مجله علمی-پژوهشی

علوم کشاورزی

سال دوازدهم، شماره (۴) ۱۳۸۵

بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا

امیر هومن حمصی

دانشیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات دانشگاه ازاد اسلامی(تهران)

محمد مهدی پیروز

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

سید احمد میر شکرایی

استادگروه شیمی دانشگاه پیام نور

چکیده

این بررسی با هدف شناخت ویژگیهای خمیر کاغذ حاصل از ساقه کلزا[1] و قابلیت تولید خمیر کاغذ از آن با فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) [2] انجام شده است. ساقه کلزای مورد استفاده (رقم اکاپی)[3] از مرکز تحقیقات اصلاح بذر کرج تهیه گردیده و به آزمایشگاه چوب وکاغذ مازندران جهت انجام آزمایشات منتقل شده است. شرایط پخت برای تولید خمیر کاغذ شامل درجه حرارت پخت۱۷۰ درجه سانتی گراد، زمان پخت: ۳۰ دقیقه و ۴۰ دقیقه و در مصرف مواد شیمیایی ۱۰ ٪ و ۲۰ ٪ (بر اساس ماده خشک) اعمال شد. از این خمیرتوسط پالایشگرآزمایشگاهی[4]، ۴ نوع خمیرکاغذ با درجه روانی CSF ۲۵ ±۴۱۰[5] تهیه و از هر نوع خمیر، تعداد ۷ برگ کاغذ دست ساز ۱۲۷گرمی تهیه گردید. مطالعه خواص مقاومتی کاغذ حاصله با استفاده از استاندارد TAPPI[6] نشان دادکه با افزایش مواد شیمیایی و زمان پخت، بازده کاهش یافته و عمده مشخصات کاغذ از جمله مقاومت در برابر کشش ،مقاومت در حالت حلقه (RCT)، مقاومت در برابر پاره شدن، مقاومت در برابر ترکیدن، سفتی، طول پاره شدن و مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره‌ای (CMT) افزایش می‌یابد. در نهایت پس از انجام تحلیل‌های لازم، شرایط بهینه پخت خمیر برای مطالعات آتی، ۴۰ دقیقه زمان پخت و ۲۰ درصد مواد شیمیایی تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: کلزا،فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی،مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای(CMT) و مقاومت به له شدن در حالت حلقه (RCT)

1. Brassica napus
2. Neutral Sulfite Semi-Chemical
3. Ocapie
4. PFI
5. Canadian Standard Freeness
6. Technical Association of Pulp and Paper Industry

تاریخ دریافت مقاله ۸۴/۱۰/۲۴ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۵/۳/۵

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

با توجه به رشد روز افزون کشت کلزا در ایران و توجه خاص به این گیاه طی سالهای اخیر و عدم استفاده از پسمانده‌های آن (پس از برداشت و استفاده از دانه‌های روغنی آن جهت روغن‌گیری) که حتی مورد استفاده دام نیز قرار نمی‌گیرد، گیاه کلزا به عنوان منبع جدید لیگنو سلولزی (غیر چوبی) به منظور ساخت کاغذ مورد بررسی قرار گرفته است. با در نظر گرفتن اینکه گیاه کلزا، پس از برنج به عنوان کشت دوم در زمین‌های کشاورزی شمال کشور مطرح بوده و به طور مستمر تولید می‌شود، این تحقیق امکان استفاده از پسمانده‌های کلزا را به عنوان یک منبع جدید الیاف لیگنوسلولزی به منظور تولید خمیر و کاغذ مورد بررسی قرار داده است (۱۱).

فرایند نیمه شیمیایی

این روش که فرآیند خمیرسازی شیمیایی پربازده نیز نامیده می‌شود شامل دو مرحله می باشد. بازده خمیر در این فرآیند بین ۶۰ تا ۸۰٪ است. در مرحله اول، یک عمل‌آوری شیمیایی ملایم اعمال گردیده و در پی آن عمل پالایش مکانیکی روی آن انجام می‌گیرد. در نتیجه مقدار اندکی از لیگنین و مواد همی سلولزی به هدر می‌روند. اولین مرحله فرآیند نیمه شیمیایی، شبیه به همه روش‌های خمیرسازی شیمیایی تجاری می‌باشد و تنها تفاوت آنها در این است که در فرآیند نیمه شیمیایی، دما، زمان پخت یا مقدار مواد شیمیایی کمتری مصرف می‌شود(۳).

فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی

یکی از مهمترین فرآیندهای تولید کاغذ، فرآیند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی می‌باشد. این فرآیند که بیشتر برای تولید خمیر کاغذهای پربازده از پهن برگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، از مهمترین فرآیندهای نیمه شیمیایی مورد استفاده درجهان به شمار می‌رود. در این فرآیند که به اختصارNSSC نامیده می‌شود، از مایع پخت سولفیت سدیم استفاده می‌شود که برای خنثی کردن اسیدهای آلی آزاد شده از ماده لیگنو سلولزی در حین پخت با مقادیر اندکی از کربنات سدیم یا هیدروکسید سدیم و یا بیکربنات سدیم بافر می گردد(۱). این فرایند در اوایل دهه ۲۰ توسط یک آزمایشگاه تولیدات جنگلی آمریکایی در مدیسون[1] بعنوان روشی برای استفاده از چوب پهن برگان در صنعت کاغذ بخصوص چوب درخت شاه‌بلوط منطقه آپالاچین[2] که به علت آفت درخت شاه‌بلوط رو به نابودی بود، بکار گرفته شود. در این فرایند بیشترین مقدار محصول ۸۵-۷۵ درصد می‌باشد. لیکور پخت این فرآیند حاوی Na_2So_3 به اضافه Na_2Co_3 (۱۰ تا ۱۵٪ از بار شیمیایی برای عمل کردن بعنوان یک بافر) می‌باشد و pH لیکور ۷ تا ۱۰ است. زمان پخت ۰/۵ تا ۲ ساعت در دمای ۱۶۰ تا ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد (۳۲۰-۳۶۵ درجه فارنهایت) می‌باشد. لیگنین پسماند (۱۵ تا ۲۰٪) موجود در خمیر باعث می‌شود که کاغذ حاصل، انعطاف ناپذیر باشد. در حالیکه انعطاف‌پذیری یکی از مهمترین ویژگی‌های مقوای کنگره‌ای می‌باشد. طبق مطالعات انجام شده استحکام خمیرکاغذ پهن برگ به روش NSSC، تقریباً به اندازه استحکام خمیرکاغذ حاصل از چوب سوزنی برگ و حتی با استحکام‌تر از خمیر کاغذ کرافت حاصل از چوب پهن برگ می‌باشد(۳)

سابقه تحقیق

ثمریها و همکاران (۱۳۸۳)، تحقیقی به منظور استفاده از خمیر کاغذ باگاس به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی انجام دادند. باگاس مورد استفاده از کارخانه کاغذ پارس واقع در استان خوزستان تهیه گردید. شرایط تهیه خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی باگاس به منظور ساخت کاغذ دست‌ساز عبارت بود از حرارت پخت ۱۷۰ درجه، ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی در مدت زمان

1. Madison
2. Appalachin

Archive of SID

www.SID.ir

۳۰ و ۴۰ دقیقه. همچنین نامبرده، کاغذهای دست ساز $۱۲۷g/m^2$ را از این خمیر کاغذ ها تهیه نمود و خواص مقاومتی آنها را اندازه‌گیری و گزارش کرد.

فرزین خاصی پور (۱۳۷۹)، تحقیقی با هدف جایگزینی بخشی از خمیر NSSC با استفاده از خمیر کاغذ باگاس در مجتمع چوب و کاغذ مازندران انجام داد. باگاس مورد نیاز از کارخانه شکر سرخ بابلسر تهیه گردید. برای تهیه خمیر نیمه شیمیایی باگاس به منظور ساخت کاغذ کنگره‌ای،۱۰ درصد مواد شیمیایی پخت بر مبنای (Na_2O) به مدت ۲۰، ۴۵ و۱۲۰ دقیقه و در دمای ثابت ۱۷۰ درجه سانتی گراد استفاده کرد. خمیر نیمه شیمیایی باگاس، در دو درجه روانی(۳۲۵ و۳۷۵ CSF) پالایش شد. سپس با مقایسه ویژگیهای کاغذهای دست ساز با تراماز $۶۰ g/m^2$، خمیر نیمه شیمیایی باگاس با درجه روانی CSF ۳۷۵ برای اختلاط با خمیر NSSC کارخانه مناسب تشخیص داده شد.

احسان حسینی(۱۳۸۳)، تحقیقی را در مورد استفاده از کاه گندم در فرآیند NSSC انجام داد. شرایط پخت به شرح ذیل بود: حرارت در دو سطح ۱۶۵ و ۱۷۵ درجه سانتی گراد، زمان در سه سطح ۲۰، ۳۰ و۴۰ دقیقه و درصد مواد شیمیایی با سه سطح سولفیت سدیم(۱۲ ، ۱۴ و ۱۶٪). بعد از اتمام پخت و ساخت کاغذ دست ساز ۶۰ گرمی مشخص شد که تیمار ۱۷۵ درجه سانتی گراد در مدت زمان ۳۰ دقیقه و ۱۶٪ مواد شیمیایی) در دو ویژگی شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به تاشدن، بالاترین مقادیر را نشان می‌دهد که به ترتیب برابر با $Kpa.m^2/gr$ ۵/۳۲۲۰ و۳/۱log بودند. لازم به ذکر است که بازده تیمار فوق ۵۱/۱۰ درصد می‌باشد(۸).

حمید رضا رودی(۱۳۸۰)، به مطالعه تولید خمیر کاغذ کنگره ای از ساقه آفتابگردان با فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی پرداخت (۱۰).

پطرودی(۱۳۷۹)، به بررسی استفاده از خمیر کاغذ باگاس به منظور تولید کاغذ روزنامه و کنگره ای در مجتمع چوب و کاغذ مازندران پرداخت و اعلام نمود که خصوصیات فیزیکی (ضخامت، مقاومت نسبت به عبور هوا، دانسیته و بالک) کاغذهای ساخته شده از درجات مختلف اختلاط خمیر نیمه شیمیایی سودای باگاس با خمیرNSSC و خمیر مربوط به کارخانه به طور جداگانه، مشابه و حتی بهتر از کاغذ تهیه شده از خمیرهای NSSC و CMP خالص کارخانه می باشد و این خواص در سطح اختلاط ۳۰ درصد خمیر سودای باگاس با خمیرهای NSSC و خمیرهای NSSC وCMP کاملا بهبود یافته است. لذا با مصرف۳۰ درصد خمیر شیمیایی سودای باگاس به همراه خمیر NSSC، باعث بهبود و افزایش خصوصیات فیزیکی، نوری و مقاومتهای کاغذ حاصله می شود(۴).

شفیع زاده (۱۳۷۸)، امکان استفاده از ساقه پنبه جهت تولید خمیر کاغذ فلوتینگ (کنگره‌ای) با فرایند **NSSC** و سودا و همچنین امکان اختلاط آنها با خمیر NSSC مخلوط پهن برگان تولید کارخانه چوب و کاغذ مازندران را در سه سطح ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. در فرآیند سودا با توجه به بـــازده ۵۵/۶۵٪ میزان شایو ۴/۲۴٪ در درجه روانی ۴۰۰ (CSF) که حاصل پخت با درصد مواد شیمیایی ۱۶/۵ و زمان پخت ۷۵ دقیقه بود، به عنوان بهترین حالت تولید خمیر انتخاب گردید. در فرآیند NSSC نیز با توجه به بازده ۶۱٪ میزان شایو ۳/۸٪ در درجه روانی ۴۰۰ برای پخت با درصد مواد شیمیایی ۱۶/۵ و زمان پخت ۹۰ دقیقه به عنوان بهترین حالت تولید خمیر برگزیده شد. با توجه به نتایج مناسب آزمونهای فیزیکی و مقاومتی کاغذهـــای حاصل از اختلاط خمیرهای ساقه پنبه با خمیر NSSC مخلوط پهن برگان، به نظر می‌رسد جایگزینی خمیر سودا و NSSC ساقه پنبه با ۳۰٪ خمیر NSSC مخلوط پهن برگان بلامانع باشد (۱۵).

هارتر[1] (۲۰۰۲)، به مطالعه تولید خمیر کاغذ از گیاهان غیرچوبی بخصوص باگاس و انواع کاه پرداخت. نتـایج تحقیقات نشان داد که مقاومت طول پارگی (متـــر)، فاکتور ترکیدن ($Kpa.m^2/gr$) و حلقوی شدن (KN/m) کاغذهای کنگره ای حاصله از باگاس به ترتیب ۵۵۱۰ ، ۳۲ ، ۳۸ و کلش برنج ۳۲۷۰ ، ۲۰/۸ ،۲۶ بوده است(۱۷).

1. Hurter

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

نمونه‌های ساقه کلزای مورد استفاده از مزارع آزمایشی مرکز اصلاح بذر کرج تهیه شد و پس از اندازه‌گیری درصد رطوبت، به منظور انجام عملیات پخت، تهیه کاغذ دست ساز و انجام آزمون‌های مقاومتی کاغذ به مرکز تحقیقات چوب و کاغذ مازندران انتقال یافت.

در فرآیند NSSC از محلول سولفیت سدیم (Na_2So_3) حاوی مقدار اندکی از یک ماده قلیایی مانند بیکربنات سدیم ($NaHCo_3$)، کربنات سدیم (Na_2Co_3) با هیدروکسید سدیم (Na OH) استفاده می‌گردد. در این بررسی مایع پخت براساس Na_2So_3 و Na_2Co_3 می‌باشد که غلظت ۲۳۰/۳۳ gr/lit بر پایه Na_2O و بر مبنای وزن خشک مصرفی استفاده گردید. به علاوه ماده شیمیایی پخت از خط تولید کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه گردیده است.

مشخصات فرایند پخت در قالب ۴ تیمار به شرح ذیل اعمال گردید:

تیمار ۱:زمان پخت ۳۰ دقیقه، مواد شیمیایی ۱۰ درصد

تیمار ۲: زمان پخت ۳۰ دقیقه، مواد شیمیایی ۲۰ درصد

تیمار ۳ :زمان پخت ۴۰ دقیقه، مواد شیمیایی ۱۰ درصد

تیمار ۴ :زمان پخت ۴۰ دقیقه، مواد شیمیایی ۲۰ درصد

شرایط پخت این فرایند به شرح زیر می‌باشد:

-نسبت مایع پخت به چوب (L/W) ۱۰:۱

تذکر: این نسبت بدلیل زیاد بودن حجم به وزن ماده اولیه غیر چوبی انتخاب گردیده است(۱۵).

-درجه حرارت پخت(^oC) : ۱۷۰

-زمان پخت(دقیقه): ۳۰ و۴۰

- مقدار مواد شیمیایی(درصد حجمی) ۱۰ و۲۰

در پایان هر پخت، الیاف ساقه کلزای خارج شده از دیگ پخت که تحت تاثیر تیمار ملایم شیمیایی قرار گرفته‌اند، شستشو گردید. به این منظور الک با مش ۱۲۰ در زیر و الک با مش ۱۸۰ در بالا برای جدا کردن مایع پخت و وازده خمیر کاغذ مورد استفاده قرار گرفت. سپس خمیر کاغذ را در هوای آزاد خشک کرده و بازده خمیر تعیین گردید .

سپس توسط یک پالایشگر دیسکی آزمایشگاهی عمل جدا سازی انجام شد (فواصل دیسکهای ثابت متحرک این پالایشگر قابل تنظیم است).پالایش ثانویه خمیر کاغذ با استفاده از یک پـــالایش‌دهنده PFI طبق استاندارد T 248 –om 92 انجام شد. در مرحله بعد از هـــر نمونه خمیر، کاغذ ۱۲۷ گـــرمی ساخته و در نهایت نمونه‌های مورد نیاز برای تعیین خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز، مطابق استاندارد شماره T220-om 88 تهیه گردید.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذ های دست ساز بر طبق استانداردهای ذیل انجام گرفته است.

- ضخامت کاغذ	T411-om-89
- مقاومت در برابر پاره شدن	T414-om-88
- اندیس ترکیدن	T 403-om-91
- طول پاره شدن	T320-om-88
- اندیس کشش	T494 –om-88
- مقاومت به له شدن در حالت حلقه (RCT)	T818-om-87

Archive of SID

www.SID.ir

- سفتی	T494-om-88
- مقاومت به له شدن در حالت کنگره ای	T818-om-87

در نهایت هر یک از خواص مقاومتی با سه تکرار اندازه گیری و به منظور مقایسه میانگین مقاومتهای کاغذ های حاصله، آزمون تجزیه واریانس و دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج

جدول ۱، میانگین بازده، انحراف معیار و ضریب تغییرات خمیرهای تولید شده در شرایط مختلف پخت را دربردارد.

جدول ۱- مشخصات فرآیندی پخت نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از کلزا نشان داده شده است.

شرایط پخت			میانگین بازده (٪)	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
درجه حرارت پخت (C°)	زمان پخت (دقیقه)	درصد مواد شیمیایی (٪)			
۱۷۰	۳۰	۱۰	۸۳/۳۴	۰/۳۸۰	۰/۴۵
		۲۰	۷۱/۲۱	۰/۲۸۵	۰/۴۰
	۴۰	۱۰	۸۴/۰۲	۰/۱۷۴	۰/۲۰
		۲۰	۷۱/۰۳	۰/۲۹۶	۰/۴۱

در جدول ۲، نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین بازده خمیرهای تولید شده در شرایط مختلف پخت، به عنوان نمونه ارائه شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مقادیر بازده خمیر کاغذ

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	Fمحاسباتی	سطح معنی داری
بین گروهها	۳	۴۷۴/۰۰۳	۱۵۸/۰۰۱	۱۸۳۶/۱۵۳	۰/۰۰۰
خطا	۸	۰/۶۸۸	۰/۰۸۶		
کل	۱۱	۴۷۴/۶۹۱			

با توجه به اطلاعات تجزیه واریانس مندرج در جدول ۲، می‌توان نتیجه گرفت که بین مقادیر بازده چهار خمیر کاغذ مورد بررسی در سطح احتمال ۵٪ ، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همانگونه که ذکر شد نتایج حاصله نشان‌دهنده تأثیر معنی دار مصرف مواد شیمیایی و زمان تیمار شیمیایی بر روی بازده خمیر می‌باشد. به طوری که با زیاد شدن میزان مصرف مواد شیمیایی ،بازده کم شده ولی میانگین ارقام بدست آمده در دو گروه جدا گانه قرار گرفته است. بازده خمیر کاغذ ساخته شده با مصرف ۲۰ ٪ مواد شیمیایی به ترتیب برابر ۷۱/۲۱ و ۷۱/۰۳ درصد بوده است که در یک گروه قرار گرفته و با بازده خمیر ساخته شده با مصرف ۱۰ درصد مواد شیمیایی متفاوت است. بازده خمیر با مصرف ۱۰ درصد مواد شیمیایی و زمانهای پخت ۳۰ و ۴۰ دقیقه، برابر ۸۳/۳۴ و ۸۴/۰۲ درصد بوده که در سطح معنی‌داری ۵ درصد، در دو گروه جداگانه گرفته ولی در سطح معنی‌داری ۱ درصد، فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر است (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مقادیر بازده خمیر کاغذ توسط آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی‌داری

شماره تیمار	بازده٪	سطح معنی داری ۵٪		
		۱	۲	۳
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۷۱/۰۳		
تیمار۲	۷۱/۲۱	۷۱/۲۱		
تیمار ۱	۸۳/۳۴		۸۳/۳۴	
تیمار۳	۸۴/۰۲			۸۴/۰۲

برای ساخت کاغذ دست ساز، ابتدا خمیر کاغذ ها بطور جداگانه تا درجه روانی ۴۱۰±۲۵C.S.F با استفاده از پالایشگر PFI Mill پالایش شده و سپس کاغذ ۱۲۷ گرمی ساخته شد. در جدول ۴، مشخصات تیمارهای پخت، تعداد دور پالایشگر، درجه روانی خمیر بعد از پالایش، وزن پایه و ضخامت کاغذهای تولیدی نشان داده شده است. لازم به ذکر است که خمیر شماره دو با تیمار ۳۰ دقیقه و ۲۰٪ مواد شیمیایی، در مرحله پالایش اولیه به میزان یک مرتبه بیشتر پالایش شده و در نتیجه در مرحله پالایش ثانویه، به تعداد دور کمتری برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر احتیاج داشته است.

جدول ۴- تعداد دور پالایشگر و درجه روانی نهایی و گراماژ و ضخامت کاغذ

گروه	تیمار	تعداد دور پالایشگر	درجه روانی بعد از پالایشگر (CSF)	وزن پایه (g/m^2)	ضخامت کاغذ (μ)
۱	۳۰ دقیقه و۱۰درصدمواد شیمیایی	۷۱۰۰	۴۲۵	۱۲۶/۳	۲۲۶/۲۱
۲	۳۰دقیقه۲۰درصد مواد شیمیایی	۳۱۰۰	۴۲۱	۱۲۳/۹۵	۲۲۴/۳۱
۳	۴۰دقیقه۱۰درصد مواد شیمیایی	۶۹۰۰	۴۲۸	۱۲۰/۵۳	۲۲۰/۶
۴	۴۰دقیقه۲۰درصد مواد شیمیایی	۳۱۵۰	۴۲۳	۱۲۴/۸۲	۲۲۵/۱۸

تعیین خواص مقاومتی کاغذهای دست ساز

آزمون مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای(CMT)[1]

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می توان نتیجه گرفت که بین مقادیر آزمون مقاومت به خردشدن در حالت کنگره ای کاغذهای ساخته شده، از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها حاکی از آنست که میانگین آزمون مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره‌ای کاغذ های دست ساز در چهار گروه مختلف قرار می‌گیرند. همانطور که مشخص است، در تمام حالتهای پخت مقادیر شاخص مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره ای خمیر با تیمار ۴۰ دقیقه و ۲۰٪ مواد شیمیایی بیشتر از حالتهای دیگر پخت می‌باشد. علت این موضوع در ارتباط با افزایش لیگنین‌زدایی در خمیر شماره چهار و در اثر شدیدتر شدن شرایط پخت (زمان و مواد شیمیایی) می باشد. جدول ۵، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

1. Currugated Medium Test

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵ - مقایسه میانگین های مقادیر حاصل از ازمون کنگره ای کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	آزمون مقاومت به خردشدن در حالت کنگره‌ی(N)	سطح معنی داری ۵٪ ۱	۲	۳	۴
تیمار ۱	۸۳/۳۴	۲۸۳/۳۳۳	۲۸۳/۳۳۳			
تیمار۳	۸۴/۰۲	۲۹۴/۱۶۶		۲۹۴/۱۶۶		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۳۱۹/۱۶۶			۳۱۹/۱۶۶	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۳۵۴/۰۰۰				۳۵۴/۰۰۰

مقاومت به له شدن در حالت حلقه[1] (RCT)

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می توان نتیجه گرفت که بین مقادیر مقاومت به له شدن در حالت حلقه چهار نوع کاغذ ساخته شده در سطح احتمال ۵٪ ، از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان می دهد که میانگین خمیر کاغذ های حاصل از تیمارهای متفاوت در چهار گروه مختلف قرار می گیرند. همانطورکه مشاهده می‌شود افزایش مقاومت در هر تیمار به دلیل شدیدتر شدن شرایط پخت، از نظر زمان (از ۳۰ دقیقه به ۴۰ دقیقه) و از نظر مواد شیمیایی(از ۱۰٪ به ۲۰٪) است که باعث افزایش لیگنین زدایی خمیر کاغذ می گردد. جدول ۶، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های مقادیر مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	مقاومت به له شدن در حالت حلقه (KN/m)	سطح معنی داری ۵٪ ۱	۲	۳	۴
تیمار ۱	۸۳/۷۶	۰/۷۳۳	۰/۷۳۳			
تیمار ۳	۸۴/۰۲	۰/۷۷۶		۰/۷۷۶		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۰/۸۷۶			۰/۸۷۶	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۰/۹۸۵				۰/۹۸۵

سفتی[2]

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می توان نتیجه گرفت که بین مقادیر سفتی چهار نوع کاغذ ساخته شده ، در سطح احتمال ۵٪ ، از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها حاکی از آنست که میانگین سفتی کاغذهای حاصله از تیمارها در چهار گروه مختلف قرار می گیرند. همانطور که مشاهده می‌شود تأثیر زمان و مواد شیمیایی بر شاخص سفتی، معنی دار شده است. در سطح ۵٪ معنی داری به منظور مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن استفاده گردیده و مشخص شده که میزان شاخص سفتی تیمار ۴۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی، بیشترین سفتی را داردکه این میزان نشان می‌دهد که با افزایش لیگنین‌زدایی و به دلیل اعمال شرایط پخت شدیدتر، مقدار این مقاومتها افزایش یافته است. جدول ۷، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

1. Ring Crush Test
2. Stifness

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسه میانگین های مقادیر سفتی کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	سفتی (KN/m)	سطح معنی داری ۵٪			
			۱	۲	۳	۴
تیمار ۱	۸۳/۳۴	۳۷۰/۲۴	۳۷۰/۲۴			
تیمار ۳	۸۴/۰۲	۳۷۵/۴۱		۳۷۵/۴۱		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۴۷۵/۶۶			۴۷۵/۶۶	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۵۱۰/۹۳				۵۱۰/۹۳

شاخص مقاومت در برابر پاره شدن

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می توان نتیجه گرفت که بین مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن چهار نوع کاغذ ساخته شده، در سطح احتمال ۵٪ ، از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها حاکی از آنست که میانگین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای حاصله از تیمارها در چهار گروه مختلف قرار می‌گیرند. همان طور که مشخص است در تمام حالت‌های پخت مقادیر شاخص پارگی خمیر ۴۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی، بیشتر از دیگر حالت‌های پخت می‌باشد. طول الیاف دارای نقش بسزایی در مقاومت در برابر پارگی می‌باشد. در تمام تیمارهای خمیر کاغذ، تیمار چهارم مقاومت در برابر پارگی بیشتری دارد.که علت آن افزایش لیگنین زدایی در خمیر چهارم و در اثر شدیدتر شدن شرایط پخت (زمان و مواد شیمیایی) است. جدول ۸، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

جدول ۸- مقایسه میانگین های مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن ($mN.m^2/gr$)	سطح معنی داری ۵٪			
			۱	۲	۳	۴
تیمار ۱	۸۳/۳۴	۲/۱۵۰	۲/۱۵۰			
تیمار ۳	۸۴/۰۲	۲/۳۴۶		۲/۳۴۶		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۴/۰۸۳			۴/۰۸۳	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۴/۸۷۳				۴/۸۷۳

شاخص مقاومت در برابر کشش[1]

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می‌توان نتیجه گرفت که بین مقادیر شاخص مقاومت در برابر کشش چهار نوع کاغذ ساخته شده در سطح احتمال ۵٪ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵ ٪ حاکی از آنست که میانگین مقاومت در برابر کشش کاغذهای حاصله از تیمارها در چهار گروه مختلف قرار می‌گیرند. همانطور که مشخص است در هر تیمار به دلیل لیگنین زدایی زیادتر خمیر با شرایط تیماری ۴۰ دقیقه و ۲۰ ٪ مواد شیمیایی، بیشترین مقاومت را دارد. جدول ۹، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می دهد.

1. Tensile Strength Index

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های مقادیر شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	شاخص مقاومت در برابر کشش (N.m/gr)	سطح معنی داری ۵٪			
			۱	۲	۳	۴
تیمار ۱	۸۳/۳۴	۱۶/۵۱	۱۶/۵۱			
تیمار ۳	۸۴/۲۱	۱۷/۳۴		۱۷/۳۴		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۲۴/۰۲			۲۴/۰۲	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۲۷/۳۱				۲۷/۳۱

شاخص مقاومت در برابر ترکیدن[1]

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می توان نتیجه گرفت که بین مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن چهار نوع کاغذ ساخته شده در سطح احتمال ۵٪ ، از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در سطح ۵٪ تیمارهای ۳۰ دقیقه، ۱۰٪ مواد شیمیایی و ۴۰ دقیقه، ۱۰٪ مواد شیمیایی با هم در یک گروه قرار داشته و از نظر آماری اختلاف معنی داری بین آنها وجود ندارد. ولی تیمار۳۰ دقیقه و ۲۰٪ مواد شیمیایی با تیمار۴۰ دقیقه و ۲۰٪ مواد شیمیایی، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود دارد. شاخص مقاومت به ترکیدن به درهم رفتگی الیاف بستگی دارد و با توجه به ضریب در هم رفتگی بدست آمده، کم بودن شاخص ترکیدن توجیه پذیر است. همانطور که گفته شد میانگین‌ها در سه گروه قرار می‌گیرند. میانگین ۱ و ۳ در گروه اول و میانگین ۲ و ۴ در گروه دوم و سوم قرار می‌گیرند. بنا براین در شرایط مساوی، شرایط پخت با ۱۰ درصد مواد شیمیایی از نظر اقتصادی بر شرایط پخت با ۲۰ درصد مواد شیمیایی برتری دارد. با توجه به مقاومتهای خمیر شماره چهار، مقاومت این خمیر از دیگر تیمارها بیشتر بوده که به دلیل شدیدتر شدن شرایط پخت از نظر زمان (از ۳۰ دقیقه به ۴۰ دقیقه) و از نظر مواد شیمیایی (از ۱۰٪ به ۲۰ ٪) در هر تیمار می‌باشد و در نتیجه باعث افزایش لیگنین‌زدایی خمیر کاغذ میگردد. جدول ۱۰، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می دهد.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین های مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	شاخص مقاومت در برابر ترکیدن ($Kpa.m^2/gr$)	سطح معنی داری ۵٪		
			۱	۲	۳
تیمار ۱	۸۳/۳۴	۰/۷۶۶	۰/۷۶۶		
تیمار ۳	۸۴/۰۲	۰/۸۲۰	۰/۸۲۰		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۰/۹۷۳		۰/۹۷۳	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۱/۲۴۰			۱/۲۴۰

طول پاره شدن[2]

با توجه به اطلاعات جدول تجزیه واریانس، می توان نتیجه گرفت که بین مقادیر طول پاره شدن چهار نوع کاغذ ساخته شده، در سطح احتمال ۵٪، از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود دارد.

همچنین مقایسه میانگین‌ها حاکی از آنست که میانگین طول پاره شدن کاغذهای حاصله از تیمارها در چهار گروه مختلف قرار می‌گیرند. بطور کلی میزان طول پاره شدن، به درهم رفتگی الیاف بستگی داشته و هر چه در هم رفتگی و پیوند بین الیاف بیشتر

1. Burst Strength Index
2. Breaking Length

Archive of SID

www.SID.ir

باشد، این مقاومت افزایش می یابد. همانطور که روشن است، تأثیر زمان و مواد معنی دار شده است. همانطور که مشاهده مـی‌شـود، بیشترین طول پاره شدن در تیمار با شرایط پخت ۲۰ درصد مواد شیمیایی و ۴۰ دقیقه زمان بدست آمده است. در همه حالتها طول پاره شدن تیمار ۴، بیشترین طول پاره شدن را داراست. جدول ۱۱، نتایج حاصل از آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین های مقادیر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز

شماره تیمار	بازده٪	طول پاره شدن (**Km**)	سطح معنی داری ۵٪			
			۱	۲	۳	۴
تیمار ۱	۸۳/۳۴	۱/۴۴۶	۱/۴۴۶			
تیمار۳	۸۴/۰۲	۱/۶۲۳		۱/۶۲۳		
تیمار ۲	۷۱/۲۱	۲/۲۴۶			۲/۲۴۶	
تیمار ۴	۷۱/۰۳	۲/۷۵۶				۲/۷۵۶

بحث وتفسیر

در این بررسی از چهار نمونه خمیر موجود برای ساخت کاغذ کنگره ای دست ساز استفاده گردید. بطور کلی دو خمیر به منظور ساخت کاغذ مناسب تشخیص داده شد، که به شرح زیر می باشند:

۱) خمیر کاغذ با شرایط ۳۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی دارای بازده ۷۱/۲۱ درصد.

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

مناسب ترین خمیر کاغذ در مورد خمیر NSSC، خمیر کاغذی است که دارای راندمان در حدود ۷۰ درصد باشد و در عین حال بالاترین مقاومتها را داشته باشد. براین اساس خمیر کاغذ بدست آمده تحت شرایط پخت ۴۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی به عنوان بهترین و مناسب ترین خمیر کاغذ به منظور ساخت کاغذ انتخاب گردید که دلایل آن به شرح زیر است:

دو عامل مهم در پخت نیمه شیمیایی، زمان و درجه حرارت است. این دو عامل بر یکدیگر تأثیر متقابل داشته و با تغییر یکی از این عوامل، عامل دیگر نیز تغییر می کند. در این بررسی درجه حرارت پخت در مقدار ثابت ۱۷۰ درجه سانتی گراد انتخاب شده و اثر زمان پخت بر روی لیگنین زدایی و بازده خمیر کاغذ بررسی می گردد. همچنین مواد شیمیایی نیز اثر زیادی بر روی 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 می رود با توجه به نوع گونه چوبی مورد استفاده ،شرایط پخت و درجه لیگنین‌زدایی مورد نیاز، متغیر است. مقدار مواد شیمیایی معمولا باید به طریقی انتخاب شوند که مقدار کمی از مواد شیمیایی به صورت اضافی باقی بماند. اگر مقدار کافی از مواد به دیگ پخت اضافه نگردد، PH مایع پخت در مراحل پایانی به سطحی تقلیل خواهد یافت که مواد لیگنینی حل شده در محلول پخت مجدداً بر روی الیاف رسوب می‌کنند و این حالت یک پدیده نامطلوب در تهیه خمیر کاغذ محسوب می‌شود. با افزایش میزان مواد شیمیایی غلظت مواد شیمیایی افزایش می یابد و با افزایش غلظت مواد شیمیایی، سرعت واکنش و به عبارتی سرعت لیگنین زدایی بیشتر می‌گردد. بنابراین برای یک میزان مشخص لیگنین زدایی در اثر افزایش مواد شیمیایی، زمان پخت کاهش می یابد. درنتیجه انتظار می‌رود با افزایش مواد شیمیایی، بازده خمیر کاغذ کاهش یابد (۱۲). بنـــا بـــراین ابتدا تاثیر دو عامل زمان و مواد شیمیایی را بر بازده خمیر کاغذ مورد بررسی قرار می‌دهیم. در صورت ثابت بودن سایر عوامل، زمان ۴۰ دقیقه کمترین بازده خمیر را در سطح ۱٪ در گروه‌بندی چند دامنه دانکن دارا می‌باشد و این میانگین در گروه اول از گروه‌بندی دانکن قرار می‌گیرد. میانگین بازده خمیر کاغذ ۳۰ دقیقه، در گروه دوم از گروه بندی دانکن قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین به منظور بررسی تأثیر مواد شیمیایی بر بازده خمیر کاغذ، مقایسه میانگین بازده در اثر تغییرات مواد شیمیایی با استفاده از آزمون دانکن نشان می دهد که مقدار مصرف مواد شیمیایی ۱۰ و ۲۰ درصد، در گروه اول و دوم گروه بندی دانکن قرار می گیرند. بنا براین ملاحظه می‌شود که بیشترین بازده مربوط به مواد شیمیایی ۱۰ درصد و کمترین بازده مربوط به میزان مصرف مواد شیمیایی ۲۰ درصد می‌باشد.

بنابراین تیمارهای ۱۰ ٪ مواد شیمیایی، ۳۰ دقیقه و ۲۰ ٪ مواد شیمیایی، ۳۰ دقیقه در گروه دوم دانکن قرار می‌گیرند و کمترین بازده به میزان ۲۰٪ مواد شیمیایی و ۴۰ دقیقه مربوط می‌باشد. همانطور که از مقایسه میانگین ها مشخص است به دلیل لیگنین زدایی و تخریب پلی ساکاریدها ،با افزایش زمان پخت، بازده کاهش یافته و از طرف دیگر با افزایش مواد شیمیایی نیز لیگنین زدایی و تخریب بیشتر پلی ساکاریدها را شاهد هستیم.

از دیگر دلایل انتخاب خمیر با شرایط زمان ۴۰ دقیقه و ۲۰٪ مواد شیمیایی این است که زمان کمتر به علت عدم تأثیر کافی مواد شیمیایی و در نتیجه سخت تر بودن ساختمان الیاف کلزای تیمار شده، احتمال به وجود امدن نرمه زیادتر را افزایش داده که در این حالت منجر به درجه روانی زیادتر شده، ولی در مورد تأثیر زمان تیمار شیمیایی بر روی درجه روانی نتایج قابل انتظار می باشد . در تیمار شیمیایی ۳۰ دقیقه، الیاف بخوبی جداسازی نشده و احتمال فیبریله شدن آنها کمتر است، در نتیجه درجه روانی زیادتر است، ولی در اثر زیاد شدن زمان تیمار شیمیایی تا ۴۰ دقیقه الیاف نرم تر شده و احتمالا فیبریله شدن بیشتری انجام گرفته که به درجه روانی کمتر رسیده‌ایم. همچنین تجزیه و تحلیل آماری تأئیدکننده روند نزولی بازده در اثر زیاد شدن میزان مصرف مواد شیمیایی افزوده شده و زمان تیمار شیمیایی می‌باشد. نتایج در ابتدای بحث، نشان‌دهنده تأثیر معنی دار مصرف مواد شیمیایی و زمان تیمار شیمیایی بر روی بازده خمیر می‌باشد. به طوری که با زیاد شدن میزان مصرف مواد شیمیایی، بازده کم شده ولی میانگین ارقام بدست آمده در دو گروه جدا گانه قرار گرفته است. بازده خمیر کاغذ ساخته شده با مصرف ۲۰ ٪ مواد شیمیایی به ترتیب برابر ۷۱/۲۱ و ۷۱/۰۳ درصد بوده است که در یک گروه قرار گرفته‌اند. بازده خمیر ساخته شده با مصرف ۱۰ درصد مواد شیمیایی متفاوت بوده و در گروه دیگری قرار می‌گیرند و بازده خمیر با مصرف ۱۰ درصد مواد شیمیایی برابر ۸۳/۳۴ و ۸۴/۰۲ درصد در زمانهای متفاوت بوده که در گروه دیگری قرار گرفته‌اند. همچنین آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ بازده خمیر در دو زمان ۳۰ و ۴۰ دقیقه با مصرف ۱۰ درصد مواد شیمیایی را در دو گروه جدا گانه قرار می‌دهد. آزمون دانکن در سطح ۱ ٪ تیمار ۳۰ و ۴۰ دقیقه با مصرف ۱۰ درصد مواد شیمیایی در یک گروه قرار می‌گیرند.

در جدول ۱۲، خلاصه ای از خواص مقاومتی کاغذ های دست ساز ۱۲۷ گرمی ساخته شده از ساقه کلزا درج شده است.

جدول ۱۲- مقادیر خواص مقاومتی کاغذهای ۱۲۷ گرمی حاصل از ساقه کلزا به روش NSSC

شماره تیمار	مقاومت به خرد شدن در حالت کنگره‌ای **(KN/m)**	مقاومت به له شدن در حالت حلقه **(KN/m)**	سفتی **(KN/m)**	مقاومت به پاره شدن(**m.N**)	مقاومت به کشش(**N/m**)	مقاومت در برابر ترکیدن(**Kpa**)	طول پاره شدن(**Km**)
۱	۲۸۲/۵	۰/۷۳	۳۷۰/۲۴	۲/۱۵	۱۶/۵۱	۰/۷۶	۱/۴۴
۲	۳۱۹	۰/۸۷	۴۷۵/۶۶	۴/۰۸	۲۴/۰۲	۰/۹۷	۲/۲۷
۳	۲۹۴	۰/۷۷	۳۷۵/۴۲	۲/۳۴	۱۷/۳۴	۰/۸۲	۱/۶۲
۴	۳۵۴	۰/۹۸	۵۱۰/۴۱	۴/۸۷	۲۷/۳۱	۱/۲۴	۲/۷۵

همان‌طور که مشاهده می‌شود کلیه مقاومت‌های تیمار شماره چهار (۴۰ دقیقه و ۲۰ درصد مواد شیمیایی) بیشتر از مقاومت‌های تیمارهای دیگر است. در واقع با افزایش لیگنین‌زدایی به دلیل اعمال شرایط شدیدتر، مقدار این مقاومت‌ها افزایش می‌یابد. در بین هر یک از تیمارها مشاهده می‌شود که خمیر کاغذ با شرایط پخت ۲۰ ٪ مواد شیمیایی و ۴۰ دقیقه زمان، بهترین شرایط مقاومتی را

Archive of SID

www.SID.ir

داراست. لیگنین و بازده این خمیر از سایر خمیر کاغذ ها کمتر بوده و باعث افزایش مقاومت خمیر در یک حد مشخص درجه روانی می‌گردد. بنابراین 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 لیگنین‌زدایی در خمیر کاغذ و در نتیجه افزایش لیگنین در خمیر کاغذ شده و همچنین مشکلاتی در فرایند تولید بوجود می‌آورند. از طرف دیگر وجود سلولز بیشتر باعث پیوند بیشتر بین الیاف می گرددکه این عمل به دلیل افزایش پیوند هیدروژنی صورت می گیرد (۱۴). همچنین طول و ضخامت دیواره بیشتر الیاف در تیمار شماره ۴ (به دلیل سالم ماندن الیاف)، سبب افزایش مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذا می‌گردد.

پیشنهادات

۱- با توجه به کمبود شدید ماده اولیه چوبی واحدهای صنعتی خمیر و کاغذ کشور پیشنهاد می‌شود از فرایندهای زیاد بازده نظیر سولفیت خنثی برای تولید خمیر کاغذ از این گونه استفاده شود.

۲- روشهای تهیه خمیر کاغذ **CMP** و **CTMP** از ساقه کلزا مورد بررسی و تحقیق قرار بگیرد.

۳- شایسته است بر روی دیگر واریته های مختلف کلزا مورد استفاده در مزارع کشور از نظر میزان مواد شیمیایی و مرفولوژی الیاف و خصوصیات خمیر سازی تحقیق شود.

۴- لازم است بر روی روشهای زیاد بازده، از دیگر منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی موجود در کشور نیز مطالعاتی انجام شود.

سپاسگزاری:

وظیفه خود می دانم از مسوولان محترم مرکز تحقیقات کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران، آقایان مهندس آزادی و مهندس سنگینی و همچنین از مسوولان تحقیقات جنگلها و مراتع از جمله جناب آقای مهندس فخریان و از تمامی کسانی که در این تحقیق مرا یاری کردند تشکر و قدر دانی نمایم.

منابع و مآخذ:

۱. اسموک،گری. ترجمه میرشکرایی، س.ا. (۱۳۷۴). تکنولوژی خمیر وکاغذ، انتشارات دانشگاه پیام نور مازندران، جلد اول، چاپ اول، صفحه ۲۷۱ .

۲. ثمری‌ها، احمد و حمصی، امیر هومن (۱۳۸۴)، بررسی اثر پالایش بر خواص مقاومتی کاغذ حاصل از خمیر به روش NSSC، مجله علمی –پژوهشی علوم کشاورزی سال یازدهم. شماره (۳) ۱۳۸۴

۳. بیمن، جان (۱۹۸۸)، اصول خمیر و کاغذ سازی

۴. پطرودی (۱۳۷۹). بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ شیمیایی سودای باگاس مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۵. ثمری‌ها، احمد (۱۳۸۴). بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از باگاس. پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر امیرهومن حمصی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

Archive of SID

www.SID.ir

۶. ثمری‌ها و همکاران (۱۳۸۴). بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از باگاس. نشریه مجله علمی-پژوهشی. سال یازدهم، شماره (۲) تابستان ۱۳۸۴.
۷. جهاد کشاورزی کرج (۱۳۸۲). گزارش گردهمایی برنامه ریزی سالانه دانه های روغنی (اجرایی) ۱۴ تا ۱۶ مرداد ماه ۱۳۸۲.
۸. حسینی، احسان (۱۳۸۳). بررسی امکـان تهیه خمیر کاغذ از کاه گندم به روش سولفیت خنثی (NSSC) جهت تهیه کاغذ کنگره‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
۹. 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.
۱۰. 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 وکاغذ مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۱. رمضانی، فرزام (۱۳۸۴). تهیه خمیرکاغذ روزنامه رنگبری شده از ضایعات کشاورزی- پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
۱۲. روح نیا مهران ، لتیباری و سید ضیاءالدین حسینی (۱۳۸۲). بررسی ویژگیهای کاغذ از پوست دانه آفتابگردان، تحقیقات چوب و کاغذ. شماره ۱۸ ، نشریه شماره ۲ موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
۱۳. سفیدگران، راحله (۱۳۸۲). بررسی ویژگیهای خمیرکاغذ کلزا به روش سودا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۴. سپیده‌دم، 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 جنگل‌ها و مراتع
۱۵. شفیع‌زاده ف. (۱۳۷۸). بررسی امکان استفاده از خمیر سودا و NSSC ساقه پنبه برای تولید کاغذ فلوتینگ در صنایع چوب و کاغذ مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحه ۱۱۰.
۱۶. صالحی، کامیار (۱۳۷۹). بررسی و تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی بازده زیاد از باگاس. تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۱۰، نشریه شماره ۲۳۲ موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
17. Hurter. p, Eng, 2002. Physical Properties Of Corrugating Medium Content Papers Produce With Non-wood Pulp, Hurter Consult Incorporated.

Archive of SID

www.SID.ir

JOURNAL OF
AGRICULTURAL
SCIENCES
Islamic Azad University

Investigation the Properties of Pulp and Paper by Neutral Sulfite Semi-Chemical from Stem of Colza

A-H. Hemmasi*
Associate Professor ,Wood & Paper Industrial Engineering Dept .,Science & Research Campus (Tehran)
M.M. Pirouz
MS .c. Research Student of Wood &Paper Industrial Engineering ,Science& Research Campus, Islamic Azad University .
S.A. Mirshokraei
Professor,Chemistry Department,Payame Noor University

Keywords: Colza, Neutral sulfite semi chemical process, RCT, CMT

Abstract
This research with purpose to distingish properties of Pulping and Paper making from stem of colza (Brassica napus) and capability of Semi-chemical Pulping was performed. The exception was Type selection of used tests was Ocapie that was prepared from center of modification of seeds, karaj county and transferred to the Mazandaran Pulp and Paper mill. In Conditions of Cooking process, were two defferent chemicals consumption (chemnical charge) 10% and 20 % on the (basis of dry) colza weigth.and periods of digestion were 30 and 40 minutes and the condition of pulping was 170 degree of centigrade temperature. Using PFImill,four kinds of pulps with four different freenesses were made up to 410±25 CSF by PFI mill refiner. Then seven hand sheet 127gr/m² were made measured.For study the resistant properties of hand sheet papers, used the TAPPI standard, study on mechanical strength of handsheets showed that when the yield decreased, the resistance index of paper like that: Tensile Strength, Ring crush Test (RCT), Burst Strength, Burst Strength, Stiffness, Strage, Breaking Length Currugatade Medium Test was increased

* Correspinding Author

Archive of SID

www.SID.ir