

## بررسی ابعاد الیاف، ترکیب شیمیایی و تولید خمیر کاغذ سودا از ساقه سورگم

سعید مهدوی<sup>۱\*</sup> و مسعود رضا حبیبی<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسئول، استادیار، عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، پست الکترونیک: [smahdavi@rifr-ac.ir](mailto:smahdavi@rifr-ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری، عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

### چکیده

سورگم دانه‌ای از جمله غلاتی است که با توجه به مقدار قابل توجه پسماند آن پس از برداشت دانه، می‌تواند برای تولید خمیر کاغذ مورد توجه قرار گیرد. این مطالعه نشان داد که بین میانگین ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی دو رقم سورگم (سپیده و کیمیا) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. میانگین طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف هر دو رقم به ترتیب ۱/۱۹ میلی‌متر، ۲۳/۲۰، ۱۵/۳۴ و ۳/۹۳ میکرومتر به دست آمد. بین ترکیب شیمیایی دو رقم سورگم بجز لیگنین، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵٪ وجود دارد. میانگین هولوسلولز، آلفاسلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر هر دو رقم به ترتیب ۶۲/۱۳، ۳۷/۷۱، ۲۱/۰۵، ۹/۵۸ و ۶/۹۷ درصد تعیین شد. ارزیابی پخت ساقه دو رقم سورگم نشان داد که لیگنین‌زدایی رقم سپیده کمی مشکل‌تر است، ولی مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز آن نیز زیادتر است. بیشترین بازده بعد از الک (۳۳/۱۹ درصد) با استفاده از ۱۲٪ هیدروکسید سدیم، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۷۵ دقیقه از ساقه رقم سپیده حاصل شد. به منظور جبران کمبود ماده اولیه در صنایع کاغذ کشور، پیشنهاد می‌شود خمیر کاغذ سورگم به صورت ترکیبی با خمیر کاغذهای بکر تولید شده در کشور مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: کاه سورگم، ابعاد الیاف، ترکیب شیمیایی، خمیر کاغذ سودا، بازده بعد از الک، عدد کاپا.

### مقدمه

روند تحولات اخیر نشان داده که روند فعلی تولید چوب، جوابگوی مقدار مصرف رو به رشد جمعیت نخواهد بود. به منظور جبران کمبود منابع چوبی به‌ویژه در کشورهایی که از لحاظ منابع چوبی فقیر می‌باشند راهکارهایی بشرح زیر وجود دارد: ۱- افزایش توان و حوزه مدیریت جنگل‌های طبیعی ۲- کاهش ضایعات

بهره‌برداری و یا هدر رفت سرمایه ۳- کاشت درختان سریع‌الرشد در قالب جنگل‌های مصنوعی ۴- استفاده از گیاهان غیر چوبی به‌ویژه پسماند محصولات کشاورزی.

استفاده از گیاهان غیر چوبی به‌ویژه پسماندهای کشاورزی به‌عنوان منبع بالقوه و عظیمی برای تأمین مواد اولیه سلولزی جایگزین چوب، مطرح می‌باشد. البته

Capretti (۲۰۰۳) ویژگی‌های کاغذسازی از ساقه سورگم دانه‌ای و ذرت را تحت تأثیر مقادیر زیاد نرمه الیاف آنها دانسته و معتقد است افت قابلیت آب‌گیری<sup>۳</sup> خمیر کاغذ باعث بروز مشکل در شکل‌گیری ورقه کاغذ خواهد شد.

Hurter (۲۰۰۶) طول، و قطر الیاف سورگم دانه‌ای را به ترتیب ۱۶۵۰ و ۴۷ میکرون و ضریب درهم‌رفتگی الیاف آن را ۵۰ گزارش نموده است.

Banaei و Mehrabi (۲۰۱۱) سطح زیر کشت سورگم دانه‌ای<sup>۴</sup> را در ایران ۲۰۰۰۰ هکتار و تعداد ارقام متداول برای کشت آن را ۵ رقم ذکر نموده است. میزان ساقه تازه این گیاه پس از برداشت دانه حدود ۲۰ تن برآورد شده است.

Lawal و Ugheoke (۲۰۱۰) مقدار آلفاسلولز ساقه سورگم را ۴۷/۳۶ درصد و خاکستر آن را ۱/۴۹ درصد اعلام نموده‌اند. Dela Cruz (۲۰۱۰) سه رقم از پنج رقم سورگم شیرین را برای ساخت کاغذ مناسب ارزیابی نموده است. وی ضمن تشریح اهمیت ابعاد الیاف بر ویژگی‌های کاغذ ساخته شده از آنها، الیاف این سه رقم سورگم را نسبتاً کوتاه با دیواره نازک تا خیلی نازک شبیه چوب گونه‌های اکالیپتوس بیان نموده است.

Patil و همکاران (۲۰۱۱) با اعمال شرایط پخت؛ ۱۶ تا ۲۰ درصد هیدروکسید سدیم، زمان ۹۰ دقیقه و دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به بازده پخت ۴۵٪ و عددکاپای به ترتیب ۴۵٪ و ۱۴ تا ۱۸ برای خمیر کاغذ سودای تهیه شده از سورگم رسیده‌اند. ویژگی‌های بارز این خمیر کاغذ را الیاف کوتاه و مقدار نرمه زیاد دانسته‌اند و با توجه به میزان تولید قابل توجه بیوماس و مصرف کمتر مواد شیمیایی، آن را

میزان تولید خمیر کاغذ تجاری از گیاهان غیر چوبی ۸٪ برآورد شده است (Patil et al., 2011).

Maknali (۲۰۰۶) کاشت سورگم در ایران را به دلیل مقاومت به خشکی، شوری و عملکرد خوب گیاه مناسب می‌داند. ایشان استفاده از سورگم را به‌عنوان یک منبع تهیه الیاف سلولزی توصیه نموده و در بین ۶ رقم سورگم دانه‌ای و شیرین<sup>۱</sup>، رقم دانه‌ای GIZA-123 را به علت داشتن الیافی بلند، کم قطر، دیواره نازک و همچنین درصد سلولز بالا، مواد استخراجی مناسب، درصد خاکستر کم و نیز بازده نسبتاً بالا برای کاغذسازی پیشنهاد نمودند.

Gabir و Khristova (۱۹۹۰) مقدار مغز<sup>۲</sup> تشکیل‌دهنده سورگم سودان را بین ۲۰ تا ۳۰ درصد اندازه‌گیری نموده‌اند. همچنین مقدار مواد تشکیل‌دهنده ساقه خشک شامل فیبر ۵۰٪، سلول‌های پارانشیمی ۴۸٪ و آوند ۲٪ تعیین شده است. طول و قطر الیاف، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی سورگم به ترتیب ۹۰۰، ۱۰/۱، ۸/۳ و ۰/۹ میکرون گزارش شد.

Gabir و Khristova (۱۹۹۰) ضمن اشاره به لزوم پیت‌زدایی به روش تر از سورگم مشابه با باگاس، قابلیت اتصال الیاف سورگم را به دلیل دارا بودن ضرایب مناسب کاغذسازی (به‌رغم کوتاه بودن الیاف) مناسب ارزیابی نموده‌اند. از طرف دیگر، زیاد بودن سلول‌های غیرلیفی در این گیاه به‌عنوان عامل منفی برای تولید خمیر کاغذ مطرح شده که می‌تواند باعث تخریب بیوشیمیایی ماده در زمان ذخیره شده و قابلیت آب‌گیری خمیر کاغذ در شست‌شودهنده‌ها، تغلیظ‌کننده‌ها و ماشین کاغذ را به‌رغم نداشتن نقشی در بهبود مقاومت‌های کاغذ کاهش دهد.

3-Drainability  
4-Sorghum bicolor

1-Sweet sorghum  
2-Pith

### اندازه‌گیری ویژگی‌ها

پس از جداسازی الیاف ساقه به روش (Franklin, 1950)، ابعاد الیاف هر رقم شامل: طول و قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی یکصد و بیست فیبر سالم توسط میکروسکوپ نوری<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شد (Han et al., 1999). سپس ضرایب بیومتری شامل درهم‌رفتگی، نرمش و رانکل با استفاده از میانگین ابعاد الیاف محاسبه شد. اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی چوب شامل درصد هولوسلولوز، آلفاسلولوز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در استن، مواد استخراجی محلول در آب داغ و خاکستر با سه تکرار براساس آزمون‌های استاندارد تاپی به شرح زیر انجام شد.

تهیه آرد عاری از مواد استخراجی ۹۷-۲۲۶۴ cm

میزان مواد استخراجی محلول در استن ۹۹-۲۲۸۰ pm

هولوسلولوز و آلفا سلولز طبق روش‌های (Browning 1967)

و ۸۸-۲۲۶۴ om

میزان لیگنین ۰۲-۲۲۲۲om

میزان خاکستر ۰۲-۲۲۱۱om

### پخت

مایع پخت فرایند سودا شامل هیدروکسید سدیم (NaOH) می‌باشد. این فرایند متداول‌ترین فرایند برای تهیه‌ی خمیرکاغذ از گیاهان غیر چوبی است (Chandra, 1998). مواد شیمیایی براساس مصرف هیدروکسید سدیم نسبت به وزن خشک نمونه‌ها محاسبه شد. در این آزمایش‌ها با استفاده از نسبت ۸ به ۱ مایع پخت به وزن خشک مواد اولیه، مایع پخت به طور جداگانه برای هر پخت تهیه شد.

ماده‌ای مناسب برای تولید خمیرکاغذ نسبت به چوب ارزیابی نمودند.

هدف از این مطالعه، ارزیابی ویژگی‌های ساقه دو رقم متداول سورگم در ایران شامل تعیین ابعاد الیاف، ترکیب شیمیایی و ارزیابی خمیرکاغذ تهیه شده از آن به روش سودا می‌باشد. تحقیقات داخلی اندکی در مورد ویژگی‌های ساقه این گیاه برای کاغذسازی انجام شده است که اطلاعات مقاله حاضر می‌تواند سابقه‌ای برای تحقیقات بعدی باشد.

### مواد و روش‌ها

#### نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از دو رقم متداول سورگم شامل ارقام کیمیا و سپیده از مؤسسه تحقیقات نهال و بذر (بخش ذرت و دانه‌های روغنی) واقع در شهر کرج انجام شد (شکل ۱). آماده سازی نمونه‌ها شامل جداسازی برگ‌ها و پیت و اندازه‌بری آنها برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف بوده است. برای انجام پخت سودا و تهیه خمیرکاغذ، نمونه‌هایی از دو رقم به صورت خرده چوب‌هایی<sup>۱</sup> به طول ۳ سانتی‌متر بریده شد.



شکل ۱- ساقه سورگم دانه‌ای تهیه شده از دو رقم سپیده

(سمت راست) و کیمیا (سمت چپ)

2- Projection light microscope

1- Chips

مکانیکی کاغذ براساس دستورالعمل‌های استاندارد زیر اندازه‌گیری شد.

- متعادل سازی رطوبتی و دمایی ورقه کاغذ: دستورالعمل T402 sp-03 آئین‌نامه تاپی

- جرم پایه ورقه کاغذ: دستورالعمل T410 om-88 آئین‌نامه تاپی

- آماده‌سازی ورقه کاغذ برای آزمون: دستورالعمل 88-T220 om آئین‌نامه تاپی

- اندازه‌گیری میزان جذب آب کاغذ به روش کاب: استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۴۷۵

- اندازه‌گیری شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ: استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۷۰۶۵

- اندازه‌گیری شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ: استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۱۲۹۷

- اندازه‌گیری شاخص مقاومت به کشش کاغذ: استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۸۲۷۳

### روش آماری

به‌منظور مقایسه میانگین‌های ابعاد الیاف دو رقم سورگم از آزمون T استودنت با واریانس نابرابر استفاده شد.

### نتایج

#### ابعاد الیاف

میانگین ابعاد الیاف ساقه دو رقم سورگم و ضرایب به‌دست آمده از این ابعاد و مقایسه آماری آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. به‌رغم تغییرات جزئی در ابعاد الیاف دو رقم، اختلاف معنی‌داری نیز بین ضرایب کاغذسازی دو رقم وجود ندارد و از نظر بیومتری دو رقم مشابه هستند.

دیگ پخت مورد استفاده دارای ۴ محفظه یک لیتری بوده که توسط یک الکتروموتور دارای حرکت چرخشی رفت و برگشت است. محفظه‌ها به وسیله المنت حرارتی که در انتهای هر دیگ جا سازی شده‌اند، گرم می‌شوند. برای تنظیم درجه حرارت دیگ پخت از ترموستات‌های حساسی که بر روی دستگاه نصب شده است استفاده می‌شود.

برای تعیین محدوده شرایط مناسب پخت، ابتدا پخت‌های مقدماتی با شرایط مختلف انجام شد و در نهایت ۸ ترکیب نهایی پخت با اعمال دو درجه حرارت (۱۶۰، ۱۷۰) درجه سانتی‌گراد، دو زمان (۶۰ و ۷۵) دقیقه، دو سطح برای ماده شیمیایی (۱۰ و ۱۲ درصد) با استفاده از نسبت ثابت مایع پخت به ماده سلولزی برابر با ۷ به ۱ به‌دست آمد. سپس بازده بعد از الک با عبور خمیرکاغذ از غربال با اندازه سوراخ ۱۸ مش و باقیمانده بر روی غربال با اندازه سوراخ ۲۰۰ مش تعیین شد. عددکاپای خمیرکاغذ از هر پخت طبق استاندارد تاپی آئین‌نامه T 99-om-236 اندازه‌گیری شد.

به‌منظور ساخت کاغذ دست‌ساز از دو نوع خمیرکاغذ (خالص و ۱۰٪ الیاف بلند) با بازده بیشتر و عددکاپای کمتر برای هر رقم سورگم استفاده شد. درجه روانی اولیه خمیرها طبق استاندارد C19:65-scan اندازه‌گیری شد. خمیرکاغذ با یک دستگاه کوبنده آزمایشگاهی<sup>۱</sup> و براساس دستورالعمل T248 sp-00 استاندارد تاپی به حدود ۳۲ درجه آبکشی (°SR) (۴۰۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی) رسانده شد و کاغذ دست‌ساز آزمایشگاهی با استفاده از استاندارد 5:67SCAN-M تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی و

1- PFI-mill beater

جدول ۱- مقایسه آماری میانگین ابعاد الیاف ساقه دو رقم سورگم و ضرایب به دست آمده

عامل (فاکتور)	رقم کیمیا		رقم سپیده		سطح معنی داری
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
طول الیاف (mm) l	۱/۲۱	۰/۶	۱/۱۸	۰/۵۸	۰/۲۱ <sup>n.s.</sup>
قطر الیاف (μ) d	۲۲/۸۲	۳/۹۹	۲۳/۵۹	۴/۲۶	۰/۶۳۵ <sup>n.s.</sup>
قطر حفره سلولی (μ) c	۱۴/۹۶	۲/۹۷	۱۵/۷۲	۳/۱۶	۰/۸۴۳ <sup>n.s.</sup>
ضخامت دیواره سلولی (μ) p	۳/۹۳	۰/۷۳	۳/۹۳	۰/۸۱	۰ <sup>n.s.</sup>
ضریب درهم رفتگی l/d	۵۲/۸۹	۳۵/۷۱	۵۰/۰۲	۳۳/۲۰	۰/۷ <sup>n.s.</sup>
ضریب نرمش c/d	۶۵/۵۴	۴	۶۶/۶۳	۴/۱۱	۱/۱۴ <sup>n.s.</sup>
ضریب رانکل ۲p/c	۵۲/۵۷	۹/۷۴	۵۰	۸/۸۵	۱/۱۳ <sup>n.s.</sup>

n.s. = عدم وجود اختلاف معنی دار آماری

جدول ۲- مقایسه آماری و گروه بندی میانگین های ترکیب شیمیایی دو رقم سورگم

رقم	ویژگی	هولوسلولز	آلفاسلولز	لیگنین	مواد استخراجی	خاکستر
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
سپیده	۶۴/۰۸ <sup>a</sup>	۳۹ <sup>a</sup>	۲۱/۱۷	۱۰/۳۵ <sup>a</sup>	۶/۸۲ <sup>a</sup>	
کیمیا	۶۰/۱۹ <sup>b</sup>	۳۶/۴۳ <sup>b</sup>	۲۰/۹۴	۸/۸۲ <sup>b</sup>	۷/۱۳ <sup>b</sup>	
سطح معنی داری	۰/۰۱۳*	۰/۰۴۹*	۰/۸۵۷ <sup>n.s.</sup>	۰/۰۱۷*	۰/۰۱۵*	

n.s. = عدم وجود اختلاف معنی دار \* معنی دار در سطح احتمال ۹۵٪

### ترکیب شیمیایی

نتایج مربوط به اندازه گیری پنج ترکیب شیمیایی دو رقم سورگم در جدول ۲ قابل مشاهده می باشد. بین همه ویژگی های مورد بررسی دو رقم بجز مقدار لیگنین، اختلاف معنی داری در سطح ۹۵٪ احتمال بین دو رقم وجود دارد.

### ویژگی های خمیر کاغذ

برای ساخت کاغذ دست ساز از خمیر کاغذ به دست آمده دو رقم سورگم تیمارهای ۷ و ۸ به دلیل بازده بیشتر، عدد کاپا و مقدار وازدهی نسبتاً کمتر انتخاب شد. به منظور

### شرایط پخت

با استفاده از ترکیب عوامل مختلف پخت شامل دو سطح ماده شیمیایی، دمای پخت و زمان پخت ۶۰ و ۷۵ دقیقه، ۸ ترکیب مختلف پخت به روش سودا مشخص

شد. براساس اطلاعات به دست آمده از جدول ۳، دامنه تغییرات بازده بعد از الک دو رقم سورگم با توجه به شرایط پخت، از حدود ۲۶ تا ۳۳ درصد می باشد که تغییرات مقدار وازده خمیر کاغذ از حدود ۹ تا ۱/۵ درصد بر روی آن تأثیرگذار بوده است. دامنه تغییرات عدد کاپا از حدود ۷۴ تا ۲۷ است.

بررسی میزان ارتقای مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز از ۱۰٪ الیاف بلند وارداتی (کرافت قهوه‌ای) استفاده شد (جدول ۴). نتایج بدست آمده نشان داد که بین میانگین جذب آب و مقاومت کششی کاغذهای دست‌ساز خمیرکاغذ خالص دو رقم سورگم و نیز اختلاط آنها با ۱۰٪ الیاف بلند قهوه‌ای به ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ وجود دارد، اما بین سایر ویژگی‌ها اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد. با افزودن الیاف بلند به دو رقم کیمیا و سپیده، به ترتیب شاخص کشش ۳/۶ و ۳/۵ درصد، شاخص ترکیدن ۶/۴ و ۳/۵ درصد و شاخص پارگی ۱۱/۳ و ۹/۵ درصد افزایش یافته است.

جدول ۳- تغییرات میانگین بازده بعد از الک، عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ سودا

تیمار	مصرف ماده شیمیایی (%)	درجه حرارت (°C)	زمان (دقیقه)	رقم	بازده بعد از الک (%)	عدد کاپا	وازده (%)	درجه آبکشی اولیه (°SR)	تعداد دور پلایش	درجه آبکشی نهایی (°SR)
۱	۱۰	۱۶۰	۶۰	سپیده	۲۷/۹۵	۷۴	۸/۳۴	-	-	-
۲	۱۰	۱۶۰	۶۰	کیمیا	۲۶/۴۳	۶۴	۹	-	-	-
۳	۱۰	۱۷۰	۷۵	سپیده	۲۹/۲۲	۴۸	۵/۷۹	-	-	-
۴	۱۰	۱۷۰	۷۵	کیمیا	۳۲/۱۱	۴۳	۳/۰۴	-	-	-
۵	۱۲	۱۷۰	۶۰	سپیده	۳۱/۸۲	۳۵	۴/۱۰	-	-	-
۶	۱۲	۱۷۰	۶۰	کیمیا	۳۲/۳۴	۳۱	۲	-	-	-
۷	۱۲	۱۷۰	۷۵	سپیده	۳۳/۱۹	۲۹	۳/۶۴	۵۸۸	۹۵۰	۳۳
۸	۱۲	۱۷۰	۷۵	کیمیا	۳۲/۹۷	۲۷	۱/۴۶	۶۲۹	۱۲۶۰	۳۳

جدول ۴- ویژگی‌های خمیرکاغذ سودای دو رقم سورگم

ویژگی	جذب آب کاب (کاب) (g/m <sup>2</sup> )	شاخص مقاومت کششی (N.m/g)	شاخص مقاومت به ترکیدن (kPa.m <sup>2</sup> /g)	شاخص مقاومت به پاره شدن (mN.m <sup>2</sup> /g)
کیمیا خاص	۱۲۷ <sup>b</sup>	۴۶/۲۸ <sup>b</sup>	۴/۰۵	۳/۷۰
سپیده‌ی خاص	۱۱۵ <sup>c</sup>	۴۸/۰۳ <sup>ab</sup>	۴/۷۸	۳/۵۸
کیمیا + ۱۰٪ الیاف بلند	۱۳۸ <sup>a</sup>	۴۷/۹۴ <sup>ab</sup>	۴/۳۱	۴/۱۲
سپیده + ۱۰٪ الیاف بلند	۱۱۰ <sup>d</sup>	۴۹/۶۹ <sup>a</sup>	۴/۹۵	۳/۹۲
سطح معنی‌داری	**	*	n.s.	n.s.

n.s. = عدم وجود اختلاف معنی‌دار \* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪ \*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪

## بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس سطح زیر کشت سورگم دانه‌ای در ایران، میزان پسماند خشک قابل دسترس (ساقه سورگم) با در نظر گرفتن عملکرد ۶ تن در هکتار، سالانه حدود ۱۲۰/۰۰۰ تن خواهد بود که رقم نسبتاً قابل توجهی است. مقایسه ابعاد الیاف دو رقم سورگم نشان داد که بین میانگین آنها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما میانگین طول الیاف هر دو رقم در حدود ۱/۲ میلی‌متر به دست آمد که با گزارش Han (۱۹۹۸) مطابقت داشته و از میانگین طول الیاف سورگم سودان (Khristova و Gabir - ۱۹۹۰) بلندتر است. میانگین قطر فیبر بدست آمده برای دو رقم حدود ۲۲ میکرون تعیین شده است که به رقم گزارش شده توسط Han (۱۹۹۸) نزدیک بوده ولی نسبت به سورگم سودان (Khristova و Gabir - ۱۹۹۰) تقریباً تا دو برابر قطورتر است. در مقایسه با کاه گندم (Mahdavi *et al.*, 1999) سورگم دارای ضریب نرمش بیشتری است که دلیل آن نازک‌تر بودن ضخامت دیواره سلولی است. Khristova و Gabir (۱۹۹۰) معتقدند که الیاف سورگم به‌رغم دیواره سلولی نازک‌تر، دارای ضریب نرمش مناسبی (۸۲) می‌باشد که می‌تواند اتصالات بین لیفی را بهبود بخشد.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی سورگم نشان داد که مقدار لیگنین گزارش شده توسط Khristova و Gabir (۱۹۹۰) کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده در این تحقیق است. ولی ارقام اندازه‌گیری شده در این تحقیق واقعی‌تر به نظر می‌رسد. نامبردگان مقدار نسبتاً زیاد مواد استخراجی قابل حل در آب داغ را به دلیل درصد بالای سلول‌های پارانشیمی دانسته‌اند. همچنین مقدار پنتوزان مناسب سورگم سودان (۲۲٪) را علتی برای پالایش آسان آن

خمیرکاغذ آن عنوان نموده‌اند. Ugheoke و Lawal (۲۰۱۰) مقدار آلفاسلولز و خاکستر ساقه سورگم را به ترتیب ۴۷/۳۶ و ۱/۴۹ درصد اعلام نمودند. مقایسه نتایج سوابق تحقیقاتی سایر پژوهشگران نشان‌دهنده‌ی تفاوت اساسی بین مقادیر ترکیب شیمیایی این گیاه می‌باشد که می‌تواند بر ویژگی‌های خمیر و کاغذ تهیه شده از آن اثرات مهمی بگذارد.

شرایط پخت سودا برای ساقه سورگم شبیه به کاه گندم می‌باشد ولی در مقایسه با آن، بازده بعد از الک بسیار کمتر است که و این به لحاظ اقتصادی بسیار مهم است. Khristova و Gabir (۱۹۹۰) عنوان کردند که برخی از کربوهیدرات‌های سورگم در زمان پخت تخریب شده و این پدیده بر بازده تأثیر بسزایی دارد. استفاده از آنتراکینون موجب خنثی شدن اسیدهای آزاد شده در زمان این تخریب می‌شود که می‌تواند کربوهیدرات‌ها را تا حدودی تثبیت نموده و در بازده مشخصی لیگنین‌زدایی (عدد کاپا) را بهبود بخشد. همچنین پیت‌زدایی به روش تر<sup>۱</sup> می‌تواند به میزان قابل توجهی بازده خمیرکاغذ و مقاومت‌های خمیرکاغذ تولید شده با اعمال زمان کوتاه‌تر پخت را افزایش دهد. استفاده از آنتراکینون به دلیل کاهش تخریب کربوهیدرات‌ها و به‌ویژه همی‌سلولزها از یک طرف باعث افزایش مقاومت‌ها و تسهیل پالایش می‌شود و از طرف دیگر مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ سودا را کاهش می‌دهد.

با استفاده از ۱۰٪ هیدروکسید سدیم، میزان بازده بعد از الک خمیرکاغذ، به دلیل زیاد بودن میزان وازده خمیرکاغذ، نسبتاً کم است و این در حالی است که با افزایش هیدروکسید سدیم به ۱۲٪، به دلیل افزایش

1- Wet depithing

کششی ورق کاغذ خیس) با افزودن لیاف بلند به خمیر کاغذ به سرعت افزایش می‌یابد (Niskanen, 2001). از طرف دیگر مقاومت به ترکیدن کاغذ با مجذور مقاومت کششی آن در دو جهت کاغذ (CD, MD) ارتباط دارد (EL-Hosseiny, and Anderson, 1999). مقاومت به پاره شدن کاغذ نیز به دلیل افزایش نسبی میانگین طول لیاف و در نتیجه افزایش مقاومت لیاف هم راستا با افزایش مقاومت کششی، افزایش می‌یابد (Page and MacLeod, 1992).

با توجه به بازده بعد از الک بدست آمده از روش پخت سودا، می‌توان سالانه حداقل ۴۰/۰۰۰ تن خمیر کاغذ سودای قهوه‌ای تولید نمود. به طوری که با توجه به ویژگی‌های خمیر کاغذ بدست آمده پیشنهاد می‌شود به صورت ترکیب (خمیر کاغذ پرکننده<sup>۱</sup>) با خمیر کاغذهای با ویژگی‌های مقاومتری بهتر برای تولید کاغذهای بسته‌بندی قهوه‌ای استفاده شود.

#### منابع مورد استفاده

- Banaei, T., and Mehrabi, 2011. Corn research division catalogue, Seed and plant improvement institute, programming media extension office, 8 p. (In Persian).
- Browning B., L., 1967. The extraneous components of wood, In: Methods of Wood Chemistry, John Wiley & Sons, New York, 75-90.
- Capretti, G., 2003. Suitability of non-wood fibres for the paper industry, Experimental Station for Cellulose and Paper, Non-food crops: From agriculture to industry, International south Europe symposium, Italy, 1 p. Available from: <http://ienica.csl.gov.uk/italyseminar/fibres/capretti.pdf>
- Chandra, M., 1998. Use of nonwood plant fibers for pulp and paper industry in Asia: Potential in China. M.Sc. thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 84 p.

لیگنین زدایی و کاهش وازده خمیر کاغذ، میزان بازده بعد از الک نیز افزایش می‌یابد. تغییرات عدد کاپا نیز نشان داد که استفاده از ۱۲٪ هیدروکسید سدیم، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۷۵ دقیقه به عنوان بهترین شرایط پخت مطرح است. با توجه به بالاتر بودن بازده و عدد کاپای خمیرهای بدست آمده از دو رقم، می‌توان گفت که لیگنین زدایی رقم سپیده نسبت به کیمیا کمی سخت‌تر است که می‌تواند به دلیل بیشتر بودن لیگنین و مواد استخراجی این رقم باشد.

رفتار پالایش‌پذیری خمیر کاغذ سودای سورگم (تیمارهای ۷ و ۸) نشان می‌دهد که برای رسیدن به درجه روانی حدود ۴۰۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادا، تعداد دور مورد نیاز نسبت به کاه گندم (Mahdavi, et al., 1999) کمتر می‌باشد.

مقاومت‌های خمیر کاغذ سودای تهیه شده از رقم سپیده بجز مقاومت به پاره شدن، بیشتر از رقم کیمیاست و میزان جذب آب (کاب) حکایت از لزوم استفاده از عملیات آهارزنی برای بهبود ویژگی‌های ورقه کاغذ دارد. افزودن ۱۰٪ لیاف بلند قهوه‌ای تأثیر قابل توجهی بر این ویژگی‌ها نداشته و کلیه مقاومت‌های اندازه‌گیری شده خمیر کاغذ مورد بررسی، به رغم کمتر بودن درجه روانی نسبت به سورگم سودان (Gabir و Khristova - ۱۹۹۰)، به مقدار قابل توجهی بیشتر است. علت این موضوع می‌تواند به دلیل لیاف بلندتر دو رقم سورگم مورد بررسی نسبت به سورگم سودان باشد.

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های لیاف برای کاغذسازی طول لیاف است. لیاف بلند نسبت به لیاف کوتاه دارای قابلیت اتصال بیشتری با سایر لیاف موجود در شبکه کاغذ هستند. مقاومت کششی ورق کاغذ (به خصوص مقاومت



- Mahdavi, S., Habibi, M.S., and Kermanian, H, 1999. Investigation on ethanol-alkali pulping of wheat straw and it's comparison to kraft and soda pulp of wheat straw, Iranian journal of wood and paper science research, No. 2, Vol. 21, 105-114 (In Persian).
- Maknali, A., 2006, Evaluation of sweet and grain sorghum fiber for using in cellulosic industrial, M.Sc. thesis in plant science, Esfahan university, 81 p. (In Persian).
- McCloskey, J.T. 1995. What about non-woods? In: Tappi Global Fibre Supply Symposium, Tappi Press, Atlanta, GA, USA, 95-106.
- Niskanen, K., 2001. Paper Physics. Papermaking science and technology series, Finnish Pulp and Paper Research Institute, Book 16, 131 p.
- Page, D., and MacLeod, J.M., 1992. Fiber strength and its impact on tear strength, Tappi J., 75(1): 172-174.
- Patil, J.V., Chari, A., Rao, S.V., Mathur, R.M., Vimelesh, B., and Lal Preeti, S., 2011. High Biomass sorghum (*Sorghum bicolor*)- An alternate raw material for pulp and paper making in India, IPPTA J. 23(2): 161-163.
- Rojas-Briales, E., 2010. Global Forest Resources Assessment, Main report, Food and agriculture organization of United Nations (FAO), Rome, 378 p.
- Technical association of the pulp and paper industry, 2000. Tappi test methods, Tappi press, Atlanta, GA, USA.
- World Population, 2011. World Development Indicators database, World Bank, 4 p., Available from: <http://data.worldbank.org/indicator>.
- Dela Cruz, R.T., 2010. Three Varieties of sweet sorghum found suitable for handmade papermaking, Department of agriculture, Republic of the Philippine, <http://www.bar.gov.ph>
- EL-Hosseiny, F., and Anderson, D., 1999. Effect of fiber length and coarseness on the burst strength of paper, Tappi J., 82(1): 202-203.
- Han, J., S., 1998. Properties of Nonwood Fibers, in: Proceedings of the Annual Meeting of the Korean Society of Wood Science and Technology, <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1998/han98a.pdf>.
- Han, J S., Mianowski, T., and Lin, Y., 1999. Validity of plant fiber length measurement based on kenaf as a model, In: Kenaf Properties, Processing and Products; Mississippi State University, Ag & Bio Engineering, Chapter 14, pp. 149-167.
- Hurter, R.W., 2006. Nonwood Plant Fiber Characteristics, Hurter Consult Incorporated, Ottawa, Ontario Canada K1J 9C1, <http://www.HurterConsult.com>
- Khristova.P., and Gabir,S., 1990. Soda-Anthraquinone Pulping of Sorghum Stalks, Biological Wastes J. 33(2): 243-250.
- Lawal, S.A., and Ugheoke, B.A., 2010. Investigation of Alpha-Cellulose Content of Agro-Waste Products as Alternatives for Paper Production, Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Minna, Nigeria, AU J.T. 13(4): 258-260.
- Leão, A., (1998), Tropical Natural Fibres. Proc. of Hemp, Flax and Other Bast Fibrous Plants and Ecology symposium. 24-25 September, Poznan, Poland, 165-168.

## Investigation the fiber dimensions, chemical composition and soda pulp production from sorghum straw

Mahdavi, S.<sup>1\*</sup> and Habibi, M.R.<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>-Corresponding Author: Assistant Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, E-mail: smahdavi@rifr-ac.ir

<sup>2</sup>- Faculty member, Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: Sep., 2012

Accepted: Feb., 2014

### Abstract

Cereal straws including grain sorghum varieties can be used for pulp production due to the significant amount of residual straw after harvesting. This study showed that there are no significant differences between fiber dimension and papermaking coefficients of two varieties of sorghum (Kimia and Sepideh). The average of fiber length, fiber width, lumen diameter, and cell wall thickness were measured as 1.19 mm, 23.20, 15.34, and 3.93  $\mu\text{m}$ , respectively. Significant difference ( $P < 0.05$ ) was found among all chemical composition of two varieties except lignin content. The average content of holocellulose, alpha-cellulose, lignin, extractive, and ash were determined as 62.13%, 37.71%, 21.05%, 9.58% and 6.97%, respectively. The result revealed that pulp strength produced from Sepideh variety was better. However it requires more intense delignification compared to Kimia variety. The highest screen yield (33.19%) was reached applying the treatment combination of 170°C, 12% NaOH, and 75 minutes from the Sepideh variety. Sorghum pulp could be combined with the virgin pulp to compensate cellulose raw material shortage in paper industry.

**Key words:** Sorghum straw, fiber dimension, chemical composition, soda pulping, screen yield, kappa no.