فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۳۷-۳۲۶، (۱۳۹۱)

مقایسه ویژگی‌های خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه چوب و کاغذ مازندران با خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی حاصل از ساقه کلزا

احمد ثمریها[1*]، جعفر ابراهیم پور کاسمانی[2] و سعید مهدوی[3]

۱*- دانشجوی دکتری، صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران،
پست الکترونیک : a_samariha@yahoo.com
۲- استادیار، صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی
۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

چکیده

نمونه‌های ساقه کلزای مورد آزمایش از یک مزرعه واقع در استان مازندران تهیه گردید. میانگین طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه به‌ترتیب ۸۶۰، ۲۷/۹۵، ۱۸/۸۶ و ٤/٤٢ میکرومتر اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی نیز شامل میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر به‌ترتیب ٤٤، ۱۹/۲۱، ٦ و ۱۳ درصد اندازه‌گیری شد. پخت بهینه با بازده ٦٦ درصد در شرایط ۲۰ درصد مواد شیمیایی بر مبنای اکسید سدیم، دمای پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت ۳۰ دقیقه انتخاب گردید. سپس پالایش خمیرکاغذ تا دو درجه‌روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادا (CSF) انجام شد. از هر دو نوع خمیرکاغذ، کاغذ دست‌ساز با جرم‌پایه ۱۲۷ g/m^2 تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی آن اندازه‌گیری و با نمونه شاهد مقایسه گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج این اندازه‌گیری‌ها حاکیت از آن دارد که کاغذ حاصل از خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) در تمام شاخص‌های فیزیکی و مقاومتی، دارای ویژگی‌های کاملاً برتر نسبت به خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی پهن‌برگان تولید شده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ساقه کلزا، خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی، پخت بهینه، درجه‌روانی، ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی.

مقدمه

کاغذ فلوتینگ[1] یکی از فرآورده‌های مهم و پرمصرف صنعت کاغذسازی به‌خصوص برای استفاده در صنایع بسته‌بندی می‌باشد که تا قبل از بهره‌برداری از طرح صنایع چوب و کاغذ مازندران تقریباً به طور کامل وارداتی بوده است. به دلیل نیاز روزافزون کشور به این محصول و برای تأمین بخشی از این نیاز، کارخانه چوب و کاغذ مازندران، یک خط تولید کاغذ فلوتینگ با ظرفیت تولید سالیانه ۷۵۰۰۰ تن در سال با جرم پایه ۱۲۸-۱۱۳ g/m^2 در نظر گرفته است. برای تولید خمیرکاغذ مورد نیاز، یک خط تولید خمیرکاغذ با فرایند نیمه‌شیمیایی سولفیت‌خنثی با

1- Fluting Paper

Archive of SID
www.SID.ir

ظرفیت تولید روزانه ۳۰۰ تن نصب گردید. مادهٔ اولیه چوبی مورد نیاز این خط تولید، مخلوطی از بیش از ده گونه چوبی پهن‌برگ جنگل‌های شمال کشور با درصد اختلاط معین می‌باشد. متأسفانه جنگل در اختیار این کارخانه نمی‌تواند جوابگوی حتی ۳۰ درصد ماده اولیه کل کارخانه باشد. برای گریز از این محدودیت و کاهش مشکلات ناشی از کمبود مواد اولیه چوبی، استفاده از منابع سلولزی گیاهان غیرچوبی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (رودی، ۱۳۸۱). اخیراً استفاده از این منابع در تهیه خمیرکاغذ مورد توجه قرار گرفته است. یکی از گیاهانی که به تازگی کشت آن به منظور تولید دانه‌های روغنی در ایران مورد توجه قرار گرفته و سطح زیر کشت آن به سرعت رو به افزایش است، گیاه کلزا (*Brassica napus*) نام دارد (اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، ۱۳۷۸). در سال ۱۳۸۵، وزارت جهاد کشاورزی طی برنامه توسعه کشت کلزا، سطحی بالغ بر ۱٤٥۰۰۰ هکتار را به کشت این گیاه اختصاص داده است (دفتر طرح دانه‌های روغنی، ۱۳۸۵). تحقیقات اولیه در بررسی بیومتری الیاف کاه کلزا به منظور تهیه خمیرکاغذ نشان داد که کاه کلزا الیاف مناسبی برای تولید خمیرکاغذ دارد (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین، با توجه به افزایش چشمگیر کشت گیاه کلزا در ایران و همچنین عدم استفاده از پسمانده‌های کلزا بدلیل پایین بودن ارزش غذایی، که حتی برای خوراک دام نیز توصیه نمی‌شود (کاویان، ۱۳۸٦)، می‌توان از آن به‌عنوان منبعی جدید برای تولید خمیرکاغذ استفاده نمود.

در مورد ویژگی‌های آناتومی و شیمیایی پژوهشگران داخلی ازجمله (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵)، (پیروز، ۱۳۸۵)، (احمدی، ۱۳۸٦) و (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸)، متوسط طول الیاف کلزا را به‌ترتیب ۰/۹٦، ۰/۸۲، ۱/۱۹ و ۰/۹۹ میلی‌متر گزارش نمودند. میزان سلولز کلزا توسط (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵)، (پیروز، ۱۳۸۵)، (احمدی، ۱۳۸٦) و (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸) به‌ترتیب، ٤۱/۱، ٤۳، ٤۳ و ٤۸/۷٦ درصد گزارش شده است. رمضانی (۱۳۸٤) تهیه خمیرکاغذ روزنامه رنگبری شده از ضایعات کشاورزی (کلزا) را مورد مطالعه قرار داد. سفیدگران و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی قابلیت تولید خمیرکاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ و مقایسه آن با کاه برنج به این نتیجه رسیدند که کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سودا در تیمارهای متفاوت کلزا در مقایسه با کاه برنج دارای دانسیته کمتر و خصوصیات مقاومتی بهتر (بجز شاخص مقاومت به ترکیدن) می باشد (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵). پیروز (۱۳۸۵)، تحقیقی به منظور تولید خمیرکاغذ کلزا به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی انجام داد. شرایط تهیه خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا به منظور ساخت کاغذ دست‌ساز عبارت بود از: زمان پخت ۱۷۰ درجه سانتیگراد و ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی و زمان پخت ۳۰ و ٤۰ دقیقه. سپس از این خمیرکاغذها کاغذهای دست‌ساز $۱۲۷\ g/m^2$ تهیه شد (پیروز، ۱۳۸۵). ملایی و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی امکان تهیه خمیرکاغذ سودای قابل رنگبری از ساقه کلزا پرداختند. نتایج خمیرکاغذسازی شیمیایی نشان داد که ساقه کلزا به مواد شیمیایی بیشتری برای تولید خمیرکاغذ قابل رنگبری با بازده پائین نیاز دارد (ملایی و همکاران، ۱۳۸۷). ثمریها (۱۳۸٤)، تحقیقی به‌منظور استفاده از خمیرکاغذ باگاس به روش نیمه شیمیایی

Archive of SID

www.SID.ir

سولفیت خنثی انجام داد. شرایط تهیه خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی عبارت بود از: حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی و مدت زمان پخت ۳۰ و ٤٠ دقیقه. نامبرده کاغذهای دست‌ساز ۱۲۷ گرمی تهیه نمود و ویژگی‌های مقاومتی آنها را اندازه‌گیری و گزارش نمود (ثمریها، ۱۳۸٤). رودی (۱۳۸۱)، مطالعاتی در خصوص ساخت کاغذ با روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی با استفاده از ساقه گیاه آفتابگردان انجام داد. نتایج حاصل از مقاومتهای کاغذ ۱۲۷ گرمی بدست آمد، در دو درجه‌روانی ۳۲۸ و ۳۷۲ میلی‌لیتر استاندارد کانادا نشان داد که کاغذهای حاصل از درجه‌روانی ۳۲۸ میلی‌لیتر استاندارد کانادا از مقاومت‌های بالاتری برخوردار می‌باشد (رودی، ۱۳۸۱). حسینی (۱۳۸۳)، در مورد استفاده از کاه گندم برای تولید خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی مطالعاتی انجام داد. در این تحقیق دما در دو سطح (۱٦٥ و ۱۷٥ درجه سانتی‌گراد)، زمان در سه سطح (۲۰، ۳۰ و٤٠ دقیقه) و درصد مواد شیمیایی در سه سطح سولفیت سدیم (۱۲، ١٤ و ١٦٪) اعمال گردید. بعد از اتمام پخت و ساخت کاغذ دست‌ساز ٦٠ گرمی مشخص شد که تیمار ۱۷٥ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه و ١٦٪ سولفیت سدیم در دو ویژگی شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به تاشدن بالاترین مقادیر را نشان می‌دهد که به‌ترتیب عبارت بودند از: $KPa.m^2/g$ ٥/۳۲۲۰ و ۳/۱. لازم به تذکر این مطلب است که بازده تیمار فوق ٥۱/۱٠ درصد گزارش شده است (حسینی، ۱۳۸۳). احمدی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ضایعات کلزا پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که خمیرکاغذ با شرایط ۱۲ درصد قلیایی فعال، زمان پخت ٦٠ دقیقه و دمای ۱۷٥ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان شرایط بهینه پخت انتخاب گردید و نتایج خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل از این شرایط پخت به‌شرح زیر تعیین شد. شاخص‌های مقاومت به پاره‌شدن، کشش و ترکیدن به‌ترتیب ٦٦/٥ Nm/g، ۷/٥ $mN.m^2/g$ و $KPa.m^2/g$ ۲/٥۷ و طول پاره‌شدن ٦/۷۸ Km بدست آمد (Ahmadi *et al.*, 2010). اختراع و همکاران (۲۰۰۹) تولید خمیر کاغذ از ساقه کلزا را ارزیابی کرده و کیفیت آن را مطلوب اعلام کردند (Ekhtera *et al.*, 2009). عنایتی و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی قابلیت استفاده از ساقه کلزا برای استفاده در صنعت کاغذسازی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که کلزا قابلیت خوبی برای استفاده در کاغذسازی را دارد (Enayati *et al.*, 2009). هارتر[1] (۲۰۰۲)، به مطالعه تولید خمیرکاغذ از مواد اولیه غیر چوبی بخصوص باگاس و انواع کاه پرداخت. نتایج تحقیقات او نشان داد که طول پارگی (m)، فاکتور مقاومت به ترکیدن ($KPa.m^2/g$) و له‌شدگی حلقوی[2] (KN/m) کاغذهای کنگره‌ای حاصل از باگاس به‌ترتیب ٥٥۱٠، ۳۲ و ۳۸ و برای کلش برنج به‌ترتیب ۳۲۷٠، ۲٠/۸ و ۲٦ بوده است. این تحقیق با هدف مقایسه خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه چوب و کاغذ مازندران با خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی حاصل از ساقه کلزا به منظور امکان‌سنجی استفاده از این ماده برای جبران بخشی از کمبود ماده اولیه چوبی در این کارخانه انجام شد.

1- Hurter
2 -Ring Crush Test

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روشها

تهیه نمونه: نمونه ساقه کلزای مورد آزمایش از یکی از زمین‌های کشاورزی واقع در شهرستان بابل در استان مازندران تهیه گردید. به منظور مقایسه خمیرکاغذ NSSC ساقه کلزا و خمیرکاغذ NSSC کارخانه چوب و کاغذ مازندران، خمیرکاغذ NSSC مورد نیاز از برج ذخیره‌سازی خمیر NSSC در مجتمع چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. همچنین از خمیر سفید نشده الیاف بلند وارداتی برای اختلاط با خمیر NSSC کارخانه چوب و کاغذ مازندران نیز استفاده گردید.

اندازه‌گیری ابعاد الیاف: به منظور اندازه‌گیری ابعاد الیاف از روش فرانکلین[1] (۱۹۵٤) استفاده گردید. ابعاد الیاف شامل طول و قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی توسط دستگاه آنالیز تصویری (LEICAQ.5000MC) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی: اندازه‌گیری سلولز به‌روش اسید نیتریک به روش کروشنر[2]، لیگنین T222-om-98، مواد استخراجی قابل حل در استن T204-cm-97 و خاکستر T211-om-93، آیین‌نامه TAPPI انجام گردید.

پخت‌های آزمایشگاهی

پس از انتقال ساقه کلزا به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کارخانه چوب و کاغذ مازندران، به منظور تهیه خمیرکاغذ، فرایند پخت نیمه شیمیایی سولفیت خنثی[3] با استفاده از دیگ پخت آزمایشگاهی هاتو[4] انجام شد.

1- Franklin
2- Crushner
3- Neutral Sulphite Semi Chemical
4- HATTO

برای پخت ساقه کلزا از لیکور پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران شامل سولفیت سدیم (Na_2SO_3) و کربنات‌سدیم (Na_2CO_3)، با نسبت وزنی ۲/۹۱ سولفیت به ۱ کربنات استفاده گردید. با توجه به پخت‌های مقدماتی، مایع پخت در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بر مبنای وزن خشک ساقه کلزا، زمان پخت در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ٤۰ دقیقه، دمای پخت در سطح ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. بنابراین در مجموع ۹ تیمار و از هر تیمار ۳ تکرار، پخت خمیرکاغذ انجام شد. بازده بعد از پخت خمیرکاغذها در شرایط پخت ذکر شده بین ٦۱ تا ۸۲ درصد متغیر بود. ولی با توجه به اینکه خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ در دامنه بازده بیشتر از ٦٦ درصد مناسب نبوده و همچنین خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل از خمیرکاغذهای با بازده کمتر از ٦٦ درصد هم در یک گروه قرار گرفتند، با در نظر گرفتن مقدار ریزه‌چوب مجاز[5] خمیرکاغذ و خصوصیات ظاهری آن، خمیرکاغذ با بازده ٦٦ درصد به‌عنوان خمیرکاغذ بهینه انتخاب گردید. پس از بررسی اطلاعات و مقایسه نتایج پخت‌های آزمایشی، خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی با بازده ٦٦ درصد انتخاب گردید. شرایط پخت بهینه ساقه کلزا در جدول ۱ نشان داده شده است. خمیرکاغذ بهینه نسبت به سایر خمیرکاغذها، احساس لمس[6] (سطح نرمتر) بهتری داشت. البّته الیاف خمیرکاغذ با استفاده از یک دفیبراتور آزمایشگاهی از هم جدا شدند.

5- Shive
1- Handfeeling

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- شرایط بهینه برای تولید خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت‌خنثی حاصل از ساقه کلزا

شرایط پخت	خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کلزا	شرایط پخت	خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کلزا
نسبت L:W	۱۰:۱	مواد شیمیایی مصرفی (٪)	۲۰
زمان آغشته سازی و پخت (min)	۳۰	فشار (bar)	۹/۳
(g/l) Na_2O	۱۲۶	pH ابتدایی	۹/۹۵
(g/l) SO_2	۸۵	pH نهایی	۹/۰۱
دما (°C)	۱۷۰	بازده (٪)	۶۶

پالایش‌پذیری خمیرکاغذ

درجه‌روانی اولیه خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت‌خنثی کلزا به‌علت عدم پراکنش یکنواخت الیاف و قابلیت آب‌گیری سریع از آن تا حدی زیاد بود، بدیهی است این خمیرکاغذ برای ساخت کاغذ مناسب نمی‌باشد. بنابراین برای بهبود پراکنش الیاف و کنترل زهکشی آب از خمیرکاغذ و در نهایت بهبود خصوصیات مقاومتی کاغذ بدست آمده، باید در خمیرکاغذ و الیاف آن تغییراتی ایجاد گردد که این تغییرات از طریق فرایند پالایش امکان‌پذیر است. پالایش خمیرکاغذ مورد نظر با استفاده از کوبنده آزمایشگاهی PFI Mill مطابق استاندارد شماره T 248 om-88 آیین‌نامه TAPPI[1] انجام شد.

تهیه کاغذ دست‌ساز

با توجه به تولید کاغذ فلوتینگ با جرم‌پایه ۱۲۷ g/m^2 در کارخانه چوب و کاغذ مازندران، اقدام به تهیه کاغذ دست‌ساز با جرم‌پایه ۱۲۷ g/m^2 گردید. همچنین، به منظور یکسان‌سازی شرایط، از ۹۵٪ خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه به‌همراه ۵٪ خمیرکاغذ الیاف بلند وارداتی کاغذ دست‌ساز ۱۲۷ g/m^2 (به‌عنوان نمونه شاهد) تهیه شد.

تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ

تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ و همچنین اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از آن، بر طبق روش‌های استاندارد TAPPI و SCAN[2] به شرح زیر انجام گردید:

- مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه: آیین‌نامه TAPPI شماره T 818-Om-87
- ضخامت: آیین‌نامه TAPPI شماره T411-Om89
- شاخص مقاومت به کشش: آیین‌نامه TAPPI شماره T240-Om92
- شاخص مقاومت به پاره‌شدن: آیین‌نامه SCAN شماره P_{11}:73
- شاخص مقاومت به ترکیدن: آیین‌نامه TAPPI شماره T403-Om91
- شقی: آیین‌نامه TAPPI شماره T240-Om92

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح تحلیل واریانس یک‌طرفه انجام شد

1- Technical Association of Pulp and Paper Industry

2- Scandinavian Standard for Pulp and Paper Industry

Archive of SID
www.SID.ir

و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۹ درصد انجام شد.

نتایج

ترکیب‌های شیمیایی

آنالیز شیمیایی ساقه کلزا به منظور تعیین میزان ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواداستخراجی انجام شد و اطلاعات مربوط به آن در جدول ۲ ارائه شده است. میزان سلولز کلزا در مقایسه با بعضی از گیاهان غیرچوبی نظیر کاه گندم ٤٢/٥٪ (حسینی، ۱۳۸۳)، ساقه کلزای منطقه شمال کشور ٤١/١٪ (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵) و ساقه کلزای منطقه کرج ٤٣٪ (پیروز، ۱۳۸۵) از میزان سلولز بالاتری برخوردار می‌باشد، که این عامل مثبتی در انتخاب کلزا به‌عنوان ماده اولیه در صنایع کاغذسازی محسوب می‌گردد. مواد استخراجی آن نسبت به کلزای منطقه شمال و کرج کمتر ولی نسبت به سایر گیاهان چوبی بیشتر است.

جدول ۲- میانگین ترکیبات شیمیایی ساقه کلزا

خواص ترکیبات شیمیایی ساقه کلزا	
سلولز (٪)	٤٤
لیگنین (٪)	۱۹/۲۱
مواد استخراجی (٪)	٦
خاکستر (٪)	۱۳

ابعاد الیاف

میانگین طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه کلزا در جدول ۳ به طور خلاصه آورده شده است. الیاف کلزا از نظر کلاسه طولی در دسته الیاف کوتاه با طول کمتر از ۰/۹ میلی‌متر قرار می‌گیرد که مقدار به‌دست آمده کمتر از گونه‌های غیرچوبی می‌باشد. ولی از آنجایی که کلزا یک محصول جانبی کشاورزی محسوب می‌گردد و در حجم زیاد قابل دسترس است، نمایانگر این نکته است که می‌تواند به‌عنوان ماده اولیه برای تهیه خمیرکاغذ در کشور مطرح باشد. جدول ٤ ضرایب کاغذسازی الیاف کلزا را نشان می‌دهد.

جدول ۳- بیومتری الیاف ساقه کلزا

ویژگی الیاف	میانگین
طول (میکرومتر)	٨٦٠
قطر سلول (میکرومتر)	۲۷/۹۵
قطرحفره (میکرومتر)	۱۸/۸٦
ضخامت دیواره (میکرومتر)	٤/٤٢

جدول ٤- ضرایب کاغذسازی الیاف ساقه کلزا

ضریب درهم رفتگی	۳۰/۸۹
ضریب انعطاف پذیری (٪)	٦٧/٤٧
ضریب رانکل (٪)	٤٦/٨٥

خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای تهیه شده در جدول ۵ ارائه شده است. تجزیه و تحلیل آماری ضخامت کاغذ دست‌ساز حاصل از خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه و خمیرکاغذهای خالص ساقه کلزا با درجات روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) نشان داد که در وزن پایه تقریباً برابر، کاغذ حاصل از خمیرکاغذ خالص کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر، نسبت به خمیرکاغذ کارخانه و خمیرکاغذ کلزا با درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) می‌باشد که علت این امر

Archive of SID

www.SID.ir

را می‌توان به بیشتر بودن سطح پیوندپذیری بین الیاف در این خمیرکاغذ نسبت داد (جدول ٦).

مطابق نتایج، بیشترین مقدار طول پاره‌شدن، مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه، شاخص مقاومت به پاره‌شدن و شاخص مقاومت به ترکیدن در کاغذ حاصل از خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) و کمترین آن در کاغذ فلوتینگ حاصل از خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. از نظر آماری و در سطح اطمینان ۹۹ درصد کاغذهای ساخته شده در درجه‌روانی (۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر CSF) با هم در یک گروه قرار داشته و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد (جدول ٦).

تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده ویژگی‌های مقاومتی از جمله شاخص مقاومت به کشش و شقی[1] در کاغذ تهیه شده از خمیرکاغذ کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) به طور معنی‌داری بیشتر از کاغذهای حاصل از خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه بود و همچنین ویژگی‌های مقاومتی آن به طور معنی‌داری از خمیرکاغذ حاصل از درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) بیشتر می‌باشد (جدول ٦). همچنین نتایج حاصل از جدول ٦ نشان می‌دهد که کاغذ حاصل از خمیرکاغذ کلزا با درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) در تمامی شاخص‌های مقاومتی از کاغذ تهیه شده از خمیرکاغذ کارخانه بالاتر می‌باشد. با توجه به اولویت ویژگی مقاومتی کاغذ فلوتینگ یعنی مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه در کاغذهای فلوتینگ و اهمیت کمتر سایر شاخص‌های مقاومتی در این نوع کاغذها، می‌توان از خمیرکاغذهای خالص کلزا با درجات‌روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) برای تهیه کاغذ کنگره‌ای (فلوتینگ) استفاده نمود. با توجه به اینکه مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه کاغذ حاصل از خمیرکاغذهای با درجات روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. به منظور بهبود در آبگیری و افزایش سرعت ماشین کاغذ می‌توان برای ساخت کاغذ فلوتینگ از خمیرکاغذ با درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) استفاده نمود.

1 Stiffness

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه آماری ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز فلوتینگ چوب و کاغذ مازندران با ساقه کلزا

ماده اولیه (خمیرکاغذ) / ویژگی کاغذ	۹۵٪ خمیرکاغذ NSSC کارخانه با درجه‌روانی ۴۰۰ میلی‌لیتر+ ۵٪ الیاف بلند	خمیرکاغذ NSSC کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر	خمیرکاغذ NSSC کلزا با درجه‌روانی ۴۰۰ میلی‌لیتر	F محاسباتی	سطح معنی‌داری
ضخامت (µm)	۲۳۵/۲۵	۲۱۹/۳۹	۲۲۱/۶۴	۴۰۷۷/۶۲۱	۰/۰۰۰
شاخص مقاومت به کشش (N.m/g)	۳۱/۶۹	۳۸/۱۲	۳۵/۵۶	۴۰۳۰/۴۷۸	۰/۰۰۰
طول پاره شدن (Km)	۴/۰۲	۵/۹۸	۵/۸۲	۳۳۸/۴۳۸	۰/۰۰۰
شقی (KN/m)	۵۲۱/۴۳	۶۰۸/۱	۵۸۴/۶	۱۷۳۸۶۱۳/۶۲۵	۰/۰۰۰
مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه (KN/m)	۱/۳۲	۱/۶۱	۱/۵۶	۸۳/۱۹۲	۰/۰۰۰
شاخص مقاومت به پاره‌شدن ($mN.m^2/g$)	۵/۰۳	۶/۳۱	۶/۱۹	۴۸۴/۲۸۶	۰/۰۰۰
شاخص مقاومت به ترکیدن ($KPa.m^2/g$)	۱/۸	۲/۳۱	۲/۲۹	۱۸۳/۱۴۶	۰/۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- گروه‌بندی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز چوب و کاغذ مازندران حاصل از ساقه کلزا

ماده اولیه (خمیرکاغذ) ویژگی کاغذ	**۹۵٪ خمیرکاغذ NSSC کارخانه با درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر + ۵٪ الیاف بلند**	**خمیرکاغذ NSSC کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر**	**خمیرکاغذ NSSC کلزا با درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر**
ضخامت (µm)	۲۳۵/۲۵^{a}	۲۱۹/۳۹^{c}	۲۲۱/٦٤^{b}
شاخص مقاومت به کشش (N.m/g)	۳۱/٦۹^{c}	۳۸/۱۲^{a}	۳۵/۵٦^{b}
طول پاره شدن (Km)	٤/۰۲^{b}	۵/۹۸ ^{a}	۵/۸۲ ^{a}
شقی (KN/m)	۵۲۱/٤۳^{c}	٦۰۸/۱^{a}	۵۸٤/٦^{b}
مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه (KN/m)	۱/۳۲^{b}	۱/٦۱ ^{a}	۱/۵٦ ^{a}
شاخص مقاومت به پاره‌شدن ($mN.m^2/g$)	۵/۰۳^{b}	٦/۳۱ ^{a}	٦/۱۹ ^{a}
شاخص مقاومت به ترکیدن ($KPa.m^2/g$)	۱/۸^{b}	۲/۳۱ ^{a}	۲/۲۹ ^{a}

a، b و c معرف نحوه گروه‌بندی ویژگی اندازه‌گیری شده توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

نتایج به‌دست آمده در این بررسی نشان می‌دهد که:

۱) آنالیز ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر برای کلزا انجام شد که میانگین آن به‌ترتیب ٤٤، ۱۹/۲۱، ۱۳ و ٦ درصد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان سلولز ساقه کلزا نسبت به بعضی از گیاهان غیرچوبی از میزان قابل قبولی برخوردار می‌باشد، که این عامل مثبتی در انتخاب کلزا به‌عنوان ماده اولیه در صنایع کاغذسازی محسوب می‌گردد. همچنین لیگنین و مواد استخراجی آن نسبت به کلزای منطقه شمال و کرج کمتر می‌باشد.

سلولز کلزا در مقایسه با گیاهان غیرچوبی نظیر کاه گندم ٤۲/۵٪ (حسینی، ۱۳۸۳)، ساقه کلزای منطقه شمال کشور ٤۱/۱٪ (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵) و ساقه کلزای منطقه کرج ٤۳٪ (پیروز، ۱۳۸۵) نشان می‌دهد که از مقدار سلولز بیشتری برخوردار است.

۲) نتایج اندازه‌گیری الیاف کلزا نشان داد که الیاف کلزا در دسته الیاف کوتاه قرار دارد. میانگین کلی طول الیاف و ضخامت دیواره سلولی به‌ترتیب ۸٦۰ و ٤/٤۲ میکرومتر اندازه‌گیری شده است. طول الیاف کلزا کمتر از گونه‌های غیرچوبی می‌باشد. ولی از پراکنش نسبتاً خوبی برخوردار است و با تقریب مناسبی از توزیع نرمال پیروی می‌کند. الیاف با دیواره نازک در پالایش به انرژی کمتری نیاز دارند و پس از پالایش انعطاف‌پذیری بهتری خواهند داشت.

۳) با توجه به بررسی‌های انجام شده در مورد خصوصیات ظاهری (احساس لمس (سطح نرمتر) و مقاومتی خمیرکاغذهای حاصل از پخت‌های آزمایشی، بهترین شرایط پخت برای تولید خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی به‌شرح زیر می‌باشد: دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۳۰ دقیقه، ۲۰ درصد مواد شیمیایی و نسبت مایع پخت به ساقه کلزا ۱۰ به ۱ به‌دست آمد. در این شرایط پخت، بازده پخت ٦٦ درصد حاصل گردید.

٤) میزان پالایش خمیرکاغذ بهینه برای رسیدن به دو درجه‌روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) برای تهیه کاغذهای فلوتینگ دست‌ساز با جرم‌پایه ۱۲۷ g/m^2 مناسب تشخیص داده شد.

۵) تجزیه و تحلیل آماری ویژگی فیزیکی کاغذهای فلوتینگ تهیه شده نشان داد که خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) به علت سطح پیوندی بیشتر بین الیاف، خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه و خمیرکاغذ کلزا با درجه‌روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) بهتر می‌باشد. بدین ترتیب که با جرم‌پایه برابر، خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی خالص کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر نسبت به خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی خالص کارخانه می‌باشد.

٦) تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های مقاومتی کاغذها نشان داد که کاغذ تهیه شده از خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجات روانی ۳۵۰ و ٤۰۰ میلی‌لیتر (CSF) در تمام شاخص‌های مقاومتی به‌طور معنی‌دار، ویژگی‌های مقاومتی مطلوبتری نسبت به کاغذ کارخانه داشتند (جدولهای ۵ و ٦). مقایسه مقاومت‌ها با سایر منابع نشان می‌دهد که مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه آن نسبت به ساقه آفتابگردان (رودی، ۱۳۸۱) ۱/۹۳۷ KN/m کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه کلزای کرج (پیروز، ۱۳۸۵) ۰/۹۸ KN/m بیشتر می‌باشد. شقی آن نسبت به ساقه آفتابگردان KN/m ٦۸۵/۵ کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه کلزای کرج KN/m ۵۱۰/٤۱ بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت به کشش آن نسبت به ساقه آفتابگردان N.m/g ٤۱/۲۸٦ و ضایعات کلزا (Ahmadi *et al.*, 2010) ٦٦/۵ N.m/g کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه

Archive of SID

www.SID.ir

کلزای کرج ۲۷/۳۱N.m/g بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن آن نسبت به ضایعات کلزا ۷/۵ $mN.m^2/g$ کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه آفتابگردان ٦/۰٦ $mN.m^2/g$ و ساقه کلزای کرج ٤/۸۷ $mN.m^2/g$ بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت به ترکیدن آن نسبت به ضایعات کلزا ۲/۵۷ $KPa.m^2/g$ کمتر می‌باشد، و نسبت به ساقه آفتابگردان ۲/۰۱۷ $KPa.m^2/g$ و ساقه کلزای کرج $KPa.m^2/g$ ۱/۲٤ بیشتر می‌باشد. طول پاره‌شدن آن نسبت به ضایعات کلزا ٦/۷۸ Km نیز کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه آفتابگردان ٤/۲۱ Km و ساقه کلزای کرج ۲/۷۵ Km بیشتر می‌باشد.

۷) در پایان با توجه به کلیه ویژگی‌های ساقه کلزا در خصوص تولید خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از آن، این ماده برای تولید کاغذ فلوتینگ با توجه به ویژگی‌های کاغذ حاصل توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، ۱۳۷۸. چهار محصول زراعی و صنعتی (چغندر قند، پنبه، آفتابگردان، نیشکر)، چاپ اول، انتشارات وزارت کشاورزی معاونت و برنامه ریزی و بودجه اداره کل آمار و اطلاعات، ۱۳٦ صفحه.
- احمدی، م.، ۱۳۸٦. بررسی تولید خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- پیروز، م.، ۱۳۸۵. بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- ثمریها، ا.، ۱۳۸٤. بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از باگاس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- حسینی، ا.، ۱۳۸۳. بررسی امکان تهیه خمیرکاغذ از کاه گندم به روش سولفیت خنثی(NSSC) جهت تهیه کاغذ کنگره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۷۸.
- دفتر طرح دانه‌های روغنی، ۱۳۸۵. برنامه ده ساله توسعه کشت کلزا در ایران، وزارت جهاد کشاورزی.

رودی، ح.، ۱۳۸۱. بررسی تولید خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه آفتابگردان و ارزیابی آن به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای در صنایع چوب وکاغذ مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۹۵.

- رمضانی، ف.، ۱۳۸٤. تهیه خمیرکاغذ روزنامه رنگبری شده از ضایعات کشاورزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- سفیدگران، ر.، رسالتی، ح، و کاظمی نجفی، س.، ۱۳۸۵. بررسی قابلیت تولید خمیرکاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۲): ٤٤۷-٤۳۳.
- کاویان، ع.، ۱۳۸٦. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی تعیین قابلیت هضم بقایای محصولات کشاورزی و صنایع غذایی استان گلستان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و امور دام استان گلستان.
- ملایی، م، روستایی، م، و بهمنی، م.، ۱۳۸۷. بررسی امکان تهیه خمیرکاغذ سودای قابل رنگبری از ساقه کلزا. اولین همایش ملی تأمین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور. گرگان ۱۲ و ۱۳ آذر: ۱۱.
- مهدوی، س، حبیبی، م.ر، فخریان، ع، و صالحی، ک.، ۱۳۸۸. مقایسه ابعاد الیاف، جرم مخصوص و ترکیب‌های شیمیایی پسماند دو رقم کلزا. دو فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. ۲٤ (۱)، ٤۳-۳٦.

-Ahmadi, M., Latibari, A. J., Faezipour, M., S., Hedjazi. 2010. Neutral sulfite semi-chemical pulping of rapeseed residues. Turk J Agric for 34 (2010) 11-16.

-Ekhtera, M. H., Azadfallah, M., Bahrami, M., and Mohammadi-Rovshandeh, J. (2009). "Comparative study of pulp and paper properties of canola stalks prepared by using dimethyl formamide or diethylene glycol," Bioresource Technology, 214-233.

-Enayati, A. A., Hamzeh, Y., Mirshokraie, A., and Molaii, M. (2009). "Papermaking Potential of Canola Stalks," Bioresource Technology, 245-256.

-Franklin, G.L., 1954. A rapid method for softening wood for anatomical analysis. Tropical Woods 88: 35-36.

-Hurter. P., 2002. Eng: Physical Properties of Corrugating Medium Content Papers Produce With Non-wood Pulp, Hurter Consult Incorporated. April 2002.

Archive of SID

www.SID.ir

Comparison of the NSSC pulp characteristics from Mazandaran wood and paper mill and rapeseed straw NSSC pulp

Samariha, A.[1*], Ebrahimpour Kasmani, J.[2] and Mahdavi, S.[3]

1*-Corresponding author: Young Researcher Club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Email: a_samariha@yahoo.com
2-Islamic Azad University, Savadkooh Branch, Young Researchers Club, Savadkooh, Iran.
3-Ph.D., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran

Received: April, 2011 Accepted: April, 2012

Abstract

Rapeseed straw was collected from a cultivation farm in the vicinity of Babul, Mazandaran. Average fiber length, width, lumen diameter and cell wall thickness were measured as 860, 27.95, 18.86, and 4.42 µm respectively. Chemical components of rapeseed straw including cellulose, lignin, ash and extractives were measured as 44%, 19.21%, 6%, and 13% respectively. Optimum pulping conditions to reach the pulp yield of 66%, were selected applying chemical charge of 20% (based on Na_2O), cooking temperature of 170 ºC, and cooking time of 30 min. The pulps were refined to 350 and 400 ml CSF using PFI mill. Statistical analysis showed that mechanical properties of hand sheets with the basis weight of 127 g m^{-2} made from rapeseed straw NSSC pulp at the freeness of 350 and 400 ml CSF exhibited better properties compared to mixed hardwood NSSC pulp to produce fluting paper.

Keywords: Rapeseed straw, NSSC pulp, physical, mechanical

Archive of SID

www.SID.ir