فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۰، شماره ۲، صفحه ۳۲۹-۳۲۰، (۱۳۹۴)

بررسی تولید خمیرکاغذ روزنامه از کاه گندم و ویژگی‌های آن

افشین ویسی[۱]، سعید مهدوی[۲]* و محمد طلایی‌پور[۳]

۱- کارشناس ارشد، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران

پست الکترونیک: mahdavi43@gmail.com

۳- دانشیار، صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

چکیده

در این پژوهش، تولید خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی رنگ‌بری شده از کاه گندم به‌منظور تولید کاغذ روزنامه بررسی شد. کاه گندم مورد نیاز برای تهیه خمیرکاغذ از استان لرستان تهیه شد. بدین منظور با تغییر مقدار ماده شیمیایی در سه سطح ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد (بر مبنای وزن خشک کاه گندم) و دمای پخت در سه سطح ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد با زمان پخت ثابت ۴۵ دقیقه، خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی تهیه گردید. دامنه بازده بعد از جداسازی الیاف بین ۵۶/۵۴ تا ۷۲/۵۵ درصد به‌دست آمد که از این میان، دو خمیرکاغذ بهینه با روش بدون کلر (TCF) و تغییر شرایط شامل دو سطح هیدروکسید سدیم (۲ و ۳ درصد)، دو سطح پراکسید هیدروژن (۱/۵ و ۲ درصد) با دو زمان ۶۰ و ۱۲۰ رنگ‌بری شد. تجزیه واریانس یک‌طرفه بین متغیرهای مستقل (مدت زمان، هیدروکسید سدیم و پراکسید هیدروژن) و متغیرهای وابسته (روشنی، ماتی و زردی) نشان داد که مدت زمان رنگ‌بری بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های نوری کاغذها داشته است. شرایط مناسب رنگ‌بری برای هر دو نوع خمیرکاغذ رنگ‌بری شده شامل استفاده از هیدروکسید ۳٪، پراکسید هیدروژن ۲٪ و مدت زمان رنگ‌بری ۱۲۰ دقیقه می‌باشد که منجر به تولید کاغذی با حداکثر روشنی و ماتی ۵۲/۹ و ۷۹/۵ درصد ایزو شده است. میانگین شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذ بهینه ۴۳/۸۷ N.m/g، شاخص مقاومت به ترکیدن ۲/۱۸ $kPa.m^2/g$ و شاخص مقاومت به پاره شدن ۸/۴۶ $mN.m^2/g$ تعیین شد که از مقاومت‌های کاغذ روزنامه شرکت چوب و کاغذ مازندران و نوع کره‌ای بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: کاه گندم، خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی، بازده، رنگ‌بری، کاغذ روزنامه، خواص نوری.

مقدمه

افزایش جمعیت و کمبود منابع چوبی در کشورهای در حال توسعه و نیز تقاضای گسترده برای انواع فراورده‌های سلولزی استفاده از منابع غیرچوبی به‌ویژه پسماندهای کشاورزی را در صنایع خمیر و کاغذ ضروری می‌سازد. میزان تولید سالانه کاه در جهان حدود ۵۰۰ میلیون تن می‌باشد که نیمی از آن در بخش کشاورزی استفاده می‌شود و بقیه سوزانده می‌شود. این مقدار کاه برای تولید ۱۰۰ میلیون تن الیاف کاغذسازی در سال کافی است، اما سالانه فقط ۴/۵ میلیون تن خمیرکاغذ از کاه تولید می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

(Hedjazi *et al.*, 2009). بیش از ۱۰ درصد کل خمیرکاغذ و کاغذ از منابع غیرچوبی با استفاده از کاه و کلش تولید می‌شود (Moradian *et al.*, 2001). در ایران نیز میزان تولید انواع پسماندهای (گیاهان) کشاورزی به حدود ۱۹ میلیون تن می‌رسد. اگر بتوان فقط ده درصد تولید پسماندهای زراعی داخلی را به صنعت خمیرکاغذ اختصاص داد، حدود دو میلیون تن ماده اولیه در اختیار تولیدکنندگان فراورده‌های کاغذی قرار می‌گیرد که بیشتر از توان بالقوه جنگل‌های شمال کشور (۱/۵ میلیون تن چوب) در سال است (Molaei *et al.*, 2010).

فرایندهای شیمیایی- مکانیکی تولید خمیرکاغذ به دلیل داشتن بازده بیشتر، کاهش مصرف مواد شیمیایی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، برای تولید خمیرکاغذ روزنامه نسبت به فرایندهای شیمیایی مناسب‌تر می‌باشد (Khojasteh, 1997). در مقیاس جهانی، تولید کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر از خمیرکاغذ پسماندهای کشاورزی مثل کاه گندم به دلیل محدودیت‌های منابع چوبی و دسترسی به فناوری فرایند تولید مناسب، مورد توجه جدی قرار گرفته است (Wong, 1995). امروزه از برخی خمیرهای کاغذ مکانیکی و شیمیایی- مکانیکی به‌عنوان جایگزین خمیرهای کاغذ شیمیایی استفاده می‌شود، به‌طوری‌که از خمیرکاغذ مکانیکی و خمیر فشاری آسیابی[1]، خمیرکاغذ ظریف اندود شده تهیه شده و به جای کاغذهای کرافت استفاده می‌شود (Tironen, *et al.*, 2004).

مشکل جمع‌آوری و نگهداری مواد اولیه غیرچوبی سبب شده است تا امکان نصب واحدهای تولید خمیرکاغذ با ظرفیت بالا از این مواد خام وجود نداشته باشد. البته نصب واحد بازیابی مواد شیمیایی در واحدهای با ظرفیت کم نیز توجیه اقتصادی ندارد. از این‌رو، در فرایندهای رایج خمیرکاغذسازی شیمیایی- مکانیکی که از مواد شیمیایی بر پایه سدیم استفاده می‌شود، مایع مصرف شده بعد از عمل-آوری شیمیایی مواد خام باید به محیط‌زیست رها شود که البته سدیم موجود در مایع پخت سبب بروز مشکل در نفوذپذیری خاک می‌شود (Ebrahimi, *et al.*, 2013).

Kashani و همکاران (۱۹۷۷) در راستای توسعه فرایند مناسب برای ساخت خمیرکاغذ از کاه گندم و کلش برنج در مقیاس کوچک در ایران، تحقیقی را انجام داده‌اند. آنان با استفاده از فرایند سودای سرد، از سه زمان تیمار شیمیایی شامل 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 کرده‌اند. بازده بعد از الک خمیرکاغذ سودای سرد از کاه گندم بین ۷۱/۵ تا ۷۵/۳ درصد وزن خشک کاه تعیین شده است. البته مقدار مصرف مواد شیمیایی بین ۳/۷۶ و ۸/۷۱ درصد متغیر بوده است. مناسب‌ترین خمیرکاغذ سودای سرد از کاه گندم با شرایط ۶ ، ۸ و ۱۰ درصد سود سوزآور و زمان ۲۰ دقیقه تیمار شیمیایی تولید شده است.

Jahan Latibari و همکاران (۲۰۱۴) تحقیقی در مورد رنگ‌بری خمیرشیمیایی- مکانیکی تهیه شده از کاه گندم با روش بدون کلر عنصری (ECF[2]) انجام دادند. محدوده بازده خمیرکاغذ بعد از جداسازی الیاف بین ۵۳/۴ تا ۶۲ درصد گزارش شد. خمیرکاغذ پس از رنگ‌بری طی سه مرحله D0EPD1 با دی‌اکسید کلر به روشنی حداکثر ۶۲/۲ درصد رسید. عدد کاپای خمیرکاغذ (حدود ۴۰) پس از رنگ‌بری به حدود ۱۳ تقلیل یافت.

Jimenez و همکاران (۲۰۰۱)، با بررسی خمیرکاغذ حلال آلی (استن) حاصل از کاه گندم، بازده و خواص فیزیکی ورقه‌های کاغذ حاصل از این خمیرکاغذ مانند طول پارگی، کشش[3]، مقاومت به ترکیدن، مقاومت به پارگی را اندازه‌گیری کردند. مقادیر مناسب برای هر یک از این مقاومت‌ها به‌ترتیب ۳۴۵۶ متر، ۱/۴۲٪، ۱/۳۶ KN/g و ۳/۸۶ $mN.m^2/g$ به‌دست آمد. کشش، تحت تأثیر زمان کوتاه و غلظت کم استن مناسب‌ترین عملکرد را داشت. روشنی مناسب (۳۰/۴۴٪) با اعمال دمای کم، زمان کوتاه و

1- Pressurized stone groundwood (PSGW)

2- Elemental chlorine free
3 -Stretch

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت متوسط استن حاصل شد. برای کاهش حداقل حلالیت در طی بازیافت و به‌دست آوردن سطوح قابل قبول از خواص کاغذ می‌توان از دمای زیاد، غلظت کم استن و مدت زمان کوتاه‌تر استفاده کرد.

Deniz و همکاران (۲۰۰۴)، ویژگی‌های خمیرکاغذ کرافت مخلوط کاه گندم (۶۵٪) و نی (۳۵٪) را بررسی کرده و خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ حاصل را اندازه‌گیری کردند. البته مشکلاتی ازجمله غیریکنواختی خمیرکاغذ، درجه روانی کم، زهکشی سخت و شکست ورقه در حالت مرطوب طی فرایند ساخت وجود داشت. سیلیس موجود در کاه باعث سختی فرایند بازیافت مواد شیمیایی شد. شرایط بهینه برای تهیه خمیرکاغذ سولفات شامل قلیای فعال ۱۴٪، سولفیدیته ۲۰٪، دمای حداکثر پخت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، زمان تا رسیدن به حداکثر دمای پخت ۵۵ دقیقه، زمان در حداکثر دمای پخت ۴۰ دقیقه و نسبت مایع پخت به کاه ۴:۱ بود. مقادیر خواص اندازه‌گیری شده عبارتند از: بازده خمیر الک شده ۴۲٪، عدد کاپا ۳۱، غلظت ml/g ۱۱۱۴ اسکن[1]، طول پارگی Km ۹/۸، مقاومت به پارگی $Kpa.m^2/g$ ۴/۶، مقاومت به پارگی mNm^2/g ۵/۱ و روشنی ۲۹٪ ایزو[2].

Ziaei و همکاران (۲۰۰۸)، با بررسی روی خمیرکاغذ حاصل از کاه گندم و تأثیر ماده دی متیل فرمامید در روش کرافت روی خمیر کاغذ حاصل دریافتند که در سه دمای مختلف (۱۹۰، ۲۰۰ و ۲۱۰ درجه)، سه زمان (۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ دقیقه) و در سه نسبت (۳۰٪، ۵۰٪ و ۷۰٪) از دی متیل فرمامید، خواص مکانیکی کاغذ در دمای ۲۱۰ درجه، زمان ۱۵۰ دقیقه و نسبت ماده آلی ۵۰٪ بهترین عملکرد را داشت. همچنین دمای پخت معنی‌دار بود ولی زمان پخت و نسبت ماده آلی نقش کوچکی داشتند. به‌طورکلی، ماده آلی دی متیل فرمامید باعث کاهش درجه پلیمریزاسیون سلولز شده که به دلیل غلظت زیاد (اسکن) خمیرکاغذ حاصل از ماده آلی بود. دلیل اصلی بازده زیاد خمیر حلال آلی، حفاظت فعال حلال آلی بر روی پلی‌ساکاریدهای غیر سلولزی کاه گندم مقابل تنزل شرایط خمیرکاغذ کرافت بود.

Moradian و همکاران (۲۰۰۳)، تولید خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی رنگ‌بری نشده از کاه گندم را با استفاده از هیدروکسید سدیم و نیز سولفیت سدیم بافر شده با کربنات سدیم به‌طور مجزا انجام دادند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بازده پخت، وازده و انرژی مصرفی برای پالایش این خمیرکاغذ، بیشتر از خمیرکاغذ تهیه شده با مایع پخت فقط هیدروکسید سدیم بود. از طرف دیگر، مقاومت‌های کاغذ ساخته شده از خمیرکاغذ تهیه شده با هیدروکسید سدیم نسبت به خمیرکاغذ تهیه شده با سولفیت سدیم بیشتر گزارش شد.

Mahdavi و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از سه روش فرایند کرافت، سودا و اتانل- قلیا کاه گندم را به خمیرکاغذ تبدیل کردند. نتایج آنان نشان داد که در عدد کاپای مشابه، خمیرکاغذ اتانل- قلیا نسبت به دو خمیر کرافت و سودا دارای بازده بعد از الک بیشتری بود (۸/۳ - ۱۵/۸ درصد). البته ویژگی‌های فیزیکی سه نوع خمیر کاغذ تولید شده، تفاوت محسوسی نداشتند و ویژگی مقاومتی خمیرکاغذ اتانل- قلیا نسبت به دو نوع دیگر کمتر بود.

شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران بزرگ‌ترین تولیدکننده کاغذ در ایران با ظرفیت مجموعاً ۱۷۵۰۰۰ تن شامل ۹۰۰۰۰ تن کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر و ۸۵۰۰۰ تن کاغذ فلوتینگ می‌باشد که متأسفانه در حال حاضر با کمبود جدی ماده اولیه سلولزی روبروست. کاه گندم نسبت به سایر پسماندهای کشاورزی، بیشترین سهم تولید را در کشور داراست. پراکنش گسترده کاشت گندم در کشور و ارزش افزوده بیشتر برای تولید خمیرکاغذ با بازده زیاد از این پسماند نسبت به تعلیف دام، موجب تحقیقات زیادی در این خصوص شده است. این تحقیق، با هدف امکان‌سنجی تأمین بخشی از خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی رنگ‌بری شده مورد نیاز شرکت چوب و کاغذ مازندران، برای ساخت کاغذ روزنامه از کاه گندم انجام شده است. تولید خمیرکاغذ با درصد روشنی مورد نیاز کاغذ روزنامه و ارائه شرایط مناسب رنگ‌بری به روش بدون کلر (TCF)، ازجمله اهداف جدید این بررسی است.

1 -Scan
2 -ISO

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی کاه: کاه گندم (*Triticum sp.*) مورد نظر خود را از منطقه بروجرد در استان لرستان به مقدار حدود ۱۰ کیلوگرم تهیه کرده، برگ‌ها و خاشاک آن را جدا کرده و بعد ساقه‌ها را برای تهیه خمیرکاغذ به قطعات حدود ۳ سانتی‌متری کوتاه نمودیم؛ آنگاه برای جداسازی الیاف از روش فرانکلین[1] (۱۹۵۴) استفاده شد.

شرایط پخت: برای تهیه خمیرکاغذ از ۹ ترکیب شرایط پخت استفاده شد. متغیرهای پخت شامل استفاده از هیدروکسید و سولفیت سدیم به نسبت وزنی ۲ به ۳ در سه سطح ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد بر مبنای وزن خشک کاه و درجه حرارت ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سلسیوس بودند. شرایط ثابت پخت شامل استفاده از زمان ۴۵ دقیقه و نسبت مایع پخت به کاه ۱۰:۱ بودند. به‌منظور پخت کاه از دیگ پخت آزمایشگاهی دو محفظه‌ای دو لیتری استفاده شد. بعد از عمل‌آوری، بازده بعد از دیگ پخت با روش توزین محاسبه گردید و بعد ذرات کاه پخته شده با استفاده از دفیبراتور آزمایشگاهی تک صفحه‌ای چرخشی جداسازی شد. سپس نمونه‌ها بر روی الک ۲۰۰ مش شستشو داده شد و بازده بعد از دفیبراتور با روش توزین محاسبه شده و با توجه به بازده و ظاهر خمیرکاغذ، دو خمیرکاغذ برای رنگ‌بری انتخاب شد.

شرایط رنگ‌بری: برای رنگ‌بری خمیرکاغذهای بهینه به‌دست‌آمده با استفاده از تیمارهای پخت P_1 و P_2 (طبق جدول ۱)، از روش بدون کلر (TCF) استفاده شد. ابتدا به‌منظور حذف یون‌های فلزی خمیرکاغذ از روش کیلیت کردن[2] استفاده شد. برای این منظور، درصد خشکی خمیرکاغذ به ۱۰ و pH آن به ۵ رسانده شد. سپس خمیرکاغذ با آب دیونیزه شسته شده و توسط دست روی الک ۲۰۰ مش آبگیری شد تا به درصد خشکی ۱۰ برسد. از ماده شیمیایی DTPA در سطح ۰/۳ درصد طی مدت زمان ۳۰ دقیقه با دمای محیط استفاده شد. پس از آبگیری دو نوع خمیرکاغذ تا رسیدن به درصد خشکی ۴ درصد، از دو سطح پراکسید ۱/۵ و ۲ درصد با مقدار هیدروکسید سدیم ۲ و ۳ درصد، دو زمان ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه (۱۶ تیمار)، سلیکات سدیم ۲ درصد با دمای ۸۰ درجه سلسیوس برای رنگ‌بری استفاده شد. سپس خمیرهای کاغذ رنگ‌بری شده با آب مقطر شستشو شد.

پالایش: پس از انتخاب خمیرکاغذ با ویژگی‌های نوری بهینه (تیمار ۱۶ جدول ۲)، خمیرکاغذ رنگ‌بری شده کاه طبق استاندارد تاپی شماره T248 sp-00 تا درجه روانی ۳۰۰ میلی‌لیتر کانادایی به‌وسیله دستگاه PFI mill پالایش شد.

ساخت کاغذ و اندازه‌گیری ویژگی‌ها: از خمیرکاغذ با ویژگی‌های بهینه، کاغذهای دست‌ساز با جرم پایه ۶۰ گرم بر مترمربع بر اساس دستورالعمل تاپی[3] T 205 sp-02 ساخته شد. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی این کاغذها طبق استانداردهای زیر اندازه‌گیری شد.

- متعادل‌سازی رطوبتی و دمایی ورقه کاغذ: دستورالعمل T402 sp-03 آئین‌نامه تاپی
- جرم پایه ورقه کاغذ: دستورالعمل T410 om-88 آئین‌نامه تاپی
- آماده‌سازی ورقه کاغذ برای آزمون: دستورالعمل T 220 sp-01 آئین‌نامه تاپی
- اندازه‌گیری شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ: دستورالعمل T 403 om-02 آئین‌نامه تاپی
- اندازه‌گیری شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ: دستورالعمل T 414 om-04 آئین‌نامه تاپی
- اندازه‌گیری شاخص مقاومت به کشش کاغذ: دستورالعمل T 494 om-01 آئین‌نامه تاپی

طرح آماری

پس از انجام آزمایش‌ها و جمع‌آوری داده‌ها،

1- Franklin
2- Chelating
3- TAPPI

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه‌وتحلیل نتایج بر اساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین ویژگی‌های مورد بررسی، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

بازده پخت

با استفاده از ترکیب عوامل مختلف پخت شامل درصد ماده شیمیایی، دمای پخت و زمان پخت ۹ ترکیب مختلف پخت حاصل شد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از جدول ۱، دامنه تغییرات بازده بعد از دفیبراتور کاه گندم با توجه به شرایط پخت، از حدود ۵۶/۵۴ تا ۷۲/۵۵ درصد تغییر می‌کند. تجزیه‌وتحلیل آماری اطلاعات نشان داد که اثر مستقل ماده شیمیایی، درجه حرارت پخت و اثر متقابل آنها بر روی بازده در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. آزمون دانکن میانگین بازده خمیرکاغذها را در گروه‌های مختلفی قرار داد که به‌صورت حروف کوچک انگلیسی در بالای میانگین‌ها در جدول ۱ نوشته شده‌اند. بر این اساس، استفاده از ۱۰ درصد مواد شیمیایی منجر به بیشترین بازده (گروه a) شده و کمترین بازده با استفاده از ۱۴ درصد ماده شیمیایی (گروه f) حاصل شده است. با توجه به بازده و ویژگی‌های ظاهری، خمیرهای کاغذ به‌دست‌آمده از تیمارهای پخت شماره P_2 و P_4 برای رنگ‌بری به روش بدون کلر انتخاب شدند.

جدول ۱- تغییرات میانگین بازده بعد از پخت خمیرکاغذ کاه

تیمار	ماده شیمیایی (٪)	نسبت سولفیت به هیدروکسید سدیم (٪)	درجه حرارت پخت (°C)	زمان پخت (دقیقه)	بازده بعد از دفیبراتور (٪)	میانگین بازده بعد از دفیبراتور (٪)
P_1	۱۰	۲:۳	۱۲۰	۴۵	۷۲/۱۲ ۷۲/۹۸	۷۲/۵۵ [a]
P_2	۱۲	۲:۳	۱۲۰	۴۵	۶۷/۵۱ ۶۹/۰۳	۶۸/۲۷ [c]
P_3	۱۴	۲:۳	۱۲۰	۴۵	۶۳/۱۰ ۶۴/۷۸	۶۳/۹۴ [e]
P_4	۱۰	۲:۳	۱۴۰	۴۵	۷۰/۴۱ ۷۱/۵۹	۷۱ [ab]
P_5	۱۲	۲:۳	۱۴۰	۴۵	۶۵/۱۱ ۶۷/۴۱	۶۶/۲۶ [d]
P_6	۱۴	۲:۳	۱۴۰	۴۵	۵۷/۸۸ ۵۸/۲۶	۵۸/۰۷ [f]
P_7	۱۰	۲:۳	۱۶۰	۴۵	۷۰/۹۲ ۷۰/۱۲	۷۰/۵۲ [b]
P_8	۱۲	۲:۳	۱۶۰	۴۵	۶۴/۰۹ ۶۳/۵۹	۶۳/۸۴ [e]
P_9	۱۴	۲:۳	۱۶۰	۴۵	۵۵/۵۵ ۵۷/۵۳	۵۶/۵۴ [f]

Archive of SID

www.SID.ir

ویژگی‌های نوری خمیرکاغذ

در جدول ۲، تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل متغیرهای رنگ‌بری بر ویژگی‌های نوری دو نوع خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی رنگ‌بری شده آورده شده است. نتایج نشان داد که بین میانگین روشنی، ماتی و زردی دو خمیرکاغذ P_2 و P_4 اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد وجود دارد. همچنین اثر مستقل سه متغیر رنگ‌بری (مقدار پراکسید هیدروژن، هیدروکسید سدیم و مدت زمان رنگ‌بری) بر ویژگی‌های نوری دو نوع خمیرکاغذ معنی‌دار است. بررسی اثرات متقابل عوامل رنگ‌بری نشان داد که بیشترین تأثیر بر ماتی و کمترین تأثیر بر روشنی دو خمیرکاغذ رنگ‌بری شده وجود دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل متغیرهای رنگ‌بری بر ویژگی‌های نوری دو نوع خمیرکاغذ

منبع تغییرات	درجه آزادی	F (روشنی)	F (ماتی)	F (زردی)
خمیرکاغذ (A)	۱	۱۰۶/۸ **	*۴/۴	۱۰۸/۳ **
پراکسید هیدروژن (B)	۱	۲۴۸/۸ **	۸/۷ **	۷/۹*
هیدروکسید سدیم (C)	۱	۷۸/۴ **	۴۹۶/۷**	۱۵/۲ **
زمان رنگ‌بری (D)	۱	۱۰۲۲ **	۱۳۵ **	۳۳۵ **
A*B	۱	۱۴/۴ **	۱۴۰/۹**	۳۷/۳ **
A*C	۱	۱۹/۳ **	n.s. ۳/۷	۱۹/۸ **
A*D	۱	۴ **	۲۷۲**	۲/۴ n.s.
B*C	۱	۰/۳۹ n.s.	۴/۱*	۰/۰۳ n.s.
B*D	۱	۱۰۵**	۳۰۳**	۳۱/۲**
C*D	۱	۲۵**	۲۶/۴**	۹/۴**
A*B*C	۱	۱۶/۹**	۳۳۵**	۳۹/۶**
A*B*D	۱	۰/۳۹ n.s.	۳۸/۷**	۲۱**
A*C*D	۱	۱۵/۷ **	۴۲/۳**	۷۲/۵**
B*C*D	۱	۲/۵ n.s.	۲۰۶**	۱۴/۳**
A*B*C*D	۱	۱ n.s.	۶/۸*	۲۶/۵**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد * معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد n.s. معنی‌دار نیست

جدول ۳ تأثیر تغییرات شرایط رنگ‌بری را بر ویژگی‌های نوری دو خمیرکاغذ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود محدوده درجه روشنی خمیرهای کاغذ از حداکثر ۵۲/۸۹ تا حداقل ۳۳/۲۵ درصد ایزو می‌باشد. محدوده ماتی و زردی خمیرهای کاغذ نیز به‌ترتیب از ۸۶/۴۵ تا ۵۸/۸۱ درصد و ۳۷/۴۰ تا ۲۴/۱ درصد اندازه‌گیری شد. آزمون دانکن، میانگین ویژگی‌های نوری خمیرکاغذها را در گروه‌های مختلفی قرار داده است که به‌صورت حروف کوچک نوشته شده‌اند. از این نظر، تیمار ۱۶ یعنی خمیرکاغذ P_4 رنگ‌بری شده با پراکسید هیدروژن ۲٪، هیدروکسید سدیم ۳٪ و زمان رنگ‌بری ۱۲۰ دقیقه بیشترین روشنی را داراست و در گروه مستقل a قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- شرایط رنگ‌بری و میانگین ویژگی‌های نوری دو نوع خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی

شماره تیمار	شماره تیمار خمیرکاغذ	پراکسید هیدروژن (٪)	هیدروکسید سدیم (٪)	زمان رنگ‌بری (دقیقه)	روشنی (٪)	ماتی (٪)	زردی (٪)
۱	P_2	۱/۵	۲	۶۰	۳۳/۲۵ m	۶۵/۵ f	۳۷/۴۰ a
۲	P_4	۱/۵	۲	۶۰	۳۷/۵۹ i	۶۴/۶ g	۳۵/۰۱ c
۳	P_2	۱/۵	۲	۱۲۰	۳۶/۳۱ k	۵۸/۸۱ k	۳۰/۳۷ h
۴	P_4	۱/۵	۲	۱۲۰	۴۵/۰۴ e	۶۵/۷۶ f	۲۴/۲۹ k
۵	P_2	۱/۵	۳	۶۰	۳۵/۶۳ l	۸۶/۴۵ a	۳۵/۸۵ b
۶	P_4	۱/۵	۳	۶۰	۳۷/۹۳ i	۶۷/۶ d	۳۰/۴۵ gh
۷	P_2	۱/۵	۳	۱۲۰	۴۳/۵۹ g	۶۲/۲۴ i	۳۰/۸۳ g
۸	P_4	۱/۵	۳	۱۲۰	۴۴/۵۴ f	۶۲/۷۷ i	۲۵/۶۳ j
۹	P_2	۲	۲	۶۰	۳۶/۹۳ j	۶۵/۷۰ f	۳۳/۸۲ d
۱۰	P_4	۲	۲	۶۰	i۳۷/۶۵	۶۳/۱۷ i	۳۱/۶۵ f
۱۱	P_2	۲	۲	۱۲۰	۴۵/۹۴ d	۶۲/۸۶ i	۳۲/۵۳ e
۱۲	P_4	۲	۲	۱۲۰	۴۹/۱۶ c	۶۴/۰۱ h	۲۶/۰۲ j
۱۳	P_2	۲	۳	۶۰	۳۶/۹۷ j	۶۶/۴۶ e	۳۳/۷۰ d
۱۴	P_4	۲	۳	۶۰	۳۹/۲۳ h	۷۱/۱۳ c	۲۹/۸۴ i
۱۵	P_2	۲	۳	۱۲۰	۵۱/۵۴ b	۶۶/۶۹ e	۲۴/۱ k
۱۶	P_4	۲	۳	۱۲۰	۵۲/۸۹ a	۷۹/۵۴ b	۳۱/۶۸ f

جدول ۴- مقایسه مقاومت‌های کاغذ تهیه شده از خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی کاه گندم با کاغذ روزنامه وارداتی و شرکت چوب و کاغذ مازندران

نوع کاغذ	شاخص کشش (N.m/g)	شاخص ترکیدن ($kPa.m^2/g$)	شاخص پاره شدن ($mN.m^2/g$)	روشنی (٪)	ماتی (٪)	زردی (٪)
کاه گندم	۴۲/۲۹	۲/۱۸	۸/۴۶	۵۲/۸۹	۷۹/۵۴	۳۱/۶۸
چوب و کاغذ	۳۹/۲۱ (MD)	۱/۵۳	۴/۹۱ (MD)	۵۱	۹۰	۱۰
وارداتی (کره)	۴۲/۱۵ (MD)	۱/۴۳	۵/۴۱ (MD)	۵۶/۷	۹۵/۴	۳/۴

MD: در جهت ماشین کاغذ

مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز

خمیرکاغذ P_4 رنگ‌بری شده با تیمار ۱۶ رنگ‌بری به دلیل بازده بیشتر و نیز روشنی بیشتر، پس از رساندن درجه روانی آن به حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی، برای ساخت کاغذ دست‌ساز ۶۰ گرمی و اندازه‌گیری مقاومت‌های آن انتخاب شد. میانگین مقاومت‌های کاغذ ساخته شده از این تیمار خمیرکاغذ، شامل شاخص کشش، ترکیدن و پاره شدن به‌ترتیب ۴۲/۲۹N.m/g، ۲/۱۸ $kPa.m^2/g$ و ۸/۴۶ $mN.m^2/g$ تعیین شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز

در جدول ۴، مقایسه میانگین شاخص مقاومت‌ها و ویژگی‌های نوری کاغذ دست‌ساز تهیه شده از خمیرکاغذ رنگ‌بری شده کاه گندم با مقاومت‌های کاغذ روزنامه شرکت چوب و کاغذ مازندران به‌عنوان تنها تولیدکننده این نوع کاغذ و کاغذ روزنامه وارداتی کره‌ای (به‌عنوان شاهد) آورده شده است. همه مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز نسبت به کاغذهای شاهد بیشتر بوده و حکایت از برتری نسبی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده کاه دارد. میانگین روشنی کاغذ دست‌ساز نسبت به کاغذ روزنامه شرکت چوب و کاغذ مازندران بیشتر بوده ولی از کاغذ کره‌ای کمتر است.

بحث

این تحقیق با هدف بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی رنگ‌بری شده کاه گندم به‌منظور جایگزینی بخشی از خمیرکاغذ مورد نیاز کاغذ روزنامه در شرکت چوب و کاغذ مازندران انجام شد. شرایط پخت و رنگ‌بری (TCF) به‌گونه‌ای انتخاب شد که علاوه بر تولید خمیرکاغذ با ویژگی‌های قابل قبول برای تولید کاغذ روزنامه، مشابهتی با اساس فرایند تولید خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی این شرکت داشته باشند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که با استفاده از ۱۰ درصد ماده شیمیایی، ۱۴۰ درجه سلسیوس دما و ۴۵ دقیقه زمان پخت (در دمای بیشینه) می‌توان خمیرکاغذی با بازده بعد از دفیبراتور ۷۱ درصد تهیه نمود که با شرایط رنگ‌بری شامل پراکسید هیدروژن ۲ درصد، هیدروکسید سدیم ۳ درصد و مدت زمان ۱۲۰ دقیقه، می‌توان خمیرکاغذی با روشنی و ماتی به‌ترتیب حدود ۵۳ و ۸۰ درصد ایزو به‌دست آورد. میانگین مقاومت‌های این خمیرکاغذ شامل شاخص کشش N.m/g ۴۲/۲۹، شاخص ترکیدن kPa.m^2/g ۲/۱۸ و شاخص پاره شدن mN.m^2/g ۸/۴۶ تعیین شد که همگی آنها به‌ویژه شاخص پاره شدن، نسبت به مقاومت‌های کاغذ روزنامه چوب و کاغذ مازندران بیشتر هستند. البته شاخص کشش حدود ۸ درصد، شاخص ترکیدن حدود ۴۱ درصد و شاخص پاره شدن حدود ۷۲ درصد بیشتر است. مقایسه ویژگی‌های نوری، حکایت از ضعف درصد ماتی کاغذ تهیه شده از کاه دارد که جبران بخشی از این نقصان با افزودن پرکننده‌های معدنی مثل کربنات کلسیم و یا افزودن خمیرکاغذ چوب امکان‌پذیر است. دامنه بازده بعد از دفیبراتور خمیرکاغذ به‌دست آمده در این تحقیق از دامنه بازده گزارش شده توسط Jahan Latibari و همکاران (۲۰۱۴) بیشتر است که تفاوت در مایع پخت (فقط هیدروکسید سدیم) و نیز شرایط پخت می‌تواند از دلایل عمده برای این اختلاف باشد. همچنین مقایسه مقاومت‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که شاخص کشش و شاخص پاره شدن گزارش شده (N.m/g ۵۶/۶ و mN.m^2/g ۶/۵۱) برای خمیرکاغذ تهیه شده با قلیاییت فعال ۱۰ درصد به‌ترتیب بیشتر و کمتر از نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. شاخص کشش و ترکیدن کاغذ دست‌ساز در این تحقیق از شاخص‌های اعلام شده توسط Moradian و همکاران (۲۰۰۳) کمتر و از شاخص پاره شدن گزارش شده توسط ایشان بیشتر است که تفاوت در ماده شیمیایی مورد استفاده در پخت (سولفیت یا هیدروکسید سدیم) و نیز رنگ‌بری خمیرکاغذ در این تحقیق، می‌تواند ازجمله دلایل این تفاوت‌ها باشد. با مقایسه مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز با کاغذهای شاهد می‌توان گفت که با استفاده از شرایط پخت و رنگ‌بری مشروح در این تحقیق، می‌توان خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی نسبتاً مناسبی از کاه گندم برای تولید کاغذ روزنامه تهیه نمود که به استثنای ماتی و زردی، دارای ویژگی‌های بهتری نسبت به ویژگی‌های کاغذ روزنامه شرکت چوب و کاغذ مازندران باشد. البته بهبود ماتی و زردی در کاغذ کاه گندم می‌تواند از طریق افزودن پرکننده‌های معدنی مثل کربنات کلسیم و خاک‌رس تا حدودی انجام شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

-Ebrahimi, Z., Kermanian, H., Ramazani, O., and Zabihzadeh, 2013. Comparative analysis of paper properties from rice straw with sodium and potassium based chemimechanical pulping processes, Vol. 28 :(3), 534-544 (In Persian).
-Franklin, G.L., (1954). A rapid method for softening wood for anatomical analyzer, Tropical woods 88, 35-36.
-Hedjazi, S., Kordsachia, O., Patt, R., Latibari, A.J. and Tschirner, U., 2009. Alkaline Sulfite–Anthraquinone (AS/AQ) pulping of Wheat straw and Totally Chlorine Free (TCF) bleaching of pulps. Industrial Crops andProducts, 29(1):27-36.
-Jahan Latibari, A., Hossein, M.A., Hosseinpour, R., and Tajidini, A., 2014. ELEMENTAL CHLORINE FREE BLEACHING OF WHEAT STRAW CHEMIMECHANICAL PULP, Cellulose Chem. Technol., 48 (1-2), 119-125.
-Kashani, p., 1997. Investigation on paper strength produced from wheat and rice straw by cold soda process, M.Sc. thesis, Wood and Paper University, Agriculture and natural resources of Gorgan University, 64 p., (In Persian).
-Kojasteh, A., 1997. Writing and printing paper production in Iran, Printing industry journal, No. 163 (In Persian).
-Mahdavi, S., Investigation on organosolv pulping of wheat straw, Wood and Paper University, Agriculture and natural resources of Gorgan university, 78 p., (In Persian).
-Moradian, M.H., Jahan Latibari, A., Resalati, H., and Fakhrian, A. 2003. Investigation on CMP pulping of wheat Straw, Iranian J.Natural Res., Vol. 56. No. 4 (In Persian).
-Tappi test methods, 2000. Tappi Press, USA.
-Wong, A., 1995. Agricultural Fibers for Pulp and Paper Manufacture in Developed Countries, Proc. 2nd Biomass Conference of the Americas, Portland, Oregon, USA, August, 1181-1189.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on newsprint pulp production and its specification using wheat straw

A.Veisi[1], S. Mahdavi[2]* and M.Talaeipour[3]

1- Scientific member of Broujerd branch, Islamic Azad University, Broujerd, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, E-mail: mahdavi43@gmail.com
3-Associate Prof., Research and Science branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: Sep., 2014 Accepted: April, 2015

Abstract

In this study, the production of bleached chemi-mechanical pulp from wheat straw for the newsprint production was investigated. Wheat straw was collected from Lorestan province and wheat straw CMP pulp was prepared using 120, 140, and 160 °C chemical treatment temperature, 45 minutes time, 10, 12, and 14% chemicals charge and 10:1 liquor to straw ratio. The yield after defibration treatment varied between 56.5% and 72.5%. Two optimum pulps were bleached using TCF method applying 2% and 3% NaOH, 1.5% and 2% H_2O_2, and 60 and 120 minutes bleaching time. One way analysis variance method showed that bleaching time had the most significant effect on optical properties of handsheet. Applying 3% NaOH (based on oven dry weight of the unbleached pulp) , 2% H_2O_2, and 120 minutes time improved the brightness and opacity to 52.9%, and 79.5% ISO, respectively. Optimum pulp strengths including tensile, burst and tear indices were measured as 43.87 Nm/g, 2.18 kPa.m^2/g, and 8.46 mN.m^2/g, respectively. All the strengths were higher than newsprint paper strength produced at Mazandaran wood and paper and Korean companies.

Keywords: Wheat straw, CMP pulp, yield, bleaching, newsprint, optical properties.

Archive of SID

www.SID.ir