

مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه چوب و کاغذ مازندران با خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی حاصل از ساقه کلزا

احمد ثمریها^{۱*}، جعفر ابراهیم پور کاسمانی^۲ و سعید مهدوی^۳

*۱- دانشجوی دکتری، صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران،

پست الکترونیک: a_samaraha@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 پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

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 به ترتیب ۸۶۰، ۲۷/۹۵، ۱۸/۸۶ و ۴/۴۲ میکرومتر اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی نیز شامل میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر به ترتیب ۴۴، ۱۹/۲۱، ۶ و ۱۳ درصد اندازه‌گیری شد. پخت بهینه با بازده ۶۶ 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 خمیر کاغذ تا دو درجه‌روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادا (CSF) انجام شد. از هر دو نوع خمیر کاغذ، کاغذ دست‌ساز با جرم‌پایه 127 g/m^2 تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی آن اندازه‌گیری و با نمونه شاهد مقایسه گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج این اندازه‌گیری‌ها حاکی از آن دارد که کاغذ حاصل از خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر (CSF) در تمام شاخص‌های فیزیکی و مقاومتی، دارای ویژگی‌های کاملاً برتر نسبت به خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی پهن‌برگان تولید شده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ساقه کلزا، خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی، پخت بهینه، درجه‌روانی، ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی.

مقدمه

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 سالانه ۷۵۰۰۰ تن در سال با جرم پایه $128-113 \text{ g/m}^2$ در نظر گرفته است. برای تولید خمیر کاغذ مورد نیاز، یک خط تولید خمیر کاغذ با فرایند نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی با

کاغذ فلوتینگ^۱ 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

ظرفیت تولید روزانه ۳۰۰ تن نصب گردید. ماده اولیه چوبی مورد نیاز این خط تولید، مخلوطی از بیش از ده گونه چوبی پهن برگ جنگل های شمال کشور با درصد اختلاط معین می باشد. متأسفانه جنگل در اختیار این کارخانه نمی تواند 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 غیر چوبی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است (رودی، ۱۳۸۱). اخیراً استفاده از این منابع در تهیه خمیر کاغذ مورد توجه قرار گرفته است. یکی از گیاهانی که به تازگی کشت آن به منظور تولید دانه های 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 ۱۴۵۰۰۰ هکتار را به کشت این گیاه اختصاص داده است (دفتر طرح دانه های روغنی، ۱۳۸۵). تحقیقات اولیه در بررسی بیومتری الیاف کاه کلزا به منظور تهیه خمیر کاغذ نشان داد که کاه کلزا الیاف مناسبی برای تولید خمیر کاغذ دارد (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین، با توجه به افزایش چشمگیر کشت گیاه کلزا در ایران و همچنین عدم استفاده از پسماندهای کلزا بدلیل پایین بودن ارزش غذایی، که حتی برای خوراک دام نیز توصیه نمی شود (کاویان، ۱۳۸۶)، می توان از آن به عنوان منبعی جدید برای تولید خمیر کاغذ استفاده نمود.

در مورد ویژگی های آناتومی و شیمیایی پژوهشگران داخلی از جمله (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵)، (پیروز، ۱۳۸۵)، (احمدی، ۱۳۸۶) و (مهدوی و همکاران،

۱۳۸۸)، متوسط طول الیاف کلزا را به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۸۲، ۱/۱۹ و ۰/۹۹ میلی متر گزارش نمودند. میزان سلولز کلزا توسط (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵)، (پیروز، ۱۳۸۵)، (احمدی، ۱۳۸۶) و (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸) به ترتیب، ۴۳، ۴۳، ۴۳ و ۴۸/۷۶ درصد گزارش شده است. رضانی (۱۳۸۴) تهیه خمیر کاغذ روزنامه رنگبری شده از ضایعات کشاورزی (کلزا) را مورد مطالعه قرار داد. سفیدگران و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ و مقایسه آن با کاه برنج به این نتیجه رسیدند که کاغذهای ساخته شده از خمیر کاغذ نیمه شیمیایی 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 خمیر کاغذ کلزا به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی انجام داد. شرایط تهیه خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا به منظور ساخت کاغذ دست ساز عبارت بود از: زمان پخت ۱۷۰ درجه سانتیگراد و ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی و زمان پخت ۳۰ و ۴۰ دقیقه. سپس از این خمیر کاغذها کاغذهای دست ساز 127 g/m^2 تهیه شد (پیروز، ۱۳۸۵). ملایی و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی امکان تهیه خمیر کاغذ سودای قابل رنگبری از ساقه کلزا پرداختند. نتایج خمیر کاغذسازی شیمیایی نشان داد که ساقه کلزا به مواد شیمیایی بیشتری برای تولید خمیر کاغذ قابل رنگبری با بازده پائین نیاز دارد (ملایی و همکاران، ۱۳۸۷). ثمریها (۱۳۸۴)، تحقیقی به منظور استفاده از خمیر کاغذ باگاس به روش نیمه شیمیایی

شرایط ۱۲ درصد قلیایی فعال، زمان پخت ۶۰ دقیقه و دمای ۱۷۵ 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 $۷/۵ \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ، $۶۶/۵ \text{ Nm/g}$ و $\text{KPa.m}^2/\text{g}$ $۲/۵۷$ و طول پاره‌شدن $۶/۷۸ \text{ Km}$ 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^۱ (۲۰۰۲)، به مطالعه تولید خمیر کاغذ از مواد اولیه غیر چوبی بخصوص باگاس و انواع کاه پرداخت. نتایج تحقیقات او نشان داد که طول پارگی (m)، فاکتور مقاومت به ترکیدن ($\text{KPa.m}^2/\text{g}$) و لِه‌شدگی حلقوی^۲ (KN/m) کاغذهای کنگره‌ای حاصل از باگاس به‌ترتیب ۵۵۱۰، ۳۲ و ۳۸ و برای کلش برنج به‌ترتیب ۳۲۷۰، ۲۰/۸ و ۲۶ بوده است. این تحقیق با هدف مقایسه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه چوب و کاغذ مازندران با خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه 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.

سولفیت خنثی انجام داد. شرایط تهیه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی عبارت بود از: حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی و مدت زمان پخت ۳۰ و ۴۰ دقیقه. نامبرده کاغذهای دست‌ساز ۱۲۷ گرمی تهیه نمود و ویژگی‌های مقاومتی آنها را اندازه‌گیری و گزارش نمود (ثمریها، ۱۳۸۴). رودی (۱۳۸۱)، مطالعاتی در خصوص ساخت کاغذ با روش نیمه‌شیمیایی 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 خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی مطالعاتی انجام داد. در این تحقیق دما در دو سطح (۱۶۵ و ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد)، زمان در سه سطح (۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه) و درصد مواد شیمیایی در سه سطح سولفیت سدیم (۱۲، ۱۴ و ۱۶٪) اعمال گردید. بعد از اتمام پخت و ساخت کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی مشخص شد که تیمار ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه و ۱۶٪ سولفیت سدیم در دو ویژگی شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به تاشدن بالاترین مقادیر را نشان می‌دهد که به‌ترتیب عبارت بودند از: $\text{KPa.m}^2/\text{g}$ ۵/۳۲۲۰ و ۳/۱. لازم به تذکر این مطلب است که بازده تیمار فوق ۵۱/۱۰ درصد گزارش شده است (حسینی، ۱۳۸۳). احمدی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی از ضایعات کلزا پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که خمیر کاغذ با

1- Hurter

2 Ring Crush Test

مواد و روشها

تهیه نمونه: نمونه ساقه کلزا از لیکور پخت کارخانه چوب و 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^۱ (۱۹۵۴) 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 به روش اسید نیتریک به روش کروشنر^۲، 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^۳ با استفاده از دیگ پخت آزمایشگاهی هاتو^۴ انجام شد.

برای پخت ساقه کلزا از لیکور پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران شامل سولفیت سدیم (Na_2SO_3) و کربنات سدیم (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 ۴۰ 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 ۶۱ تا ۸۲ درصد متغیر بود. ولی با توجه به اینکه خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ در دامنه بازده بیشتر از ۶۶ درصد مناسب نبوده و همچنین خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل از خمیرکاغذهای با بازده کمتر از ۶۶ درصد هم در یک گروه قرار گرفتند، با در نظر گرفتن مقدار ریزه‌چوب مجاز^۵ خمیرکاغذ و خصوصیات ظاهری آن، خمیرکاغذ با بازده ۶۶ درصد به‌عنوان خمیرکاغذ بهینه انتخاب گردید. پس از بررسی اطلاعات و مقایسه نتایج پخت‌های آزمایشی، خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی با بازده ۶۶ درصد انتخاب گردید. شرایط پخت بهینه ساقه کلزا در جدول ۱ نشان داده شده است. خمیرکاغذ بهینه نسبت به سایر خمیرکاغذها، احساس لمس^۶ (سطح نرم‌تر) بهتری داشت. البته الیاف خمیرکاغذ با استفاده از یک دفیبراتور آزمایشگاهی از هم جدا شدند.

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

5- Shive
1- Handfeeling

جدول ۱- شرایط بهینه برای تولید خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت ختنی حاصل از ساقه کلزا

شرایط پخت	خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت ختنی کلزا	شرایط پخت	خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت ختنی کلزا
نسبت L:W	۱۰:۱	مواد شیمیایی مصرفی (%)	۲۰
زمان آغشته سازی و پخت (min)	۳۰	فشار (bar)	۹/۳
(g/l) Na ₂ O	۱۲۶	pH ابتدایی	۹/۹۵
(g/l) SO ₂	۸۵	pH نهایی	۹/۰۱
دما (°C)	۱۷۰	بازده (%)	۶۶

پالایش پذیری خمیر کاغذ

درجه روانی اولیه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت ختنی کلزا به علت عدم پراکنش یکنواخت الیاف و قابلیت آب‌گیری سریع از آن تا حدی زیاد بود، بدیهی است این خمیر کاغذ برای ساخت کاغذ مناسب نمی‌باشد. بنابراین برای بهبود پراکنش الیاف و کنترل زهکشی آب از خمیر کاغذ و در نهایت بهبود خصوصیات مقاومتی کاغذ بدست آمده، باید در خمیر کاغذ و الیاف آن تغییراتی ایجاد گردد که این تغییرات از طریق فرایند پالایش امکان‌پذیر است. پالایش خمیر کاغذ مورد نظر با استفاده از کوبنده آزمایشگاهی PFI Mill مطابق استاندارد شماره T 248 om- 88 آیین‌نامه TAPPI^۱ انجام شد.

تهیه کاغذ دست‌ساز

با توجه به تولید کاغذ فلوتینگ با جرم‌پایه ۱۲۷ g/m² در کارخانه چوب و کاغذ مازندران، اقدام به تهیه کاغذ دست‌ساز با جرم‌پایه ۱۲۷ g/m² گردید. همچنین، به منظور یکسان‌سازی شرایط، از ۹۵٪ خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت ختنی کارخانه به‌همراه ۵٪ خمیر کاغذ

الیاف بلند وارداتی کاغذ دست‌ساز ۱۲۷ g/m² (به‌عنوان نمونه شاهد) تهیه شد.

تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ

تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ و همچنین اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از آن، بر طبق روش‌های استاندارد TAPPI و SCAN^۲ 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 P₁₁:73
 - 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

به دست 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 به عنوان ماده اولیه برای تهیه خمیر کاغذ در کشور مطرح باشد. جدول ۴ ضرایب کاغذسازی الیاف کلزا را نشان می‌دهد.

جدول ۳- بیومتری الیاف ساقه کلزا

ویژگی الیاف	میانگین
طول (میکرومتر)	۸۶۰
قطر سلول (میکرومتر)	۲۷/۹۵
قطر حفره (میکرومتر)	۱۸/۸۶
ضخامت دیواره (میکرومتر)	۴/۴۲

جدول ۴- ضرایب کاغذسازی الیاف ساقه کلزا

ضریب درهم رفتگی	۳۰/۸۹
ضریب انعطاف پذیری (%)	۶۷/۴۷
ضریب رانکل (%)	۴۶/۸۵

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 خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه و خمیر کاغذهای خالص ساقه کلزا با درجات روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر (CSF) نشان داد که در وزن پایه تقریباً برابر، کاغذ حاصل از خمیر کاغذ خالص کلزا با درجه روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر، نسبت به خمیر کاغذ کارخانه و خمیر کاغذ کلزا با درجه روانی ۴۰۰ میلی‌لیتر (CSF) می‌باشد که علت این امر

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 مواد استخراجی 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 ۴۲/۵٪ (حسینی، ۱۳۸۳)، ساقه کلزای منطقه شمال کشور ۴۱/۱٪ (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵) و ساقه کلزای منطقه کرج ۴۳٪ (پیروز، ۱۳۸۵) از میزان سلولز بالاتری برخوردار می‌باشد، که این عامل مثبتی در انتخاب کلزا به عنوان 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 (%)	۴۴
لیگنین (%)	۱۹/۲۱
مواد استخراجی (%)	۶
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

حاصل از جدول ۶ نشان می‌دهد که کاغذ حاصل از خمیر کاغذ کلزا با درجه‌روانی ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) در تمامی شاخص‌های مقاومتی از کاغذ تهیه شده از خمیر کاغذ کارخانه بالاتر می‌باشد. با توجه به اولویت ویژگی مقاومتی کاغذ فلوتینگ یعنی مقاومت به له شدن در حالت حلقه در کاغذهای فلوتینگ و اهمیت کمتر سایر شاخص‌های مقاومتی در این نوع کاغذها، می‌توان از خمیر کاغذهای خالص کلزا با درجات‌روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) برای تهیه کاغذ کنگره‌ای (فلوتینگ) استفاده نمود. با توجه به اینکه مقاومت به له شدن در حالت حلقه کاغذ حاصل از خمیر کاغذهای با درجات‌روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. به منظور بهبود در آبگیری و افزایش سرعت ماشین کاغذ می‌توان برای ساخت کاغذ فلوتینگ از خمیر کاغذ با درجه‌روانی ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) استفاده نمود.

را می‌توان به بیشتر بودن سطح پیوندپذیری بین الیاف در این خمیر کاغذ نسبت داد (جدول ۶).

مطابق نتایج، بیشترین مقدار طول پاره شدن، مقاومت به له شدن در حالت حلقه، شاخص مقاومت به پاره شدن و شاخص مقاومت به ترکیدن در کاغذ حاصل از خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) و کمترین آن در کاغذ فلوتینگ حاصل از خمیر کاغذ 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 ۴۰۰ میلی لیتر CSF) با هم در یک گروه قرار داشته و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد (جدول ۶).

تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده ویژگی‌های مقاومتی از جمله شاخص مقاومت به کشش و شقی^۱ در کاغذ تهیه شده از خمیر کاغذ کلزا با درجه‌روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) به طور معنی‌داری بیشتر از کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه بود و همچنین ویژگی‌های مقاومتی آن به طور معنی‌داری از خمیر کاغذ حاصل از درجه‌روانی ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) بیشتر می‌باشد (جدول ۶). همچنین نتایج

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

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

جدول ۶- گروه بندی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز چوب و کاغذ
مازندران حاصل از ساقه کلزا

ماده اولیه (خمیر کاغذ) ویژگی کاغذ	۹۵٪ خمیر کاغذ NSSC کارخانه با درجه روانی ۴۰۰ میلی لیتر + ۵٪ الیاف بلند	خمیر کاغذ NSSC کلزا با درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر	خمیر کاغذ NSSC کلزا با درجه روانی ۴۰۰ میلی لیتر
ضخامت (μm)	۲۳۵/۲۵ ^a	۲۱۹/۳۹ ^c	۲۲۱/۶۴ ^b
شاخص مقاومت به کشش (N.m/g)	۳۱/۶۹ ^c	۳۸/۱۲ ^a	۳۵/۵۶ ^b
طول پاره شدن (Km)	۴/۰۲ ^b	۵/۹۸ ^a	۵/۸۲ ^a
شقی (KN/m)	۵۲۱/۴۳ ^c	۶۰۸/۱ ^a	۵۸۴/۶ ^b
مقاومت به له شدن در حالت حلقه (KN/m)	۱/۳۳ ^b	۱/۶۱ ^a	۱/۵۶ ^a
شاخص مقاومت به پاره شدن (mN.m ² /g)	۵/۰۳ ^b	۶/۳۱ ^a	۶/۱۹ ^a
شاخص مقاومت به ترکیدن (KPa.m ² /g)	۱/۸ ^b	۲/۳۱ ^a	۲/۲۹ ^a

a, b و c معرف نحوه گروه بندی ویژگی اندازه گیری شده توسط آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.

بحث

نتایج به دست آمده در این بررسی نشان می دهد که:

(۱) آنالیز ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر برای کلزا انجام شد که میانگین آن به ترتیب ۴۴، ۱۹/۲۱، ۱۳ و ۶ درصد اندازه گیری شد. نتایج نشان می دهد که میزان سلولز ساقه کلزا نسبت به بعضی از گیاهان غیر چوبی از میزان قابل قبولی برخوردار می باشد، که این عامل مثبتی در انتخاب کلزا به عنوان ماده اولیه در صنایع کاغذسازی محسوب می گردد. همچنین لیگنین و مواد استخراجی آن نسبت به کلزای منطقه شمال و کرج کمتر می باشد.

سلولز کلزا در مقایسه با گیاهان غیر چوبی نظیر کاه گندم ۴۲/۵٪ (حسینی، ۱۳۸۳)، ساقه کلزای منطقه شمال کشور ۴۱/۱٪ (سفیدگران و همکاران، ۱۳۸۵) و ساقه کلزای منطقه کرج ۴۳٪ (پیروز، ۱۳۸۵) نشان می دهد که از مقدار سلولز بیشتری برخوردار است.

(۲) نتایج اندازه گیری الیاف کلزا نشان داد که الیاف کلزا در دسته الیاف کوتاه قرار دارد. میانگین کلی طول الیاف و ضخامت دیواره سلولزی به ترتیب ۸۶۰ و ۴/۴۲ میکرومتر اندازه گیری شده است. طول الیاف کلزا کمتر از گونه های غیر چوبی می باشد. ولی از پراکنش نسبتاً خوبی برخوردار است و با تقریب مناسبی از توزیع نرمال پیروی می کند. الیاف با دیواره نازک در پالایش به انرژی کمتری نیاز دارند و پس از پالایش انعطاف پذیری بهتری خواهند داشت.

(۳) با توجه به بررسی های انجام شده در مورد خصوصیات ظاهری (احساس لمس (سطح نرمتر) و مقاومتی خمیر کاغذهای حاصل از پخت های آزمایشی، بهترین شرایط پخت برای تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی به شرح زیر می باشد: دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد، زمان پخت ۳۰ دقیقه، ۲۰ درصد مواد شیمیایی

و نسبت مایع پخت به ساقه کلزا ۱۰ به ۱ به دست آمد. در این شرایط پخت، بازده پخت ۶۶ درصد حاصل گردید.

(۴) میزان پالایش خمیر کاغذ بهینه برای رسیدن به دو درجه روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) برای تهیه کاغذهای فلوتینگ دست ساز با جرم پایه 127 g/m^2 مناسب تشخیص داده شد.

(۵) تجزیه و تحلیل آماری ویژگی فیزیکی کاغذهای فلوتینگ تهیه شده نشان داد که خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) به علت سطح پیوندی بیشتر بین الیاف، خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کارخانه و خمیر کاغذ کلزا با درجه روانی ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) بهتر می باشد. بدین ترتیب که با جرم پایه برابر، خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی خالص کلزا با درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر نسبت به خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی خالص کارخانه می باشد.

(۶) تجزیه و تحلیل آماری ویژگی های مقاومتی کاغذها نشان داد که کاغذ تهیه شده از خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی کلزا با درجات روانی ۳۵۰ و ۴۰۰ میلی لیتر (CSF) در تمام شاخص های مقاومتی به طور معنی دار، ویژگی های مقاومتی مطلوبتری نسبت به کاغذ کارخانه داشتند (جدولهای ۵ و ۶). مقایسه مقاومت ها با سایر منابع نشان می دهد که مقاومت به له شدن در حالت حلقه آن نسبت به ساقه آفتابگردان (رودی، ۱۳۸۱) $1/937 \text{ KN/m}$ کمتر می باشد و نسبت به ساقه کلزای کرج (پیروز، ۱۳۸۵) $0/98 \text{ KN/m}$ بیشتر می باشد. شقی آن نسبت به ساقه آفتابگردان KN/m $685/5$ کمتر می باشد و نسبت به ساقه کلزای کرج KN/m $510/41$ بیشتر می باشد. شاخص مقاومت به کشش آن نسبت به ساقه آفتابگردان $41/286 \text{ N.m/g}$ و ضایعات کلزا (Ahmadi *et al.*, 2010) $66/5 \text{ N.m/g}$ کمتر می باشد و نسبت به ساقه

- دفتر طرح دانه‌های روغنی، ۱۳۸۵. برنامه ده ساله توسعه کشت کلزا در ایران، وزارت جهاد کشاورزی.

رودی، ح، 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. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۹۵.

- رضایی، ف، ۱۳۸۴. تهیه خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹ (۲): ۴۳۳-۴۴۷.

- کاویان، ع، ۱۳۸۶. 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 خمیر کاغذ 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. ۲۴ (۱): ۴۳-۳۶.

-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.

کلزای کرج $27/31 \text{ N.m/g}$ بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن آن نسبت به ضایعات کلزا $7/5 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه آفتابگردان $6/06 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ و ساقه کلزای کرج $4/87 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت به ترکیدن آن نسبت به ضایعات کلزا $2/57 \text{ KPa.m}^2/\text{g}$ کمتر می‌باشد، و نسبت به ساقه آفتابگردان $2/017 \text{ KPa.m}^2/\text{g}$ و ساقه کلزای کرج $1/24 \text{ KPa.m}^2/\text{g}$ بیشتر می‌باشد. طول پاره‌شدن آن نسبت به ضایعات کلزا 6778 Km نیز کمتر می‌باشد و نسبت به ساقه آفتابگردان $4/21 \text{ Km}$ و ساقه کلزای کرج $2/75 \text{ Km}$ بیشتر می‌باشد.

(۷) در پایان با توجه به کلیه ویژگی‌های ساقه کلزا در خصوص تولید خمیر کاغذ 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، ۱۳۶ صفحه.

- احمدی، م، ۱۳۸۶. بررسی تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

- پیروز، م، ۱۳۸۵. بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

- ثمریها، ا، ۱۳۸۴. بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از باگاس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

- حسینی، ا، ۱۳۸۳. بررسی امکان تهیه خمیر کاغذ از کاه گندم به روش سولفیت خنثی (NSSC) جهت تهیه کاغذ کنگره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۷۸.

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 $^{\circ}\text{C}$, 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