنان مسئلت نمایم.

رسول دستان

آذر ۱۳۹۰

تقدیم به

روح گرانقدر پدر بزرگوارم:

که اسطوره تلاش و کوشش بود و درس زندگی را به من آموخت.

مادر عزیز و مهربانم:

که در تمامی مراحل زندگی همچون کوهی استوار حامی من بود.

برادر و خواهر عزیزم:

که آرام بودن و آرام زیستن را از آن ها آموختم.

همسر مهربانم:

که معنای حقیقی از خودگذشتگی و ایثار را به من آموخت.

و تمامی انسان هایی که در دل و جان و آدمیان نفوذ می کنند و نام نیکشان بر سر زبان ها جاری و یادشان تا ابد در دل ها ماندگار است.

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی مقایسه‌ای کاغذ حاصل از گونه ممرز با فرآیندهای سودا، سودا- اوره و کرافت و ارزیابی ویژگی‌های کاغذسازی آن‌ها انجام شد. میانگین طول الیاف ممرز ۱/۵۷ میلی‌متر و میانگین قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف به ترتیب ۲۰/۲۱، ۹/۱۸، ۵/۵۱ میکرومتر تعیین گردید. شرایط پخت در فرآیند کرافت شامل سولفیدیته ۲۵، ۲۸ و ۳۰ درصد و قلیایی فعال ۲۰ و ۲۲ درصد نسبت به جرم خشک ممرز، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه و نسبت مایع به خرده چوب ۵ به ۱ و در فرآیند سودا شامل قلیایی فعال ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد نسبت به جرم خشک ممرز، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه و نسبت مایع به خرده چوب ۵ به ۱ و در فرآیند سودا- اوره شامل قلیایی فعال ۳۰ درصد و مقدار اوره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد نسبت به جرم خشک ممرز، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۱۲۰ دقیقه و نسبت مایع به خرده چوب ۵ به ۱ در نظر گرفته شد. تیمار انتخاب شده در فرآیند کرافت دارای بازده ۴۴/۴۳ و عدد کاپای ۲۳/۷۵ و در فرآیند سودا دارای بازده ۳۸/۷۵ و عدد کاپای ۱۹/۲۸ و همچنین تیمارهای انتخاب شده در فرآیند سودا- اوره دارای بازده ۳۹/۸۵، ۴۰/۱، ۴۰/۵، ۳۹/۸، ۴۰/۶۱ و عدد کاپای ۲۱/۲۱، ۲۲/۳۳، ۲۲/۶۶، ۲۵/۲۸ و ۲۶/۸۵ بوده‌اند. پس از پالایش و رسیدن به درجه روانی ml CSF ۲۵±۴۰۰ برای هر یک از تیمارهای منتخب، کاغذ دست ساز با وزن پایه ۶۰ گرم بر متر مربع تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و نوری آن‌ها ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که خمیرکاغذهای حاصل از فرآیند کرافت بازده بیشتر و پالایش پذیری بهتری در مقایسه با خمیرکاغذهای حاصل از فرآیندهای سودا و سودا- اوره دارند. کاغذهای ساخته شده با فرآیند کرافت نیز دارای ویژگی‌های مقاومتی بالاتری نسبت به فرآیندهای سودا و سودا- اوره هستند. با افزودن اوره، بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها افزایش یافت. بیشترین بهبود در شاخص مقاومت در برابر کشش، طول پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر پاره شدن با افزودن ۳ درصد اوره و بیشترین بهبود در شاخص مقاومت در برابر ترکیدن با افزودن ۴ درصد اوره به دست آمد. نتایج اندازه گیری درجه روشنی نشان داد که کاغذهای حاصل از فرآیند کرافت و سودا به ترتیب دارای کمترین و بیشترین درجه روشنی هستند. با افزودن اوره درجه روشنی کاغذها کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: ممرز، کرافت، سودا، سودا- اوره، ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی و نوری.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول

۱-کلیات ۲

۱-۱- استفاده از گیاهان چوبی در کاغذ سازی ۳

۱-۱-۱- ریز ساختار دیواره الیاف چوبی ۴

۱-۲- استفاده از گونه ممرز در کاغذ سازی ۴

۱-۲-۱- گسترش و پراکندگی گونه ممرز ۴

۱-۲-۲- ساختار فیزیکی و ویژگی‌های گونه ممرز ۵

۱-۳- فرآیندهای خمیرکاغذ سازی ۶

۱-۳-۱- مقایسه فرآیندهای خمیرکاغذ سازی ۶

۱-۳-۲- فرآیند کرافت ۷

۱-۳-۳- مزایا و معایب فرآیند کرافت ۸

۱-۳-۴- مشکلات زیست محیطی فرآیند کرافت ۹

۱-۳-۵- کنترل گازهای خروجی در فرآیند کرافت ۱۳

۱-۳-۶- استفاده از فرآیندهای جایگزین در خمیرکاغذسازی جهت کاهش آلودگی ۱۴

۱-۳-۷- اوره و موارد مختلف مصرف آن ۱۶

۱-۳-۸- فرآیند سودا-اوره ۱۸

۱-۴- فرضیه‌ها و اهداف ۱۹

۱-۴-۱- فرضیه‌ها ۱۹

۱-۴-۲- اهداف ۲۰

فصل دوم

۲- بررسی پیشینه تحقیق ۲۲

۲-۱- مقدمه ۲۲

۲-۲- بررسی پژوهش‌های انجام شده در خارج از کشور ۲۲

۲-۳- بررسی پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور ۲۷

فصل سوم

۳- مواد و روش‌ها ۳۲

۳-۱- نمونه برداری ۳۲

۳-۲- اندازه‌گیری ابعاد الیاف ۳۲

۳-۳- تهیه خمیرکاغذ ۳۳

۳-۳-۱- آماده‌سازی نمونه پخت ۳۳

۳-۳-۲- تعیین مقدار رطوبت نمونه‌ها ۳۳

۳-۳-۳- آماده‌سازی مایع پخت و تهیه خمیرکاغذ ۳۳

۳-۳-۴- تعیین رطوبت و بازده خمیرکاغذ ۳۶

۳-۳-۵- تعیین عدد کاپای خمیرکاغذ ۳۶

۳-۳-۶- باز کردن دستجات الیاف خمیرکاغذ وغربال آن ۳۹

۳-۴- تعیین درصد خشکی خمیرکاغذ ۳۹

۳-۵- تعیین درجه روانی خمیرکاغذ ۴۰

۳-۶- پالایش خمیرکاغذ وتعیین درجه روانی پس از پالایش ۴۰

۳-۷- تهیه کاغذ دست ساز ۴۱
۳-۸- اندازه‌گیری خواص کاغذ ۴۲
۳-۸-۱- اندازه‌گیری خواص فیزیکی کاغذ ۴۲
۳-۸-۱-۱- تعیین وزن پایه کاغذ ۴۲
۳-۸-۱-۲- تعیین ضخامت کاغذ ۴۳
۳-۸-۱-۳- تعیین دانسیته ظاهری کاغذ ۴۳
۳-۸-۲- اندازه‌گیری خواص مقاومتی کاغذ ۴۳
۳-۸-۲-۱- مقاومت کششی ۴۴
۳-۸-۲-۲- طول پاره شدن ۴۵
۳-۸-۲-۴- مقاومت در برابر ترکیدن ۴۵
۳-۸-۲-۵- مقاومت در برابر پاره شدن ۴۶
۳-۸-۳- اندازه‌گیری خواص نوری کاغذ ۴۶
۳-۹- طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه ۴۶
۳-۱۰- روش تجزیه وتحلیل آماری ۴۷

فصل چهارم

۴- نتایج و بحث ۴۹
۴-۱- نتایج اندازه‌گیری ابعاد الیاف گونه ممرز ۴۹
۴-۲- نتایج تولید خمیرکاغذ و ارزیابی ویژگی‌های آن ۵۵
۴-۲-۱- بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ ۵۵
۴-۲-۲- درجه روانی خمیرکاغذ ۶۰

۴-۳- نتایج بررسی خواص فیزیکی، مقاومتی و نوری کاغذهای پالایش شده ۶۳
۴-۳-۱- خواص فیزیکی ۶۳
۴-۳-۱-۱- دانسیته ظاهری ۶۳
۴-۳-۲- خواص مقاومتی ۶۵
۴-۳-۲-۱- شاخص مقاومت در برابر کشش ۶۶
۴-۳-۲-۲- طول پاره شدن ۶۹
۴-۳-۲-۳- شاخص مقاومت در برابر ترکیدن ۷۱
۴-۳-۲-۴- شاخص مقاومت در برابر پاره شدن ۷۴
۴-۳-۳- خواص نوری ۷۷
۴-۳-۳-۱- درجه روشنی ۷۷
۴-۳-۴- تحلیل طیف زیر قرمز تبدیل فوریه ۸۰
فصل پنجم
۵- نتیجه‌گیری و پیشنهاد ۸۸
۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۸
۵-۲- پیشنهادها ۹۰
منابع و مأخذ ۹۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مواد خام فیبری مورد استفاده در کاغذسازی ۳

جدول ۱-۲- طبقه بندی جنگل‌های شمال بر حسب درصد حجمی و وسعت گونه‌ها ۵

جدول ۱-۳- ابعاد الیاف و ضرایب کاغذ سازی چوب ممرز ۶

جدول ۱-۴- مقایسه فرآیندهای خمیرکاغذسازی مختلف ۶

جدول ۱-۵- مزایا و معایب سه نوع مختلف فرآیندهای خمیرکاغذ سازی ۷

جدول ۱-۶- مزایا و معایب فرآیند خمیرکاغذسازی کرافت ۹

جدول ۱-۷- بعضی از ویژگی‌های گازهای خروجی از کارخانه خمیرکاغذ کرافت ۱۰

جدول ۱-۸- منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیندهای خمیرسازی کرافت ۱۲

جدول ۳-۱- فاکتور f برای تصحیح درصدهای مختلف مصرف پرمنگنات پتاسیم ۳۹

جدول ۴-۱- مقادیر میانگین و انحراف از معیار ابعاد الیاف گونه ممرز ۵۰

جدول ۴-۲- ضرایب بیومتری الیاف گونه ممرز ۵۱

جدول ۴-۳- ضرایب بیومتری برخی منابع لیگنوسلولزی ۵۱

جدول ۴-۴- میانگین ابعاد الیاف برخی از گیاهان چوبی و غیر چوبی ۵۳

جدول ۴-۵- بازده و عدد کاپای خمیرکاغذهای حاصل از فرآیند کرافت ۵۶

جدول ۴-۶- بازده و عدد کاپای خمیرکاغذهای حاصل از فرآیند سودا ۵۷

جدول ۴-۷- بازده و عدد کاپای خمیرکاغذهای حاصل از فرآیند سودا- اوره ۵۹

جدول ۴-۸- درجه روانی اولیه و درجه روانی پس از پالایش خمیرکاغذها ۶۱

جدول۴-۹- تجزیه واریانس مقادیر دانسیته ظاهری در تیمارهای مختلف ۶۳

جدول۴-۱۰- تجزیه واریانس مقادیر شاخص مقاومت در برابر کشش در تیمارهای مختلف ۶۷

جدول۴-۱۱- تجزیه واریانس مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن در تیمارهای مختلف ۷۱

جدول۴-۱۲- تجزیه واریانس مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در تیمارهای مختلف ۷۵

جدول۴-۱۳- تجزیه واریانس مقادیر درجه روشنی در تیمارهای مختلف ۷۸

جدول ۴-۱۴- مقادیر میانگین خواص فیزیکی، مقاومتی و نوری کاغذهای پالایش شده فرآیندهای کرافت، سودا و سودا-اوره ۸۰

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱- فرمول ساختاری و شکل فضایی ترکیب اوره ۱۶

شکل ۳-۱- نحوه تهیه نمونه‌های آزمایش برای اندازه گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست ساز ۴۴

شکل ۴-۱- نمودار پراکنش طول الیاف ممرز ۵۴

شکل ۴-۲- نمودار پراکنش ضخامت دیواره الیاف ممرز ۵۵

شکل ۴-۳- اثر اوره بر دانسیته ظاهری کاغذ حاصل از فرآیند سودا و مقایسه با فرآیند کرافت ۶۴

شکل ۴-۴- اثر اوره بر شاخص مقاومت کششی کاغذ حاصل از فرآیند سودا و مقایسه با فرآیند کرافت ۶۷

شکل ۴-۵- اثر اوره بر طول پاره شدن کاغذ حاصل از فرآیند سودا و مقایسه با فرآیند کرافت ۷۰

شکل ۴-۶- اثر اوره بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ حاصل از فرآیند سودا و مقایسه با فرآیند کرافت ۷۲

شکل ۴-۷- اثر اوره بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ حاصل از فرآیند سودا و مقایسه با فرآیند کرافت ۷۵

شکل ۴-۸- اثر اوره بر درجه روشنی کاغذ حاصل از فرآیند سودا و مقایسه با فرآیند کرافت ۷۸

شکل ۴-۹- طیف FTIR سلولز خالص (a) و سلولز اصلاح شده با مقادیر مختلف نیتروژن: ۴/۹۸٪ (b)، ۶/۰۱٪ (c) ۸۲

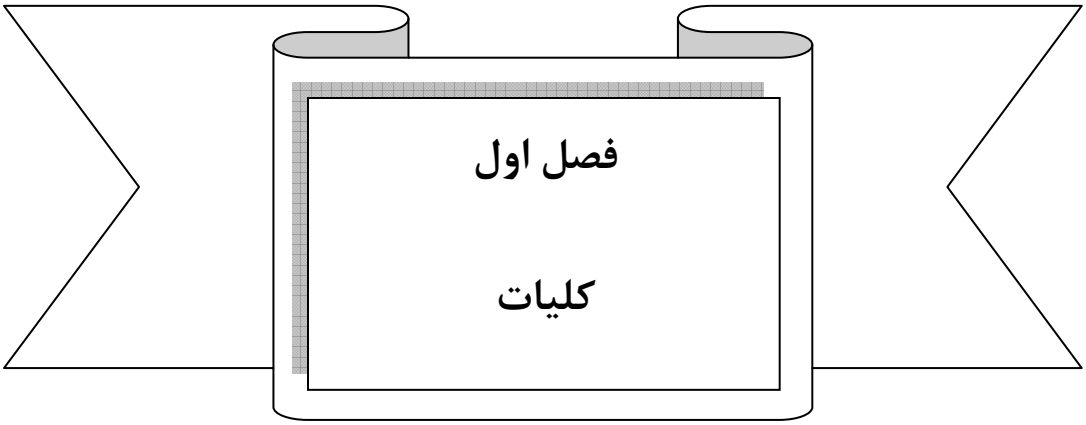
شکل ۴-۱۰- طیف FTIR خمیرکاغذ کرافت، سودا و سودا-اوره با ۳ درصد اوره ۸۳

شکل ۴-۱۱- طیف FTIR خمیرکاغذهای سودا-اوره با ۱ درصد اوره ۸۴

شکل ۴-۱۲- طیف FTIR خمیرکاغذهای سودا-اوره با ۲ درصد اوره ۸۵

شکل ۴-۱۳- طیف FTIR خمیرکاغذهای سودا-اوره با ۴ درصد اوره ۸۵

شکل ۴-۱۴- طیف FTIR خمیرکاغذهای سودا-اوره با ۵ درصد اوره ۸۶


فصل اول
کلیات

۱-کلیات

در اکثر دوره‌های مربوط به تاریخ ۱۸۰۰ ساله صنعت کاغذسازی، کاغذ به عنوان ماده‌ای با ارزش و کمیاب بوده است. تاریخ دقیق اختراع کاغذ و کاغذسازی مشخص نیست. به طور معمول سال ۱۰۵ بعد از میلاد را به عنوان تاریخ کاغذسازی ذکر کرده‌اند و اختراع آن را به تس‌آی‌لون یکی از اعضای گارد شاهنشاهی امپراتور چین نسبت داده‌اند (اسکات[۱]، ۱۳۸۴). کاغذ تأثیر زیادی بر توسعه فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی جوامع مختلف از طریق تأثیر بر ارتباطات و مکاتبات داشته است. مصرف جهانی کاغذ و مقوا به دلیل رشد جمعیت، بالا رفتن سطح آگاهی، توسعه ارتباطات و صنعتی شدن کشورهای در حال توسعه، پیوسته در حال افزایش است (عنایتی[۲] و همکاران، ۲۰۰۹) به عنوان مثال مصرف سرانه جهانی کاغذ در سال ۲۰۰۴ ۵۲/۴۵ کیلوگرم بود که در مقایسه با سال ۱۹۹۱، ۱۶/۳۲ درصد رشد داشته است (رودریگوئز[۳] و همکاران، ۲۰۰۸).

در گذشته مواد اولیه مورد نیاز کاغذسازی در قالب مواد خام فیبری از جمله کتان و سایر مواد مصرفی ناکافی بوده است و این امر به یک دوره تحقیقات جدی و مستمر در ارتباط با استفاده انواع وسیعی از مواد فیبری برای کاغذسازی منجر گردید. این حرکت منجر به ابداع و اختراع فرآیند خمیرکاغذ سازی از چوب در طی دوره سال‌های ۱۸۴۰ تا ۱۸۸۴ گردید. نخستین بار چوب در فرآیند سنگ آسیاب مورد استفاده قرار گرفت. پانزده سال بعد خمیرکاغذسازی شیمیایی با فرآیند سودا اختراع گردید. سی سال بعد فرآیند کرافت اختراع گردید (اسکات، ۱۳۸۴). امروزه چوب به علت دسترسی راحت‌تر و خواص

۱. Scott
۲. Enayati
۳. Rodriguez

فیزیکی و شیمیایی مناسب، منبع اصلی تأمین مواد خام برای صنعت خمیرکاغذ و کاغذ می‌باشد و در مقیاس جهانی حدود ۹۰ درصد فرآورده‌های کاغذی از چوب تولید می‌شود (هارتر[۱]، ۱۹۹۸).

۱-۱-استفاده از گیاهان چوبی در کاغذسازی

صنایع خمیرکاغذ و کاغذ بخش بزرگ و رو به رشدی در اقتصاد جهانی است. تولید خمیرکاغذ و کاغذ در جهان افزایش یافته و در آینده نیز افزایش آن ادامه خواهد داشت. خمیرکاغذ برای اهداف کاغذسازی به مقدار زیادی از چوب (۵۵ درصد)، گیاهان غیرچوبی (۹ درصد) و کاغذ بازیافتی (۳۶ درصد) به‌دست می‌آید. روی هم رفته، ۹۲-۹۰ درصد از مواد اولیه بکر که جهت تولید کاغذ استفاده می‌شود شامل سوزنی برگان و پهن برگان هستند و تنها ۱۰-۸ درصد مواد اولیه غیرچوبی هستند (خیمنز[۲] و همکاران، ۲۰۰۹). جدول ۱-۱ برخی از مواد خام فیبری را نشان می‌دهد که در کاغذسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ایالات متحده خمیر چوب با اختلاف زیاد نسبت به سایر مواد، مهمترین منبع فیبری می‌باشد که بیشتر از ۹۵ درصد الیاف مصرفی در ساخت کاغذ را در بر دارد (اسکات، ۱۳۸۴).

جدول ۱-۱: مواد خام فیبری مورد استفاده در کاغذسازی

I . الیاف خمیر چوب	II . ضایعات کاغذ
الف) گونه‌ها	III . پارچه کهنه، لینتر پنبه
۱. سوزنی برگان	IV . الیاف گیاهی غیر چوبی دیگر
۲. پهن برگان	V . الیاف مصنوعی (پلی اتیلن، پلی پروپیلن و غیره)
ب) ساختارهای شیمیایی	VI . الیاف معدنی (آزبستوس، فایبر گلاس)
۱. سلولز	VII . الیاف حیوانی
۲. لیگنین	
۳. همی سلولز	
۴. مواد استخراج	

منبع: (اسکات، ۱۳۸۴)

۱. Hurter
۲. Jiménez

۱-۱-۱- ریز ساختار دیواره الیاف چوبی

در زیر میکروسکوپ‌های ساده و ضعیف، الیاف چوبی به صورت دراز و باریک و اشکال نقطه مانندی به نظر می‌رسند. در آزمایش‌های دقیق‌تر با میکروسکوپ الکترونی الیاف خمیرکاغذ، ریزساختار بسیار پیچیده‌ای را از خود آشکار می‌سازد که تا حدی به کاه شباهت دارد و دارای دیواره، لایه لایه می‌باشد. هر یک از الیاف خود از چهار لایه تشکیل شده اند که از خارج به داخل بدین گونه طبقه بندی و نام‌گذاری می‌شوند: P یا دیواره اولیه، S_1 یا لایه اولیه دیواره ثانویه، S_2 یا لایه دوم دیواره ثانویه، S_3 یا لایه سوم دیواره ثانویه. حفره موجود در مرکز فیبر، حفره داخلی فیبر نامیده می‌شود. بخشی که فیبر را محاط نموده است، لایه میانی نامیده می‌شود. قسمت عمده دیواره فیبر از لایه‌های دیواره ثانویه و به ویژه S_2 تشکیل شده است. این ویژگی برای کاغذسازان بسیار مهم می‌باشد زیرا این مسئله، بسیاری از تفاوت‌های بارز و مشخص بین خصوصیات کاغذسازی الیاف گونه‌های مناطق مختلف را تشریح می‌کند. تفاوت فرآورده‌های حاصل از گونه‌های مختلف عمدتاً تابعی از زبری الیاف می‌باشد. الیاف زبرتر؛ کاغذهای ناهموار، پرحجم و با مقاومت در برابر پاره شدن بالا تولید می‌کنند که برای مقوای روکش و کاغذ کیسه‌ای بسیار مناسب می‌باشند در حالی که کاغذهای با زبری کمتر؛ کاغذهای لطیف و متراکمی تولید می‌کنند که برای چاپ و اندود نمودن بسیار مناسب می‌باشند (اسکات، ۱۳۸۴).

۱-۲- استفاده از گونه ممرز در کاغذسازی

۱-۲-۱- گسترش و پراکندگی گونه ممرز

درخت ممرز با توجه به وسعت پراکنش، مقام اول را در میان سایر درختان جنگلی در کشور ما داراست. جدول ۱-۲ طبقه بندی جنگل‌های شمال ایران را بر حسب درصد حجمی و وسعت گونه‌ها نشان می‌دهد (مهدوی و حبیبی، ۱۳۸۵).

جدول ۱-۲: طبقه بندی جنگل‌های شمال بر حسب درصد حجمی و وسعت گونه‌ها

گونه	مساحت (هزار هکتار)	درصد حجمی
ممرز	۴۷۵	۳۳
راش	۳۶۰	۲۶
توسکا	۱۲۵	۹
افرا	۱۱۱	۸
بلوط	۱۱۱	۸
نمدار	۶۹	۵
بقیه	۱۵۲	۱۱
جمع	۱۳۸۵	۱۰۰

منبع: (مهدوی و حبیبی، ۱۳۸۵)

درخت ممرز از اروپا تا قفقاز و ایران و در نقاط مختلف جنگل‌های شمال از جلگه تا ارتفاعات متوسط میان بند و از ارسباران و آستارا تا گلی داغ انتشار دارد و نمونه‌های فوقانی آن در جنگل‌های نور و دره زرین گل گرگان تا ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دیده می‌شود. این درخت در حدود ۱۰۰ سال عمر می-کند و در چند سال اول نیز گل نمی‌دهد. پراکندگی آن در کره زمین به صورتی است که در غالب نواحی اروپا، غرب آسیا، چین، ژاپن و آمریکای شمالی می‌روید (ثابتی، ۱۳۸۲).

۱-۲-۲- ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی گونه ممرز

در ایران مطالعات پراکنده‌ای به منظور تعیین خواص چوب ممرز انجام گرفته است. ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی از جمله این خواص می‌باشند (جدول ۱- ۳) (مهدوی و حبیبی، ۱۳۸۵).

جدول ۱-۳: ابعاد الیاف و ضرایب کاغذ سازی چوب ممرز

طول فیبر (میلی‌متر)	قطر فیبر (میکرومتر)	قطرحفره سلولی (میکرومتر)	ضخامت دیواره سلولی (میکرومتر)	ضریب در هم رفتگی	ضریب انعطاف پذیری	ضریب پارگی
۱/۳	۲۴/۲	۱۲/۲۷	۶/۰۵	۵۶/۶۲	۵۰/۳۵	۴۹/۶۵
۱/۳۹(۱) ۱/۱۱(۲) ۱.۱۰(۳)	۲۵	_	۶/۲	۵۵/۶	_	۴۹/۶

(۱) درخت کهنسال (۲)درخت جوان (۳)سر شاخه

منبع: (مهدوی و حبیبی، ۱۳۸۵)

۱-۳- فرآیندهای خمیرکاغذسازی

۱-۳-۱- مقایسه فرآیندهای خمیرکاغذسازی

از نظر علمی و نظری، هر گونه مواد لیفی طبیعی را می‌توان برای ساخت کاغذ مورد استفاده قرار داد ولی آزمایش‌ها نشان داده‌اندکه به‌کارگیری تعداد اندکی از آن‌ها عملی می‌باشد. چوب با اختلاف زیاد در مقایسه با سایر مواد، مهمترین منبع فیبری کاغذسازی می‌باشد. فرآیندهای خمیرکاغذسازی را می‌توان به سه دسته مکانیکی، شیمیایی و نیمه شیمیایی با توجه به شکل انرژی مورد استفاده جهت آزادسازی و جداسازی الیاف، طبقه بندی نمود (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴: مقایسه فرآیندهای خمیرکاغذ سازی مختلف

فرآیندهای خمیرکاغذ سازی	کل تولید (درصد)	گونه‌های چوبی	بازده (درصد)	مقاومت نسبی
شیمیایی (کرافت)	۸۰	همه گونه‌ها	۴۰-۵۰	۱۰۰ (SW)
نیمه شیمیایی	۹	پهن برگان	۶۵-۸۵	۵۰-۷۰
مکانیکی	۱۱	سوزنی برگان	۸۵-۹۵	۳۰

منبع: (اسکات، ۱۳۸۴)

فرآیند خمیرکاغذسازی مکانیکی بوسیلهٔ انرژی مکانیکی خالص همراه با افزایش مقدار کمی مواد شیمیایی یا بدون افزایش مواد شیمیایی الیاف را آزاد و جدا می‌سازد مانند فرآیند گراندوود سنگی. در فرآیندهای خمیرکاغذسازی شیمیایی از طریق واکنش با لیگنین، الیاف از چوب آزاد و جدا می‌شوند. در نتیجه این واکنش‌های شیمیایی، لیگنین تا اندازه‌ای حل و یا نرم می‌گردد که در این حالت الیاف چوب تنها با یک تیمار مکانیکی ملایم از هم جدا می‌شوند. در فرآیند خمیرکاغذسازی نیمه شیمیایی، تلفیقی از فرآیندهای شیمیایی و مکانیکی برای آزاد سازی الیاف به کار می‌رود. مثال‌هایی در مورد این فرآیند عبارتند از فرآیندهای نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی و نیمه شیمیایی کرافت که اولی در تولید کاغذ کنگره‌دار لایه میانی و دومی در تولید مقوای پوششی به کار می‌رود. جدول ۱-۵ مزایا و معایب روش‌های خمیرکاغذ سازی را نشان می‌دهد (اسکات، ۱۳۸۴).

جدول ۱-۵: مزایا و معایب سه نوع مختلف فرآیندهای خمیرکاغذ سازی

فرآیند	مزایا	معایب
شیمیایی (کرافت)	مقاومت بالا	رنگبری مشکل
	پخت سریع	آلودگی هوا
	امکان بازیافت شیمیایی	هزینه سرمایه گذاری بالا
نیمه شیمیایی	مقاوم در برابر فشردگی	محدویت کاربردها
	هزینه پایین	کیفیت‌های پایین در ارتباط باگذشت
مکانیکی	چاپ پذیری خوب	زمان
	راندمان بالا	مقاومت پایین

منبع: (اسکات، ۱۳۸۴)

۱-۳-۲- فرآیند کرافت

فرآیند کرافت، متداول‌ترین فرآیند تهیه خمیرکاغذ در جهان است. مزایایی چون انعطاف پذیری نسبت به گونه چوبی، زمان پخت نسبتاً کوتاه و مقاومت‌های زیاد کاغذ حاصل موجب شده است که ۷۰ درصد تولید سالیانه خمیرکاغذ در جهان به این فرآیند اختصاص یابد (رسالتی، ۱۳۸۸).

در فرآیند کرافت، خرده چوب‌ها در محلولی از هیدروکسید سدیم[۱] و سولفید سدیم[۲] پخته می‌شوند. قلیا سبب تخریب مولکول لیگنین و تبدیل آن به مولکول‌های کوچکتری می‌شود که به‌صورت نمک سدیم در مایع پخت حل می‌شوند. از خمیرکاغذ کرافت، کاغذ محکمی تولید می‌شود (kraft در زبان آلمانی به معنای محکم)، اما خمیرکاغذ رنگبری نشده بسیار تیره رنگ (قهوه‌ای) است. گازهای حاصل از عملیات پخت کرافت، عمدتاً سولفیدهای آلی و بسیار بدبو هستند که یک مسئله زیست محیطی مهم پیش می‌آورد. فرآیند کرافت حدود ۱۰۰سال پیش، با تغییری چند در فرآیند سودا (که در آن فقط از هیدروکسید سدیم به عنوان ماده شیمیایی استفاده می‌شود)، توسط کارل اس دال با اضافه کردن سولفات سدیم به مایع پخت ابداع شد. تبدیل سولفات سدیم به سولفید سدیم در جریان پخت، تغییری ناگهانی در سینتیک واکنش‌ها و در خواص خمیرکاغذ حاصل از پخت سوزنی برگان به‌وجود آورد. در واقع استفاده از سولفات سدیم در بازیابی و بازسازی مایع پخت کرافت، سبب گردیده است که گاهی این فرآیند را فرآیند سولفات بنامند (اسموک[۳]، ۱۳۸۲).

وجود سولفید سدیم در مایع پخت، تأثیر چندانی بر تولید خمیرکاغذ از پهن برگان ندارد و خمیرکاغذ پهن برگان هنوز هم عمدتاً به روش سودا تهیه می‌شود. انواع خمیرکاغذ کرافت با نام‌های مختلف تهیه می‌شود. خمیرکاغذ رنگبری نشده، بر اثر پخت کوتاه‌تر، با بازده بیشتر تولید می‌شود (لیگنین آن بیشتر است) و برای تولید کاغذ بسته بندی و مقوا مناسب است. خمیرکاغذ رنگبری شده، لیگنین کمتری دارد و برای تولید کاغذ سفید مناسب است (اسموک، ۱۳۸۲).

۱-۳-۳- مزایا و معایب فرآیند کرافت

۱. NaoH
۲ Na_2S
۳. Smook