

بررسی تولید خمیر کاغذ CMP از کاه گندم^۱

محمد هادی مرادیان^۲ احمد جهان لیبیاری^۳ حسین رسالتی^۴ عباس فخریان^۵

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی شرایط پخت و ویژگی‌های کاغذ ساخته شده به روش CMP از کاه گندم انجام شد. در این مطالعه ابتدا ویژگی‌های بیومتریکی الیاف و ترکیبات شیمیایی ساقه کاه گندم تعیین شد، سپس پخت‌ها با استفاده از دو ترکیب ماده شیمیایی سود سوزآور خالص و مخلوط سولفیت سدیم و کربنات سدیم به نسبت یک به یک دوم در سه سطح ۶، ۸ و ۱۰ درصد و زمان در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه، مجموعاً ۱۸ تیمار مختلف در سه تکرار انجام گرفت. تیمار در شرایط دمای حمام آبی (۹۵-۹۸°C) و فشار یک اتمسفر و نسبت مایع پخت به کاه ۱۰ به ۱ انتخاب شد. به‌طور کلی پخت‌های با سولفیت دارای بازده، وازده الک و مصرف انرژی پالایش زیادتر از سودسوزآور بوده‌اند، زیرا سود سوزآور فعال‌تر از سولفیت سدیم بوده و در طی پخت لیگنین و پلی ساکاریدهای بیشتری را حل می‌کند. به همین دلیل بازده تولید خمیر کاغذ حاصل از آن کمتر است و الیاف کاه گندم بهتر تفکیک شده و در نتیجه وازده الک کمتری هم به‌دست آمده است. براساس ویژگی‌های خمیر کاغذهای حاصله و شرایط پخت آنها، ۶ تیمار متشکل از پخت‌های ۳۰ دقیقه‌ای برای ساخت کاغذ و مقایسه ویژگی‌های مقاومتی آنها انتخاب گردید و سپس خمیر کاغذها تا درجه روانی ۲۵ ± ۳۵۰ میلی‌لیتر (C.S.F.) پالایش شدند. مقاومت‌های کاغذهای حاصل از پخت با سودسوزآور به‌طور قابل توجهی بیشتر از سولفیت بود. همچنین مقدار مصرف ماده شیمیایی اثر مستقیمی بر مقاومت‌ها (به استثنای مقاومت به ترکیدن) گذاشت.

واژه‌های کلیدی: کاه گندم، پخت CMP، خمیر کاغذ، بازده، درجه روانی، سود سوزآور، سولفیت سدیم، کربنات سدیم.

۱- تاریخ دریافت: ۸۱/۶/۱۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۲/۲/۲۲

۲- دانشجوی دکترای دانشگاه تهران (moradian_h@yahoo.com)

۳- عضو هیات علمی دانشگاه تهران

۴- عضو هیات علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵- عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

مقدمه

افزایش چشمگیر جمعیت در کشورهای در حال توسعه و فقیر از نظر منابع چوبی و تقاضای گسترده برای انواع محصولات تولید شده از منابع سلولزی لاجرم آینده روشنی را در استفاده از منابع غیر چوبی و الیاف کشاورزی به تصویر می‌کشد. در شرایطی که در کشورهای غنی از الیاف چوبی فقط درصد ناچیزی از خمیر کاغذ و کاغذ از منابع غیر چوبی تولید می‌شود، طبق برآوردهای انجام شده در سطح بین‌المللی بالغ بر ۲۱ میلیون تن یا ۱۰/۶ درصد از کل خمیر کاغذ بکر از منابع غیر چوبی تولید شده است (۲). بین منابع الیاف سلولزی غیر چوبی، کاه و کلش جایگاه خاصی دارد. به طوری که بالغ بر ۴۶ درصد کل خمیر کاغذ و کاغذ از منابع غیر چوبی با استفاده از کاه و کلش تولید شده و سهم بامبو و باگاس به ترتیب ۱۴ و ۶ درصد و ۳۴ درصد باقیمانده از سایر منابع الیاف غیر چوبی تولید می‌شود (۱۱). مقدار متوسط تولید سالانه کاه گندم و کلش برنج در کشور ایران به ترتیب ۱۵۸۲۰ و ۱۴۹۷۰ هزار تن می‌باشد (۷). در کشور ایران بخش اصلی کاه و کلش به‌عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این رابطه نکات زیر بایستی مورد توجه قرار گیرد: بعضی از انواع کاه نظیر کاه و کلش برنج از ارزش غذایی کمی به‌عنوان خوراک دام برخوردار است، به‌علاوه تمرکز کاه گندم و جو در مناطقی از کشور بیش از نیاز خوراک دام بوده و عملاً بلا استفاده می‌ماند به طوری که شاهد پوسیده شدن و از بین رفتن آن هستیم.

فرایندهای سودا، کرافت و سودای تغییر یافته برای ساخت خمیر کاغذ از انواع کاه مناسب هستند. متداولترین فرایند مورد استفاده در ساخت خمیر کاغذ از کاه فرایند سودا است. استفاده از فرایند سودا مزایای زیادی دارد از جمله بازیابی مواد شیمیایی پخت و حرارت، همچنین این فرایند متداول و توسعه یافته برای تمام درجات کاغذ است. البته لازم به ذکر است که همراه با این مزایا، ضرورت توسعه و استقرار سیستم تخلیه پساب به‌وجود آمده، در واحدهایی که خمیر کاغذ بدون استفاده از سیستم بازیابی مواد

شیمیایی بخار تولید می‌کند، به‌عنوان یک ایراد عمده به فرایند سودا می‌باشد (۱۱).

فرایندهای مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی با داشتن بازده زیاده‌تر، مصرف مواد شیمیایی کمتر و در نتیجه کاهش آلودگی، امکان کاهش آلودگی‌های زیست محیطی را به‌طور مؤثر به‌وجود می‌آورد. تحقیقات برای انتخاب فرایندهای مناسب و همچنین طراحی و توسعه سیستم‌های جدید با بهره‌وری زیاد، موجب افزایش کیفیت خمیر کاغذ و کاغذ تولیدی شده تا حد استانداردهای جهانی می‌شود.

با توجه به محدودیت زمانی فصل جمع‌آوری کاه و پراکنده بودن مناطق تولید این ماده در کشور و به تبع آن عدم ساخت کارخانه‌هایی با ظرفیت تولید زیاد خمیر کاغذ و مقوا، و نیز افزایش محدودیت‌های زیست محیطی، نحوه کار واحدهای تازه‌ساز خمیر کاغذ و کاغذ باید بر کارایی، سود بیشتر و آلودگی کمتر محیط زیست مبتنی باشد (۴ و ۱). ساخت خمیر کاغذ از کاه با استفاده از فرایندهای مکانیکی محدود بوده است، اما تعدادی فرایند شیمیایی- مکانیکی جهت ساخت خمیر کاغذ از کاه به‌وسیله استفاده از هیدروپالپر توسعه یافته است. در این فرایند بدون استفاده از مواد شیمیایی و صرفاً با بهره‌گیری از حرارت ۱۰۰ درجه سیلیسیوس در یک دستگاه هیدروپالپر متداول خمیر کاغذ زبر ولی با بازده زیاد می‌توان تولید کرد (۱۱).

Jeyasingam (1988) با آنالیز روش‌های مختلف خمیرسازی از کاه گندم اعلام می‌کند که *Lathrop* و Aronovsky (۱۹۴۹) برای تهیه و بهبود کیفیت خمیر کاغذ قابل استفاده برای ساخت مقوا و احتمالاً کاغذ، سود سوز آور یا مخلوطی از سود سوز آور (به مقدار ۵ تا ۶ درصد وزن کاه خشک) و سولفیت به کاه موجود در هیدروپالپر اضافه کرده و تیمار در درجه حرارت ۹۵ تا ۱۰۰ درجه سیلیسیوس انجام گرفت و به این ترتیب خمیر کاغذ مناسبی بعد از حدود یک ساعت تولید کردند.

کاشانی (۱۳۷۶) در راستای توسعه فرایند مناسب برای ساخت خمیر کاغذ از کاه گندم و کلش برنج در مقیاس کوچک در ایران، تحقیقی را انجام داده است. وی با استفاده از فرایند سودای سرد، از سه زمان تیمار شیمیایی شامل

این نوع خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی در مقایسه با خمیر کاغذ سودا هم بازده زیادتری دارد و هم با مصرف سودسوزآور کم، کاغذ مقاومتری را جهت لایه موج میانی ایجاد می‌کند.

توسعه فرایندهای مختلف به وسیله ابزار مدرن، خمیر کاغذهای مکانیکی را برای استفاده‌های متنوعی که قبلاً فقط خمیر کاغذهای شیمیایی مورد استفاده بودند، مناسب کرده است. مهم‌ترین مثال کاغذ روزنامه است. همچنین کاغذهای SC^۳ برای مجلات، کاغذهای LWC^۴، بهداشتی^۵، قابل حلاجی^۶ و مقوا نیز محصولاتی هستند که سختی زیاد و دانسیته کم دارند و با استفاده از فرایندهای بازده زیاد تولید می‌شوند. با وجود اینکه امروزه تکنولوژی خمیر کاغذهای مکانیکی با سرعت زیادی در حال گسترش است، هنوز راههای زیادی وجود دارد که تولید خمیر کاغذهای مکانیکی را بهبود بخشد. برای مثال بی‌ثباتی روشنی^۷، استفاده از خمیر کاغذهای مکانیکی در بعضی از مصارف که کاغذهای با کیفیت بالا نیاز دارند را محدود کرده است و به همین دلیل تحقیقات زیادی در این باره صورت گرفته است. مصرف انرژی زیاد و ملاحظات زیست محیطی از دیگر مواردی هستند که تحقیقات زیادی را برای این نوع خمیر کاغذها به همراه داشته‌اند (۹).

کارخانجات تولید خمیر کاغذ با استفاده از فرآیند شیمیایی- مکانیکی CMP با داشتن بازده زیاد و مصرف مواد شیمیایی کم آلودگی کمی دارند. هدف از این تحقیق تولید و بررسی خمیر کاغذ با استفاده از فرآیند CMP می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: دو عدل کاه گندم^۸ (حدود ۳۰ کیلوگرم از یک گونه واحد که نوع آن شناسایی نشد) از فیروزآباد

۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه در سه مقدار سود سوزآور ۶، ۸ و ۱۰ درصد بر مبنای وزن خشک کاه در دما و فشار معمولی و نسبت مایع پخت به کاه ۱۰ به ۱ استفاده کرده است. بازده بعد از الک خمیر کاغذ سودای سرد از کاه گندم بین ۷۱/۵ تا ۷۵/۳ درصد وزن خشک کاه تعیین شده است. مقدار مصرف مواد شیمیایی بین ۳/۷۶ تا ۸/۷۱ درصد متغیر بوده است. مناسب‌ترین خمیر کاغذ سودای سرد از کاه گندم با شرایط ۱۰ و ۸ و ۶ درصد سود سوزآور و زمان ۲۰ دقیقه تیمار شیمیایی تولید شده است.

روش پخت سولفیت خنثی با آمونیوم^۱ در تعدادی از کارخانه‌های کوچک تولید خمیر کاغذ در چین صورت می‌گیرد. استقرار این کارخانه‌ها بر مبنای استفاده از مایع پخت مصرف شده به عنوان کود در فعالیتهای کشاورزی است. با استفاده از این فرآیند خمیر کاغذ روزنامه به دست می‌آید (۱۱).

فرآیند نیمه شیمیایی ناکو^۲ فرآیند جدید و پیوسته برای ساخت خمیر کاغذ بازده زیاد از کاه است. این فرآیند شامل سه مرحله پیش تیمار در یک هیدروپالپر با استفاده از ۱/۵-۲ درصد سودسوزآور، لیگنین زدایی در یک دایجستر تحت تاثیر اکسیژن در حضور قلیا و نهایتاً رنگبری است (۱۱).

مهدوی (۱۳۷۳) در ایران با استفاده از روش حلال آلی اقدام به تهیه کاغذ ۶۰ و ۱۲۰ گرمی از کاه گندم کرد و با کاغذهای ساخته شده به روش سودا و کرافت مقایسه کرد. Raja و Irmak (۱۹۹۳) با استفاده از کربنات کاستیک (NaOH و Na₂CO₃) اقدام به تهیه کاغذ کنگره‌ای از کاه گندم نمودند. نتایج کار آنها نشان می‌دهد که پخت‌های حاوی NaOH بیشتر، راحت‌تر پالایش شده و انرژی کمتری را مصرف می‌کند. بنابراین مقدار مصرف سود سوزآور وابسته به قدرت پالایشگر است. همچنین با کم شدن سود سوزآور زمان پخت زیادتر می‌شود و موجب می‌شود تا کربوهیدرات حل نشده بیشتر شود. به طور کلی

^۱ - NASP (Neutral Ammonium Sulfite Process)

^۲ - NACO (Neutral Alkaline Carbonate Oxygen)

^۲ - Super Calendered

^۴ - Light weight Coated

^۵ - Tissue

^۶ - Fluff

^۷ - Brightness

^۸ - Triticum sp

مقدار مصرف سود سوزآور در کاه از روش تیتراسیون مایع پخت مصرف شده در فرآیند قلیایی استفاده شد.

بر اساس مقدار بازده، وزده الک، مقدار مصرف ماده شیمیایی و شرایط پخت، خمیر کاغذهای با زمان ۳۰ دقیقه برای ساخت کاغذ انتخاب شد. سپس درجه روانی خمیر کاغذها مطابق آیین نامه شماره ۳۶۵-M استاندارد SCAN تعیین شد. پالایش ثانویه خمیر کاغذ نیز مطابق آیین نامه شماره ۸۵-cm ۲۴۸ T استاندارد TAPPI توسط دستگاه پالایشگر^۱ PFI تا درجه روانی 350 ± 25 ml. CSF انجام گرفت و پس از آن ساختن کاغذ دست ساز مطابق آیین نامه شماره ۸۸-om ۲۰۵ TAPPI استاندارد انجام شد. اندازه گیری خواص مقاومتی کاغذهای یادشده بر اساس استاندارد TAPPI آئین نامه های مربوطه به شرح زیر صورت پذیرفت.

- مقاومت در برابر پاره شدن^۲ T ۴۱۴ om -۸۸
- طول پاره شدن^۳ T ۴۹۴ om -۸۸
- مقاومت در برابر ترکیدن^۴ T ۴۰۳ om -۹۱
- مقاومت در برابر تا شدن^۵ T ۲۲۰ om -۸۸

طرح آماری: به طور کلی ۱۸ تیمار مختلف در سه تکرار صورت گرفت و ۶ تیمار برای تهیه کاغذ انتخاب شد و مقاومت های آنها در ۵ تکرار اندازه گیری شد. به منظور مقایسه میانگین های بازده خمیر کاغذ، وزده الک و مصرف سود سوزآور و نیز مقاومت های کاغذهای حاصله، از آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی استفاده شد.

نتایج

ابعاد الیاف: ویژگی های بیومتریکی الیاف و ضرایب کاغذسازی کاه گندم در جداول (۱ و ۲) خلاصه شده است.

فارس تهیه شد و پس از جدا کردن برگ، خاشاک و ساقه های خیلی ریز کاه، ساقه ها برای انجام پخت به قطعاتی به طول ۳ تا ۵ سانتی متر بریده شد. برای اندازه گیری ابعاد الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شد (۳). همچنین ترکیبات شیمیایی بر اساس استاندارد TAPPI و آیین نامه های مربوطه به شرح ذیل انجام شد.

- مواد استخراجی T_{۲۰۴om-۸۸}
- لیگنین T_{۲۲۲om-۸۸}
- سلولز T_{۲۶۴om-۸۸}
- خاکستر T_{۲۱۱om-۸۵}

تهیه خمیر و کاغذ: در این تحقیق از دو ترکیب ماده شیمیایی برای پخت استفاده شد. در یک ترکیب سود سوزآور با غلظت های ۶، ۸ و ۱۰ درصد بر اساس وزن خشک کاه در آب مقطر حل شد و در ترکیب دیگر سولفیت سدیم با غلظت های مشابه به همراه کربنات سدیم (به مقدار ۵۰٪ سولفیت سدیم) در آب مقطر حل شد. برای انجام پخت ۵۰ گرم کاه گندم را (بر اساس وزن خشک) در بشر یک لیتری قرار داده و پس از گذاشتن ورقه آلومینیوم روی آن داخل حمام آب گرم قرار دادیم. شرایط تیمار شیمیایی به شرح زیر است:

$$(L/W) = 10$$

درجه حرارت: ۹۵ تا ۹۸ درجه سانتی گراد (شرایط حمام آب گرم)،
فشار: ۱ اتمسفر،
زمان: ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه.

پس از انجام پخت، خمیر کاغذ شسته شده بر روی الک با مش ۱۴ برای تعیین بازده استفاده شد. به منظور جداسازی الیاف و تبدیل خرده های کاه نرم شده به الیاف جدا از هم، تیمار مکانیکی توسط یک پالایشگر دیسکی آزمایشگاهی صورت گرفت. سپس برای جدا کردن خمیر کاغذ قابل قبول از الک با مش ۱۴۰ در زیر و الک با مش ۱۴ در بالا، استفاده گردید. خمیر کاغذ باقیمانده بر روی الک با مش ۱۴ وزده الک را تشکیل داد. برای اندازه گیری

^۱ - Laboratory beating of pulp (PFI mill method)

^۲ - Tear Strength

^۳ - Breaking Length

^۴ - Burst Strength

^۵ - Folding strength

جدول ۱- ویژگی‌های بیومتریکی الیاف کاه گندم

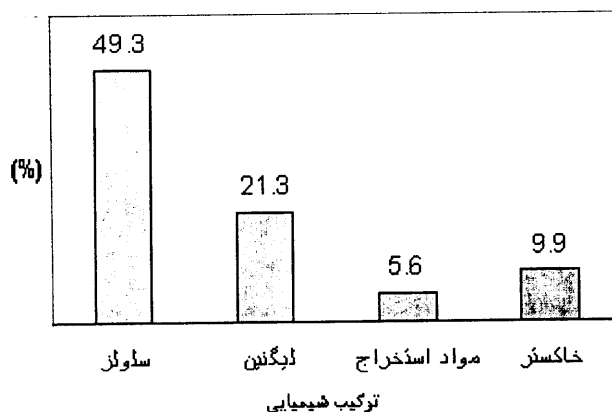
انحراف معیار	میانگین (میکرون)	ابعاد الیاف
۳۶۰/۷۳	۱۱۷۰	طول فیبر (l)
۴/۵۳	۱۵/۸۹	قطر فیبر (d)
۴/۶۸	۱۰/۲۴	قطر حفره سلول (c)
۱/۲۴	۲/۸۲	ضخامت دیواره سلول (p)

جدول ۲- ضرایب کاغذ سازی محاسبه شده برای کاه گندم

۷۳/۶۳	ضریب در هم رفتگی (l/d)
۰/۶۴	ضریب نرمش (c/d)
۰/۵۵	مقاومت به پارگی (۲ p/c)

لیگنین کاه از چوب کمتر ولی مقدار پنتوزان آن از چوب بیشتر است. شکل (۱) نمودار ترکیبات شیمیایی کاه گندم اندازه گیری شده را نشان می‌دهد که مقدار همی سلولزها اندازه گیری نشده است.

ترکیب شیمیایی: کیفیت خمیر کاغذ تحت تأثیر ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های مرفولوژیک الیاف قرار دارد. کاه در مقایسه با چوب دارای سلولز کمتری است ولی مقدار کل کربوهیدرات‌های کاه با چوب برابر است. همچنین مقدار



شکل ۱- ترکیب شیمیایی کاه گندم

اطمینان ۹۹ درصد بر بازده معنی دار بوده است. بنابراین شدیدتر شدن شرایط تیمار شیمیایی اثر معنی داری بر کاهش بازده داشته است. میانگین بازده سودسوزآور (۷۷/۱) اختلاف زیادی با سولفیت (۸۷/۲) دارد که دلیل آن تخریب و انحلال بیشتر لیگنین و همی سلولزها در اثر شدیدتر شدن شرایط تیمار شیمیایی با سودسوزآور است.

زمان تأثیر معنی داری بر بازده خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های سولفیت نداشته اما بر پخت‌های سود سوزآور

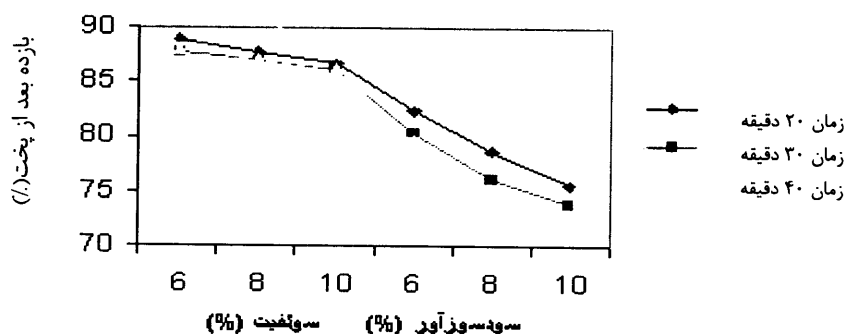
خمیر کاغذ

در این تحقیق تأثیر متغیرهای پخت بر بازده، درصد وازده الک و مقدار مصرف سود سوزآور بررسی شده است.

الف- بازده: در این بررسی با استفاده از آزمون فاکتوریل اثر عوامل پخت شامل نوع ماده شیمیایی در دو سطح، مقدار ماده شیمیایی در سه سطح و زمان تیمار شیمیایی در سه سطح بر بازده خمیر کاغذ تجزیه و تحلیل شد. تأثیر عامل نوع ماده پخت و مقدار ماده شیمیایی در سطح

انواع و مقادیر مختلف ماده شیمیایی در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد.

مؤثر بوده است به طوری که با زیاد شدن زمان بازده کاهش پیدا کرده است. شکل ۲ میانگین‌های بازده خمیر کاغذ را با

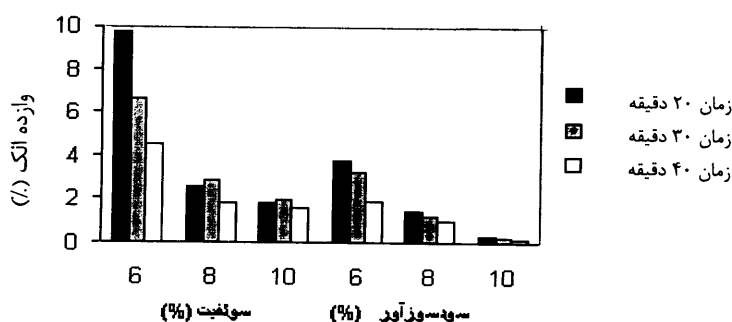


شکل ۲- میانگین بازده خمیر کاغذ برای انواع و مقادیر مختلف ماده شیمیایی در زمان‌های متفاوت

پخت و زمان‌های کوتاه پخت تاثیر قابل توجهی بر افزایش بازده الک دارد به طوری که بازده خمیر کاغذ را بخصوص برای پخت‌های سولفیت به شدت کاهش داده است. نتایج تجزیه واریانس بازده الک با استفاده از آزمون F نشان داد که نوع ماده پخت، درصد مواد شیمیایی و زمان پخت در سطح احتمال ۹۹ درصد اثر معنی داری بر بازده الک داشته است.

با توجه به شکل ۲ بیشترین بازده (۸۸/۸ درصد) مربوط به تیمار ۶ درصد سولفیت و زمان ۲۰ دقیقه است، که با شدیدتر شدن شرایط تیمار شیمیایی یک سیر نزولی در بازده مشاهده می‌شود به طوری که کمترین بازده (۷۲/۲ درصد) مربوط به تیمار ۱۰ درصد سوزآور و زمان ۴۰ دقیقه است.

ب- بازده الک: با توجه به شکل ۳ تغییرات بازده الک زیاد می‌باشد (از ۹/۷ تا ۰/۱۴ درصد). درصدهای کم ماده



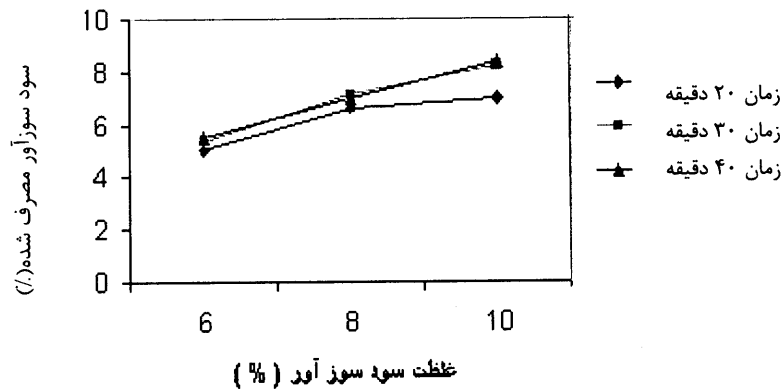
شکل ۳ - میانگین‌های بازده الک در تیمار با انواع و مقادیر مختلف ماده شیمیایی در زمان‌های مختلف تیمار شیمیایی

مقدار مصرف سوزآور با استفاده از آزمون F مورد مقایسه قرار گرفت. تاثیر مقدار ماده شیمیایی، زمان تیمار شیمیایی و اثر متقابل آنها در سطح اطمینان ۹۹ درصد

ج- مصرف سوزآور: به منظور مشخص نمودن تاثیر دو عامل مقدار ماده شیمیایی و زمان تیمار شیمیایی بر مقدار مصرف سوزآور در گاه گندم، میانگین‌های

پخت افزایش پیدا می‌کند و با توجه به اینکه در سطوح زمانی بالاتر نفوذ پذیری بیشتری خواهیم داشت این نتایج قابل انتظار می‌باشد.

معنی دار شده است. با توجه به شکل (۴) بیشترین مقدار مصرف سودسوزآور در تیمار ۱۰ درصد ماده شیمیایی و زمان ۴۰ دقیقه و کمترین آن در تیمار ۶ درصد ماده شیمیایی و زمان ۲۰ دقیقه به دست آمده است. از آنجائیکه با افزایش مقدار ماده شیمیایی غلظت سود سوزآور در مایع



شکل ۴- میانگین مصرف سود سوزآور در تیمار با درصدهای مختلف ماده شیمیایی و زمان‌های مختلف تیمار شیمیایی

ساخته شود. بنابراین پالایش باید به نحوی انجام گیرد که کمترین آثار منفی را بر روی الیاف و کاغذ تولید شده ایجاد کند. به‌طور کلی در اثر پالایش (تیمار مکانیکی) درجه روانی کاهش یافته و به کاهش مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ می‌انجامد زیرا این ویژگی به طول الیاف بستگی دارد ولی ویژگی‌های مقاومتی دیگر از قبیل فاکتور مقاومت در برابر ترکیدن، طول پاره شدن و مقاومت در برابر تا شدن به سبب بهبود اتصالات بین الیاف افزایش می‌یابد. پالایش بر روی دانسیته و حجم کاغذ ساخته شده نیز تأثیر زیادی دارد. ویژگی‌های خمیر کاغذهای دست ساز تهیه شده در جدول (۳) درج شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود درجه روانی اولیه خمیر کاغذهای سولفیت بیشتر از سودسوزآور است (برحسب C.S.F) که می‌توان نتیجه گرفت قابلیت عملیات بیشتری در ارتباط با پالایش خمیر کاغذ سولفیت نسبت به سودسوزآور وجود دارد. همچنین پالایش پذیری خمیر کاغذ سود سوزآور در مقایسه با سولفیت بیشتر است به‌طوری‌که در یک حد مشخص پالایش، خمیر کاغذ سود سوزآور درجه روانی پایین‌تری دارد که نشان دهنده مصرف

کاغذ دست ساز: کاغذ دست ساز از خمیر کاغذهای انتخاب شده با توجه به نمودارهای بازده، وازده الک و مقدار مصرف سود سوزآور تهیه شد.

با توجه به اینکه برای ساخت کاغذ به درجه روانی مشخصی نیاز است، اندازه گیری درجه روانی اولیه خمیر کاغذ پس از جدا سازی الیاف به‌وسیله پالایشگر دیسکی، ضروری است. هدف از پالایش خمیر کاغذ یا به عبارت دیگر تیمار مکانیکی الیاف همراه با آب، به‌وجود آوردن ویژگی‌های فیزیکی مناسب برای ساخت کاغذ است. در اثر پالایش، دیواره اولیه الیاف جدا شده و دیواره ثانویه در معرض آب قرار می‌گیرد در نتیجه آب زیادتری به‌داخل ساختمانی ملکولی نفوذ نموده و انعطاف پذیری الیاف افزایش می‌یابد. پالایش خمیر کاغذ با تأثیر بر روی الیاف، سبب آثار مطلوب و در مواردی آثار منفی بر ویژگی‌های کاغذ می‌شود. هر چه میزان پالایش خمیر کاغذ افزایش یابد مقدار ذرات ریز و یا نرمه‌ها در خمیر کاغذ افزایش یافته و درجه آبدهی خمیر کاغذ کاهش می‌یابد. پالایش باعث می‌گردد کاغذی محکم، متراکم و با ساختار یکنواخت

سبب نفوذ و واکنشیدگی بیشتر در کاه گندم می شود و در نتیجه پالایش آسان تر خواهد بود. کلیه خمیر کاغذها تا درجه روانی ml. ۲۵ ± ۳۵۰ CSF پالایش شدند.

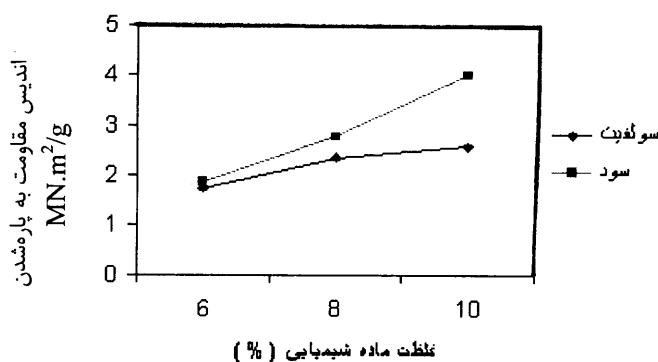
انرژی کمتر برای رسیدن به یک حد مشخص درجه روانی بوده و از نظر اقتصادی برای صنایع کاغذ سازی مطلوب می باشد. علت عمده این اختلاف را می توان فعالتر بودن ماده شیمیایی سودسوزآور نسبت به سولفیت دانست که

جدول ۳- ویژگی های خمیر کاغذ و ویژگی های فیزیکی کاغذ دست ساز تهیه شده از انواع خمیر کاغذ

نوع خمیر کاغذ	درجه روانی اولیه (ml , C.S.F.)	تعداد دور پالایشگر	بازده بعد از پخت (%)	بازده بعد از الک (%)	وزن پایه g/m ²	ضخامت کاغذ (μ)	دانسیته g/m ³
سولفیت ۶٪	۷۲۱/۵	۳۸۰۰۰	۸۹/۱	۷۱/۸	۵۹/۶۵	۱۷۳/۳۳	۰/۳۴
سولفیت ۸٪	۷۲۱/۵	۳۷۵۰۰	۸۷/۲	۷۳/۶	۶۱/۳۱	۱۷۸/۳۳	۰/۳۴
سولفیت ۱۰٪	۷۰۴/۳	۱۷۰۰۰	۸۶/۳	۷۴/۱	۶۰/۰۸	۱۶۶/۶۷	۰/۳۶
سودسوزآور ۶٪	۶۷۸/۹	۶۷۵۰	۸۰/۸	۶۶/۴	۶۱/۳۷	۱۳۰/۰۰	۰/۴۷
سودسوزآور ۸٪	۶۴۵/۸	۵۰۰۰	۷۶/۷	۶۳/۷	۶۰/۲۵	۱۲۳/۳۳	۰/۴۹
سودسوزآور ۱۰٪	۶۳۷/۷	۴۰۰۰	۷۳/۹	۶۳/۵	۵۹/۷۶	۱۱۶/۶۷	۰/۵۲

به دلیل افزایش لیگنین زدایی در اثر شدیدتر شدن شرایط تیمار شیمیایی در خمیر کاغذ سودسوزآور می باشد. زیرا با افزایش مقدار لیگنین باقی مانده در خمیر، مقاومت های کاغذ حاصله کم می شود. همچنین با افزایش مقدار ماده شیمیایی در اثر واکنشیدگی بیشتر همی سلولز و پالایش بهتر خمیر کاغذ، مقاومت ها افزایش می یابد.

اندیس مقاومت در برابر پاره شدن : نتایج آزمون F نشان داد که نوع ماده شیمیایی و مقدار آن و اثر متقابل این دو عامل بر مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها اثر معنی داری دارد. همان طوری که در شکل (۵) ملاحظه می گردد مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای تهیه شده با استفاده از ماده پخت سود سوزآور بیشتر از سولفیت است. این موضوع

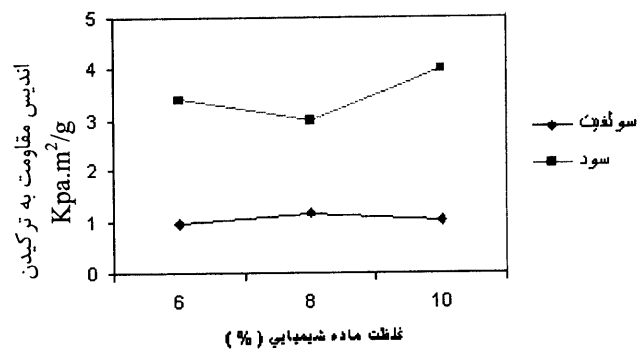


شکل ۵- اندیس مقاومت در برابر پاره شدن

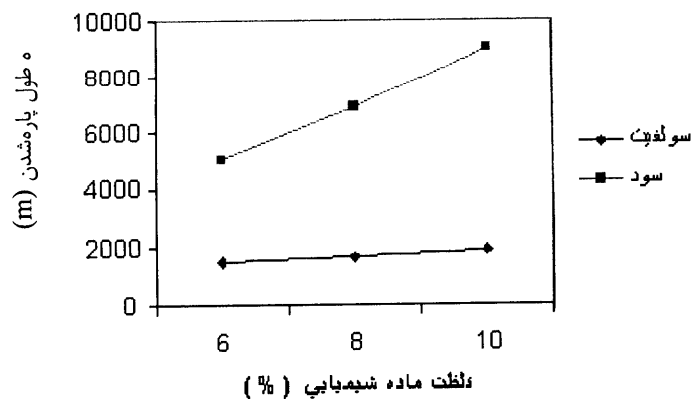
و همچنین اثر متقابل این دو در سطح احتمال ۹۹ درصد دارای اختلافات معنی‌دار است. با توجه به شکل (۷) میانگین‌های طول پاره شدن کاغذها برای پخت‌های سودسوزآور و همچنین درصدهای بالاتر مواد شیمیایی بیشتر است. با افزایش مقدار ماده شیمیایی یا قوی‌تر شدن آن، به دلیل لیگنین زدایی بیشتر خمیر کاغذ، واکنشیدگی بیشتر همی سلولزها و پالایش بهتر خمیر کاغذ، مقاومت کاغذها افزایش می‌یابد. همچنین با تفکیک بهتر الیاف در مقادیر بیشتر ماده شیمیایی، اتصالات بین الیافی بهبود یافته و سبب افزایش طول پاره شدن کاغذ می‌شود.

اندیس مقاومت در برابر ترکیدن: نتایج آزمون F نشان داد که تنها نوع ماده شیمیایی بر اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها اثر معنی‌داری دارد. با توجه به شکل ۶ میانگین اندیس مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای ساخته شده با استفاده از ماده پخت سودسوزآور بیشتر از سولفیت است. اندیس مقاومت در برابر ترکیدن به در هم رفتگی الیاف، افزایش لیگنین زدایی خمیر کاغذ و ایجاد اتصالات بین الیافی قوی‌تر در کاغذ ساخته شده در نتیجه شدیدتر شدن شرایط تیمار شیمیایی بستگی دارد. با توجه به قوی‌تر بودن ماده شیمیایی سودسوزآور نسبت به سولفیت این نتایج توجیه پذیر است.

طول پاره شدن: نتایج آزمون F نشان داد که طول پاره شدن با توجه به فاکتور نوع مواد، مقدار ماده مورد استفاده



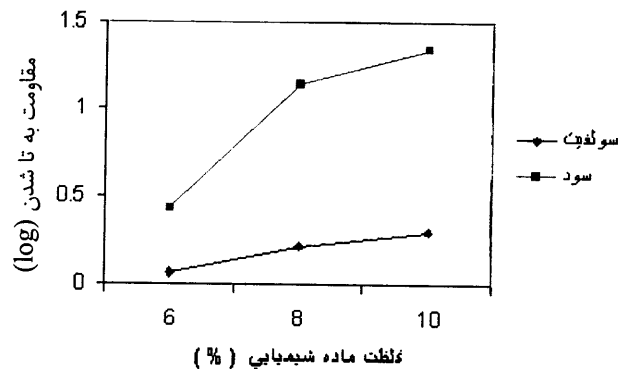
شکل ۶- اندیس مقاومت در برابر ترکیدن



شکل ۷- میانگین طول پاره شدن

است. مقاومت به تا شدن تحت تأثیر خواص ذاتی الیاف و نحوه اتصالات آنها در کاغذ می‌باشد. لیگنین زدایی کمتر موجب می‌شود تا الیاف سخت‌تر شده و انعطاف پذیری کمتری داشته باشند از طرف دیگر اتصالات کاغذ هم ضعیف‌تر می‌شود و در نتیجه کاغذ شکننده‌تری ایجاد می‌کند.

مقاومت به تا شدن : نتایج آزمون F نشان داد که برای این مقاومت نیز فاکتور نوع مواد، مقدار ماده مورد استفاده و همچنین اثر متقابل این دو در سطح احتمال ۹۹ درصد دارای اختلافات معنی‌دار است. با توجه به شکل ۸ استفاده از ماده شیمیایی قوی‌تر سودسوزآور و درصدهای بالاتر ماده شیمیایی پخت موجب بهبود مقاومت به تا شدن گردیده



شکل ۸- میانگین مقاومت به تا شدن

گرفته است. این امر موجب تخریب بیشتر الیاف و پایین آمدن مقاومت‌ها شده است.

به‌طور کلی پخت‌های سولفیت دارای بازده، وازده الک و مصرف انرژی پالایش زیادتر از سود سوزآور و همچنین مقاومت‌های کمتر از آن بوده اند که به دلیل فعال‌تر بودن ماده شیمیایی سود سوز آور نسبت به سولفیت سدیم می‌باشد.

نوع استفاده از خمیر کاغذ CMP کاه گندم ویژگی‌های مطلوب مقاومتی، نوری و چاپ پذیری و غیره آن را مشخص می‌کند. در صورت کم بودن مقاومت‌ها برای بعضی مصارف می‌توان از این خمیر کاغذ به‌عنوان خمیر کاغذ کمکی و به صورت مخلوط با خمیر کاغذهای شیمیایی و نیمه شیمیایی تهیه شده از گونه‌های سوزنی برگ و پهن برگ که دارای مقاومت‌های زیاد هستند، استفاده نمود.

بحث و نتیجه گیری

این تحقیق با هدف بررسی تولید خمیر کاغذ پربازده از کاه گندم با روش شیمیایی- مکانیکی (CMP) انجام گرفته است. در این بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ تهیه شده با تیمارهای مختلف CMP مقایسه و ارزیابی شده است. از مقایسه تعداد دوره‌های پالایش تیمارهای مختلف مشخص شد که پالایش‌پذیری پخت‌های سودسوزآور بسیار مناسب است که نشان دهنده واکنشیدگی بسیار خوب الیاف در حین پخت است. همچنین بررسی ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز نشان داد که کاغذهای حاصل از پخت سود سوز آور نسبت به پخت‌های سولفیت دارای مقاومت زیادتری هستند. زیرا در پخت‌های سولفیت اثر ماده شیمیایی بر جداسازی الیاف کمتر بوده و بنابراین جدا شدن الیاف بیشتر در قسمت مکانیکی و دور زیادتر PFI صورت

منابع

- ۱- بی نام، ۱۳۷۵. تولید خمیر کاغذ در سال ۱۳۷۴. سازمان بازرسی و نظارت بر قیمت و توزیع کالا و خدمات، گروه شیمی، ماهنامه صنعت چاپ، شماره ۱۵۹.
- ۲- جهان لتیباری، احمد، ۱۳۷۹. بررسی ساخت خمیر کاغذ و مقوا با بازدهی بالا از ضایعات کشاورزی، طرح تحقیقات صنعتی، آموزش و اطلاع رسانی، گزارش مرحله اول، وزارت صنایع، تهران.
- ۳- حسینی، ضیاءالدین، ۱۳۷۹. مرفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۴- خجسته، ع، ۱۳۷۵، تولید کاغذ چاپ و تحریر در ایران، ماهنامه صنعت چاپ، شماره ۱۶۳.
- ۵- 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 علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۶- مهدوی، س، ۱۳۷۳. بررسی امکان تولید خمیر کاغذ از کاه گندم به روش حلال آلی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۷- وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۶، آمار زراعی ایران، جلد ۴-۱، ۷۶-۱۳۷۲.
- 8-Jeyasingam, J.T.1988. Critical analysis of wheat straw pulping methods, non-wood plant fiber pulping No. 18, Tappi press.
- 9- Johansson, L. 1998. Effect of pretreatment and wood source on fiber separation and pulp properties Thesis for the degree of doctor of philosophy, Chalmers university of technology, Sweden.
- 10- Raja, A. and Irmak, Y. 1993. Optimizing alkaline pulping of wheat straw to produce corrugating medium. Tappi journal, Vol. 76, No. 1, p. 145-151.
- 11- Rowell, R.A., Young, R.A., and Rowell, J.K.1997. paper and compo. from agro-based re., Lewis publishers, CRS press
- 12-Tappi test methods, 2000. Tappi Press, USA.

Investigation on CMP pulping of wheat Straw

M. H. Moradian¹

A. Jahan Latibari²

H. Resalati³

A. Fakhrian⁴

Abstract:

This research was carried out to investigate the chemical treatment conditions to produce CMP utilizing wheat straw. Fiber biometry as well as chemical characteristics of wheat straw were evaluated. Then chemical treatment involving two chemicals; sodium hydroxide (NaOH) and sodium sulfite (Na_2SO_3) buffered with sodium carbonate (Na_2CO_3) was done. Chemical charge was comprised 6, 8 and 10 percent (based on oven dry weight of straw) with treatment time being 20, 30 and 40 minutes. Treatment temperatures of 95–98°C at atmospheric pressure and L:W = 10:1 were selected. Regarding the results, sulfite treatments showed higher yield, screen reject and refining energy consumption as compared with sodium hydroxide treatment, because NaOH is more reactive than Na_2SO_3 . NaOH dissolved more lignin and polysaccharides during treatment, decreased pulp yield and caused better and easier fiber separation leading to less screen reject produced.

Considering pulp properties and treatment conditions, 6 treatments including 30 minute treatments, various chemicals and chemical charges were selected to handsheet. Selected pulps were refined up to 350 ± 25 ml.CSF freeness prior to making handsheets. Strength of papers produced from NaOH treatment was significantly higher than that of papers produced from sulfite treatment with chemical charges have showing direct effect on all paper strengths except burst strength.

Keywords: Wheat straw, CMP, Pulp, Yield, Freeness, Burst strength, NaOH, Na_2SO_3 , Na_2CO_3

¹ - Ph.D. Student, University of Tehran

² - Academic staff, University of Tehran

³ - Academic staff, Agriculture & Natural Resources University of Gorgan.

⁴ - Scientific staff, I.R.F.R, Iran.