

## تأثیر پیش تیمار قلیایی بر بازده و ویژگی های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی NSSC کاه گندم

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

\*۱- نویسنده مسئول، دانش آموخته کارشناسی ارشد، صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
پست الکترونیک: soodeh.zhand@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، فرآورده های چندسازه چوب، دانشگاه زابل

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

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

### چکیده

در این تحقیق اثر پیش تیمار قلیایی با یک درصد هیدروکسید سدیم بر ویژگی های فیزیکی، نوری و مقاومتی خمیر کاغذ NSSC از کاه گندم بررسی شد. از نمونه کاه گندم (رقم زاگرس) مزارع استان گلستان استفاده گردید. کاه خرد شده در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه تحت تأثیر پیش تیمار با یک درصد هیدروکسید سدیم بر مبنای وزن خشک قرار گرفت. پخت ها در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد با نسبت ثابت سولفیت سدیم به هیدروکسید سدیم ۵ به ۱ انجام شد. پس از پخت، خمیر کاغذها توسط پالایشگر آزمایشگاهی PFI تا رسیدن به درجه روانی  $380 \pm 25$  میلی لیتر (CSF) پالایش شدند و بازده کل و عددکاپای آنها تعیین گردید. کاغذ دست ساز ۶۰ گرمی براساس آئین نامه TAPPI ساخته شد و ویژگی های فیزیکی، نوری و مقاومتی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که پیش تیمار قلیایی اثر معنی داری در افزایش ویژگی های نوری و مقاومتی کاغذ داشته است. اندازه گیری درجه روانی اولیه خمیر کاغذها نشان داد که درجه روانی با افزایش مواد شیمیایی پخت و هیدروکسید سدیم کاهش یافته و با افزایش مواد شیمیایی، دانسیته کاغذ افزایش، و بازده و ضخامت و حجم ویژه کاغذ کاهش یافت.

واژه های کلیدی: کاه گندم، خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خشتی، درجه روانی.

### مقدمه

بعضی از کشورهای اروپای شرقی، آمریکای جنوبی، خاورمیانه و آسیا به ویژه چین کاه همچنان به عنوان یک ماده اولیه مهم برای خمیر و کاغذ مطرح می باشد. یکی از دلایل اصلی که کاه برای تهیه خمیر کاغذ استفاده می گردد، این است که کاه

کاه گندم، قرن هاست که به عنوان یک منبع فیبری در کاغذسازی به کار می رود (بویره در چین). کاه گندم قبل از جایگزین شدن توسط چوب، در دهه ۱۹۲۰ در اروپا و آمریکای شمالی منبع اصلی فیبر به شمار می رفت. البته در

به سهولت به شکل پسمانده حاصل از محصولات غذایی قابل دسترس است (یانگ، ۱۳۸۱).

افزایش ظرفیت تولید جهانی خمیر کاغذهای الیاف منابع زراعی اساساً از سال ۱۹۷۵ آغاز شد و از ۶/۹ درصد به حدود ۱۰/۶ درصد در سال ۱۹۹۳ رسید. کاه، باگاس و بامبو الیاف منابع زراعی اصلی هستند که در تهیه خمیر و کاغذ به کار می‌روند. بیش از ۲۵ کشور برای تهیه بیش از ۵۰ درصد خمیر کاغذ خود به الیاف منابع زراعی وابسته‌اند (یانگ، ۱۳۸۱).

یکی از مهم‌ترین فرایندهای تولید کاغذ، فرایند نیمه‌شیمیایی سولفیت ختنی می‌باشد. این فرایند که بیشتر برای تولید خمیر کاغذهای پربازده از پهن‌برگان مورد استفاده قرار می‌گیرد از مهم‌ترین فرایندهای نیمه‌شیمیایی مورد استفاده در جهان بشمار می‌رود. در این فرایند که به اختصار NSSC<sup>1</sup> نامیده می‌شود از مایع پخت سولفیت سدیم استفاده می‌شود که برای ختنی کردن اسیدهای آلی آزاد شده از ماده لیگنوسولولزی در هنگام پخت با مقادیر اندکی از کربنات سدیم یا هیدروکسید سدیم و یا بیکربنات سدیم بافر می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی امکان تولید خمیر کاغذ NSSC از کاه‌گندم و همچنین تأثیر پیش‌تیمار با هیدروکسید سدیم یک درصد بر روی خواص فیزیکی، نوری و مقاومتی خمیر کاغذ حاصل می‌باشد (میرشکرایی، ۱۳۷۴).

مرادیان (۱۳۸۱) شرایط و ویژگی‌های کاغذ ساخته شده به روش CMP<sup>2</sup> از کاه‌گندم را مورد بررسی قرار داد و دامنه بازده خمیر کاغذ برای پخت‌های سولفیت سدیم - کربنات سدیم را ۸۶ - ۸۸ درصد و برای سود سوزآور ۷۲ - ۸۲ درصد بیان کرده است، و در نهایت نتیجه گرفته که پخت‌هایی با سولفیت، دارای بازده و وازده الک و مصرف انرژی پالایش زیادتر از هیدروکسید سدیم بوده است و دلیل

آنها فعالیت بیشتر این ماده نسبت به سولفیت سدیم عنوان کرده است.

سرائیان (۱۳۸۲) امکان تولید خمیر کاغذ به روش مکانیکی پراکسیدقلیایی<sup>۳</sup> (APMP) از کاه‌گندم خراسان را بررسی کرده و نتیجه گرفت که با افزایش مقدارقلیایی جذب شده توسط کاه درجه‌روشنی خمیر کاغذهای تهیه شده کاهش و مقدار مقاومت آنها افزایش می‌یابد. بیشترین بازده (۷۲/۳۶٪) از خمیر کاغذ دو مرحله پیش‌تیمار شده با آب سرد به مدت ۱۰ دقیقه و بالاترین درجه‌روشنی ۳۳/۸٪ مربوط به خمیر کاغذ دو مرحله‌ای پیش‌تیمار شده با آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه بود؛ همچنین کمترین بازده (۶۱/۲۵٪) و کمترین درجه‌روشنی از خمیر کاغذ یک مرحله‌ای پیش‌تیمار شده با هیدروکسید سدیم ۱۰٪ به مدت ۲۰ دقیقه بود.

حسینی (۱۳۸۱) تحقیقی را در مورد استفاده از کاه‌گندم در فرایند NSSC انجام داد. شرایط پخت در دو سطح حرارتی ۱۶۵ - 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٪) انتخاب شده است. 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 به‌ترکیدن و مقاومت به‌تا شدن بالاترین مقدار را نشان می‌دهد که به ترتیب برابر ۵/۳۳۲۰ kPa.m<sup>2</sup>/g و log ۳/۱ بودند. لازم به ذکر است بازده تیمار فوق ۵۱/۱۰٪ بوده است.

Aranovsky و همکاران (۱۹۴۹) از هیدروکسید سدیم یا مخلوطی از هیدروکسید سدیم (۵ تا ۶ درصد بر پایه وزن خشک) و سولفیت، برای تهیه خمیر کاغذهای با کیفیت بالا از کاه در یک خمیرکن استفاده کردند، خمیرسازی در دمای

1- Neutral Sulfite Semi Chemical

2-Chemi Mechanical Pulp

آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد. ساخت خمیر کاغذ با استفاده از روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (سولفیت سدیم-هیدروکسید سدیم) انجام گردید. و در هر پخت از ۱۰۰ گرم کاه گندم بر مبنای وزن خشک استفاده شد. پخت‌ها در دمای  $160^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسید سدیم (برای خنثی کردن اسیدهای آلی آزاد شده در هنگام فرایند پخت) انجام شد. در یک حالت هیدروکسید سدیم حذف و در حالتی دیگر مقدار جذب قلیا در پیش تیمار محاسبه شد و از مقدار قلیای مصرفی برای پخت اصلی کم شد و به جای استفاده از ۲ درصد هیدروکسید سدیم از ۱/۴۸ درصد هیدروکسید سدیم استفاده شد و در حالت دیگر از ۲ درصد هیدروکسید سدیم برای پیش تیمار و در یک مورد، کاه گندم بعد از قرار گرفتن در معرض پیش تیمار هوا خشک شد و پخت بر اساس وزن اولیه کاه گندم پیش تیمار شده انجام شد و برای بررسی تأثیر هیدروکسید بر بازده و ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مقاومتی خمیر کاغذ حاصل انجام گردید. نسبت مایع پخت به کاه ۱۰ به ۱ در نظر گرفته شد و هر پخت با ۲ تکرار انجام شد. مشخصات فرایند پخت در قالب ۷ تیمار به شرح جدول ۱ اعمال گردید.

۹۵-۱۰۰ درجه سانتی گراد و به مدت یک ساعت انجام شد، بازده خمیر کاغذ بالا و در حدود ۷۵ درصد بود.

Aravamuthan و همکاران (۱۹۹۲) بهینه سازی پخت کاه گندم با استفاده از کربنات سدیم - هیدروکسید سدیم ( $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaOH}$ ) را بررسی کردند، به طوری که بازده خمیر کاغذ تولیدی با توجه به زمان و دیگر شرایط ۶۲-۵۲ درصد متغیر بوده و افزایش کربنات سدیم زمان پخت را نیز کاهش داد.

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

## مواد و روشها

نمونه کاه گندم مورد استفاده در این بررسی از مزارع شهرستان گرگان (استان گلستان) تهیه شده و به قطعات ۳-۵ سانتی متر خرد شدند. پس از اندازه گیری درصد رطوبت به منظور انجام عملیات پخت و تهیه کاغذ دست ساز به

جدول ۱- شرایط مختلف خمیر کاغذسازی NSSC کاه گندم

کد	شرایط پیش تیمار و پخت	شماره تیمار
A	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم یک درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم	تیمار ۱
B	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم یک درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسید سدیم	تیمار ۲
C	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۲ درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم	تیمار ۳
D	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم یک درصد سپس هوا خشک کردن نمونه‌ها و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسید سدیم	تیمار ۴
E	پیش تیمار با هیدروکسید سدیم یک درصد و پخت با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۱/۴۸٪ هیدروکسید سدیم	تیمار ۵
F	پخت شاهد با ۱۰٪ سولفیت سدیم و ۲٪ هیدروکسید سدیم	تیمار ۶
G	پخت شاهد با ۱۰٪ سولفیت سدیم	تیمار ۷

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز ساخته شده نمونه‌های کاغذ به آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ مازندران منتقل شد و ویژگی‌های آنها مطابق با دستورالعمل‌های آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شد. مقادیر دانسیته کاغذ محاسبه و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های فیزیکی کاغذ دست‌ساز با استفاده از طرح آزمایش کاملاً تصادفی و گروه‌بندی میانگین‌های ویژگی‌های حاصل با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

### نتایج

مقادیر بازده قبل و بعد از پالایش خمیر کاغذها در جدول ۲ ارائه شده است.

خمیر کاغذسازی با استفاده از دیگ پخت آزمایشگاهی آزمایشگاه صنایع خمیر کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. بعد از هر پخت مایع پخت جداسازی شد و پس از شستشو پالایش اولیه روی الیاف با استفاده از پالایشگر آزمایشگاهی PFI انجام گردید و با شستشوی خمیر کاغذ پالایش شده توسط دو الک با اندازه سوراخ ۲۰۰ مش مستقر بر روی الک با اندازه سوراخ ۲۰۰ مش الیاف قابل قبول بدست آمد. سپس پالایش ثانویه روی خمیر کاغذها توسط پالایشگر آزمایشگاهی طبق دستورالعمل ۰۰ - T۲۴/۸sp آئین‌نامه TAPPI انجام شد و درجه‌روانی خمیر کاغذها به حدود ۳۸۰ CSF رسانده شد و از این خمیر کاغذها براساس دستورالعمل ۰۲ - T۲۰۵sp آئین‌نامه TAPPI کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی ساخته شد.

جدول ۲- مقایسه بازده خمیر کاغذ NSSC کاه‌گندم پس از هر یک از مراحل فرآوری

مرحله تیمار اصلی			بازده مرحله		عامل پیش تیمار
انحلال پس از پالایش	بازده پس از پالایش	بازده (قبل از پالایش)	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	هیدروکسیدسدیم ۱٪
۵۵/۱۸	۴۴/۸۲	۵۲/۷۳	۱۰	۲	
۴۶/۵۴	۵۳/۴۶	۵۶/۹۹	۱۰	۲	هیدروکسیدسدیم ۱٪*
۵۸/۸۲	۴۱/۱۸	۶۰/۶۲	۱۰	۰	هیدروکسیدسدیم ۲٪

\* وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده

۳ نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین بازده و عددکاپاهای خمیر کاغذ NSSC کاه‌گندم پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم یک درصد، آورده شده است.

بازده خمیر کاغذ به‌عنوان یک شاخص مهم در تولید خمیر کاغذ مطرح است. این ویژگی عموماً تحت تأثیر ساختار شیمیایی و آناتومیکی ماده اولیه و فرایند به‌کار گرفته شده برای تهیه خمیر کاغذ قرار می‌گیرد. در جدول

جدول ۳ - گروه بندی میانگین های اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم یک

درصد بر بازده و عدد کاپا

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	بازده (%)	عدد کاپا
شاهد	۰	<sup>a</sup> ۶۰/۰۳۳	<sup>a</sup> ۹۲/۹۴۰
	۲	<sup>b</sup> ۵۵/۷۵۰	<sup>b</sup> ۶۶/۲۸۵
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪	۰	<sup>ab</sup> ۵۶/۲۰۵	<sup>c</sup> ۵۱/۸۰۳
	۱/۴۸	<sup>b</sup> ۵۵/۴۸۰	<sup>c</sup> ۴۵/۱۲۸
	۲	<sup>b</sup> ۵۲/۷۳۸	<sup>c</sup> ۵۰/۶۸۰

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم

۲٪ بر بازده و عدد کاپا

تیمار	هیدروکسید سدیم ۲٪	بازده (%)	عدد کاپا
شاهد		<sup>a</sup> ۵۷/۸۹۱	<sup>a</sup> ۷۹/۶۱۳
هیدروکسید سدیم ۲٪		<sup>b</sup> ۵۴/۸۰۸	<sup>b</sup> ۴۹/۲۰۳

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪

(وزن بر مبنای کاه گندم پیش تیمار شده) بر بازده و عدد کاپا

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	بازده (%)	عدد کاپا
شاهد	۰	<sup>a</sup> ۶۰/۰۳۳	<sup>a</sup> ۹۲/۹۴۰
	۲	<sup>a</sup> ۵۵/۷۵۰	<sup>b</sup> ۶۶/۲۸۵
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪*	۰	<sup>a</sup> ۵۶/۹۹۵	<sup>c</sup> ۵۲/۱۹۰

\*(وزن بر مبنای کاه پیش تیمار شده)

نتایج گروه بندی آزمون دانکن بازده و عدد کاپا نشان می دهند که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد و همچنین بین پیش تیمارها اختلاف معنی داری از لحاظ بازده وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار بازده (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ شاهد می باشد که در پخت آن از سولفیت سدیم به همراه هیدروکسید سدیم استفاده شده است و کمترین مقدار بازده (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم است که در پخت آن از مواد شیمیایی

بیشتری (۱۰ درصد سولفیت سدیم به همراه ۲ درصد هیدروکسید سدیم) استفاده شده است.

پالایش ثانویه خمیر کاغذ طبق دستورالعمل شماره ۰۰- T۲۴۸sp آئین نامه TAPPI توسط دستگاه پالایشگر PFI انجام شد. به این منظور از  $24 \pm 5$  گرم خمیر کاغذ (معادل وزن خشک) با درصد خشکی ۱۰ درصد در دمای  $20 \pm 5$  درجه سانتی گراد استفاده شد. با تعیین تعداد دور مشخص به درجه روانی مورد نظر می توان رسید، در این مرحله خمیرهای منتخب تا رسیدن به درجه روانی CSF  $380 \pm 25$  پالایش شدند.

جدول ۶- تعداد دور پالایشگر و درجه روانی نهایی و وزن پایه و ضخامت کاغذ

تیمار	تعداد دور پالایشگر	درجه روانی بعد از پالایشگر (CSF)	ضخامت کاغذ ( $\mu\text{m}$ )
A	۲۲۰۰	۴۰۰	۱۲/۹۶
B	۲۰۰۰	۳۸۵	۱۳/۴
E	۱۵۰۰	۴۰۰	۱۲/۴۳
F	۳۰۰۰	۳۸۵	۱۳/۴۴
G	۴۵۰۰	۴۰۰	۲۱/۶۰

## خواص فیزیکی کاغذهای دست ساز

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسیدسدیم یک

درصد بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسیدسدیم (%)	ضخامت ( $\mu\text{m}$ )	حجم ویژه ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	دانسیته ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
شاهد	۰	<sup>a</sup> ۲۱/۶۰۰۰	<sup>a</sup> ۳/۳۶۶۷	<sup>b</sup> ۰/۲۵۶۶۷
پیش تیمار با هیدروکسیدسدیم ۱٪	۲	<sup>b</sup> ۱۳/۴۴۳۳	<sup>b</sup> ۱/۸۸۶۷	<sup>a</sup> ۰/۴۴۳۳۳
	۰	<sup>bc</sup> ۱۲/۹۶۰۰	<sup>b</sup> ۱/۸۵۳۳	<sup>a</sup> ۰/۴۴۰۰۰
	۱/۴۸	<sup>c</sup> ۱۲/۴۳۰۰	<sup>b</sup> ۱/۸۰۳۳	<sup>a</sup> ۰/۴۳۳۳۳
	۲	<sup>b</sup> ۱۳/۴۰۰۰	<sup>b</sup> ۱/۸۴۰۰	<sup>a</sup> ۰/۴۴۳۳۳

## ضخامت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ضخامت کاغذ در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد (جدول ۷) که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد و همچنین بین پیش تیمارها اختلاف معنی داری از لحاظ ضخامت وجود دارد. طبق نتایج بدست آمده بیشترین مقدار ضخامت (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ شاهد است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده و کمترین مقدار ضخامت

(گروه c) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده است (از ۱/۴۸ هیدروکسیدسدیم استفاده شده است) (جدول ۷). نتایج حاصل تغییر میزان ضخامت کاغذ در تیمارهای مختلف را نشان می دهد که خمیر شاهی که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده دارای ضخامت بیشتری نسبت به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم یک درصد می باشد. بیشترین ضخامت کاغذهای تهیه شده ( $21/06 \text{ m}\mu$ ) مربوط به خمیر کاغذ شاهی است که در پخت آن از هیدروکسیدسدیم استفاده نشده است. البته خمیر کاغذهای پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم که در

می‌باشد. البته افزایش مواد شیمیایی باعث افزایش دانسیته کاغذ می‌شود. مقادیر دانسیته کاغذ بدست آمده از این تحقیق قابل مقایسه با دانسیته خمیر کاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ( $0.52 \text{ g/cm}^3$ ) می‌باشد.

### حجم ویژه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حجم ویژه کاغذ در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد و همچنین بین پیش تیمارها اختلاف معنی داری از لحاظ حجم ویژه وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار حجم ویژه (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده و کمترین مقدار حجم ویژه (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می‌باشد.

نتایج روند تغییر میزان حجم ویژه کاغذ در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که حجم ویژه خمیر کاغذ شاهدی که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده بیشتر از خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم است. بیشترین حجم ویژه کاغذهای تهیه شده ( $3.37 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن از هیدروکسید سدیم استفاده نشده است. خمیر کاغذهای پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم حجم ویژه ای مشابه خمیر کاغذ شاهد با درصد بالای مواد شیمیایی (۲٪) هیدروکسید سدیم به همراه ۱۰٪ سولفیت سدیم دارند و حجم ویژه آن از خمیر کاغذ شاهد با درصد کمتر مواد شیمیایی (۱۰٪ سولفیت سدیم) کمتر است.

پخت آن از مواد شیمیایی بیشتر (۲٪ هیدروکسید سدیم به همراه ۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد در مقایسه با خمیر کاغذ دارای مواد شیمیایی کمتر (۱۰٪ سولفیت سدیم) از ضخامت بیشتری برخوردارند.

### دانسیته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان دانسیته کاغذ NSSC گاه گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شده است. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین هر عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد و همچنین بین پیش تیمارها 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 است و کمترین مقدار دانسیته (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. نتایج روند تغییر میزان دانسیته کاغذ در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که دانسیته خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم بیشتر از خمیر کاغذ شاهد است. به طوری که بیشترین دانسیته کاغذهای تهیه شده ( $0.44 \text{ g/cm}^3$ ) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم و خمیر کاغذ شاهدی است که از مواد شیمیایی بیشتری برای پخت آن استفاده شده است. خمیر کاغذهای پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم در مقایسه با خمیر کاغذ شاهدی که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتر (۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شده است از دانسیته بیشتری برخوردارند که این به دلیل بازده بیشتر این خمیر کاغذ و نسبت بیشتر ماده اولیه باقیمانده در خمیر پیش تیمار شده و تأثیر پذیری کمتر این مواد ضمن پخت

## خواص نوری

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	روشنی (%)	ماتی (%)
شاهد	۰	<sup>c</sup> ۲۱/۳۳۳۳	<sup>a</sup> ۹۹/۶۰۰۰
	۲	<sup>ab</sup> ۲۴/۸۶۶۷	<sup>b</sup> ۹۸/۹۳۳۳
	۰	<sup>b</sup> ۲۱/۷۶۶۷	<sup>c</sup> ۹۸/۲۶۶۷
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪	۱/۴۸	<sup>a</sup> ۲۵/۴۰۰۰	<sup>b</sup> ۹۸/۹۰۰۰
	۲	<sup>ab</sup> ۲۵/۱۶۶۷	<sup>ab</sup> ۹۹/۴۰۰۰

حذف این مواد از محیط واکنش باعث ایجاد واکنشیدگی بیشتر در کاه گندم و افزایش کارایی مایع پخت و ایجاد درجه روشنی بیشتر می شود.

به طور کلی بیشترین میزان درجه روشنی بدست آمده (۲۵/۴ درصد) در مقایسه با خمیر کاغذهای شیمیایی از چوب که رنگبری شده (نظیر سولفیت کاملاً رنگبری شده با روشنی ۹۴ درصد)، سولفیت رنگبری نشده (روشنی حدود ۶۵ درصد) و یا رنگبری شده (با روشنی ۷۰ تا ۸۰ درصد) و  $\text{NH}_3$  بی سولفیت (سودای سرد چوب (با روشنی ۴۰ تا ۵۰ درصد) از روشنی کمتری برخوردار است و کمترین مقدار درجه روشنی این بررسی (۲۱/۳ درصد) در محدوده روشنی خمیر کاغذ کرافت رنگبری نشده چوب (با روشنی ۱۵ تا ۳۰ درصد) قرار دارد. در مجموع پیش تیمار باعث افزایش میزان درجه روشنی خمیر کاغذها شده است. به طور کلی خمیر پیش تیمار شده نسبت به خمیرهای شاهد از درجه روشنی بالاتری برخوردارند. به طوری که بیشترین درجه روشنی (۲۵/۴۰ درصد) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می باشد که در پخت آن از ۱/۴۸٪ هیدروکسید سدیم به همراه ۱۰٪ سولفیت سدیم استفاده شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان درجه روشنی کاغذ NSSC کاه گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری از لحاظ درجه روشنی وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار درجه روشنی (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می باشد که در پخت آن از مواد شیمیایی بیشتری استفاده شده است و کمترین مقدار درجه روشنی (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است (جدول ۸).

نتایج حاصل روند تغییر میزان درجه روشنی کاغذ در تیمارهای مختلف را نشان می دهد که خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم درجه روشنی بیشتری نسبت به خمیر کاغذ شاهد دارد و استفاده از مواد شیمیایی بیشتر باعث افزایش درجه روشنی خمیر کاغذ حاصل می شود. میزان روشنی کاه گندم پیش تیمار شده بیشتر از کاه گندم شاهد می باشد. زیرا در کاه گندم پیش تیمار شده بخشی از مواد قابل حل آن (بخشی از ترکیبات استخراجی، نشاسته و همی سلولزها) حذف می گردد،



## ماتی کاغذ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان ماتی کاغذ NSSC کاه گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری 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 c) مربوط به

خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می باشد که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتری استفاده شده است. نتایج حاصل روند تغییر میزان ماتی کاغذ در تیمارهای مختلف را نشان می دهد، به طوری که خمیر کاغذ شاهدی که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده بیشتر از خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم است. افزایش مصرف مواد شیمیایی باعث کاهش ماتی می شود ولی در مورد پیش تیمار باعث افزایش ماتی به دلیل افزایش دانسیته می شود.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر مستقل پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱٪ بر فاکتورهای اندازه گیری شده

تیمار	هیدروکسید سدیم (%)	طول پاره شدن (km)	مقاومت به کشش (Nm/g)	شاخص ترکیدن (k.Pa.m <sup>2</sup> /g)	شاخص پاره شدن (mNm <sup>2</sup> /g)
شاهد	۰	۳/۰۱۰۰	۲۹/۵۵۰	۱/۴۰۶۶۷	۳/۹۱۰۰
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱/۴۸	۲	۳/۹۶۳۳	۳۹/۲۶۰	۲/۴۸۰۰۰	۴/۱۷۰۰
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱/۴۸	۰	۴/۷۳۳۳	۴۶/۳۳۳	۲/۵۹۶۶۷	۴/۲۲۳۳
پیش تیمار با هیدروکسید سدیم ۱/۴۸	۱/۴۸	۴/۴۷۶۷	۴۳/۹۱۷	۲/۶۷۶۶۷	۴/۸۹۳۳
۱٪	۲	۳/۲۵۰۳	۳۱/۸۲۳	۱/۸۱۳۳۳	۴/۹۲۳۳

## تعیین خواص مقاومتی

## شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص ترکیدن کاغذ NSSC کاه گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت به ترکیدن (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می باشد و کمترین مقدار مقاومت به

ترکیدن (گروه d) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است. نتایج حاصل روند تغییر میزان شاخص ترکیدن کاغذ در تیمارهای مختلف را نشان می دهد، به طوری که خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم بیشتر از خمیر کاغذ شاهد است. افزایش مواد شیمیایی پخت باعث افزایش این شاخص شده است ولی در مورد استفاده از پیش تیمار، با افزایش هیدروکسید سدیم تا ۱/۴۸ مقدار این مقاومت افزایش، و استفاده بیشتر از هیدروکسید سدیم اثر منفی بر این مقاومت گذاشته و باعث کاهش مقاومت به ترکیدن شده است.

## مقاومت به پاره شدن کاغذ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقاومت به پاره شدن کاغذ NSSC کاه گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد 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 شده با هیدروکسید سدیم است که در پخت آن از مواد شیمیایی بیشتری استفاده شده است و کمترین مقدار مقاومت به پاره شدن (گروه b) مربوط به خمیر کاغذ شاهدی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

نتایج حاصل روند تغییر میزان مقاومت به پاره شدن کاغذ در تیمارهای مختلف را نشان می دهد که مقاومت به پاره شدن در خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم بیشتر از خمیر کاغذ شاهد است. علت این پدیده را می توان احتمالاً به بازده کمتر خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد به علت حذف ترکیبات قابل حل در عامل پیش تیمار و نیز همی سلولزهای ضعیف موجود در کاه گندم توسط پیش تیمار با هیدروکسید سدیم و کارایی بهتر پخت (تیمار اصلی) نسبت داد.

بیشترین شاخص مقاومت به پاره شدن ( $mNm^2/g$ ) ۴/۹۲ مربوط به کاه پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می باشد که در پخت آن از مواد شیمیایی بیشتری (۲٪ هیدروکسید سدیم به همراه ۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد و کمترین آن ( $mNm^2/g$ ) ۳/۹۱ مربوط به خمیر شاهدی است که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتر (۱۰٪ سولفیت سدیم) استفاده شد. به طور کلی با افزایش مواد

شیمیایی مقدار این مقاومت افزایش می یابد. استفاده از پیش تیمار اثر مطلوبی روی این شاخص داشته و باعث افزایش شاخص مقاومت به پاره شدن می شود.

## مقاومت به کشش کاغذ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقاومت به کشش کاغذ NSSC کاه گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شد. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می دهد که بین عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد.

طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت به کشش (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم 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 میزان مقاومت به کشش خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم بیشتر از خمیر کاغذ شاهد است که می توان آن را این گونه تفسیر کرد، که پیش تیمار با قلیا کاه گندم را واکنشده و نرم می کند؛ پیش تیمار باعث انحلال بخشی از همی سلولزها و مقادیر ناچیزی از لیگنین و مواد استخراجی و سیلیس کاه شده و در نتیجه باعث کارایی بهتر تیمار اصلی (پخت خمیر) در جداسازی الیاف کاه شده، بنابراین از کیفیت برتری جهت تبدیل به کاغذ یعنی درهم رفتن و فشرده تر شدن و ایجاد سطح اتصال بهتری برخوردار می باشد.

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

بیشترین طول پاره شدن (Km)  $4/73$  مربوط به کاه پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می‌باشد و کمترین آن (Km)  $3/01$  مربوط به خمیر شاهدهی است که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتر ( $10\%$  سولفیت سدیم) استفاده شده است. به هر حال، مقایسه نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج سایر محققان نشان می‌دهد که با انجام فرایند شیمیایی - مکانیکی می‌توان خمیر کاغذهایی ساخت که دارای طول پاره شدن تقریباً مشابهی با خمیر کاغذهای کاه‌گندم باشند (از فرایندهای شیمیایی متفاوت و حتی فرایند سودا که به عنوان یکی از گسترده‌ترین روشهای فرآوری خمیر کاغذ از کاه‌گندم می‌باشد).

### بحث

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از پیش تیمار قلبیایی قبل از پخت NSSC کاه‌گندم تأثیر مطلوبی بر افزایش دانسیته کاغذ حاصل داشته، به طوری که این افزایش معادل افزایش دانسیته در هنگامی است که از درصد بیشتری از مواد شیمیایی برای پخت استفاده کرده باشیم ( $10\%$  درصد سولفیت سدیم به همراه  $2\%$  درصد هیدروکسید سدیم). همچنین افزایش درصد مواد شیمیایی باعث کاهش بازده، حجم ویژه و ضخامت می‌شود و این کاهش معادل کاهش مقاومت‌ها در هنگام استفاده از پیش تیمار قلبیایی می‌باشد. همچنین اندازه‌گیری درجه روانی اولیه ارزیابی شده خمیرهای کاغذ نشان داد که درجه روانی با افزایش مواد

بیشترین شاخص مقاومت به کشش (Nm/g)  $6/3$  مربوط به کاه پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می‌باشد و کمترین آن (Nm/g)  $29/5$  مربوط به خمیر شاهدهی است که در پخت آن از مواد شیمیایی کمتر ( $10\%$  سولفیت سدیم) استفاده شد. افزایش مصرف مواد شیمیایی باعث افزایش این مقاومت می‌شود ولی با استفاده از پیش تیمار افزایش مقدار قلیا تا  $1/48$  باعث افزایش این مقاومت شده و استفاده بیشتر باعث کاهش مقاومت به کشش می‌شود.

### طول پاره شدن کاغذ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میزان طول پاره شدن کاغذ NSSC کاه‌گندم در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد  $99\%$  درصد معنی دار شده است. نتایج گروه بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین عامل پیش تیمار با خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری از لحاظ این مقاومت وجود دارد. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار مقاومت طول پاره شدن (گروه a) مربوط به خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم است و کمترین مقدار مقاومت طول پاره شدن (گروه c) مربوط به خمیر کاغذ شاهدهی است که در پخت آن فقط از سولفیت سدیم استفاده شده است.

نتایج حاصل روند تغییر میزان طول پاره شدن کاغذ در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد که طول پاره شدن خمیر کاغذ پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم بیشتر از خمیر کاغذ است، که می‌توان آن را این گونه تفسیر کرد که پیش تیمار با هیدروکسید سدیم، کاه‌گندم را واکنش داده و نرم می‌کند، و پیش تیمار باعث انحلال بخشی از همی سلولوزها و مقادیر ناچیزی از لیگنین و مواد

شیمیایی پخت و هیدروکسیدسدیم و همچنین پیش تیمار قلیایی کاهش می یابد. به طور کلی با اعمال پیش تیمار ویژگی های نوری و مقاومتی کاغذ افزایش یافت.

در بررسی فرایند APMP کاه گندم با پیش تیمار سود سوزآور ۱ درصد در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه، که توسط سرائیان (۱۳۸۲) انجام شد مقدار درجه روشنی خمیر کاغذهای بدست آمده را به ترتیب ۲۲/۴۳ و ۲۴/۱۵ درصد برای کاه گندم پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم ۱ درصد تعیین نمود که مشابه نتایج بدست آمده می باشد.

مقدار درجه روشنی خمیر کاغذهای سودا و سولفیت قلیایی (با نسبت هیدروکسیدسدیم به سولفیت سدیم شش + شش و چهار + شش) را پاتل و همکاران (۱۹۸۵) به ترتیب ۱۹/۸، ۲۸/۹ و ۳۱/۴ تعیین نمودند که در محدوده نتایج بدست آمده در این بررسی می باشد.

در بررسی فرایند APMP کاه گندم با پیش تیمار هیدروکسیدسدیم ۱ درصد که توسط کامرانی (۱۳۸۶) انجام شد درجه روشنی خمیر شاهد را ۲۸/۱۸ درصد و مقدار درجه روشنی خمیر پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم ۱ درصد را ۲۲/۲۶ درصد گزارش کرد که تقریباً مشابه نتایج بدست آمده در این بررسی می باشد.

شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ APMP کاه گندم در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه را سرائیان (۱۳۸۲) به ترتیب برای کاه گندم پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم ۱ درصد ۳/۲۲۱ و ۳/۱۶۹  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  گزارش نمود، که تقریباً مشابه نتایج بدست آمده می باشد.

شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ APMP کاه گندم را کامرانی (۱۳۸۶) برای خمیر کاه گندم شاهد ۰/۷۵ بدست آورد که کمتر از نتایج بدست آمده در این بررسی می باشد.

در نتایج بدست آمده از خمیر کاغذهای تهیه شده از روش سودا (۱۰ درصد قلیایی) و سولفیت قلیایی (با نسبت شش و شش و همچنین چهار و شش هیدروکسیدسدیم و سولفیت سدیم) در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت، پاتل و همکاران (۱۹۸۵) مقدار فاکتور ترکیدن این خمیر کاغذها را به ترتیب ۱۹، ۱۷ و ۱۷ (حدود ۱/۹، ۱/۷، ۱/۷  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ ) گزارش کرده اند. این مقادیر در مقایسه با خمیر شاهد بیشتر ولی در مقایسه با خمیر کاغذهای پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم کمتر می باشد.

با روش های سودا و سولفیت خنثی در شرایط متفاوت (در دمای ۱۶۵ درجه سانتی گراد، زمان بین ۱۵ تا ۱۸۰ دقیقه و مقدار مواد شیمیایی بین ۶ تا ۱۵ درصد) از کاه گندم پاکستان خمیر کاغذ ساخته شد. علی و همکاران (۱۹۹۱) مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذهای سودا و سولفیت خنثی را به ترتیب ۲/۳- ۱/۵ و ۲-۲/۴  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  گزارش کرده اند که مقادیر آن با نتایج بدست آمده از خمیر کاغذهای پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم و خمیر کاغذهای شاهد همخوانی دارد. مقدار این شاخص برای خمیر کاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ( $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ ) ۲/۱۲ می باشد.

شاخص مقاومت به پاره شدن APMP کاه گندم در زمان های ۱۰ و ۲۰ دقیقه را سرائیان (۱۳۸۲) به ترتیب در کاه گندم های پیش تیمار شده با هیدروکسیدسدیم ۱ درصد (۱۰ درصد بر اساس کاه خشک) ۵/۷۴۴ و ۵/۸۸۸  $\text{mNm}^2/\text{g}$  تعیین کرد که بیشتر از نتایج بدست آمده می باشد. شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ APMP کاه گندم را کامرانی (۱۳۸۶) برای خمیر شاهد ۲/۶۲

میسرا (۱۹۸۰) طول پاره شدن خمیر کاغذ سودای کاه گندم رنگبری نشده را ۷۶۰۰ متر اندازه گیری کرده است که در مقایسه با خمیر کاغذ این بررسی بیشتر است. در نتایج بدست آمده از خمیر کاغذهای تهیه شده از روش سودا (۱۰ درصد قلیایی) و سولفیت قلیایی (با نسبت شش و شش و شش همچنین چهار و شش هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم) در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت، پاتل و همکاران (۱۹۸۵) طول پاره شدن این خمیر کاغذها را به ترتیب ۴/۸، ۵ و ۵/۶ km گزارش کرده اند که مقدار سولفیت قلیایی با نسبت شش و شش مشابه مقادیر بدست آمده در خمیر پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم می باشد.

مقادیر طول پاره شدن خمیر کاغذهای سودا و سولفیت خنثی از کاه گندم پاکستان را Ali و همکاران (۱۹۹۱) به ترتیب ۳/۳-۵ و ۴ تا ۵/۱۵ گزارش کردند که مشابه نتایج بدست آمده از خمیر کاغذهای پیش تیمار شده می باشد (۳/۰۱ تا ۴/۷).

مقدار مقاومت طول پاره شدن برای خمیر کاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران ۳/۵km می باشد که کمتر از مقادیر حاصل از پیش تیمار با هیدروکسید سدیم می باشد.

#### منابع مورد استفاده

- حسینی، ا.، 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.
- رول، ر.، یانگ، ر.، رول، ۱۳۸۱. کاغذ و مواد چندسازه از منابع زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران. ۵۷۳ صفحه.
- سرائیان، الف.، ۱۳۸۲. بررسی امکان تولید خمیر کاغذ پربازده سفید با روش مکانیکی پر اکسید قلیایی (APMP) از کاه گندم خراسان. رساله دکتری. دانشگاه تهران. ۲۴۴ صفحه.

mNm<sup>2</sup>/g و برای خمیر حاصل از کاه گندم پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم یک درصد ۵/۶۵ mNm<sup>2</sup>/g تعیین کرد که معادل نتیجه حاصل از کاه گندم پیش تیمار شده با هیدروکسید سدیم یک درصد در این بررسی می باشد.

در نتایج بدست آمده از خمیر کاغذهای تهیه شده از روش سودا (۱۰ درصد قلیایی) و سولفیت قلیایی (با نسبت شش و شش و شش همچنین چهار و شش هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم) در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت، پاتل و همکاران (۱۹۸۵) مقدار فاکتور پاره شدن خمیر کاغذها را به ترتیب ۲۶/۱، ۲۹/۲۷ و ۲۷/۶ (حدود ۲/۶۱، ۲/۹۲ و ۲/۷۶ mNm<sup>2</sup>/g) گزارش کرده اند که در مقایسه با نتایج این بررسی به مراتب کمتر بوده است.

با روش های سودا و سولفیت خنثی در شرایط متفاوت (در دمای ۱۶۵ درجه سانتی گراد، زمان بین ۱۵ تا ۱۸۰ دقیقه و مقدار مواد شیمیایی بین ۶ تا ۱۵ درصد) علی و همکاران (۱۹۹۱) از کاه گندم پاکستان خمیر کاغذ ساختند و مقادیر اندیس مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهای سودا و سولفیت خنثی را به ترتیب ۳/۵ تا ۴/۴ و ۳/۷ تا ۴/۴ تعیین کرده اند که تقریباً مشابه با مقادیر بدست آمده در این بررسی می باشد.

مقدار این شاخص برای خمیر کاغذ NSSC مورد استفاده در کارخانه چوب و کاغذ مازندران (۵ mNm<sup>2</sup>/g) می باشد که در مقایسه با نتایج بدست آمده در این بررسی بیشتر است.

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

- میرشکرایی، ا.، ۱۳۷۴. تکنولوژی خمیر کاغذ (ترجمه). اسموک، گری، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ۲۷۱ صفحه.
- Ali, S.H., Mughis, A. and Shabbir, A.U., 1991. Neutral Sulfite Pulping of Wheat straw in Non-Wood Plant Fiber Pulping, TAPPI Press, No. 20.Pp:89-96.
- Aravamathan, R.G. and Yayin, I., 1992. Optimization of caustic-carbonate pulping of wheat straw for corrugating medium. Tappi Press.
- Atchison, j.E., 1982. Utilisation of unconventional raw material. TAIPP seminar lucknow, Pp: 61, India. held up at.
- Hurter, P., 2002. Physical Properties Of Corrugating Medium Content Papers Produce With Non-wood Pulp, Hurter Consult Incorporated
- Lathrop, E.C. and Aranovsky, S, I., 1949. Tappi, 32(4), 145.
- Patel, R.J., Angadujavar, C.S. and Rao, Y.S., 1985. Non-Wood Fiber Plants for Papermaking, Non-Wood Plant Fiber Pulping, Prog. Rept, No.15, TAPPI Press, Atlantha, 77.Pp:142-153
- Raja, A. and Irmak, Y., 1993. Optimizing alkalin pulping of wheat straw to produce corrugating medium. Tappi Journal. Vol. 76, No. 1, p: 145-151
- سرخوش رحمانی، ف.، ۱۳۸۷. بررسی خمیر سازی کاه گندم به روش سودا آنتراکینون به منظور تولید کاغذ کنگره ای. فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره (۸۱)، صفحه ۱۶۴.
- کاشانی، پ.، ۱۳۷۶. بررسی مقاومت های 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.، ۱۳۸۶. بررسی ویژگی های CMP و APMP کاه گندم رقم تجن، مجموعه سمینارهای هفته پژوهش دانشکده جنگل و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحات ۱۲۳-۱۳۳.
- مرادیان، م.، ۱۳۸۱. بررسی تولید خمیر کاغذ CMP از کاه گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. ۶۹ صفحه

## Effect of alkaline pre-treatment on physical, optical and mechanical properties of semi-chemical NSSC wheat straw pulp

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

- 1\*- Corresponding author, M.Sc., Wood & Paper Industrial Engineering, Department of Pulp and Paper Science and Technology, Gorgan University of Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: soodeh.zhand@yahoo.com  
2- Student of M.Sc., of Wood & Paper Industrial Engineering, University of Zabol, Iran.  
3- Associate Professor, Wood & Paper Industrial Engineering, Department of Pulp and Paper Science and Technology, Gorgan University of Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received: Sep., 2012

Accepted: March, 2013

### Abstract

In this study the effect of alkaline pretreatment with 1% NaOH on physical, optical and mechanical properties and refining of NSSC (Neutral Sulfite Semi Chemical) wheat straw pulp were investigated. The wheat straw (*Zagros Sp.*) was obtained from croplands Golestan province. Splinted wheat straw was pretreated with 1% NaOH (on the basis of OD weight) at 70 degrees for 30 minutes. The main pulping was performed at 160 °C with the fixed ratio of 5:1 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and NaOH. After pulping defibration was done by lab-refiner to 380±25ml (CSF) and total yield and changes in Kappa was determined. Hand sheets of 60 gr. /m<sup>2</sup> were made on the basis of TAPPI standard and physical, optical and mechanical properties determined. The results show that alkaline pre-treatment has a significant effect in increasing of physical, optical and mechanical properties. Calculating primary freeness of pulps indicates that by increasing chemical compounds and NaOH, freeness decreases and that by increasing chemical compounds paper density increases, whereas yield, caliper and bulk decrease.

**Key words:** Wheat straw, neutral sulfite semi chemical pulp, freeness.