



بررسی و مقایسه اثرات پالایش بر ویژگیهای مقاومتی خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا

امیر هومن حمصی

دانشیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

محمد مهدی پیروز

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات

چکیده

در این تحقیق، تأثیر درجه روانی بر روی خواص مقاومتی کاغذ حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ با تولرانس CSF ۲۵ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. مواد اولیه مورد نیاز از مزارع آزمایشی جهاد کشاورزی کرج تهیه و پس از آن برای تهیه خمیر کاغذ و انجام تستهای مقاومتی کاغذ به آزمایشگاه کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتقال یافت. در این بررسی، پخت تحت شرایط ۱۷۰ درجه سانتی گراد، زمان ۴۰ دقیقه و ۲۰٪ مواد شیمیایی به عنوان خمیر بهینه به منظور بررسی و مقایسه اثر پالایش انتخاب گردید. سپس از این خمیر توسط پالایشگر PFI، سه نوع خمیر کاغذ با درجه روانی ۳۰۰ ± ۲۵ ، ۴۰۰ ± ۲۵ و ۵۰۰ ± ۲۵ CSF و از هر نوع ۷ برگ کاغذ دست ساز ۱۲۷ گرمی تهیه گردید. بررسی در مورد مقاومت‌های کاغذ بدست آمده نشان داد که با افزایش پالایش، از مقاومت در برابر پاره شدن کاسته می‌شود ولی سایر مقاومت‌های خمیر کاغذ از جمله مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره‌ای و مقاومت به له شدن در حالت حلقه و سفتی افزایش می‌یابد. با توجه به هدف این تحقیق که تهیه کاغذ کنگره‌ای بوده و از آنجا که مقاومت به پاره شدن در مورد کاغذ کنگره‌ای کم اهمیت می‌باشد، خمیر کاغذ با درجه روانی ۳۰۰ ± ۲۵ که به جز مقاومت به پاره شدن، بالاترین مقاومت‌ها را نشان می‌دهد، در این مطالعه خمیر بهینه تلقی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، درجه روانی، خمیر کاغذ، مقاومت کاغذ

مقدمه

فرآیند نیمه شیمیایی، فرآیند خمیرسازی شیمیایی پرمحصول نیز نامیده می‌شود که شامل دو مرحله می‌باشد. محصول خمیر این فرآیند ۶۰ تا ۸۰٪ است. در مرحله اول یک عمل‌آوری شیمیایی ملایم مورد استفاده قرار می‌گیرد و در پی آن عمل پالایش مکانیکی روی آن انجام می‌گیرد. در نتیجه مقدار اندکی از لیگنین و موادمی سلولزی هدر می‌روند. اولین مرحله فرآیند نیمه شیمیایی، شبیه

به همه روش‌های خمیرسازی شیمیایی تجاری بوده و تنها تفاوت آن در این است که در فرآیند نیمه شیمیایی، دما، زمان پخت یا مقدار مواد شیمیایی کمتری مصرف می‌شود. مناسب‌ترین خمیر کاغذ تولیدی در روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) ۱، خمیری است که دارای راندمانی در حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد بوده و در عین حال بالاترین مقاومتها را داشته باشد (۸). بنا به تعریف فوق، بین دو خمیر کاغذ با بازده برابر، خمیر کاغذی مناسب‌تر است که ویژگیهای مقاومتی بیشتری داشته باشد. در یک بررسی، از چهار نمونه خمیر تولید شده تحت شرایط مختلف برای ساخت کاغذ کنگره ای دست ساز استفاده گردید و شرایط مناسب به شرح زیر پیشنهاد شد:

۱. خمیر کاغذ تولیدی تحت شرایط پخت ۳۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی با بازده ۷۱/۲۱ درصد.

۲. خمیر کاغذ تولیدی تحت شرایط ۴۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی با بازده ۷۱/۰۳ درصد.

با توجه به بازده و خواص مقاومتی کاغذهای دست ساز ساخته شده، خمیر بهینه برای انجام بررسی‌های بیشتر، خمیر شماره دو (۴۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی) تشخیص داده شد. لازم به توضیح است که تحت شرایط پخت ۳۰ دقیقه، بدلیل عدم تأثیر کافی مواد شیمیایی و در نتیجه سخت‌تر بودن ساختمان الیاف، احتمال به وجود آمدن مقادیر بیشتر نرمه افزایش می‌یابد که این مساله به درجه روانی زیادتر می‌انجامد. از طرفی در تیمار شیمیایی ۳۰ دقیقه، الیاف به خوبی جداسازی نشده و احتمال فیبرله شدن آنها کمتر بوده و در نتیجه، درجه روانی زیادتر است. در اثر زیاد شدن زمان تیمار شیمیایی تا ۴۰ دقیقه، الیاف نرم‌تر شده و احتمالاً فیبرله شدن بیشتری انجام گرفته که به درجه روانی کمتر رسیده‌ایم (۶).

همچنین مواد شیمیایی نیز اثر زیادی در پخت داشته و برای به دست آوردن خمیر کاغذ یکنواخت، لازم است که خرده چوبها به طور کامل با مایع پخت آغشته شوند. مقدار مواد شیمیایی که در یک پخت بکار می‌رود با توجه به نوع گونه چوبی مورد استفاده، شرایط پخت و درجه لیگنین زدایی مورد نیاز، متغییر است. مقدار مواد شیمیایی معمولاً باید به طریقی انتخاب شود که مقدار کمی از مواد شیمیایی به صورت اضافی باقی بماند. اگر مقدار کافی از مواد به دیگ پخت اضافه نگردد در مراحل پایانی، PH مایع پخت به سطحی تقلیل خواهد یافت که مواد لیگنینی حل شده در محلول پخت مجدداً بر روی الیاف رسوب می‌کنند که یک پدیده نامطلوب در تهیه خمیر کاغذ است. با افزایش میزان مواد شیمیایی، غلظت مواد شیمیایی افزایش یافته و با افزایش غلظت مواد شیمیایی، سرعت واکنش و یا به عبارتی سرعت لیگنین زدایی بیشتر می‌گردد. بنابراین برای یک میزان مشخص لیگنین زدایی با افزایش مواد شیمیایی، زمان پخت کاهش می‌یابد. در نتیجه انتظار می‌رود با افزایش مواد شیمیایی، بازده خمیر کاغذ کاهش یابد (۱۲). همچنین کلیه خواص مقاومتی تیمار ۴۰ دقیقه-۲۰ درصد مواد شیمیایی، بیشتر از تیمارهای دیگر است. لیگنین و بازده این خمیر از سایر خمیر کاغذها کمتر بوده که کمتر بودن لیگنین خمیر کاغذ باعث افزایش مقاومت خمیر در یک حد مشخص درجه روانی می‌گردد. خروج لیگنین بیشتر از خمیر کاغذ باعث انعطاف‌پذیری بیشتر الیاف شده و در نتیجه پیوند بین الیاف بیشتر می‌گردد. با افزایش سطح پیوند الیاف، مقاومت در برابر ترکیدن و طول پارگی که به پیوند بین الیاف بستگی دارد افزایش می‌یابد. همچنین مواد استخراجی قسمتی از مایع پخت را مصرف کرده و باعث کمتر شدن لیگنین زدایی در خمیر کاغذ و در نتیجه افزایش لیگنین خمیر کاغذ می‌گردد. و همچنین مشکلاتی در فرایند تولید بوجود می‌آورند. از طرف دیگر وجود سلولز بیشتر باعث پیوند بیشتر بین الیاف می‌گردد که این عمل به دلیل افزایش پیوند هیدروژنی صورت می‌گیرد (۷). طول الیاف و ضخامت دیواره بیشتر الیاف در تیمار یاد شده به دلیل سالم ماندن الیاف، سبب افزایش مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ حاصل از این خمیر می‌گردد. شاید این سوال پیش آید که به منظور رسیدن به مقاومت‌های بیشتر می‌توان شرایط پخت سخت‌تری اعمال کرد تا به مقاومت‌های بالاتری برسیم، ولی موضوع این است که در خمیر کاغذ تولید شده در فرایند (NSSC)، میزان بازده حداکثری که بتواند مقاومت‌های حداقل را برای ما تامین کند مطلوبتر است. بنابراین بازده‌های زیاد در این فرایند برای ما مهم است، اما تا آن مقدار که حداقل مقاومت‌ها را تامین کند. بنا براین در انتخاب شرایط پخت، بایستی علاوه بر آنکه بازده بالا را در نظر داشته باشیم، حداقل مقاومت‌های مورد نیاز کاغذ حاصله را حفظ نماییم.

یادآوری می‌گردد کلزا به عنوان یک ماده لیگنو سلولزی، به مقدار زیادی تولید شده ولی از آنجا که به مصرف خوراک دام نمی‌رسد، به عنوان یک منبع حرارتی در مزارع سوزانده می‌شود. یکی از کاربردهای مناسب این گونه، تولید خمیر کاغذ است. این مطالعه با هدف شناسایی شرایط بهینه تولید خمیر کاغذ از ساقه کلزا به روش فرایند سولفیت نیمه شیمیایی انجام شده است. در این تحقیق، عمدتاً اثر پالایش بر ویژگیهای خمیر کاغذ تولیدی مد نظر قرار دارد.

ثمریها وهمکاران (۱۳۸۴)، تحقیقی با هدف جایگزینی بخشی از خمیر NSSC با استفاده از خمیر کاغذ باگاس در مجتمع چوب و کاغذ مازندران انجام دادند. باگاس مورد استفاده از کارخانه کاغذ پارس واقع در استان خوزستان تهیه گردید. برای تهیه خمیر نیمه شیمیایی باگاس به منظور ساخت کاغذ کنگره ای، زمان ۱۷۰ درجه و ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی در مدت ۳۰ و ۴۰ دقیقه انجام گرفت. سپس با مقایسه ویژگیهای کاغذ های دست ساز ۱۲۷ گرمی، خمیر نیمه شیمیایی باگاس با درجه روانی CSF ۴۰۰ برای اختلاط با خمیر NSSC کارخانه مناسب تشخیص داده شد. خاصی پور، فرزین (۱۳۷۹) تحقیقی با هدف جایگزینی بخشی از خمیر NSSC با استفاده از خمیر باگاس در مجتمع چوب و کاغذ کازندران انجام داد. ایشان، نتایج اندازه‌گیری مقاومت کاغذهای دست‌ساز ۶۰ گرمی را در دو درجه روانی ۳۲۵ و CSF ۳۷۵ گزارش نمود. رودی، حمیدرضا (۱۳۸۰) به بررسی تولید خمیر کاغذ کنگره‌ای از ساقه افتابگردان با فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی پرداخت. روح نیا، مهران (۱۳۸۲) تحقیقی را درمورد بررسی ویژگیهای کاغذ تهیه شده از پوست دانه افتابگردان انجام داد. بعد از انتخاب خمیر بهینه توسط پالایشگر PFI، چهار نوع خمیر کاغذ با درجه روانی‌های ۴۰، ۳۰، ۵۰، و ۶۰ SR تهیه نمود. ایشان نتیجه گرفت که افزایش پالایش در محدوده تغییر درجه روانی از ۳۰ تا ۴۰ SR، بر روی مقاومت در برابر پاره شدن بی‌تاثیر بوده و با افزایش پالایش، از این مقاومت کاسته می‌شود. همچنین در معدوده مورد بررسی (۳۰ تا ۶۰ SR) مشاهده شد که افزایش پالایش تأثیری در مقاومت در برابر ترکیدن و طول شکست کاغذ تولیدی ندارد (۴).

مواد و روش‌ها

مبانی نظری

پالایش تیمار مکانیکی است که به منظور ایجاد خصوصیات فیزیکی مناسب جهت ساخت کاغذ بر روی خمیر انجام می‌گیرد. در اثر پالایش دیواره اولیه جدا شده و دیواره ثانویه در معرض اب قرار می‌گیرد و در نتیجه آب زیادتری به داخل ساختمان ملکولی نفوذ کرده و انعطاف پذیری الیاف افزایش می‌یابد. هر چه میزان پالایش افزایش یابد میزان ذرات ریز در خمیر کاغذ افزایش یافته به طوری که در اثر پالایش، درجه روانی خمیر کاغذ کاهش یافته و مقاومت به پارگی کاغذ بدلیل کوتاه شدن طول الیاف کم می‌شود. ویژگی‌های دیگر از قبیل مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن به دلیل بهبود خصوصیات پیوند بین الیاف افزایش می‌یابد (۶). پالایش اثرات مثبت زیادی روی الیاف می‌گذارد که به اختصار به آنها اشاره می‌کنیم:

- ۱- افزایش سطح ویژه
- ۲- افزایش جذب اب
- ۳- تغییر در ساختار دیواره سلولی
- ۴- بهبود خصوصیات کاغذ
- ۵- کوتاه شدن طول الیاف
- ۶- تولید نرمه
- ۷- پیچش الیاف
- ۸- بهبود فرایند شکل گیری (۷).

روش آزمایش

همان طور که اشاره گردید خمیر کاغذ تهیه شده از ساقه کلزا در شرایط پخت شامل درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتیگراد، ۴۰ دقیقه زمان و ۲۰ درصد مواد شیمیایی به عنوان خمیر کاغذ بهینه در تحقیق قبلی به عنوان خمیر کاغذ بهینه انتخاب گردید. خمیر مناسب انتخاب شده سپس توسط پالایشگر PFI آزمایشگاهی مطابق استاندارد شماره T248 om-85 این نام TAPPI مورد پالایش قرار گرفت. سپس طبق استاندارد T227om-92 درجه روانی خمیر های حاصل از دوره های متفاوت اندازه گیری شده و مطابق استاندارد T205 om-88 دستورالعمل TAPPI توسط دستگاه کاغذ دست ساز دستی کاغذ به کاغذ ۱۲۷ گرمی تبدیل شدند. برای تعیین وزن پایه کاغذ از استاندارد شماره T410 om-88 استفاده شد و ضخامت کاغذ بر اساس استاندارد شماره T494 om-89 تعیین شد (۹). به منظور انجام آزمایش های فیزیکی و مکانیکی از خمیر بهینه تهیه شده کاغذ با سه درجه روانی ۳۰ ± ۲۵ ، ۴۰ ± ۲۵ و ۵۰ ± ۲۵ درجه CSF به تعداد ۷ برگ کاغذ دست ساز با وزن پایه ۱۲۷ گرمی تهیه گردید.

نتایج

مشخصات فرایند پخت بهینه جهت بررسی اثر پالایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات پخت بهینه

درجه حرارت °C	زمان پخت (دقیقه)	مواد شیمیایی (%)	بازده (%)	انحراف از معیار	ضریب تغییرات (%)
۱۷۰	۴۰	۲۰	۷۱/۰۳	۰/۲۹۶	۰/۴۱

جدول ۲، تعداد دور پالایشگر برای رسیدن به درجه روانی نهایی و همچنین وزن پایه و ضخامت کاغذ را نشان می دهد.

جدول ۲- تعداد دور پالایشگر، درجه روانی نهایی، وزن پایه و ضخامت کاغذ

گروه	نوع خمیر	درجه روانی	تعداد دور پالایشگر	درجه روانی بعد از پالایشگر (CSF)	وزن پایه (g/m ²)	ضخامت کاغذ (μ)
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳۰۰ ± ۲۵	۶۳۰۰	۳۰۵	۱۲۷/۲۶	۲۲۷/۶۳
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۴۰۰ ± ۲۵	۳۱۵۰	۴۲۳	۱۲۴/۸۲	۲۲۵/۲۱
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۵۰۰ ± ۲۵	۱۹۰۰	۴۹۴	۱۲۴/۶۷	۲۲۱/۶۵

در جدول ۳، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۵۰۰ و ۴۰۰ و ۳۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای (N)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳۶۲	۳۶۰	۳۵۹	۳۶۰/۳۳	۱/۵۲۷	۰/۴۲
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳۵۰	۳۵۵	۳۵۷	۳۵۴	۳/۶۰	۱/۰۱
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳۱۰	۳۰۸	۳۰۷	۳۰۸/۳۳	۱/۵۲	۰/۴۹

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق، شاخص مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می گیرند. همچنین جدول بالا نشان می دهد که هر چه میزان درجه روانی کمتر می شود، شاخص مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای کاغذهای دست ساز افزایش می یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- تعیین تفاوت مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۳۶۰/۳۳		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۳۵۴	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۳۰۸/۳۳

در جدول ۵، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است.

جدول ۵- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			میانگین مقاومت به له شدن در حالت حلقه (KN/m)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۱/۲	۱/۱۸	۱/۳۲	۱/۲۳	۰/۰۷۵	۶/۰۹
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۰/۹۹	۰/۹۷۹	۰/۹۸۶	۰/۹۸	۰/۰۰۵	۵/۱۰
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۰۲۵	۳/۲۸

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق، مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می گیرند. همچنین

جدول نشان می‌دهد که هر چه میزان درجه روانی کمتر می‌شود، مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذهای دست‌ساز افزایش می‌یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۶ ارائه شده است

جدول ۶- تعیین تفاوت مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۱/۲۳۳		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۰/۹۸۵	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۰/۷۶۳

در جدول ۷، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات سفتی کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است.

جدول ۷- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات سفتی کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			سفتی (KN/m)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۵۲۰	۵۲۱	۵۱۸	۵۱۹/۶۶	۱/۵۲	۰/۲۹
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۵۰۹	۵۱۰	۵۱۲/۲۳	۵۱۰/۴۱	۱/۶۵	۰/۳۲
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۴۶۲	۴۷۱	۴۷۰	۴۶۷/۶۶	۴/۹۳	۱/۰۵

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست‌ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق، سفتی کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می‌گیرند. همچنین جدول نشان می‌دهد که هر چه میزان درجه روانی کمتر می‌شود، سفتی کاغذهای دست‌ساز افزایش می‌یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸- تعیین تفاوت سفتی کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۵۱۹/۶۶		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۵۱۰/۴۱	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۴۶۷/۶۶

در جدول ۹، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است.

جدول ۹- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			میانگین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن (mN.m ² /gr)	انحراف معیار	ضریب تغییرات(%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۲/۰۱	۲/۱۲	۲/۰۸	۲/۰۷	۰/۰۵	۲/۴۱
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۴/۷۲	۴/۹۱	۴/۹۹	۴/۸۷	۰/۱۳	۲/۸۳
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۵/۱۹	۵/۲۱	۵/۲۵	۵/۲۱	۰/۰۳	۰/۵۷

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می گیرند. همچنین جدول نشان می دهد که هر چه میزان درجه روانی بیشتر می شود، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز افزایش می یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰- تعیین تفاوت مقاومت به پاره شدن کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۲/۰۷		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۴/۸۷	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۵/۲۱

در جدول ۱۱، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است.

جدول ۱۱- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			شاخص مقاومت در برابر کشش (N.m/gr)	انحراف معیار	ضریب تغییرات(%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۲۹/۱	۲۹/۷	۲۹/۴	۲۹/۴۰	۰/۳۰	۱/۰۲
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۲۷/۲	۲۷/۴۲	۲۷/۳۲	۲۷/۳۱	۰/۱۱	۰/۴۰
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۲۰/۲	۲۰/۷	۱۹/۹	۲۰/۲۶	۰/۴۰	۱/۹۹

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق، مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می گیرند. همچنین جدول نشان

می‌دهد که هر چه میزان درجه روانی کمتر می‌شود، مقاومت به کشش کاغذهای دست ساز افزایش می‌یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۱۲ ارائه شده است.

جدول ۱۲- تعیین تفاوت مقاومت به کشش کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۲۹/۴۰		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۲۷/۳۱	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۲۰/۲۶

در جدول ۱۳، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است

جدول ۱۳- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص مقاومت در برابر ترکیدن

کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			شاخص مقاومت در برابر ترکیدن (Kpa.m ² /gr)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۳۸	۱/۳۷	۰/۰۲	۱/۴۵
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۱/۱۹	۱/۲۲	۱/۳۱	۱/۲۴	۰/۰۶	۴/۸
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۰۱	۱/۰۳

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق، شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می‌گیرند. همچنین جدول نشان می‌دهد که هر چه میزان درجه روانی کمتر می‌شود، شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز افزایش می‌یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۱۴ ارائه شده است.

جدول ۱۴- تعیین تفاوت مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۱/۳۷۶۷		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۱/۲۴	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۰/۹۷۶۷

در جدول ۱۵، میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات طول پاره شدن کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF آورده شده است.

جدول ۱۵- میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات طول پاره شدن کاغذهای حاصل از ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

گروه	نوع خمیر (CSF)	تکرار			طول پاره شدن (Km)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
		۱	۲	۳			
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳/۱۱	۳/۱۷	۳/۱۲	۳/۱۳	۰/۰۳۲	۱/۰۲
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۲/۷۶	۲/۸۱	۲/۷	۲/۷۵	۰/۰۵۵	۲
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۲/۳۳	۲/۳۸	۲/۳۶	۲/۳۵	۰/۰۲۵	۱/۰۶

آزمون چند دامنه دانکن با سطح معنی داری ۵٪ به منظور مقایسه میانگین کاغذهای دست ساز حاصل ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF انجام شد. با توجه به جدول فوق، طول پاره شدن کاغذهای ساخته شده از خمیر ساقه کلزا در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF اختلاف معنی دار با هم داشته و در سه گروه مختلف قرار می گیرند. همچنین جدول نشان می دهد که هر چه میزان درجه روانی کمتر می شود، طول پاره شدن کاغذهای دست ساز افزایش می یابد. که نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۱۶ ارائه شده است.

جدول ۱۶- تعیین تفاوت طول پاره شدن کاغذهای ساخته شده در سه درجه روانی ۳۰۰ و ۴۰۰ و ۵۰۰ CSF

شماره گروه	نوع خمیر	تکرار	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
۱	کلزا با درجه روانی ۳۰۰ (A)	۳	۳/۱۳		
۲	کلزا با درجه روانی ۴۰۰ (B)	۳		۲/۷۵	
۳	کلزا با درجه روانی ۵۰۰ (C)	۳			۲/۳۵

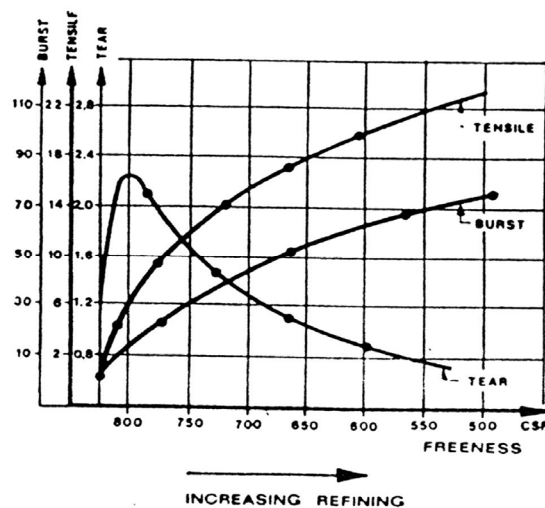
بحث و نتیجه گیری

در این بررسی اثر پالایش بر روی خصوصیات مقاومتی کاغذ مورد بررسی قرار گرفت. هدف از پالایش خمیر کاغذ یا به عبارت دیگر تیمار مکانیکی الیاف، ایجاد ویژگیهای فیزیکی مناسب جهت ساخت کاغذ است. بطور کلی در اثر پالایش خمیر کاغذ دو عمل بطور همزمان بر روی الیاف صورت می گیرد که عبارتند از باز شدن الیاف از یکدیگر و لایه لایه شدن^۱. پالایش در حقیقت یک نوع تیمار مکانیکی بر روی الیاف است. الیاف تحت تأثیر نیروهای برشی، کششی و فشاری قرار گرفته و تغییراتی بر روی آنها اعمال می گردد که ماهیت آن تغییراتی بر اساس دستگاه های مختلف، متفاوت است. هدف از پالایش به طور کلی عبارتست از: الف) بهبود خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذ، ب) کنترل زهکشی خمیر و ج) بهبود تشکیل کاغذ. از چگونگی تأثیر پالایش بر روی الیاف به شرح ذیل است:

۱. برداشت کلی یا جزئی دیواره اولیه الیاف (P) که نتیجه آن جذب آب بیشتر توسط دیواره ثانویه و متورم شدن بیشتر می باشد. اگر این لایه برداشته شود، بدلیل اینکه پوسته لایه (S) در سطح قرار می گیرد، الیاف می توانند متورم شوند.
۲. انعطاف پذیری بیشتر الیاف
۳. فیبریله شدن دیواره ثانویه
۴. افزایش سطح ویژه الیاف
۵. بریدگی الیاف و افزایش ذرات ریز با هدف تشکیل خوب ورقه کاغذ.

لازم به ذکر است پالایش بر زهکشی آب تأثیر نامطلوب دارد. در واقع قابلیت زهکشی با افزایش پالایش کم شده و در نتیجه تولید در واحد زمان کاهش می یابد (۷). همچنین، پالایش خمیر کاغذ با تأثیر بر الیاف سبب اثرات مطلوب و در بعضی مواد سبب اثرات منفی بر ویژگیهای کاغذ می گردد. هر چه میزان پالایش افزایش یابد میزان ذرات ریز در خمیر کاغذ افزایش یافته و درجه روانی خمیر کاهش می یابد (۵). پالایش باعث می گردد تا کاغذ محکم، متراکم و با ساختار یکنواخت ساخته شود. بنابراین پالایش باید به نحوی انجام گیرد که حداقل اثرات منفی بر الیاف و کاغذ تولید شده ایجاد نکند، به طور کلی در اثر پالایش (تیمار مکانیکی) درجه روانی کاهش یافته و همچنین مقاومت در برابر پارگی نیز کاهش می یابد زیرا این مقاومت به طول الیاف بستگی دارد. اما ویژگیهای مقاومتی دیگر از قبیل مقاومت کششی، فاکتور ترکیدن به سبب بهبود ویژگیهای پیوند بین الیاف افزایش می یابد و استحکام خمیر کاغذ مطلوبتر می گردد. با تنظیم مناسب عوامل پالایش می توان بعضی از خصوصیات حاصله را تا بالاترین حد ارتقاء بخشید بطوریکه حداقل تأثیر منفی بر دیگر ویژگیها اعمال شود. اصولاً با زیاد شدن پالایش به دلیل افزایش خصوصیات مقاومتی مربوط به پیوند بین الیاف، مقاومت کشش، تحمل به تا خوردن، طول پاره شدن، مقاومت به ترکیدگی، مقاومت به له شدگی حلقه ای و مقاومت به له شدگی کنگره ای افزایش می یابد و مقاومت به پاره شدن ابتدا شدن پاره شدن سریعاً افزایش یافته و سپس کاهش می یابد، چرا که مقاومت به پاره شدن به طول الیاف و مقاومت تک تک الیاف بستگی دارد، چون پالایش طول الیاف را کم می کند، مقاومت به پاره شدن ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. که برای رسیدن به بهترین شرایط در مورد کلیه خصوصیات مقاومتی کاغذ، پالایش باید به حدی باشد که حداکثر پراکنش الیاف (رشته ای شدن داخلی و خارجی) و حداقل کاهش طول الیاف بوجود آید.

همکشیدگی الیاف و ورقه با افزایش پالایش زیاد می شود، زیرا پالایش باعث جذب آب بیشتر در دیواره الیاف شده و این آب در اثر تبخیر شدن باعث همکشیدگی می شود. در اثر پالایش و افزایش اتصال بین الیاف، دانسیته (با دیمانسیون gr/cm^3) زیاد و بالک (با دیمانسیون cm^3/gr) کاهش می یابد. پالایش مقاومت به نفوذ آب و هوا و مایعات را در کاغذ افزایش می دهد، ماتی کاغذ به شدت تحت تأثیر رشته ای شدن الیاف است، زیرا رشته ای شدن باعث افزایش اتصال بین الیاف می شود، همه خصوصیات مقاومتی تحت تأثیر نوع و مقدار پالایش هستند. با افزایش پالایش، مقاومت در مقابل زهکشی آب افزایش و در عین حال ورقه متراکم شده (کاهش بالک) و نهایتاً کاهش منافذ و افت خصوصیات تثبیت ابعاد در کاغذ می گردد. در پایان لازم به ذکر است که در اثر پالایش هیچگونه تغییر شیمیایی اساسی اتفاق نمی افتد و اگر امکان تغییرات شیمیایی ناچیزی وجود داشته باشد بدلیل افزایش زیاد فعالیت سطحی الیاف و دیگر تغییرات در خواص فیزیکی الیاف است (۷). نمودار ۱، تغییرات مقاومتی کاغذ در اثر پالایش را نشان می دهد.



نمودار ۱- مقایسه درجه روانی با فاکتورهای مقاومت کشش و ترکیدن و پارگی

در این بررسی خمیر کاغذ تا درجه روانی 300 ± 25 ، 400 ± 25 و 500 ± 25 درجه CSF مورد پالایش قرار داده شد. نکته قابل توجه در ابتدای بحث این است که درجه روانی اولیه در خمیر نیمه شیمیایی سولفیت خنثی نسبتاً زیاد می باشد و پالایش پذیری خمیر کاغذ سولفیت خنثی نسبت به سایر فرایندهای تولید خمیر کاغذ کم است. بنا براین برای رسیدن به یک حد مشخص درجه روانی، باید پالایش بیشتری در مورد خمیر کاغذ انجام گیرد.

در ادامه بعد از انجام پالایش ثانویه، از این خمیرها کاغذ دست ساز ساخته شد و سپس ویژگیهای فیزیکی و مقاومتی بر روی این کاغذ ها، اندازه گیری شد. به منظور انجام آزمایشهای فیزیکی و مکانیکی از خمیر بهینه تهیه شده کاغذ با سه درجه روانی 300 ± 25 ، 400 ± 25 و 500 ± 25 درجه CSF به تعداد ۷ برگ کاغذ دست ساز با وزن پایه ۱۲۷ گرمی تهیه گردید و مقاومتهای آنها اندازه گیری شد. با توجه به تجزیه و تحلیل اماری در سطح ۵/۰ معنی داری از مون چند دامنه دانکن نشان داد که بین اکثر مقاومتها اختلاف معنی دار مشاهده گردیده همانطور که مشاهده می شود افزایش میزان پالایش توانسته مقاومت ها را افزایش دهد و از نظر اماری این گونه نتیجه می شود که با افزایش پالایش میزان مقاومتها به طور معنی داری افزایش می یابد. در مورد مقاومتهای کاغذ بدست آمده از مناسبترین خمیر پس از دورههای متفاوت پالایش، با توجه به کاهش مقاومت در برابر پاره شدن و افزایش مقاومتها دیگر از جمله مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای و مقاومت به له شدن در حالت حلقه و سفتی و سایر مقاومتها چنین نتیجه می شود که خمیر کاغذ با درجه روانی 300 ± 25 به جز مقاومت به پاره شدن، بالاترین مقاومتها را نشان می دهد. لازم به ذکر است با توجه به کاربردهای نهایی این محصول میتوان از مقاومتهای متفاوت برای محصولات مختلف استفاده نمود. در این بررسی هدف تولید کاغذ کنگره ای بوده است که به مقاومت در برابر پاره شدن بالایی احتیاج ندارد. مقاومتهای مهم در مورد کاغذ کنگره ای عبارتند از مقاومت در برابر خرد شدن در حالت کنگره ای، مقاومت در برابر له شدن در حالت حلقه و سفتی لازم به ذکر است با توجه به اینکه اختلاف معنی دار بین مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای و مقاومت به له شدن در حالت حلقه و سفتی وجود دارد می توان نتیجه گرفت پالایش بر روی این مقاومتها اثر معنی دار داشته و از دلایل انتخاب خمیر با درجه روانی 300 ± 25 به عنوان خمیر برتر این است که مقاومتهای آن در این موارد بالاتر از حد استاندارد بوده که علت این موضوع بهبود ویژگیهای کاغذ در اثر پالایش می باشد.

سپاسگزاری:

بدین وسیله از مسوولان محترم مرکز تحقیقات کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران، آقایان مهندس آزادی و مهندس سنگینی و همچنین مدیریت محترم رشته صنایع چوب و کاغذ واحد کرج، جناب آقای دکتر سید محمد جواد سپیده دم و همچنین مهندس فخریان مسوول آزمایشگاه کاغذ مرکز تحقیقات البرز و همچنین دوست عزیزم جناب آقای مهندس احمد ثمریها و سایر کسانی که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند تقدیر و تشکر می نمایم.

پیشنهادات:

- ۱- لازم است بر روی روشهای بازده زیاد از دیگر منابع لیگنوسولوزی غیر چوبی موجود در کشور مطالعاتی انجام شود.
- ۲- بررسی امکان استفاده از ساقه کلزا در صنایع دیگر سلولوزی از جمله تخته خرده چوب و تخته فیبر.

منابع و مأخذ:

۱. ثمریها و همکاران (۱۳۸۴). بررسی ویژگیهای کاغذ حاصل از باگاس به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی، سال یازدهم، شماره (۲)، تابستان ۱۳۸۴.

۲. خاصی پور، فرزین (۱۳۸۱). بررسی تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از باگاس مازندران و ارزیابی آن به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای در صنایع چوب و کاغذ مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
 ۳. رودی، حمیدرضا. (۱۳۸۱). بررسی تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه آفتابگردان و ارزیابی آن به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای در صنایع چوب و کاغذ مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
 ۴. روح نیا مهران، لتیباری و سید ضیاءالدین حسینی (۱۳۸۲)، بررسی ویژگیهای کاغذ از پوست دانه افتاب گردان، تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۱۸، نشریه شماره ۲ موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
 ۵. سپیده دم، محمد جواد (۱۳۷۷)، بررسی ویژگیهای خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس دو رویشگاه زاغمر و فارس. تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۵، نشریه شماره ۱۸۲ موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع
 ۶. فخریان، عباس. حسین زاده، عبدالرحمن. گلبابائی، فرداد (۱۳۷۹) بررسی ویژگیهای خمیر کاغذ چوب گونه اکالیپتوس میکروتکا و کاربرد آنها. تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۱۳، نشریه شماره ۲۵۵ موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
 ۷. میرشکرای، سید احمد (۱۳۷۴) تکنولوژی خمیر کاغذ، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، جلد اول، چاپ اول.
8. Bieman, j (1988). Essentials of Pulping and Paper Making
 9. TAPPI Test Metod. 1992-1993. Tappi Press

The Comparison and Investigation on Effects of Refining on Mechanical Properties of Pulp and Paper Made From Colza by Neutral Sulfite Semi-Chemical

A.H. Hemmasi

Associate Professor, Wood & Paper Industrial Engineering Dept., Science & Research Campus (Tehran)- Corresponding Author

M.M. Pirouz

MS.c. Research Student of Wood & Paper Industrial Engineering, Science & Research Campus, Islamic Azad University

Keywords: Colza, Pulp, Freeness, Strength

Abstract

In this research, effect of freeness on mechanical properties of papers made from colza with three different freeness was performed. Type selection of used was prepared from center of modification of seeds, karaj county and transferred to the Mazandaran Pulp and Paper mill. Best choice of condition of pulping was 170 degree of centigrade temperature and 20% chemical consumption and period of digestion was 40 minutes. And then by using PFImill, three kind of pulps with three different freeness were produced from the proper pulp and then, 127gr/m² hand sheet papers produced from different samples of pulps and their strength properties were measured. Study of mechanical strength of hand sheets showed that the beating has effect on tear strength and reduces this strength with more beating. When the refining increased, the resistance indexes of paper such as ring corrugated medium test (CMT), ring crush test (RCT), stiffness, and other strength was increased. The only exception was tear strength that decreased. With regard to reduces of tear strength that no important for linear board and increases ring crush test (RCT) and corrugated medium test (CMT) and stiffness and other strength resulted pulps with 300±25 (CSF) is recommended.