

## مقایسه تأثیر پیش تیمار با آب جوش و قلیا بر ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت سدیم خنثی کاه گندم

سوده ژند<sup>۱\*</sup>، مسیح مسعودی فر<sup>۲</sup>، احمد رضا سرائیان<sup>۳</sup> و علی قاسمیان<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: [soodeh.zhand@yahoo.com](mailto:soodeh.zhand@yahoo.com)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فرآورده‌های مرکب چوب دانشگاه زابل

۳- دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۲

### چکیده

این تحقیق با هدف مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ سولفیت سدیم خنثی کاه گندم زاگرس استان گلستان تحت تأثیر پیش تیمار قلیایی با هیدروکسید سدیم یک درصد و آب جوش انجام شد. پیش تیمار کاه خرد شده با هیدروکسید سدیم یک درصد و آب جوش به نسبت ۱۰ به ۱ به ترتیب در دماهای ۷۰ درجه سانتی گراد و دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه انجام گردید. سپس از کاه پیش تیمار شده با مایع پخت سولفیت سدیم و هیدروکسید سدیم با نسبت ثابت ۵ به ۱ در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۳۰ دقیقه خمیر کاغذ تهیه گردید. به منظور بررسی تأثیر هیدروکسید سدیم بر مقاومت‌های کاغذ، در بعضی پخت‌ها فقط از سولفیت سدیم استفاده شد و در یک حالت کاه گندم بعد از قرار گرفتن در معرض پیش تیمار هوا خشک شد و از کاه پیش تیمار و توزین شده برای پخت استفاده شد و در حالتی دیگر بعد از پیش تیمار مقدار هیدروکسید سدیم جذب شده در پیش تیمار محاسبه و از هیدروکسید سدیم مورد نیاز برای پخت اصلی کسر شد. پس از پخت، خمیر کاغذها توسط پالایشگر آزمایشگاهی PFI mill تا رسیدن به درجه روانی  $25 \pm 380$  میلی لیتر (CSF) پالایش شدند. از هر نوع خمیر کاغذ، کاغذ دست ساز ۶۰ گرمی ساخته شد و ویژگی‌های آن بر اساس آئین نامه TAPPI تعیین گردید. نتایج نشان داد که پیش تیمار اثر معنی داری در افزایش مقاومت‌های کاغذ بجز شاخص مقاومت به لهیدگی حلقوی داشته است و در اثر پیش تیمار به ویژه قلیایی، درجه روشنی خمیر کاغذ کاهش و مقاومت کششی، ترکیدن، طول پاره شدن، سفتی و دانسیته آن افزایش می یابد. به طور کلی با افزایش مقدار مواد شیمیایی به ویژه هیدروکسید سدیم در پخت اصلی مقادیر بازده و درجه روشنی خمیر کاغذها کاهش و مقاومت‌های آنها افزایش می یابد.

واژه‌های کلیدی: کاه گندم، خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی، پیش تیمار، ویژگی‌های مقاومتی کاغذ.

### مقدمه

منابع چوبی (استفاده از الیاف منابع کشاورزی را اجتناب ناپذیر ساخته است. الیاف حاصل از کشاورزی صدها سال است که برای تهیه کاغذ بکار می روند. مصرف

رشد فزاینده جمعیت جهان در سال‌های اخیر و کمبود منابع چوبی جنگلی (به ویژه در کشورهای فقیر به لحاظ

مشخص ۸-۶ درصد بالاتر از فرایند کرافت متداول و پخت سوداست (پارسا پژوه و همکاران، ۱۳۸۱).

خمیر کاغذسازی سولفیت خنثی روشی مؤثر برای به دست آوردن خمیر کاغذهای خوب از کاه است. البته خمیرسازی NSSC از کاه نسبت به خمیرسازی NSSC از چوب تا حدودی پیچیده تر است و برخی از کارخانه ها نتوانسته اند بازده های مورد انتظار ۷۵-۷۰ درصد را بدست آورند و بازده خمیرسازی آنها ۵۸-۵۵ درصد بوده است. برای خمیرسازی نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (لایه میانی کنگره ای) سولفیت سدیم ۴ درصد و هیدروکسید سدیم ۲ درصد استفاده می شود. زمان کل ماندگاری در دایجستر در ۱۰۰-۱۶۰ درجه سانتی گراد، فقط حدود ۲۰ دقیقه است (پارسا پژوه و همکاران، ۱۳۸۱).

#### اهمیت پیش تیمار با آب

تیمار با آب می تواند باعث حذف بعضی از ترکیبات موجود در مواد لیگنوسلولزی یا مواد اولیه کاغذسازی گردد. مواد قابل حل در آب سرد یا آب گرم (حدود ۹۵ درجه سانتی گراد) شامل کربوهیدرات های قابل حل در آب، سیلکوزها، سیکلیتول ها، مقداری از اسیدهای آلی، گلیکوزیدها، برخی از ترکیبات غیر آلی و خیلی از مواد فنلی می گردد. تیمار طولانی مدت با آب داغ منجر به آبکافت مواد دیواره سلولی و به وجود آوردن محصولات تجزیه ای از کربوهیدرات ها و لیگنین در عصاره آنها می شود. خیلی از مواد که در آب قابل حل هستند در حلال های آلی نیز حل می شوند و مقداری که در عصاره با آب ظاهر می شود با مقدار حذف شده در هر پیش استخراج با حلال آلی کاهش خواهد یافت (Browning, 1967).

کاه در تولید کاغذ و تقویت کننده های خانه های کوچک گلی پیش از ظهور چندسازه های تقویت شده ی مدرن و کاغذ بر پایه ی استفاده از چوب انجام می شد. افزایش سریع استفاده از الیاف کشاورزی برای تولید خمیر کاغذ به ویژه در کشورهای فقیر به لحاظ منابع چوبی مانند چین و هند وجود دارد، در حال حاضر ۱۴ کشور خمیر کاغذ خود را فقط از طریق استفاده از منابع الیاف کشاورزی تهیه می کنند. بیش از ۲۰ کشور ۵۰٪ یا بیشتر ظرفیت خمیر کاغذ خود را از طریق استفاده از منابع کشاورزی به دست می آورند (پارسا پژوه و همکاران، ۱۳۸۱).

خمیر کاغذهای باگاس، کاه غلات و برنج الیاف کوتاهی دارند و در مقابل پارگی از مقاومت کمتری برخوردارند و مقاومت به تا خوردن بالاتری دارند. این خمیر کاغذها را می توان جایگزین خمیر کاغذهای پهن برگان کرد. در بعضی از کشورها، کاغذهای چاپ و تحریر با ۹۰ درصد باگاس یا کاه و کاغذهای کنگره ای میانی و لاینر بورد به ترتیب با ۶۵ و ۵۰ درصد این خمیرها در ماده اولیه تولید می شوند (پارسا پژوه و همکاران، ۱۳۸۱).

فرایند تهیه خمیر شیمیایی - مکانیکی عمده مورد استفاده در مورد منابع زراعی، فرایند سودای سرد است. بامبو و کاه هر دو به طور موفقیت آمیزی با استفاده از فرایند سودای سرد به خمیر کاغذ تبدیل می شوند. دانشمندان USDA در پوریا یک فرایند مکانیکی - شیمیایی را برای تهیه خمیر کاغذ از کاه و باگاس توسعه دادند که از محلول هیدروکسید سدیم یا مخلوطی از سولفیت سدیم و هیدروکسید سدیم در فشار اتمسفر برای پخت استفاده می کنند. بازده فرایند تهیه خمیر مکانیکی - شیمیایی به طور

### اهمیت پیش تیمار قلیایی

عملکرد قلیا در پیش تیمار باعث واکنش شدن دیواره سلولی و ایجاد تنش‌هایی در دیواره اولیه و ثانویه فیبرها می‌گردد که باعث از هم پاشیدن الیاف در مرحله پالایش مکانیکی می‌شود، این عمل باعث نمایان شدن لایه  $S_2$  و ایجاد پیوند خوب بین فیبرها می‌شود و خارج شدن همی سلولز و مواد استخراجی باعث پائین آمدن بازده می‌شود (Ali, et al., 2002).

در این راستا Aranovsky & Lathrop (۱۹۴۹) از هیدروکسید سدیم یا مخلوطی از هیدروکسید سدیم (۵ تا ۶ درصد بر پایه وزن خشک) و سولفیت سدیم، جهت تهیه خمیری با کیفیت بالا از کاه در یک خمیرکن استفاده کردند، خمیرسازی در حرارت ۹۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک ساعت انجام شد، بازده خمیر بالا و حدود ۷۵ درصد بود.

Clark و همکاران (۱۹۶۲) برای خمیرسازی نیمه شیمیایی سولفیت خنثی NSSC کف از بارهای قلیایی از ۱۵ تا ۲۱ درصد (بر پایه وزن خشک) و زمان پخت ۲ ساعت در ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که قلیائیت فعال ۱۶-۱۶/۴ درصد برای بدست آوردن خمیر قابل رنگبری مناسب است. ویژگی‌های مقاومتی در سطوح درجه‌روانی یکسان نسبت به خمیرهای پهن‌برگان برترند و مقاومت به پاره شدن حتی بهتر و قابل مقایسه با خمیر سوزنی‌برگان است. خمیرسازی NSSC کف بازده بالا و موجب کاهش مصرف مواد شیمیایی می‌شود.

سراثیان (۱۳۸۲) امکان تولید خمیر کاغذ به روش مکانیکی پراکسید قلیایی (APMP) از کاه‌گندم خراسان را بررسی کرد؛ و نتیجه گرفت که با افزایش مقدار

قلیایی جذب شده توسط کاه مقدار مقاومت آنها افزایش می‌یابد.

Raja & Irmak (۱۹۹۳) با استفاده از کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم اقدام به تهیه کاغذ فلوتینگ از کاه‌گندم کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که پخت حاوی هیدروکسید سدیم بیشتر، آسانتر پالایش می‌شود و انرژی مصرفی کمتری لازم دارد. همچنین در اثر کم شدن هیدروکسید سدیم زمان پخت زیادتر می‌شود و مقدار کربوهیدرات حل شده افزایش می‌یابد.

حسینی (۱۳۸۳) تحقیقی را در مورد استفاده از کاه‌گندم در فرایند NSSC انجام داد. شرایط پخت در دو سطح حرارتی ۱۶۵ و ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد، زمان در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه و درصد مواد شیمیایی با سه سطح سولفیت سدیم (۱۲، ۱۴ و ۱۶٪). بعد از اتمام پخت و ساخت کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی مشخص شد که تیمار ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد در زمان ۳۰ دقیقه و ۱۶٪ مواد شیمیایی در دو ویژگی شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به تا شدن بالاترین مقدار را نشان می‌دهد که به ترتیب برابر  $5/3320 \text{ kpa.m}^2/\text{g}$  و  $3/1 \log$  بودند. لازم به ذکر است بازده تیمار فوق ۵۱/۱۰٪ بود.

Hurter (۲۰۰۲) به مطالعه تولید خمیر کاغذ از گیاهان غیرچوبی و انواع کاه پرداخت، نتایج تحقیقات نشان داد که مقاومت طول‌پاره شدن (متر)، فاکتور ترکیدن ( $\text{kpa.m}^2/\text{gr}$ ) و حلقوی شدن ( $\text{kN/m}$ ) کاغذ کنگره‌ای حاصل از کلش برنج ۳/۲۷۰، ۸/۲۰ و ۲۶ بوده است.

Ali و همکاران (۱۹۹۱) مقادیر مواد قابل حل کاه‌گندم در هیدروکسید سدیم ۱ درصد را ۴۴-۴۲ درصد بیان کردند. این درحالیست که میزان مواد قابل حل چوب در هیدروکسید سدیم ۱ درصد حدود ۲۰-۱۰ درصد می‌باشد.

نسبت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۱۰۰ درصد (باگاس خالص) اختلاط‌هایی با خمیر کاغذ NSSC کارخانه چوب و کاغذ مازندران با درجه‌روانی ۴۰۰ میلی لیتر CSF تهیه گردید و نمونه شاهد با استفاده از خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی سفید نشده با درجه‌روانی ۵۰۰ در سطح ۵ درصد با خمیر NSSC کارخانه مخلوط و تهیه شد. از هر نمونه، کاغذ دست‌ساز ۱۲۷ گرمی تهیه شد. بررسی‌ها نشان داد، هرچه میزان مصرف خمیر کاغذ باگاس افزایش یابد، شاخص مقاومتی کاغذ حاصل از قبیل مقاومت به لهیدگی، حلقوی<sup>۱</sup>، سفتی، شاخص مقاومت به کشش، پاره‌شدن، ترکیدن و طول پاره‌شدن افزایش می‌یابد.

در این بررسی مایع پخت شامل  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  و  $\text{NaOH}$  و pH اولیه آن حدود ۱۱ بود. هدف از این تحقیق مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ NSSC کاه‌گندم تحت تأثیر پیش‌تیمار با آب‌جوش و هیدروکسید سدیم یک درصد می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

نمونه کاه‌گندم مورد استفاده در این بررسی از مزارع شهرستان گرگان (استان گلستان) تهیه شده و به قطعات ۵-۳ سانتی متر خرد شدند. پس از اندازه‌گیری درصد رطوبت به‌منظور انجام عملیات پخت و تهیه کاغذ دست‌ساز به آزمایشگاه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد. در مرحله‌ی بعد تولید خمیر کاغذ با استفاده از روش نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی (سولفیت سدیم-هیدروکسید سدیم) با استفاده از دیگ پخت آزمایشگاهی حاوی ۶ سیلندر که انتقال حرارت در آن از طریق گلیسیرین مذاب صورت می‌گیرد انجام گردید. در هر پخت معادل ۱۰۰ گرم کاه خشک

نتیجه حاصل از این تحقیق نشان داد که در تیمار قلیایی و پیش‌تیمار قلیایی با هیدروکسید سدیم، میزان چشمگیری از مواد در کاه حذف می‌شوند.

ثمریها و همکاران (۱۳۸۳) تحقیقی به‌منظور استفاده از خمیر کاغذ باگاس به روش نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) انجام دادند. تهیه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی باگاس به‌منظور ساخت کاغذ دست‌ساز در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از ۱۰ و ۲۰ درصد مواد شیمیایی و در مدت زمان ۳۰ و ۴۰ دقیقه انجام شد. همچنین آنها کاغذهای دست‌ساز  $\text{g/m}^2$  ۱۲۷ را از این خمیر کاغذها تهیه و پس از اندازه‌گیری خواص مقاومتی کاغذ به این نتیجه رسیدند که کاغذ حاصل از تیمار ۴۰ دقیقه‌ای با ۲۰٪ مواد شیمیایی دارای خواص مقاومتی بهتری بوده و مقادیر مقاومت به لهیدگی حلقوی، سفتی، شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن و طول پاره‌شدن آن در مقایسه با کاغذهای حاصل از سایر تیمارها بیشتر است. تنها شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ حاصل از تیمار ۴۰ دقیقه‌ای با ۲۰٪ مواد شیمیایی از کاغذ حاصل از تیمار ۳۰ دقیقه‌ای با ۲۰ درصد مواد شیمیایی کمتر بود.

حمصی و همکاران (۱۳۸۴) امکان جایگزینی خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی باگاس به جای بخشی از خمیر کاغذ حاصل از چوب برای تولید کاغذ کنگره‌ای در مجتمع چوب و کاغذ مازندران را بررسی کردند. پخت خمیر کاغذ با استفاده از مواد شیمیایی مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران به میزان ۲۰ درصد براساس ماده خشک مصرفی و زمان ۳۰ دقیقه و دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام گردید و تا درجه‌روانی ۴۰۰ میلی لیتر CSF پالایش شد. از خمیر کاغذ باگاس به

استفاده شد. در حالت دیگر، کاه گندم بعد از قرار گرفتن در معرض پیش تیمار هوا خشک شد و از کاه پیش تیمار شده و توزین شده برای پخت استفاده شد. نسبت مایع پخت به کاه ۱۰ به ۱ و دمای حداکثر  $160^{\circ}\text{C}$  و زمان ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد و هر پخت با ۲ تکرار انجام شد. مشخصات فرایند پخت در قالب ۹ تیمار بشرح زیر اعمال گردید.

استفاده شد. و در یک حالت برای بررسی تأثیر هیدروکسیدسدیم بر ویژگی‌های خمیرکاغذ حاصل، هیدروکسیدسدیم حذف گردید و در حالت دیگر، مقدار هیدروکسید سدیم مورد نیاز برای پخت از هیدروکسید سدیم جذب شده در مرحله پیش تیمار کسر و مقدار  $1/48$  درصد هیدروکسید سدیم برای پخت استفاده شد و در یک حالت از ۲ درصد هیدروکسید سدیم برای پیش تیمار

جدول ۱- شرایط مختلف خمیرکاغذسازی NSSC کاه گندم

شماره تیمار	شرایط پیش تیمار و پخت	کد
تیمار ۱	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم	A
تیمار ۲	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسیدسدیم	B
تیمار ۳	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و $1/48$ ٪ هیدروکسیدسدیم	C
تیمار ۴	پیش تیمار با ۲٪ هیدروکسیدسدیم و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم	D
تیمار ۵	پیش تیمار با آب جوش و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم	E
تیمار ۶	پیش تیمار با آب جوش و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسیدسدیم	F
تیمار ۷	پیش تیمار با آب جوش و سپس هوا خشک کردن نمونه‌ها و سپس پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسیدسدیم	G
تیمار ۸	پخت شاهد با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسیدسدیم	H
تیمار ۹	پخت شاهد با ۱۰٪ سولفیت سدیم	I

آئین نامه TAPPI انجام گردید و درجه روانی خمیرکاغذها به حدود ۳۸۰ CSF رسانده شد و از این خمیرکاغذها براساس دستورالعمل ۲-۰۲ T۲۰۵ sp آئین نامه TAPPI کاغذ دست ساز ۶۰ گرمی ساخته شد.

برای اندازه گیری ویژگی های فیزیکی، نوری و مقاومتی کاغذهای دست ساز ساخته شده، نمونه های کاغذ به آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ مازندران منتقل شد و ویژگی های فیزیکی، نوری و مقاومتی آنها مطابق با دستورالعمل های آیین نامه TAPPI بشرح جدول ۲ اندازه گیری شد.

خمیرکاغذ با استفاده از دیگ پخت آزمایشگاهی که حاوی ۶ سلیندر است و انتقال حرارت در آن از طریق گلیسرین مذاب صورت می گیرد در آزمایشگاه گروه صنایع خمیرکاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان انجام شد. بعد از هر پخت الیاف خارج و مایع پخت جداسازی و پس از شستشو پالایش اولیه با استفاده از پالایشگر آزمایشگاهی صورت گرفت و با شستشوی خمیرکاغذ پالایش شده توسط دو الک با اندازه سوراخ ۲۰ مش مستقر بر روی الک ۲۰۰ مش به وسیله فشار آب غربال شد. سپس پالایش ثانویه روی خمیرکاغذها توسط پالایشگر آزمایشگاهی طبق دستورالعمل ۰۰-۲۴۸ sp

## جدول ۲- اندازه گیری ویژگی های نوری و مقاومتی نمونه های

## کاغذ دست ساز

T ۴۵۲ - om - ۰۲	روشنی	-
T ۴۵۲ - om - ۰۱	ماتی	-
T ۴۱۴ - om - ۰۴	مقاومت در برابر پاره شدن	-
T ۴۰۳ - om - ۰۳	مقاومت در برابر ترکیدن	-
T ۴۹۴ - om - ۰۱	طول پاره شدن	-
T ۴۹۴ - om - ۰۱	مقاومت در برابر کشش	-
T ۸۱۸ - cm - ۹۷	مقاومت به لهیدگی حلقوی (RCT)	-
T ۴۸۹ - om - ۰۲	سفتی	-

تجزیه و تحلیل ویژگی های فیزیکی، نوری و مقاومتی کاغذ دست ساز با استفاده از طرح آزمایش کاملاً تصادفی و گروه بندی میانگین های ویژگی های حاصل با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

## نتایج

## جدول ۳- مقایسه بازده خمیر کاغذ NSSC کاه گندم پس از هر یک از مراحل فرآوری آن

مرحله تیمار اصلی			بازده مرحله			عامل پیش تیمار
انحلال پس از پالایش	بازده پس از پالایش	بازده (قبل از پالایش)	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	NaOH	پیش تیمار	
۵۴/۲۲	۴۵/۷۸	۶۰/۱۰	۱۰	۰	-	شاهد
۵۴/۳۴	۴۵/۶۶	۵۷/۸۵	۱۰	۲	-	
۵۸/۲۱	۴۱/۷۹	۵۵/۴۸	۱۰	۰	۷۸/۶	
۵۷/۰۳	۴۲/۹۷	۵۳/۲۱	۱۰	۱/۴۸	-	هیدروکسید سدیم ۱٪
۵۵/۱۸	۴۴/۸۲	۵۲/۷۳	۱۰	۲	-	
۴۶/۵۴	۵۳/۴۶	۵۶/۹۹	۱۰	۲	۷۸/۲	هیدروکسید سدیم ۱٪
۵۸/۸۲	۴۱/۱۸	۶۰/۶۲	۱۰	۰	۷۶/۶	هیدروکسید سدیم ۲٪

\* وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده

## جدول ۴- گروه بندی میانگین های اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش بر بازده و عدد کاپا

عدد کاپا	بازده (%)	هیدروکسید سدیم (%)	تیمار
<sup>a</sup> ۹۲/۹۴۰	<sup>a</sup> ۶۰/۰۳۳	۰	شاهد
<sup>b</sup> ۶۶/۲۸۵	<sup>ab</sup> ۵۵/۷۵۰	۲	
<sup>b</sup> ۷۳/۵۱۳	<sup>b</sup> ۵۴/۳۹۳	۰	پیش تیمار با آب جوش
<sup>c</sup> ۷۳/۵۴۰	<sup>b</sup> ۵۳/۷۶۰	۲	

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید

سدیم ۱٪\* بر بازده و عددکاپا

تیمار	هیدروکسید		عددکاپا
	بازده (%)	سدیم (%)	
شاهد	۰	۰	a ۹۲/۹۴۰
پیش تیمار با هیدروکسید	۱/۴۸	۲	b ۶۶/۲۸۵
سدیم ۱٪*	۲	۰	c ۵۱/۸۰۳
	۱/۴۸	۲	c ۴۵/۱۲۸
	۲	۰	c ۵۰/۶۸۰

\* (وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده)

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیرکاغذ شاهد از لحاظ بازده اختلاف معنی داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار بازده (گروه a) مربوط به خمیرکاغذ شاهد می باشد و کمترین مقدار بازده (گروه b) مربوط به خمیرکاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم ۱٪ است. طبق نتایج حاصل روند تغییر بازده در تیمارهای مختلف به این شرح است که بازده خمیرکاغذ پیش تیمار شده با آب جوش بیشتر از بازده خمیرکاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم ۱٪ است و بازده خمیرکاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ نیز بیشتر از بازده خمیرکاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۲٪ می باشد.

نتایج نشان دادند که بازده خمیرکاغذ NSSC کاه گندم پیش تیمار با آب جوش نسبت به شاهد کمتر است، زیرا در پیش تیمار با آب جوش بخشی از ترکیبات استخراجی، نشاسته و همی سلولزها حل می شوند. البته میزان انحلال با میزان قلیای مصرف شده هماهنگ

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید

سدیم ۱٪ بر بازده و عددکاپا

تیمار	هیدروکسید		عددکاپا
	بازده (%)	سدیم (%)	
شاهد	۰	۰	a ۹۲/۹۴۰
پیش تیمار با هیدروکسید	۱/۴۸	۲	b ۶۶/۲۸۵
سدیم ۱٪*	۲	۰	c ۵۱/۸۰۳
	۱/۴۸	۲	c ۴۵/۱۲۸
	۲	۰	c ۵۰/۶۸۰

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش\* بر بازده

و عددکاپا

تیمار	هیدروکسید		عددکاپا
	بازده (%)	سدیم (%)	
شاهد	۰	۰	a ۹۲/۹۴۰
پیش تیمار با آب جوش*	۲	۲	b ۶۶/۲۸۵
	۲	۰	b ۵۹/۰۶۳
	۱/۴۸	۲	a ۵۸/۶۶۵

\* وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۲٪ بر بازده و عددکاپا

تیمار	هیدروکسید		عددکاپا
	بازده (%)	سدیم (%)	
شاهد	۰	۰	a ۹۲/۹۴۰
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۲٪	۱/۴۸	۲	a ۶۶/۲۸۵
	۲	۰	a ۹۰/۲۳۸
	۱/۴۸	۲	b ۵۵/۷۵۰
	۲	۰	a ۵۹/۳۹۵

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب

جوش بر ماتی

ماتی (%)	هیدروکسید سدیم (%)	تیمار
<sup>a</sup> ۹۹/۶۰۰۰	۰	شاهد
<sup>b</sup> ۹۸/۹۳۳	۲	
<sup>b</sup> ۹۸/۹۳۳۳	۰	پیش تیمار با آب
<sup>b</sup> ۹۸/۷۳۳۳	۲	جوش

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با

هیدروکسید سدیم ۱٪ بر ماتی

ماتی (%)	هیدروکسید سدیم (%)	تیمار
<sup>a</sup> ۹۹/۶۰۰۰	۰	شاهد
<sup>b</sup> ۹۸/۹۳۳۳	۲	
<sup>c</sup> ۹۸/۲۶۶۷	۰	پیش تیمار با
<sup>b</sup> ۹۸/۹۰۰۰	۱/۴۸	هیدروکسید سدیم
<sup>ab</sup> ۹۹/۴۰۰۰	۲	٪۱

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب

ماتی (%)	هیدروکسید سدیم (%)	تیمار
<sup>a</sup> ۹۹/۶۰۰۰	۰	شاهد
<sup>ab</sup> ۹۸/۹۳۳۳	۲	
<sup>b</sup> ۹۸/۳۰۰۰	۲	پیش تیمار با آب
		جوش*

می باشد، به نحوی که بیشترین میزان انحلال (۵۸/۸۲٪) مربوط به افزایش ۲ درصدی هیدروکسید سدیم در پیش تیمار می باشد. میزان انحلال کاه گندم پیش تیمار با قلیا نسبت به کاه گندم پیش تیمار با آب جوش بیشتر می باشد. علت این پدیده را می توان از یک طرف به بیشتر بودن مقدار مواد قابل حل در هیدروکسید سدیم ۱٪ در مقایسه با مواد قابل حل در آب جوش کاه گندم نسبت داد و از طرف دیگر می توان به انحلال بیشتر آن بخش از مواد قابل حل در قلیا با وزن مولکولی کم، نظیر مواد استخراجی، همی سلولزها و مقدار ناچیزی از لیگنین نسبت داد که منجر به کاهش بیشتر بازده می گردد. دلیل اصلی، حضور بیشتر مواد شیمیایی در کاه پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم است. زیرا در مرحله پیش تیمار بخشی از قلیا در کاه باقی می ماند که در مرحله پخت تأثیرگذار است.

جدول ۹- تأثیر تعداد دور پالایشگر بر درجه روانی و

ضخامت خمیر کاغذ

تیمار	تعداد دور پالایشگر	درجه روانی بعد از پالایشگر (CSF)	ضخامت کاغذ (µm)
A	۲۲۰۰	۴۰۰	۲۱/۹۶
B	۲۰۰۰	۳۸۵	۱۳/۴۰
C	۱۵۰۰	۴۰۰	۱۲/۴۳
E	۲۰۰۰	۴۰۰	۱۴/۴۰
F	۱۰۰۰	۳۸۰	۱۲/۷۶
G	۱۵۰۰	۳۹۰	۱۴/۳۰
H	۳۰۰۰	۳۴۰	۱۳/۴۴
I	۴۵۰۰	۴۰۰	۲۱/۶۰



## ویژگی‌های فیزیکی

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش بر

ضخامت و دانسیته

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	ضخامت (μ)	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )
شاهد	۲	<sup>a</sup> ۲۱/۶۰۰۰	<sup>c</sup> ۰/۲۵۶۶۷
پیش تیمار با آب جوش	۲	<sup>b</sup> ۱۴/۴۰۰۰ <sup>bc</sup> ۱۲/۷۶۶۷	<sup>a</sup> ۰/۴۶۰۰۰

جدول ۱۴- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید

سدیم ۱٪ بر ضخامت و دانسیته

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	ضخامت (μ)	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )
شاهد	۲	<sup>a</sup> ۲۱/۶۰۰۰	<sup>b</sup> ۰/۲۵۶۶۷
پیش تیمار با هیدروکسید	۱/۴۸	<sup>c</sup> ۱۲/۴۳۰۰	<sup>a</sup> ۰/۴۶۷۳۳
سدیم ۱٪	۲	<sup>b</sup> ۱۴/۴۰۰۰	<sup>a</sup> ۰/۴۶۰۰۰

جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش<sup>\*</sup> بر

ضخامت و دانسیته

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	ضخامت (μ)	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )
شاهد	۲	<sup>a</sup> ۲۱/۶۰۰۰	<sup>c</sup> ۰/۲۵۶۶۷
پیش تیمار با آب جوش <sup>*</sup>	۲	<sup>b</sup> ۱۴/۳۰۰۰	<sup>b</sup> ۰/۳۶۶۶۷

<sup>\*</sup> وزن بر مبنای کاه پیش تیمار

خواص نوری، فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز بعد از پخت اصلی پالایش اولیه توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام شد و پالایش ثانویه خمیر کاغذ طبق دستورالعمل شماره TY248-sp-00 آئین‌نامه TAPPI توسط دستگاه پالایشگر PFI انجام گردید. به این منظور از  $24 \pm 5$  گرم خمیر کاغذ (معادل وزن خشک) با درصد خشکی ۱۰ درصد در دمای  $20 \pm 5$  درجه سانتی‌گراد استفاده شد. البته با تعیین تعداد دور مشخص به درجه روانی مورد نظر می‌توان رسید، در این مرحله خمیرهای منتخب تا رسیدن به درجه روانی ۲۵ ml CSF  $380 \pm$  پالایش شدند.

جوش<sup>\*</sup> بر ماتی نتایج گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از لحاظ ماتی وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار ماتی (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده و کمترین مقدار ماتی (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) می‌باشد. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان ماتی کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که ماتی خمیر کاغذ شاهدی که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است بیشتر از ماتی خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ و ماتی خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از ماتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و ماتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از ماتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای وزن کاه پیش تیمار شده) می‌باشد.

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری از لحاظ ضخامت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار ضخامت (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده و کمترین مقدار ضخامت (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم ۱ درصد است و کمترین مقدار مقاومت دانسیته (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان ضخامت کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که ضخامت خمیر کاغذ شاهد که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است بیشتر از ضخامت خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای وزن کاه پیش تیمار شده) است و ضخامت خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای وزن کاه پیش تیمار شده) بیشتر از خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و ضخامت خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش نیز بیشتر از ضخامت خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ است. در واقع افزایش سود سوزآور به ترکیبات شیمیایی می تواند باعث افزایش pH مایع پخت، نفوذ بهتر و لیگنین زدایی بهتر و انعطاف پذیرتر شدن الیاف گردد. در مورد پیش تیمار قلیایی نیز همین نتیجه صدق می کند ولی افزودن مقدار بیشتر قلیا می تواند به دلیل تقویت کارایی تیمار اصلی و تولید الیاف نرم تر باعث کاهش ضخامت کاغذ شود. خمیر پیش تیمار شده با آب جوش (بر مبنای وزن کاه پیش تیمار شده) نسبت به کاغذ پیش تیمار شده با آب جوش از ضخامت بیشتری برخوردار است که این به دلیل نسبت بیشتر ماده اولیه باقیمانده در خمیر پیش تیمار شده و تأثیر پذیری کمتر این مواد ضمن پخت می باشد.

### دانسیته

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری از لحاظ دانسیته وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار دانسیته (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم ۱ درصد است و کمترین مقدار مقاومت دانسیته (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان دانسیته کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که میزان دانسیته خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از دانسیته خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و میزان دانسیته خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از دانسیته خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) است و میزان دانسیته خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) نیز بیشتر از دانسیته خمیر کاغذ شاهد است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

### مقاومت به ترکیدن

مقاومت در برابر ترکیدن عامل پیچیده ای از مقاومت به کشش و کشیده شدن کاغذ است. این مقاومت در حقیقت آزمون ضعیف ترین قسمت کاغذ است، بنابراین تحت تأثیر شکل گیری کاغذ قرار می گیرد، ولی جهت ماشین کاغذ در آن تأثیری ندارد. دو عامل مؤثر بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ، طول فیبر و اتصال بین الیاف می باشد.

خمیرکاغذ پیش تیمار شده با قلیا مقاومت به ترکیدن بمراتب بهتری از خمیر CRMP افرا (تیمار شده با ۴/۹ هیدروکسید سدیم و ۴/۲ درصد سولفیت سدیم) با شاخص ترکیدن ۱/۴ و حتی CRMP صنوبر (تیمار شده با ۴/۸ هیدروکسید سدیم و ۴/۲ درصد سولفیت سدیم) با شاخص ترکیدن ۲/۲ دارد.

جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش بر

## فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	شاخص ترکیدن (kPa.m <sup>2</sup> /g)	شاخص پاره شدن (mNm <sup>2</sup> /g)
شاهد	۰	<sup>c</sup> ۱/۴۰۶۶۷	<sup>a۳</sup> ۹۱۰۰
پیش تیمار با آب جوش	۲	<sup>a۲</sup> ۴۸۰۰۰	<sup>a۴</sup> ۱۷۰۰
پیش تیمار با آب جوش	۰	<sup>b</sup> ۱/۹۵۰۰۰	<sup>a۴</sup> ۳۱۳۳
آب جوش	۲	<sup>a۲</sup> ۴۱۶۶۷	<sup>a۴</sup> ۹۶۶۷

جدول ۱۷- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید

## سدیم ۱٪ بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	د سدیم (%)	شاخص ترکیدن (k.Pa.m <sup>2</sup> /g)	شاخص پاره شدن (mNm <sup>2</sup> /g)
شاهد	۰	<sup>d</sup> ۱/۴۰۶۶۷	<sup>b۳</sup> ۹۱۰۰
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪	۲	<sup>b۲</sup> ۴۸۰۰۰	<sup>b۴</sup> ۱۷۰۰
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱/۴۸	۰	<sup>ab۲</sup> ۵۹۶۶۷	<sup>b۴</sup> ۲۲۳۳
سدیم ۱٪	۲	<sup>a۲</sup> ۶۷۶۶۷	<sup>a۴</sup> ۸۹۳۳
		<sup>c</sup> ۱/۸۱۳۳۳	<sup>a۴</sup> ۹۲۳۳

جدول ۱۸- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش

(وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده) بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	شاخص ترکیدن (kPa.m <sup>2</sup> /g)	شاخص پاره شدن (mNm <sup>2</sup> /g)
شاهد	۰	<sup>c</sup> ۱/۴۰۶۶۷	<sup>b</sup> ۴/۲۱۰۰
پیش تیمار با آب جوش *	۲	<sup>a</sup> ۲/۴۸۰۰۰	<sup>b</sup> ۴/۱۷۰۰
آب جوش *	۲	<sup>b</sup> ۲/۱۰۳۳۳	<sup>a</sup> ۴/۹۱۶۷

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیرکاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد و بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت به ترکیدن (گروه a) مربوط به خمیرکاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ است و کمترین مقدار مقاومت به ترکیدن (گروه d) مربوط به خمیرکاغذ شاهی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان شاخص ترکیدن کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که شاخص ترکیدن خمیرکاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از شاخص ترکیدن خمیرکاغذ پیش تیمار با آب جوش است و شاخص ترکیدن خمیرکاغذ پیش تیمار با آب جوش نیز از شاخص ترکیدن خمیرکاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) بیشتر است و شاخص ترکیدن خمیرکاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) بیشتر از شاخص ترکیدن خمیرکاغذ شاهی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از خمیر کاه گندم پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از کاه گندم شاهد و پیش تیمار شده با آب جوش می باشد. زیرا کاه گندم پیش تیمار شده به ویژه با قلیا در مقایسه با کاه گندم شاهد باعث حذف برخی از ترکیبات کاه شده و کارایی تیمار اصلی را افزایش داده، بنابراین جداسازی الیاف کاه گندم پیش تیمار آسان تر بوده و الیاف بدست آمده بلندتر، سالم تر و از انعطاف پذیری و درهم رفتگی بیشتری برخوردار می باشد و به همین جهت کاغذهای بدست آمده از آنها شاخص ترکیدن بیشتری دارد.

### مقاومت به پاره شدن

مقاومت به پاره شدن به سه عامل، تعداد کلی الیافی که در معرض پاره شدن کاغذ قرار دارند، طول فیبر، شدت و مقاومت اتصال فیبر به فیبر بستگی دارد. تعداد الیافی که در معرض گسیختگی ورق قرار دارند تحت تأثیر وزن پایه کاغذ و انعطاف پذیری کاغذ قرار دارند (سرائیان، ۱۳۸۲).

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت به پاره شدن (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و کمترین مقدار مقاومت به پاره شدن (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ شاهدهی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان مقاومت به پاره شدن کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) است و مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) بیشتر از مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ شاهدهی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل مقاومت به پاره شدن کاغذ حاصل از NSSC کاه گندم پیش تیمار با آب جوش در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد بیشتر می باشد. علت این پدیده را

می توان احتمالاً به بازده کمتر خمیر کاغذ پیش تیمار شده با آب جوش در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد به علت حذف ترکیبات قابل حل در آب جوش و نیز همی سلولزهای ضعیف موجود در کاه گندم توسط پیش تیمار با آب جوش و کارایی بهتر پخت (تیمار اصلی) نسبت داد.

همچنین مقاومت به پاره شدن در کاغذ حاصل از NSSC کاه گندم پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از کاه گندم شاهد و خمیر کاغذ پیش تیمار شده با آب جوش و خمیر کاغذ پیش تیمار شده با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) می باشد. زیرا در کاه گندم پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ احتمالاً محلول هیدروکسید سدیم با قابلیت نفوذ بیشتر در ساختار کاه گندم و ایجاد واکنشیدگی زیادتر، انحلال بیشتر ترکیبات فرعی (که در ایجاد اتصال مناسب بین الیاف محدودیت ایجاد می کند) و همچنین انحلال بعضی از اجزای کربوهیدراتی، باعث کارایی بهتر تیمار اصلی، جدا شدن راحت تر الیاف و در نتیجه تولید الیاف بلندتر و سالم تر بیشتری می گردد. بنابراین زمینه در هم رفتگی مناسب تر الیاف را در جهت ایجاد شاخص پاره شدن بیشتر فراهم می آورد (سرائیان، ۱۳۸۲).

### مقاومت به کشش

مقاومت به کشش در مقایسه با سایر اندازه گیری های مقاومتی مرسوم که بر روی کاغذ انجام می گیرد ویژگی اساسی تری می باشد. این مقاومت بیانگر ترکیبی از مقاومت های پاره شدن، تا خوردن و ترکیدن بوده که از پیچیدگی بیشتری برخوردارند.

شدت و کیفیت اتصال الیاف مهمترین عامل مؤثر بر مقاومت به کشش است. افزایش اتصال که در اثر افزایش

استخراجی و سیلیس کاه شده، در نتیجه باعث کارایی بهتر تیمار اصلی (پخت خمیر) در جداسازی الیاف کاه شده، بنابراین از کیفیت برتری جهت تبدیل به کاغذ یعنی درهم‌رفتن و فشرده‌تر شدن و ایجاد سطح اتصال بهتری برخوردار می‌باشد.

### طول پاره شدن

نتایج گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت طول پاره‌شدن (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ است و کمترین مقدار مقاومت طول پاره‌شدن (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان طول پاره‌شدن کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که طول پاره‌شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از طول پاره‌شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ است و طول پاره‌شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از طول پاره‌شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه) است. همچنین طول پاره‌شدن خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه) بیشتر از طول پاره‌شدن خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل مقاومت طول پاره‌شدن حاصل از خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ و خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش مقادیر بسیار نزدیک به

پالایش و یا افزایش پرس تر ایجاد می‌گردد مقاومت به کشش را بالا می‌برد (سرائیان، ۱۳۸۲).

نتایج گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت به کشش (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ است و کمترین مقدار مقاومت به کشش (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان مقاومت به کشش کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که مقاومت به کشش خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از مقاومت به کشش خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و مقاومت به کشش خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از مقاومت به کشش خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه) است. همچنین مقاومت به کشش خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای کاه) بیشتر از مقاومت به کشش خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل مقاومت به کشش حاصل از خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ در مقایسه با سایر خمیر کاغذها بیشتر بوده که می‌توان این گونه تفسیر کرد که پیش تیمار به‌ویژه با محلول هیدروکسید سدیم ۱٪ نسبت به آب جوش کاه‌گندم را بیشتر واکنش‌ده و نرم می‌کند. پیش تیمار باعث انحلال بخشی از همی سلولزها و مقادیر ناچیزی از لیگنین و مواد

هم داشتند که این مقادیر در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد بیشتر بوده که می توان آن را این گونه تفسیر کرد که پیش تیمار با محلول هیدروکسید سدیم ۱٪ و آب جوش، کاه گندم را بیشتر واکنش داده و نرم می کند. پیش تیمار باعث انحلال بخشی از همی سلولزها و مقادیر ناچیزی از لیگنین و مواد استخراجی و سیلیس کاه شده، در نتیجه باعث کارایی بهتر تیمار اصلی (پخت خمیر) در جداسازی الیاف کاه شده، بنابراین از کیفیت برتری جهت تبدیل به کاغذ یعنی در هم رفتن و فشرده تر شدن و ایجاد سطح اتصال بهتری برخوردار می باشد.

جدول ۱۹- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	طول پاره شدن (km)	حجم ویژه (g/cm <sup>3</sup> )	سفتی (mNm/kg)
شاهد	۰	<sup>c</sup> ۳/۰۱۰۰	<sup>a</sup> ۳/۳۶۶۷	<sup>c</sup> ۳/۸۳۳۳
	۲	<sup>b</sup> ۳/۹۶۳۳	<sup>c</sup> ۱/۸۸۶۶۷	<sup>b</sup> ۵/۰۰۰۰
پیش تیمار با آب جوش	۰	<sup>a</sup> ۴/۳۷۶۷	<sup>b</sup> ۲/۳۳۶۶۷	<sup>b</sup> ۵/۰۳۳۳
	۲	<sup>a</sup> ۴/۴۹۰۰	<sup>c</sup> ۱/۸۶۰۰۰	<sup>a</sup> ۵/۷۶۶۷

جدول ۲۰- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	مقاومت به کشش (Nm/g)	مقاومت به لهیدگی حلقوی (N)
شاهد	۰	<sup>c</sup> ۲۹/۵۵۰	<sup>a</sup> ۶۴/۱۲۰
	۲	<sup>b</sup> ۳۹/۲۶۰	<sup>b</sup> ۵۶/۴۵۷
پیش تیمار با آب جوش	۰	<sup>a</sup> ۴۳/۳۵۷	<sup>a</sup> ۶۳/۳۶۰
	۲	<sup>a</sup> ۴۳/۷۸۰	<sup>a</sup> ۶۲/۳۰۷

جدول ۲۱- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	طول پاره شدن (km)	حجم ویژه (g/cm <sup>3</sup> )	مقاومت به کشش (Nm/g)
شاهد	۰	<sup>c</sup> ۳/۰۱۰۰	<sup>a</sup> ۳/۳۶۶۷	<sup>c</sup> ۲۹/۵۵۰
	۲	<sup>b</sup> ۳/۹۶۳۳	<sup>b</sup> ۱/۸۸۶۶۷	<sup>b</sup> ۳۹/۲۶۰
پیش تیمار با	۰	<sup>a</sup> ۴/۷۳۳۳	<sup>b</sup> ۱/۸۵۳۳	<sup>a</sup> ۴۶/۳۳۳
	۱/۴۸	<sup>a</sup> ۴/۴۷۶۷	<sup>b</sup> ۱/۸۰۳۳	<sup>a</sup> ۴۳/۹۱۷
هیدروکسید سدیم ۱٪	۲	<sup>c</sup> ۳/۲۵۰۳	<sup>b</sup> ۱/۸۴۰۰	<sup>c</sup> ۳۱/۸۲۳

جدول ۲۲- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	مقاومت به لهیدگی حلقوی (N)	سفتی (mNm/kg)
شاهد	۰	<sup>a</sup> ۶۴/۱۲۰	<sup>c</sup> ۳/۸۳۳۳۳
	۲	<sup>b</sup> ۵۶/۴۵۷	<sup>c</sup> ۵/۰۰۰
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪	۰	<sup>b</sup> ۵۸/۱۵۰	<sup>a</sup> ۶/۱۳۳۳
	۱/۴۸	<sup>b</sup> ۵۷/۹۳۳	<sup>b</sup> ۵/۷۰۰
	۲	<sup>b</sup> ۵۹/۴۶۷	<sup>d</sup> ۴/۲۳۳۳

جدول ۲۳- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش (وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده)

بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	طول پاره شدن (km)	حجم ویژه (g/cm <sup>3</sup> )	مقاومت به کشش (Nm/g)
شاهد	۰	<sup>b</sup> ۳/۰۱۰۰	<sup>a</sup> ۳/۳۶۶۷	<sup>b</sup> ۲۹/۵۵۰
	۲	<sup>a</sup> ۳/۹۶۳۳	<sup>b</sup> ۱/۸۸۶۷	<sup>a</sup> ۳۹/۲۶۰
پیش تیمار با آب جوش*	۲	<sup>a</sup> ۳/۷۴۳۳	<sup>b</sup> ۲/۱۱۳۳	<sup>a</sup> ۳۶/۹۳۷

\* وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده

جدول ۲۴- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با آب جوش (وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده)

بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	مقاومت به لهیدگی حلقوی (N)	سفتی (mNm/kg)
شاهد	۰	<sup>a</sup> ۶۴/۱۲۰	<sup>b</sup> ۳/۸۳۳۳
	۲	<sup>b</sup> ۵۶/۴۵۷	<sup>a</sup> ۵/۰۰۰
پیش تیمار با آب جوش*	۲	<sup>a</sup> ۶۵/۷۲۰	<sup>a</sup> ۵/۰۶۶۷

## سفتی

سفتی یک خاصیت بی نهایت مهم در بسیاری از کاربردهای کاغذ محسوب می شود. به عنوان یک قاعده کلی، سفتی یکی از مهمترین خواص مکانیکی مقواهای مورد استفاده برای بسته بندی محسوب می شود. سفتی را می توان به عنوان تابعی از مدول یانگ و توان سوم ضخامت در نظر

گرفت. به دلیل این ارتباط، ضخامت مهمترین خاصیت در کنترل سفتی است.

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد، همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج

حاصل بیشترین مقدار مقاومت سفتی (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده و کمترین مقدار مقاومت سفتی (گروه e) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان سفتی کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که سفتی خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بیشتر از سفتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است و سفتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از سفتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای گاه پیش تیمار شده) می باشد. میزان سفتی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای گاه پیش تیمار شده) نیز بیشتر از سفتی خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل مقاومت سفتی حاصل از خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ و خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش مقادیر بسیار نزدیک به هم داشتند که این مقادیر در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد بیشتر بوده است؛ پیش تیمار بر ساختار گاه گندم و سست و واکشیده کردن آن، همچنین انحلال و حذف مقداری از ترکیبات فرعی (آلی و معدنی) و بخش ناچیزی از لیگنین و همی سلولز گاه تأثیر گذاشته و باعث افزایش نقش تیمار اصلی شده و موجب جداسازی لیاف گاه گندم به نحو ساده تر و سالم تری شده و خمیر از کیفیت برتری جهت تبدیل به کاغذ برخوردار شده است.

### مقاومت به لهیدگی حلقوی

نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین بین پیش تیمارهای مختلف اختلاف

معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت به لهیدگی حلقوی (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای گاه پیش تیمار) است و کمترین مقدار مقاومت به لهیدگی حلقوی (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن از سولفیت سدیم به همراه هیدروکسید سدیم استفاده شده است. طبق نتایج حاصل روند تغییر میزان مقاومت به لهیدگی حلقوی کاغذ در تیمارهای مختلف به این شرح است که مقاومت به لهیدگی حلقوی خمیر کاغذ شاهدی که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است بیشتر از مقاومت به لهیدگی حلقوی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای گاه پیش تیمار) است و مقاومت به لهیدگی حلقوی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (بر مبنای گاه پیش تیمار) بیشتر از مقاومت به لهیدگی حلقوی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش است. میزان مقاومت به لهیدگی حلقوی خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش بیشتر از مقاومت به لهیدگی حلقوی در خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ می باشد و مقاومت به لهیدگی حلقوی در خمیر کاغذ پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ نیز بیشتر از مقاومت به لهیدگی حلقوی در خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن از سولفیت سدیم به همراه هیدروکسید سدیم استفاده شده است.

طبق نتایج حاصل مقاومت به لهیدگی حلقوی حاصل از خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش (وزن بر مبنای گاه پیش تیمار) و خمیر کاغذ پیش تیمار با آب جوش مقادیر بسیار نزدیک به هم داشتند که این مقادیر در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد و پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد بیشتر می باشد.



## بحث

شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ APMP کاه گندم در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه را سرانجام (۱۳۸۲) به ترتیب برای کاه گندم پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد  $3/221$  و  $3/169$   $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  گزارش نمود که تقریباً مشابه نتایج بدست آمده می باشد. همچنین شاخص مقاومت به ترکیدن را در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه به ترتیب برای پیش تیمار با آب سرد  $0/984$  و  $0/894$   $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  برای پیش تیمار با آب جوش  $1/195$  و  $1/148$   $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  تعیین کرد. میزان این شاخص در کاه گندم پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد  $3/221$  و  $3/169$   $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  گزارش نمود که تقریباً مشابه نتایج بدست آمده می باشد. همچنین شاخص مقاومت به پاره شدن را در زمان های ۱۰ و ۲۰ دقیقه به ترتیب در کاه گندم های پیش تیمار با آب سرد  $3/556$  و  $3/084$   $\text{mNm}^2/\text{g}$  و در کاه گندم های پیش تیمار با آب جوش  $3/905$  و  $3/793$   $\text{mNm}^2/\text{g}$  و در کاه گندم پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱ درصد (۱۰ درصد براساس کاه خشک)  $5/744$  و  $5/888$   $\text{mNm}^2/\text{g}$  تعیین کرد که مشابه نتایج بدست آمده می باشد.

در نتایج بدست آمده از خمیر کاغذ های تهیه شده از روش سودا (۱۰ درصد قلیایی) و سولفیت قلیایی (با نسبت شش به شش همچنین چهار به شش هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم) در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت، Patel و همکاران (۱۹۸۵) مقدار فاکتور ترکیدن این خمیر کاغذها را به ترتیب ۱۹، ۱۷ و ۱۷ (حدود  $1/9$ ،  $1/7$  و  $1/7$   $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ ) گزارش کرده اند. این مقادیر در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد بیشتر ولی در مقایسه با خمیر کاغذ های پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم ۱ درصد و آب جوش کمتر می باشد. همچنین طول پاره شدن این خمیر کاغذها را

به ترتیب  $5/8$ ،  $5$  و  $5/6$   $\text{km}$  گزارش کرده اند که مقدار سولفیت قلیایی با نسبت شش به شش مشابه مقادیر بدست آمده در خمیر پیش تیمار شده با آب جوش می باشد.

با روش های سودا و سولفیت خنثی در شرایط متفاوت (در دمای ۱۶۵ درجه سانتی گراد، زمان بین ۱۵۰ تا ۱۸۰ دقیقه و مقدار مواد شیمیایی بین ۶ تا ۱۵ درصد) از کاه گندم پاکستان خمیر کاغذ ساخته شد. Ali و همکاران (۱۹۹۱) مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ های سودا و سولفیت خنثی را به ترتیب  $2/3-1/5$  و  $2/4-2$   $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  گزارش کرده اند که مقادیر بیشتر آن ( $2/3$  و  $2/4$ ) با نتایج بدست آمده از خمیر کاغذ های پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ همخوانی دارد؛ و مقادیر اندیس مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ های هیدروکسید سدیم و سولفیت خنثی را به ترتیب  $3/5$  تا  $4/4$  و  $3/7$  تا  $4/4$  تعیین کرده اند که در مقایسه با این بررسی از فرایندهای با پیش تیمار هیدروکسید سدیم یک درصد بمراتب کمتر بوده و در حدود مقاومت های بدست آمده از خمیر شاهد می باشند. همچنین مقادیر طول پاره شدن خمیر کاغذ های سودا و سولفیت خنثی را به ترتیب  $5-3/3$  و  $4$  تا  $5/15$  گزارش کردند که مشابه نتایج بدست آمده از خمیر کاغذ های پیش تیمار شده می باشد ( $4/1$  تا  $4/7$ ). به هر حال مقایسه نتایج بدست آمده از این بررسی با نتایج سایر محققان نشان می دهد که با انجام فرایند شیمیایی- مکانیکی می توان خمیر کاغذ هایی ساخت که دارای طول پاره شدن تقریباً مشابهی با خمیر کاغذ های کاه گندم از فرایندهای شیمیایی متفاوت و حتی فرایند هیدروکسید سدیم، به عنوان یکی از گسترده ترین روش های فرآوری خمیر کاغذ از کاه گندم باشد.

برای کاغذ ۱۲۰ گرمی (N) ۱۸۶ می‌باشد که بیشتر از مقادیر بدست آمده در این بررسی می‌باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده نشان داد که بیشترین میزان بازده خمیر کاغذ مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن از سود سوزآور استفاده نشده است و کمترین میزان بازده مربوط به خمیر کاغذ پیش‌تیمار شده با سود سوزآور ۱٪ می‌باشد که در زمان فرایند پخت آن از مواد شیمیایی بیشتری (۲٪ سود سوزآور به همراه ۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد. به طور کلی استفاده از پیش‌تیمار باعث کاهش بازده می‌شود که این کاهش بازده در پیش‌تیمار قلیایی نسبت به آب جوش مؤثرتر بود. همچنین استفاده بیشتر از مواد شیمیایی در پخت اصلی باعث کاهش بازده می‌شود.

بیشترین ضخامت کاغذهای تهیه شده (۲۱/۶۰۰) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن از سود سوزآوری استفاده نشده است. خمیر کاغذهای پیش‌تیمار شده با آب جوش که در پخت آن از مواد شیمیایی بیشتر (۲٪ سود سوزآور به همراه ۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد در مقایسه با خمیر کاغذ دارای مواد شیمیایی کمتر (۱۰٪ سولفیت سدیم) از ضخامت کمتری برخوردارند. در واقع افزایش سود سوزآور به ترکیبات شیمیایی می‌تواند باعث افزایش pH مایع پخت، نفوذ بهتر و لیگنین‌زدایی بهتر و انعطاف‌پذیرتر شدن الیاف گردد. در مورد پیش‌تیمار قلیایی نیز همین نتیجه صدق می‌کند ولی افزودن مقدار بیشتر قلیا می‌تواند به دلیل تقویت کارایی تیمار اصلی و تولید الیاف نرم‌تر باعث کاهش ضخامت کاغذ شود. خمیر پیش‌تیمار شده با آب جوش (برمبنای وزن کاه پیش‌تیمار

شاخص مقاومت به پاره‌شدن خمیرکاغذ APMP کاه‌گندم را کامرانی (۱۳۸۶) برای خمیرکاغذ شاهد ۲/۶۲ mNm<sup>2</sup>/g و برای خمیرکاغذ حاصل از کاه‌گندم پیش‌تیمار شده با هیدروکسید سدیم یک درصد ۵/۶۵ mNm<sup>2</sup>/g تعیین کرد که معادل نتیجه حاصل از کاه‌گندم پیش‌تیمار شده با هیدروکسید سدیم یک درصد در این بررسی می‌باشد.

مقدار مقاومت طول پاره‌شدن برای خمیرکاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ۳/۵ km می‌باشد که کمتر از مقادیر حاصل از پیش‌تیمار با هیدروکسید سدیم می‌باشد.

مقدار شاخص مقاومت به پاره‌شدن برای خمیرکاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ۵ (mNm<sup>2</sup>/g) می‌باشد که در مقایسه با نتایج بدست آمده در این بررسی بیشتر می‌باشد.

مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن برای خمیرکاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ۲/۱۲ (kPa.m<sup>2</sup>/g) می‌باشد

مقدار شاخص مقاومت به کشش برای خمیرکاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ۳۵ (Nm/g) می‌باشد که کمتر از مقادیر بدست آمده در این بررسی می‌باشد.

مقدار مقاومت سفتی برای خمیرکاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ۴/۸۳ (mNm/kg) می‌باشد که در مقایسه با مقادیر حاصل از پیش‌تیمار کمتر می‌باشد.

مقدار مقاومت به لهیدگی حلقوی برای خمیرکاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران

و تولید کاغذ قویتر می‌گردد. استفاده از پیش تیمار اثر مطلوبی روی این شاخص داشته و باعث افزایش شاخص مقاومت به ترکیدن می‌شود و این اثر در مورد پیش تیمار قلیایی نسبت به پیش تیمار با آب جوش بیشتر است.

طول پاره شدن که با شاخص مقاومت به کشش رابطه مستقیمی دارد نیز با اعمال پیش تیمار بهبود می‌یابد و استفاده از پیش تیمار اثر مطلوبی روی این شاخص داشته و باعث افزایش طول پاره شدن می‌شود و این اثر در مورد پیش تیمار قلیایی نسبت به پیش تیمار با آب جوش بیشتر است. به طوری که بیشترین طول پاره شدن (۴/۷۳۳۳) و بیشترین شاخص مقاومت به کشش (۶/۳۳۳۳) مربوط به کاه پیش تیمار شده با سود سوزآور ۱٪ می‌باشد که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتری (۰/۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شده است.

سفتی کاغذ تحت تأثیر ضخامت و دانسیته کاغذ قرار دارد. استفاده بیشتر از مواد شیمیایی باعث افزایش دانسیته و آن نیز سبب افزایش سفتی می‌شود. استفاده از پیش تیمار تأثیر مثبتی بر روی افزایش سفتی دارد و این اثر در مورد پیش تیمار قلیایی نسبت به پیش تیمار با آب جوش مشهودتر است و اثر پیش تیمار نسبت به اثر استفاده از مواد شیمیایی بیشتر غالب است. به طوری که بیشترین مقدار سفتی (۶/۱۳۳۳) مربوط به کاه گندم پیش تیمار شده با سود سوزآور ۱٪ می‌باشد که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتر (۰/۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد. البته استفاده بیشتر از قلیا باعث تخریب بیشتر همی سلولزها و کاهش اتصالات و مقدار سفتی می‌شود و این اثر در کاه پیش تیمار شده با قلیا هنگامی که از قلیای بیشتر برای پخت استفاده شد قابل مشاهده است.

استفاده از پیش تیمار تأثیر مطلوبی بر افزایش مقاومت به لهیدگی حلقوی ندارد و افزایش مصرف مواد شیمیایی

شده) نسبت به کاغذ پیش تیمار شده با آب جوش از ضخامت بیشتری برخوردار است که این به دلیل نسبت بیشتر ماده اولیه باقیمانده در خمیر پیش تیمار شده و تأثیرپذیری کمتر این مواد ضمن پخت می‌باشد.

بیشترین دانسیته کاغذ (۰/۴۶۷۳۳) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با سود سوزآور ۱٪ می‌باشد که در پخت آن از ۱/۴۸٪ سود سوزآور استفاده شد. استفاده بیشتر از قلیا در پخت باعث کاهش دانسیته کاغذ می‌شود و به طور کلی پیش تیمار باعث افزایش دانسیته می‌شود، به طوری که اثر پیش تیمار قلیایی نسبت به پیش تیمار با آب جوش مشهودتر است. افزایش مواد شیمیایی باعث افزایش دانسیته کاغذ می‌شود.

در مورد ماتی، پیش تیمار تأثیر قابل توجهی ندارد و تقریباً همه کاغذها روند مشابهی دارند. بیشترین شاخص مقاومت به پاره شدن (۴/۹۶۶۷) مربوط به کاه پیش تیمار شده با آب جوش می‌باشد که در پخت آن از مواد شیمیایی بیشتری (۲٪ سود سوزآور به همراه ۰/۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد و کمترین آن (۳/۹۱۰۰) مربوط به خمیر شاهدی است که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتر (۰/۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد. به طور کلی با افزایش مواد شیمیایی مقدار این مقاومت افزایش می‌یابد. استفاده از پیش تیمار اثر مطلوبی روی این شاخص داشته و باعث افزایش شاخص مقاومت به پاره شدن می‌شود و این اثر در مورد پیش تیمار با آب جوش نسبت به پیش تیمار قلیایی بیشتر است.

بیشترین شاخص مقاومت به ترکیدن (۲/۶۷۶۶۷) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با قلیا می‌باشد که در پخت آن از ۱/۴۸ درصد سود سوزآور استفاده شد. مقاومت به ترکیدن به مقاومت پیوند بین الیاف بستگی دارد، البته استفاده بیشتر از قلیا باعث تقویت پخت و خمیر شدن کاه

- و کاغذ مازندران، مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال یازدهم، شماره ۴، صفحه ۱۷۷.
- سرائیان، ا.، ۱۳۸۲. بررسی امکان تولید خمیر کاغذ پربازده سفید با روش مکانیکی پر اکسید قلیایی (APMP) از کاه گندم خراسان. رساله دکتری. دانشگاه تهران.
- کاشانی، پ.، ۱۳۷۶. بررسی مقاومت‌های کاغذ ساخته شده از کاه گندم و کلش برنج به روش سودای سرد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۰ صفحه.
- کامرانی، س.، سرائیان، ا. و اکبرپور، ا.، ۱۳۸۹. بررسی ویژگی‌های CMP و APMP کاه گندم رقم تجن، مجله علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره ۱، جلد ۲۵، صفحه ۳۲.
- میر شکرایی، س. ا.، ۱۳۷۴. تکنولوژی خمیر کاغذ، (ترجمه) انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، جلد اول، چاپ اول، ۲۷۱ صفحه.
- Ali, S. H., Mughis, A., Shabbir, A.U., 1991. Neutral Sulfite Pulping of Wheat straw in Non-Wood Plant Fiber Pulping, TAPPI Press, No. 20.
- Browning, B.L., 1967. Methods of Wood Chemistry. Vol. 1. Interscience Publishments.
- Clark, T. F., Wolff, I. A., 1962. Search for New Fiber crops, Part7, Kenaf and Wood Pulp Blends, TAPPI, No. 45
- Hurter, P., 2002. Eng: Physical Properties Of Corrugating Medium Content Papers Produce With Non-wood Pulp, Hurter Consult Incorporated.
- Misra, D.K., 1980. Pulping and Bleaching of Non-Wood Fibers, Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Vol. 1, 3<sup>rd</sup> edition. New York, 504.
- Patel, R. J., Angadujavar, C.S., Rao, Y.S., 1985. Non-Wood Fiber Plants for Papermaking, Non-Wood Plant Fiber Pulping, Prog, Rept, No.15, TAPPI Press, Atlantha, 77.
- Raja, A. and Irmak, Y., 1993. Optimizing alkalin pulping of wheat straw to produce corrugating medium. Tappi Journal. Vol. 76, No. 1, Pp: 145-15

باعث کاهش این مقاومت می‌شود و بیشترین مقدار این مقاومت (۶۵/۷۲۰) را کاه گندم پیش تیمار شده با آب جوش (بر مبنای کاه پیش تیمار شده) دارد، زیرا در این مورد نقش ماده اولیه مؤثر بیشتر بوده و استفاده از قلیا باعث افت این مقاومت می‌شود.

### منابع مورد استفاده

- افرا بند پی، ا.، ۱۳۸۲. بررسی مقایسه ای خواص کاغذ حاصل از صنوبر دلتوئیدس و پالونیا به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۹۶ صفحه.
- پارسا پزوه، د.، فائزی پور، م. و کبوری، ع.، ۱۳۸۱. کاغذ و مواد چندسازه از منابع زراعی. (ترجمه) انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۳۱۸-۲۴۸.
- ثمریها، ا.، حمصی، ا.ه.، میر شکرایی، ا. و سپیده دم، م.ج.، ۱۳۸۴. بررسی ویژگی‌های کاغذ حاصل از باگاس به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال یازدهم، شماره ۲. صفحه ۲۳۳.
- لتیباری، ا.ج.، حسینی، ا.، رسالتی، ح. و فخریان، ع.، ۱۳۸۵. تعیین شرایط بهینه پخت خمیر کاغذ از کاه گندم به روش NSSC برای ساخت کاغذ کنگره ای. فصلنامه منابع طبیعی ایران، سال پنجاه و نهم، شماره ۴، صفحه ۹۰۳.
- حمصی، ا.ه.، ثمریها، ا.، ۱۳۸۴. بررسی امکان جایگزینی خمیر نیمه شیمیایی باگاس برای تولید کاغذ کنگره ای در مجتمع چوب

## Comparison of hot water and alkaline pre-treatments on the properties of wheat straw NSSC pulp

Zhand, S.<sup>1\*</sup>, Masoudifar, M.<sup>2</sup>, Saraeian, A.R.<sup>3</sup> and Ghasemian, A.<sup>3</sup>

1\*- Corresponding Author, M.Sc., Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Department of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran., E-mail: soodeh.zhand@yahoo.com

2- M.Sc., Student, Composite Products Engineering, Zabol University, Zabol, Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Department of Wood and Paper Science and Technologies Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

Received: May, 2013

Accepted: Oct., 2013

### Abstract

The purpose of this study was to compare the properties of wheat straw (*Zagros* sp) collected in Golestan province NSSC pulp under alkaline pretreatment with 1% sodium hydroxide and boiling pretreatment. Wheat Straw pretreatment with 1% sodium hydroxide and hot water at water to straw ration of 10 to 1 was conducted at 70°C for half an hour. NSSC pulping was carried out at constant pulping condition including liquor to straw ratio of 5:1, maximum temperature at 160°C for 30 minutes. In order to study the effect of sodium hydroxide on strength properties of paper in some cases only Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> was used. After pulping, defibration was carried out by laboratory refiner to reach 380±25ml (CSF). Sixty gram/m<sup>2</sup> hand sheets were prepared from each pulp. The strength properties were determined according to TAPPI standard. Results showed that with the exception of RCT strength, pretreatment had significant effect on increasing the strength properties of papers and by alkaline pretreatment, brightness of the pulps decreased and tensile strength, burst strength, breaking length, stiffness and density increased. Using chemical pretreatment especially sodium hydroxide resulted in reduction in yield and brightness level and improvement in strength of the pulps.

**Key words:** Wheat straw, neutral sulfite semi chemical pulp, pretreatment, strength properties.