

بررسی تهیه خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه آفتابگردان *Helianthus annuus* به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای

حمیدرضا رودی^۱ و حسین رسالتی^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس،
^۲ دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸۲/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۹/۱۲

چکیده

نمونه‌های ساقه گیاه آفتابگردان از مناطق بهشهر و نکا جمع‌آوری شد. میانگین کلی طول، قطر و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه به ترتیب ۰/۹۵۸ میلی‌متر، ۲۳/۶۰۵ و ۵/۹۲۷ میکرومتر اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی شامل میزان سلولز، لیگنین، خاکستر، مواد استخراجی و مواد محلول در سود ۱ درصد در ساقه با مغز به ترتیب ۳۹/۹۳، ۲۲/۲۴، ۱۲/۴۹، ۴/۹۲ و ۳۶/۱۰ درصد و در ساقه بدون مغز به ترتیب ۴۷/۳۷، ۲۱/۲۰، ۷/۵۰، ۳/۶۱ و ۳۴/۰۰ درصد اندازه‌گیری شد. پخت بهینه در بازده ۴۳/۸۰ درصد و عدد کاپای ۸۲/۵۵ با شرایط ۲۰ درصد مواد شیمیایی بر مبنای اکسید سدیم با حداکثر دمای پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت ۱۸۰ دقیقه انتخاب گردید. سپس پالایش خمیر تا دو درجه روانی ۳۷۲ و ۳۲۸ میلی‌لیتر (CSF) (به ترتیب با تعداد دورهای پالایشگر PFI، ۱۵۰ و ۵۰۰) انجام گرفت. از هر دو خمیر، کاغذ دست‌ساز با وزن پایه gr/m^2 ۱۲۷ تهیه و خصوصیات فیزیکی و ویژگی‌های مقاومتی آن اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج این اندازه‌گیری‌ها حاکی از آن است که کاغذ حاصل از خمیر NSSC ساقه آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ میلی‌لیتر (CSF) به‌جز شاخص مقاومت به ترکیدن دارای خواص فیزیکی و ویژگی‌های مقاومتی کاملاً برتر نسبت به خمیر NSSC پهن برگان تولید کارخانه چوب و کاغذ مازندران می‌باشد. کاغذ حاصل از خمیر NSSC ساقه آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ میلی‌لیتر نیز دارای خواص فیزیکی و ویژگی‌های مقاومتی (به‌جز شاخص مقاومت به ترکیدن) مشابه با کاغذ تهیه شده از خمیر NSSC کارخانه بوده است.

واژه‌های کلیدی: ساقه آفتابگردان، فرآیند نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC)، کاغذ کنگره‌ای، آزمون مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای (CMT)، آزمون مقاومت به له‌شدگی حلقوی (RCT)

مقدمه

بسته‌بندی می‌باشد که تا قبل از بهره‌برداری از طرح صنایع چوب و کاغذ مازندران تقریباً به‌طور کامل وارداتی بوده است. بنابر نیاز روزافزون کشور به این محصول و برای تأمین بخشی از این نیاز در طرح صنایع چوب و کاغذ مازندران، یک خط تولید کاغذ کنگره‌ای با ظرفیت تولید

کاغذ کنگره‌ای^۱ یکی از فرآورده‌های مهم و پرمصرف صنعت کاغذسازی به‌خصوص برای استفاده در صنایع

مناسبترین پخت (زمان پخت ۵۰ دقیقه، قلیائیت مؤثر ۱۸ درصد و نیز زمان پخت ۵۰ دقیقه، قلیائیت مؤثر ۱۴ درصد) به ترتیب ۵۰/۰۳ درصد، ۷۹/۲۲ و ۵۵/۸۵ درصد، ۹۵/۹۷ به دست آمد. با انجام پالایش و رسیدن به درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر، از هر دو خمیر کاغذ با پخت‌های بهینه، کاغذ تهیه و مقاومت‌های آن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقاومت‌های کاغذ ساخته شده از خمیر با قلیائیت ۱۸ درصد بیشتر از خمیر با قلیائیت ۱۴ درصد می‌باشد.

اروگلو و همکاران (۱۹۹۰) شرایط تهیه خمیر کاغذ به روش سودا-اکسیژن از چند گیاه غیرچوبی مانند کاه گندم، کاه چاودار، ساقه ذرت و ساقه آفتابگردان را مورد مطالعه قرار دادند. شرایط پخت بهینه برای ساقه آفتابگردان با نسبت مایع پخت به ساقه ۵ به ۱ به صورت زیر تعیین گردید.

مواد شیمیایی ۱۵ درصد برمبنای هیدروکسید سدیم، زمان پخت ۴۰ دقیقه، فشار اکسیژن ۵ Kg/cm و دمای پخت ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد. نتایج این بررسی نشان داد که ساقه آفتابگردان به علت مقدار لیگنین بالا و نیز ساختمان کاملاً چوبی، برای تبدیل به خمیر کاغذ به زمان پخت طولانی‌تری نیاز دارد. خمیر حاصل از ساقه آفتابگردان با کمترین بازده پس از غربال، بالاترین عدد کاپا را داشته، بنابراین کاغذ حاصل از آن مقاومت‌های مکانیکی مختلف پایین‌تری نشان داده است.

جیمز و همکاران (۱۹۹۳) در یک تحقیق با عنوان "ارزیابی ضایعات کشاورزی برای ساخت کاغذ" اقدام به تهیه خمیر کاغذ از ساقه آفتابگردان با فرآیند سودا نمودند. ساقه این گیاه اگرچه الیاف بلندی دارد، ولی به دلیل مصرف بالای قلیا (۱۲/۱۶ درصد)، حلالیت زیاد در سودا ۱ درصد، مقادیر بالای لیگنین و خاکستر و محتوای کم آلفاسولز، یک ماده مناسب برای ساخت کاغذ محسوب نمی‌شود اگرچه مقاومت به پاره شدن کاغذ حاصل از آن بالاست.

سالیانه ۸۵۰۰۰ تن کاغذ کنگره‌ای با وزن پایه gr/m^2 ۱۱۳-۱۲۸ در نظر گرفته شد. برای تولید خمیر کاغذ مورد نیاز، یک خط تولید خمیر با فرآیند نیمه شیمیایی سولفیت خشتی (NSSC) با ظرفیت تولید روزانه ۳۰۰ تن نصب گردید. ماده اولیه چوبی مورد نیاز این خط تولید خمیر کاغذ، مخلوطی با بیش از ده گونه چوبی پهن برگ جنگل‌های شمال کشور با درصد اختلاط معین می‌باشد که متأسفانه جنگل در اختیار این شرکت نمی‌تواند جوابگوی حتی بیش از 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 اجتناب ناپذیر است.

بر اساس اطلاعات موجود، الیاف خمیر حاصل از ساقه آفتابگردان جهت تولید خمیر و کاغذ، می‌تواند ماده مناسبی باشد. این تحقیق با توجه به محدودیت تأمین چوب از جنگل‌های شمال، و جهت تهیه خمیر کاغذ مورد نیاز برای تولید و یا تأمین بخشی از ماده اولیه ساخت کاغذ کنگره‌ای در مجتمع چوب و کاغذ مازندران به انجام رسیده است.

رحمتی و آهنی‌کمانگر (۱۳۷۴) ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از ساقه آفتابگردان منطقه دماوند را مورد بررسی قرار دادند. بازده و عدد کاپا در مناسب‌ترین شرایط پخت (درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۴۵ دقیقه و قلیائیت ۱۸ درصد) به ترتیب ۵۲/۸۵ درصد و ۱۲۱/۷۱ به دست آمد. از خمیر مناسب، در درجه روانی ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF) کاغذ با وزن پایه ۱۲۰ گرم بر مترمربع تهیه گردید و مقاومت‌های آن اندازه‌گیری شد. نتایج نهایی این بررسی این طور اعلام شد که با توجه به عدد کاپای بالای خمیر (۱۲۱)، این خمیر برای ساخت کاغذ لاینر^۲ مناسب است.

ایزدیار (۱۳۷۷) تولید خمیر کاغذ از ساقه آفتابگردان را به روش سودا مورد بررسی قرار داد. بازده و عدد کاپا در

اندازه‌گیری ابعاد الیاف: برای آماده‌سازی نمونه‌های موردنظر از روش فرانکلین^۳ (۱۹۵۴) استفاده شد و ابعاد الیاف و ابری شده، با استفاده از میکروسکپ تحقیقاتی IMT-2Olympus اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری وزن مخصوص خشک و بحرانی: با توجه به ابعاد نامنظم نمونه‌های تهیه شده از ساقه آفتابگردان، برای اندازه‌گیری دانسیته خشک و بحرانی از روش غوطه‌ورسازی اجسام در سیالات استفاده گردید.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی: اندازه‌گیری درصد ترکیبات شیمیایی ساقه آفتابگردان براساس استانداردهای شماره T222-om-88، T274-om-88، T204-om-88 و T211-om-85 آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت.

پخت‌های آزمایشگاهی

نوع ماده اولیه: خرده‌هایی با طول تقریبی ۳-۵cm از ساقه با مغز و بدون مغز آفتابگردان.

فرآیند پخت: نیمه شیمیایی سولفیت خشتی (NSSC).

مایع پخت: سولفیت سدیم (Na_2SO_3) و کربنات سدیم (Na_2CO_3)، با نسبت وزنی ۴ به ۱ سولفیت به کربنات.

نوع دیگ پخت: دیگ پخت آزمایشگاهی (HATTO) از نوع دورانی و منقطع، دارای گنجایش ۱۰ لیتر بوده و سیستم گرم‌کننده آن از نوع المنت الکتریکی است.

مارشال و همکاران (۱۹۹۹) از ساقه با مغز و بدون مغز آفتابگردان با روش سودا خمیر کاغذ تهیه و مقاومت‌های مختلف کاغذ حاصل از آن را اندازه‌گیری نمودند. نتیجه این تحقیق این گونه اعلام گردید که وجود مغز تأثیر منفی بر روی کیفیت خمیر و کاغذ حاصله خواهد گذاشت. همچنین با توجه به مقادیر بالای مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای^۱ (CMT) و مقاومت به له‌شدگی حلقوی^۲ (RCT)، خمیر کاغذ تهیه شده از ساقه بدون مغز آفتابگردان مناسب برای ساخت مقوای کنگره‌ای است. جدول ۱ نتایج مربوط به اندازه‌گیری درصد ترکیبات ساقه آفتابگردان را در تحقیقات انجام گرفته فوق نشان می‌دهد.

همچنین طول الیاف ساقه آفتابگردان توسط ایزدیار (۱۳۷۷)، اروگلو (۱۹۹۰) و جیمنز (۱۹۹۹) به ترتیب، ۱/۱۸، ۱/۲۸ و ۱/۴۷-۱/۲۶ میلی‌متر گزارش شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: نمونه‌های ساقه آفتابگردان از مناطق تحت کشت متمرکز آن در حومه شهرستان‌های بهشهر و نکا جمع‌آوری شد. تعداد ۲۳۰ ساقه به‌طور تصادفی پس از برداشت محصول آن قطع و پس از حذف قسمت‌های زائد، به آزمایشگاه انتقال داده شد.

جدول ۱- درصد ترکیبات شیمیایی ساقه آفتابگردان.

مأخذ	نوع ساقه	مواد استخراجی	لیگنین	سلولز	خاکستر	قابل حل در سود درصد
رحمتی (۱۳۷۴)	بدون مغز	۵/۳۷	۲۳/۳۶	۴۵/۳۵	۵/۲۷	-
ایزدیار (۱۳۷۷)	بدون مغز	۵/۳۵	۲۲/۶۶	۴۷/۵۲	۷/۵۲	-
Eroglu et al. (1990)	بدون مغز	-	۱۸/۲۰	۴۷/۶۰	۸/۲۰	۲۹/۸۰
Jimenez et al.(1993)	بدون مغز	-	۱۳/۴۴	۴۲/۱۰	-	-
Marechal et al.(1999)	بدون مغز	-	۱۷	۴۱	-	-

1- Corrugating Medium Test
2- Ring Crush Test

شرایط پخت: با متغیرهای درصد مواد شیمیایی، درجه حرارت و زمان پخت با نسبت مایع پخت به ساقه ۷ به ۱ پخت‌های مختلف هر یک در سه تکرار انجام شد که در پایان هر پخت، بازده و عدد کاپای خمیر اندازه‌گیری و در نهایت با توجه به این دو ویژگی، شرایط پخت بهینه تعیین گردید.

تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ: تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ تهیه شده و اندازه‌گیری خصوصیات مختلف فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از آن، به جز مقاومت در برابر پاره شدن که براساس آئین‌نامه SCAN استاندارد شماره P11:73 محاسبه شد، بقیه طبق استانداردهای متداول آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت. برای مقایسه نتایج این تحقیق از خمیر کاغذ NSSC موجود در برج ذخیره‌سازی کارخانه چوب و کاغذ مازندران نیز (به‌عنوان شاهد) نمونه‌برداری شد و برای مقایسه میانگین‌های نتایج آزمون‌های مختلف فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست ساز از آنالیز واریانس و آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد دیواره و مغز ساقه: مقادیر میانگین دیواره و مغز ساقه آفتابگردان به ترتیب ۸۸/۰۶ و ۱۱/۹۴ درصد اندازه‌گیری گردید.

وزن مخصوص خشک و بحرانی: دانسیته خشک و بحرانی ساقه آفتابگردان به ترتیب در دامنه تغییرات ۰/۴۸-۰/۴۰ و ۰/۳۳-۰/۳۸ با میانگین ۰/۴۴ و ۰/۳۵ گرم بر

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی ساقه آفتابگردان.

نوع ترکیب	کل ساقه (ساقه با مغز)	دیواره ساقه (ساقه بدون مغز)
سلولز (%)	۳۹/۹۳	۴۷/۳۷
لیگنین (%)	۲۲/۲۴	۲۱/۲۰
خاکستر (%)	۱۲/۴۹	۷/۵۰
درصد مواد استخراجی محلول در:		
الکل- استون	۴/۹۲	۳/۶۱
سود ۱٪	۳۶/۱۰	۳۴/۰۰

سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد.

ترکیبات شیمیایی: آنالیز شیمیایی ساقه آفتابگردان به‌منظور تعیین میزان ترکیبات شیمیایی ساقه شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی و نیز ارزیابی تأثیر مغز ساقه در میزان این ترکیبات به تفکیک برای ساقه با مغز و ساقه بدون مغز انجام گرفت و اطلاعات مربوط به آن در جدول ۲ ارائه شده است.

میزان سلولز و لیگنین ساقه آفتابگردان مشابه گیاهان یک ساله و حتی چوب است ولی مقدار خاکستر آن به مراتب بیشتر از چوب و در مقایسه با گیاهان غیرچوبی، زیاده‌تر از اغلب این گونه‌هاست. همچنین نتایج نشان می‌دهد که وجود مغز باعث افزایش میزان لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی و کاهش میزان سلولز ساقه می‌شود.

ابعاد الیاف: میانگین طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه آفتابگردان به تفکیک محل نمونه‌برداری در ساقه شامل پایین، میانه و بالای ساقه و از دو بخش بند و میان‌بند در جدول ۳ به‌طور خلاصه آورده شده است. هر یک از ارقام این جدول میانگین مربوط به ۳۰ رشته فیبر می‌باشد.

همان‌طوری که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود قسمت بالای ساقه دارای الیاف بلندتری در مقایسه با قسمت میانه و قسمت میانه ساقه نیز دارای الیاف بلندتری در مقایسه با قسمت پایین آن می‌باشد. روند تغییرات در مورد ضخامت دیواره سلولی نیز چنین بوده است. برعکس الیاف قسمت یقه ساقه دارای قطر و قطر حفره سلولی بیشتری نسبت به الیاف قسمت میانه و بالا بوده است.

جدول ۳- بیومتری الیاف ساقه آفتابگردان.

ویژگی الیاف	پایین ساقه			وسط ساقه		بالای ساقه	
	بند و میان بند	بند و میان بند	بند و میان بند	بند و میان بند	بند و میان بند	بند و میان بند	میانگین
طول (میلی متر)	۰/۷۸۲	۰/۸۴۰	۱/۲۵۳	۰/۹۵۸			
قطر (میکرومتر)	۲۴/۳۶۸	۲۳/۷۶۶	۲۲/۶۸۳	۲۳/۶۰۵			
قطر حفره (میکرومتر)	۱۲/۹۸۹	۱۱/۷۳۸	۱۱/۲۵۵	۱۱/۹۹۴			
ضخامت دیواره (میکرومتر)	۵/۵۵۹	۶/۰۸۳	۶/۱۲۰	۵/۹۲۱			

اندازه‌گیری مشخصه‌های الیاف در قسمت بند نشان می‌دهد که طول الیاف در قسمت بند در مقایسه با قسمت میان بند کمتر بوده، اما روند تغییرات سایر مشخصه‌ها روند منظم و مشخصی نداشته است. البته الیاف قسمت بند و میان بند بلحاظ ریخت‌شناسی نیز دارای تفاوت‌های محسوسی می‌باشند، به طوری که الیاف قسمت میان بند بیشتر شکل کشیده و دوکی داشته‌اند در صورتی که الیاف در قسمت بند به علت تنش‌های رویشی به اشکال نامنظم با دیواره کج و معوج دیده شده‌اند.

پخت خمیر کاغذ: از آنجایی که تا به حال هیچگونه تحقیقی در زمینه تولید کاغذ از ساقه آفتابگردان با فرآیند NSSC انجام نگرفته است و هیچگونه اطلاعاتی در زمینه عکس‌العمل مغز ساقه آفتابگردان در برابر مواد شیمیایی مورد مصرف در این فرآیند در دسترس نبوده است، انجام چند پخت آزمایشی به منظور ارزیابی تأثیر این فرآیند بر مغز ساقه ضروری بود. بنابراین پخت‌های ابتدایی با خرده‌هایی از ساقه با مغز انجام گرفت. نتایج پخت‌های آزمایشی حاکی از آن است که مغز ساقه آفتابگردان از نقطه نظر خمیر کاغذ و کاغذسازی نه تنها ارزش صنعتی نداشته بلکه با افزایش مصرف مواد شیمیایی و در نتیجه کاهش قابلیت دسترسی الیاف به این مواد، باعث کاهش شاخص‌های مقاومت‌های خمیر حاصله می‌شود.

بر این اساس با استفاده از ۱۰ درصد مواد شیمیایی (نسبت به وزن خرده‌های کاملاً خشک)، زمان پخت ۹۰ دقیقه، درجه حرارت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت ۷ لیتر مایع پخت به یک کیلوگرم خرده ساقه، پخت آزمایشی ساقه بدون مغز انجام گرفت که نتایج حاصله مطلوب نبود. با توجه به اطلاعات مقدماتی و برای انتخاب شرایط بهینه پخت، هر یک از پخت‌های اصلی با شرایط

شدیدتر بر روی ساقه بدون مغز در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. پس از بررسی اطلاعات و مقایسه نتایج، شرایط بهینه پخت و ویژگی‌های خمیر تعیین شد که اطلاعات مربوطه به ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ آمده است. خمیر بهینه نسبت به سایر خمیرها، رنگ روشنتر و احساس لمس^۱ (سطح نرمتر) بهتری داشت. همچنین واژد^۲ این خمیر دارای رنگ روشنتر، مقدار کمتر و ابعاد کوچک‌تری بود.

پالایش پذیری خمیر: درجه روانی اولیه خمیر NSSC آفتابگردان به علت عدم پراکنش یکنواخت الیاف و قابلیت آبیگری سریع از آن تا حدی زیاد بود (۶۱۳mL.CSF). بدیهی است این خمیر برای ساخت کاغذ مناسب نمی‌باشد. بنابراین برای بهبود پراکنش الیاف و کنترل زهکشی آب از خمیر کاغذ و در نهایت بهبود خصوصیات مقاومتی کاغذ حاصله، باید در خمیر و الیاف آن تغییراتی ایجاد گردد که این تغییرات از طریق فرآیند پالایش امکان‌پذیر است.

پالایش خمیر مورد نظر با استفاده از پالایشگر آزمایشگاهی PFI انجام گرفت. تغییرات درجه روانی در اثر پالایش مطابق شکل ۱ انجام شد. همانطور که ملاحظه می‌شود درجه روانی خمیر در همان دوره‌های پایین دستگاه پالایشگر به شدت کاهش می‌یابد و بنابراین افت درجه روانی در خمیر NSSC آفتابگردان، نظیر دیگر گیاهان غیرچوبی است.

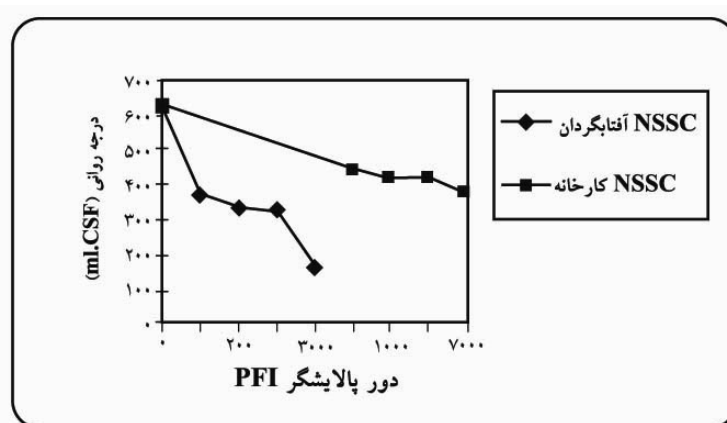
1- Handfeeling
2- Reject

جدول ۴- شرایط بهینه پخت.

شرایط فرآیند	
۱۷۰	دمای ساخت خمیر کاغذ (درجه سانتی‌گراد)
۱۸۰	زمان پخت در دمای حداکثر (دقیقه)
۲۰	درصد مواد شیمیایی بکاررفته (برمینای اکسید سدیم)
۵۸/۹۰	غلظت مواد شیمیایی (گرم بر لیتر)
۷/۱	نسبت مایع پخت به ساقه (میلی‌لیتر بر گرم)
۸/۵	حداکثر فشاردیگ پخت (بار)

جدول ۵- ویژگی‌های خمیر NSSC ساقه آفتابگردان.

pH نهایی	pH ابتدایی	وازد (درصد)	عدد کاپا	بازده (درصد)
۹/۷۵	۱۱/۲۱	۴/۲۶	۸۲/۵۵	۴۳/۸۰



شکل ۱- پالایش پذیری خمیر NSSC آفتابگردان.

از طرفی دیگر، خمیر NSSC آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ میلی‌لیتر (CSF)، اگرچه دارای میزان ریزه‌چوب بیشتر از حداکثر مجاز است (۳/۴۲ درصد)، اما به‌علت زهکشی سریع‌تر آب و سهولت تهیه کاغذ دست‌ساز، این خمیر نیز برای ساخت کاغذ کنگره‌ای در نظر گرفته شد.

دسته‌بندی الیاف: اندازه‌گیری درصد وزنی دسته‌های مختلف الیاف برای هر یک از خمیر کاغذهای تهیه شده انجام گرفت که اطلاعات مربوط به آن در جدول ۶ ذکر شده است.

مقایسه نتایج حاصل از دسته‌بندی الیاف خمیرهای NSSC آفتابگردان و کارخانه نشان می‌دهد که خمیر NSSC آفتابگردان در هر دو درجه روانی در الیاف شماره ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ مش دارای درصد وزنی الیاف تقریباً مشابه با خمیر NSSC کارخانه می‌باشد، در

ریزه‌چوب^۱ خمیر کاغذ: با توجه به تأثیر میزان ریزه‌چوب در خواص مقاومتی کاغذ کنگره‌ای، مقدار آن برای هر یک از خمیر کاغذهای تهیه شده NSSC آفتابگردان و خمیر NSSC کارخانه اندازه‌گیری شد. میزان ریزه‌چوب در خمیر NSSC کارخانه و خمیر کاغذ تهیه شده از ساقه آفتابگردان در دو درجه روانی ۳۷۲ و ۳۲۸ میلی‌لیتر به‌ترتیب ۰/۲۶، ۳/۴۲ و ۲/۳۲ درصد اندازه‌گیری شده است.

با توجه به حداکثر میزان مجاز ریزه‌چوب در خمیر NSSC کارخانه که ۲/۵ درصد می‌باشد، خمیر NSSC آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ میلی‌لیتر با درصد ریزه‌چوب ۲/۳۲ درصد برای ساخت کاغذ کنگره‌ای انتخاب گردید.

صورتی که در الک شماره ۲۰۰ که الیاف کوتاه‌تری قرار می‌گیرند، خمیر NSSC آفتابگردان دارای درصد وزنی بیشتری می‌باشد. دسته آخر نیز میزان نرمه خمیر را نشان می‌دهد که در خمیر NSSC کارخانه، این مقدار بیشتر می‌باشد.

تهیه کاغذ دست‌ساز: در این تحقیق به‌علت پایین بودن مقاومت شبکه خمیر، امکان تهیه کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه 60 gr/m^2 میسر نشد.

بنابراین با توجه به تولید دو نوع کاغذ کنگره‌ای با وزن پایه ۶۰ و ۱۲۷ گرم بر مترمربع در کارخانه، اقدام به تهیه کاغذ دست‌ساز با وزن پایه 127 gr/m^2 گردید. همچنین، به‌منظور یکسان‌سازی شرایط، از خمیر NSSC کارخانه نیز کاغذهای دست‌ساز 127 gr/m^2 تهیه و سپس ارزیابی و مقایسه خصوصیات فیزیکی و ویژگی‌های مقاومتی کاغذ انجام شد.

خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز: نتایج حاصل از بررسی خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای تهیه شده در جدول ۷ ارائه شده است. تجزیه و تحلیل آماری خواص فیزیکی خمیر کاغذ NSSC کارخانه و خمیرهای خالص آفتابگردان با درجات روانی ۳۲۸ و ۳۷۲ میلی‌لیتر (CSF) نشان داد که در وزن پایه برابر خمیر خالص آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ میلی‌لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر، دانسیته بیشتر و نیز مقاومت بیشتر به عبور هوا (تخلخل کمتر) نسبت به خمیر خالص تولید داخل و خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ می‌باشد که علت این امر بالا بودن سطح پیوندپذیری بین الیاف در این خمیر بود.

همچنین مقادیر اندازه‌گیری شده برای خواص فیزیکی

کاغذهای تهیه شده از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ دارای میانگین بیشتری نسبت به خمیر خالص NSSC کارخانه بوده است. برای مثال؛ مقاومت به عبور هوا در کاغذ حاصل از خمیر آفتابگردان به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاغذ ساخته شده از خمیر خالص تولید داخل بود.

ضخامت و دانسیته در کاغذ حاصل از خمیر آفتابگردان نیز دارای مقادیر بیشتری است، اما اختلاف این دو ویژگی بین کاغذهای مذکور به‌لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده ویژگی‌های مقاومتی از جمله اندیس مقاومت به کشش، طول پارگی، شقی کاغذ، مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای، مقاومت به له‌شدگی حلقوی و اندیس مقاومت به پاره شدن در کاغذ تهیه شده از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاغذهای حاصل از خمیر خالص NSSC کارخانه و خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ بوده است اما شاخص مقاومت به ترکیدن در خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ دارای مقادیر کمتری نسبت به خمیر تولید داخل می‌باشد. کاغذ حاصل از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ میلی‌لیتر دارای ویژگی‌های مقاومتی مشابه و نزدیک به کاغذ حاصل از خمیر خالص NSSC کارخانه بود به‌طوری‌که مقاومت‌های شقی کاغذ، مقاومت به له‌شدگی حلقوی و شاخص مقاومت به پاره شدن این کاغذ کاملاً برتر از کاغذ تهیه شده از خمیر کارخانه است.

همچنین شاخص مقاومت به کشش، طول پارگی و مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای این کاغذ به‌لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با کاغذ حاصل از خمیر تولید داخل

جدول ۶- دسته‌بندی الیاف و درصد ریزه‌چوب خمیرهای NSSC آفتابگردان و خمیر NSSC تولید داخل.

نوع خمیر	تعداد دور پالایشگر (دور در دقیقه)	درجه روانی (میلی‌لیتر)(CSE)	ریزه چوب (%)	دسته بندی الیاف (%)			
				شماره الک	۲۰۰	۱۰۰	۵۰
NSSC	۱۵۰	۳۷۲/۵	۳/۴۲	۳۰/۹۰	۲۲/۵۳	۱۱/۳۳	۱۵/۸۲
آفتابگردان	۵۰۰	۳۲۸	۲/۳۲	۲۸/۰۳	۲۴/۳۲	۱۱/۹۶	۱۶/۸۰
NSSC کارخانه	۶۴۰۰	۴۱۴	۰/۲۶	۳۱/۹۳	۲۳/۶۴	۱۴/۶۳	۵/۳۷

نداشته و در یک گروه قرار می‌گیرند اما شاخص مقاومت به‌ترکیدن این کاغذ و کاغذ تهیه شده از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ در مقایسه با کاغذ حاصل از خمیر کارخانه به‌طور معنی‌داری اختلاف دارد. البته با توجه به اولویت ویژگی‌های مقاومتی شقی کاغذ، مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای، مقاومت به له‌شدگی حلقوی و شاخص مقاومت به کشش در کاغذهای کنگره‌ای و اهمیت کمتر شاخص مقاومت به‌ترکیدن در این نوع کاغذها، می‌توان از خمیر کاغذهای خالص آفتابگردان با درجات روانی ۳۲۸ و ۳۷۲ میلی‌لیتر (CSF) برای تهیه کاغذ کنگره‌ای استفاده نمود.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی نشان می‌دهد که:

۱- مغز ساقه آفتابگردان که میانگین نسبت وزنی آن ۱۱/۹۴ درصد اندازه‌گیری شد، از نظر خمیر کاغذسازی نه تنها ارزش صنعتی نداشته بلکه باعث افزایش مصرف مواد شیمیایی و کاهش ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ حاصله می‌شود. مقایسه نسبت مغز ساقه آفتابگردان با سایر گیاهان یک ساله از جمله باگاس (۳۰ درصد (Atchison, و ساقه ذرت (۲۱ درصد (McGovern) نشان می‌دهد که ساقه این گیاه دارای درصد مغز کمتری است.

۲- وزن مخصوص خشک و بحرانی ساقه آفتابگردان کم

بوده و می‌توان آن را در زمره مواد چوبی بسیار سبک ($D \leq 0.05 \text{ gr/cm}^3$) به حساب آورد. در این تحقیق میانگین وزن مخصوص خشک و بحرانی ساقه آفتابگردان به‌ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد.

۳- آنالیز ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر و نیز مواد قابل حل در سود ۱ درصد به تفکیک برای ساقه با مغز و ساقه بدون مغز انجام گرفت که میانگین آن برای ساقه با مغز به‌ترتیب ۳۹/۹۳، ۲۲/۲۴، ۴/۹۲، ۱۲/۴۹ و ۳۶/۱۰ درصد و برای ساقه بدون مغز ۴۷/۳۷، ۲۱/۲۰، ۳/۶۱، ۷/۵۰ و ۳۴/۰۰ درصد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که ساقه با مغز دارای سلولز کمتر و لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر بیشتری نسبت به ساقه بدون مغز می‌باشد.

۴- نتایج اندازه‌گیری الیاف ساقه آفتابگردان در دو بخش بند و میان‌بند در قسمت‌های پایین، وسط و بالای ساقه نشان داد که قسمت‌های بالایی ساقه نسبت به قسمت‌های میانه و پایینی دارای الیاف بلندتری است. میانگین کلی طول الیاف ۰/۹۵۸ میلی‌متر و ضخامت دیواره سلولی ۵/۹۲۷ میکرومتر اندازه‌گیری شده است. طول الیاف ساقه آفتابگردان قابل مقایسه با دیگر گیاهان غیرچوبی و بعضی از گونه‌های چوبی بوده، همچنین از پراکنش نسبتاً خوبی برخوردار است. ضخامت کم دیواره سلولی نیز باعث افزایش انعطاف‌پذیری و در نتیجه افزایش سطح پیوند

جدول ۷- خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذهای کنگره‌ای دست‌ساز.

ویژگی کاغذ	خمیرNSSC خالص کارخانه با درجه روانی ۴۱۴ میلی‌لیتر	خمیرNSSC آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ میلی‌لیتر	خمیرNSSC آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ میلی‌لیتر
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۰/۵۲	۰/۶۱*	۰/۵۵ ns
ضخامت (میکرومتر)	۲۴۳	۲۰۶*	۲۳۵ ns
مقاومت به عبور هوا (ثانیه)	۴/۵	۳۲/۱*	۲۱/۷ ns
شاخص مقاومت به کشش (N.m/gr)	۳۵	۴۱*	۳۴ ns
طول پارگی (Km)	۳/۵	۴/۲*	۳/۶ ns
شقی (KN/m)	۴۸۳	۶۸۵ ns	۷۰۲*
مقاومت به له‌شدگی حلقوی (N)	۱۸۶	۲۶۳*	۱۹۴ ns
مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای (KN/m)	۱/۳۸	۱/۹۳*	۱/۸۵*
شاخص مقاومت به پاره‌شدن ($\text{mN.m}^2/\text{gr}$)	۵/۰	۶/۰*	۵/۷*
شاخص مقاومت به ترکیدن ($\text{KPa.m}^2/\text{gr}$)	۲/۱۲	۲/۰۱*	۱/۶۹*

ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار

*: تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

۴ الیاف می شود. در نتیجه انتظار می رود که کاغذ حاصله دارای خواص فیزیکی و ویژگی های مقاومتی خوبی باشد.

۵- با توجه به آزمایش های صورت گرفته، بهترین شرایط پخت دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد، زمان پخت ۱۸۰ دقیقه، ۲۰ درصد مواد شیمیایی و نسبت مایع پخت به ماده اولیه ۷ به ۱ به دست آمد. در این شرایط پخت، بازده ۴۳/۸۰ درصد و عدد کاپای ۸۲/۵۵ حاصل گردید.

۶- پالایش خمیر بهینه با توجه به میزان ریزه چوب مجاز خمیر NSSC تولید داخل (حداکثر ۲/۵ درصد) انجام شد که در نهایت دو درجه روانی ۳۷۲ و ۳۲۸ میلی لیتر (CSF) برای تهیه کاغذهای کنگره ای دست ساز با وزن پایه 127 gr/m^2 در نظر گرفته شد.

۷- تجزیه و تحلیل آماری خواص فیزیکی کاغذهای کنگره ای تهیه شده نشان داد که خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ به علت سطح پیوند بیشتر بین الیاف، کاملاً برتر از خمیر NSSC کارخانه و خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ می باشد. بدین ترتیب که با وزن پایه برابر،

خمیر خالص آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ میلی لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر، وزن مخصوص بیشتر و نیز مقاومت بیشتر به عبور هوا (تخلخل کمتر) نسبت به خمیر خالص کارخانه می باشد. همچنین، کاغذ تهیه شده از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲ میلی لیتر نیز دارای تخلخل کمتری بهتری نسبت به کاغذ کارخانه بوده است و دیگر خواص فیزیکی آن با کاغذ کارخانه تفاوت معنی داری ندارد.

تجزیه و تحلیل آماری ویژگی های مقاومتی کاغذها نشان داد که کاغذ تهیه شده از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۲۸ به جز شاخص مقاومت به ترکیدن، به طور معنی داری خواص مقاومتی مطلوبتری نسبت به کاغذ کارخانه داشت. همچنین کاغذ حاصل از خمیر آفتابگردان با درجه روانی ۳۷۲، به جز شاخص مقاومت به ترکیدن، از ویژگی های مقاومتی مشابه و نزدیک به کاغذ تولید داخل برخوردار بود.

منابع

۱. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. ۱۳۷۸. چهار محصول زراعی و صنعتی (چغندر قند، پنبه - آفتابگردان، نیشکر)، انتشارات وزارت کشاورزی معاونت و برنامه ریزی و بودجه اداره کل آمار و اطلاعات، ۲۱۵ صفحه.
۲. ایزدیار، ع.ا. ۱۳۷۷. بررسی مناسب ترین شرایط خمیر کاغذسازی (پخت) سودا برای ساقه آفتابگردان منطقه گرگان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۷۰ صفحه.
۳. بصیری، ع. ۱۳۷۳. طرح های آماری در علوم کشاورزی. چاپ ششم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۹۵ صفحه.
۴. رحمتی، ح. و آهنی کمانگر، پ. ۱۳۷۴. بررسی ویژگی های خمیر کاغذ از ساقه آفتابگردان منطقه همدان آبرسد در اطراف دماوند، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
۵. سپیده دم، س.م. ج. جهان لیبیاری، ا. حسین زاده، ع. و گلبابائی، ف. ۱۳۷۷. بررسی ویژگی های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس دو رویشگاه زاغمرز و فارس، تحقیقات چوب و کاغذ ۵: مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
۶. مظفریان، و. ۱۳۷۷. فرهنگ نام های گیاهان ایران (لاتینی، انگلیسی، فارسی)، انتشارات فرهنگ معاصر، ۶۷۱ صفحه.
۷. میرشکرایی، س.ا. ۱۳۷۴. تکنولوژی خمیر کاغذ (ترجمه)، جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ۶۹۹ صفحه.
8. Eroglu, H., Usta M., and Kirci H. 1990. A Review of Oxygen Pulping Conditions Some Nonwood Plants Growing in Turkey. Tappi Proceeding, Book 1:215-222.
9. Jimenez, L.A., Lopez, F.B., and Luis, J.H. 1993. Evaluation of agricultural residues for paper manufacturing. Tappi Journal, 76(3):169-173.
10. Marchael, V., and Rigal L. 1999. Characterization of by-products of Sunflower Culture-commercial Applications for Stalks and Heads. Journal of Industrial Crops and Products, (10):185-200.
11. Ramond, A.Y. 1997. Paper and Composites from Agro-Based Resources into Pulp and Paper, CRC press Inc. Chater6:137-245.
12. TAPPI Standard Method. 1994-1995.

Semi chemical Neutral sulfite pulping of Sunflower stalk (*Helianthus annuus*) for making fluting paper

H.R. Rudi¹ and H. Resalati²

¹Former graduate of wood and paper science and technology, Tarbiat Modarras University, ²Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

The samples of Sunflower stalks were collected from Behshar and Neka. The average fiber length, cell wall diameter and thickness measured were 0.958 η m, 23.605 and 5.927 μ m respectively. The components of chemical and depithed stalk including: cellulose, lignin, ash and extractives content using Alcohol-Aceton and NaOH 1% were measured as 39.93, 22.24, 12.49, 4.92, 36.10% and 47.37, 21.20, 7.50, 3.61, 34.00%, respectively. The following optimum conditions were selected regarding of pulp yield 43.80% and kappa number 82.55: with cooked chemical substances: 20% Na₂O applied, on the basis of dry sunflower stalk, pulping temperature: 170°C and residence time at maximum temperature: 180min. Pulp refining carried out with PFI revolutions 150 and 500 RPM up to freeness 372 and 328ml CSF, respectively. Statistical analysis showed that physical and mechanical, properties of hand sheets with basis weight 127gr/m² NSSC pulp made from Sunflower stalk with freeness 328ml CSF are better than mixed hardwood NSSC pulp (except burst index) and NSSC pulp of Sunflower stalk with freeness 372ml CSF. Furthermore, no significant difference was observed between mixed hardwood NSSC pulp and NSSC pulp of Sunflower stalk with freeness 372ml CSF.

Keywords: Sunflower Stalk; NSSC Process; Fluting Paper; Corrugating Medium Test (CMT); Ring Crush Test (RCT)