DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwpr.2013.3461

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۸، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ٥٤٤-٥٣٤، (۱۳۹۲)

مقایسه ویژگی‌های کاغذ حاصل از کاه برنج با فرایندهای خمیرکاغذسازی شیمیایی- مکانیکی بر پایه سدیم و پتاسیم

زهرا ابراهیمی[۱]، حسین کرمانیان[۲]، امید رمضانی[۲] و سیدمجید ذبیح‌زاده[۳*]

۱- کارشناس ارشد مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس۱، دانشگاه شهید بهشتی، سوادکوه، زیرآب
۲- استادیار، عضو هیئت علمی، گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس ۱، دانشگاه شهید بهشتی، سوادکوه، زیرآب
۳*- نویسنده مسئول، دانشیار، عضو هیئت علمی گروه چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پست‌الکترونیک : majid_zabihzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۲

چکیده

در این تحقیق مقایسه ویژگی‌های کاغذ حاصل از مخلوط کاه و کلش برنج با فرایندهای خمیرکاغذسازی شیمیایی- مکانیکی بر پایه سدیم و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت. شرایط پخت در فرایند خمیرسازی بر پایه پتاسیم شامل سولفیت پتاسیم ٦، ٨، ۱۰ و ۱۲ درصد، هیدروکسید پتاسیم ۳، ٤، ٥، ٦، ٨ و ۱۲ درصد نسبت به جرم خشک کاه، زمان آغشته‌سازی ۳۰ دقیقه، نسبت مایع پخت به جرم خشک کاه ۷ به ۱، زمان پخت ۳۰ و ٦۰ دقیقه و دمای پخت ۱۳۰،۱۵۰،۱٦۰،۱٦٥و۱۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در فرایندهای بر پایه سدیم شامل سولفیت سدیم ٦ و ٨ درصد، هیدروکسید سدیم ۳ و ٤ درصد، زمان آغشته‌سازی ۳۰ دقیقه، نسبت مایع پخت به جرم خشک کاه ۷ به ۱، زمان پخت ۳۰ دقیقه و دمای پخت ۱۳۰ و ۱٥۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. بازده و وازده تیمار بهینه در فرایند بر پایه پتاسیم به‌ترتیب ٦٥/۱۹ و ٤/۲۲ درصد و در فرایند بر پایه سدیم ٦۹/۷٥ و ۳/٦۸ درصد بدست آمد. پس از پالایش و رسیدن به درجه‌روانی ۳۰۰±۲٥ml CSF کاغذ دست‌ساز با جرم پایه ٦۰ گرم بر متر مربع تهیه و ویژگی‌های فیزیکی، مقاومتی و نوری آنها ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که شاخص مقاومت در برابر کشش، طول پاره شدن و دانسیته ظاهری در کاغذهای حاصل از فرایند بر پایه سدیم و پتاسیم مشابه و کاغذهای حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم، مقاومت در برابر ترکیدن، درجه روشنی بالاتر و مقاومت در برابر پاره شدن و نسبت ضریب جذب نور به ضریب پخش نور کمتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: خمیرسازی شیمیایی- مکانیکی، پتاسیم، سدیم، کاه برنج.

مقدمه

افزایش جمعیت و کمبود منابع چوبی در کشورهای در حال توسعه و نیز تقاضای گسترده برای انواع فرآورده‌های سلولزی استفاده از منابع غیر چوبی به‌ویژه پسماندهای کشاورزی را در صنایع خمیر و کاغذ ضروری می‌سازد (مرادیان و همکاران، ۱۳۸۲). البته با وجودی که نگرش عمومی بر این است که چوب مناسب‌ترین ماده سلولزی تولید خمیرکاغذ و کاغذ است، ولی منابع الیاف غیرچوبی

مانند پسماندهای گیاهان کشاورزی نیز از ویژگی‌های کاربردی جهت استفاده در صنایع تولید خمیرکاغذ برخوردار می‌باشند. اما استفاده از این الیاف در تولید خمیرکاغذ نیازمند بکارگیری روش‌های مناسب برای جمع‌آوری، نگهداری، فراوری و تولید خمیرکاغذ می‌باشد. بیش از ۱/۲ میلیارد تن مواد سلولزی غیرچوبی قابل استحصال در جهان وجود دارد و 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 فرآورده‌های کاغذی قرار می‌گیرد که بیشتر از توان بالقوه تولید جنگل‌های شمال کشور (۱/۵ میلیون تن چوب در سال) است (ملایی و همکاران، ۱۳۸۹). حدود ۵ تا ۷ درصد کل تولید خمیرکاغذ و کاغذ جهان از گیاهان غیر چوبی می‌باشد. مواد خام بر پایه گیاهان غیرچوبی می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین پایدار و مؤثر برای کاهش منابع چوبی جنگلی بخصوص در کشورهای آسیایی به شمار بروند (Navaee- Ardeh, *et al*, 2005). هرچند الیاف حاصل از گیاهان غیرچوبی در مقایسه با چوب نقایصی دارند، اما کمبود الیاف چوبی، استفاده از گونه‌های غیرچوبی را برای تولید خمیر و کاغذ منطقی می‌سازد. کاه غلات بزرگترین منبع گونه‌های غیرچوبی برای صنعت کاغذ می‌باشند (Hosseinpour *et al.*, 2010). بیش از ۲۹۰۰ میلیون تن ضایعات کشاورزی در جهان سالیانه سوزانده می‌شود، که باعث از دست رفتن انرژی (Mah-e-Kamil *et al.*, 2009)، از بین رفتن مواد مغذی Fairhurst, (2002) و آلودگی محیط زیست می‌شود (Mah-e-Kamil *et al.*, 2009). کاه برنج، کاه گندم، باگاس و بامبو می‌توانند جایگزین مواد خام چوبی در صنعت کاغذ باشند (Huang *et al.*, 2007) که در این بین، کاه مهمترین ماده خام بخصوص در آسیا، آفریقا، اروپای شرقی و آمریکای لاتین می‌باشد (Hedjazi *et al.*, 2009). بیش از ٤٦ درصد کل خمیرکاغذ و کاغذ از منابع غیرچوبی با استفاده از کاه و کلش تولید می‌شود (مرادیان و همکاران، ۱۳۸۲). 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 کاغذ سازی در سال کافی است، اما سالانه فقط ٤/٥ میلیون تن خمیرکاغذ از کاه تولید می‌شود (Hedjazi *et al.*2009). سطح زیر کشت برنج در کشور، حدود ٦۰۰۰۰۰ هکتار می‌باشد که ۷۰ درصد آن در دو استان مازندران و گیلان واقع شده است. مقدار کاه و کلش قابل استحصال از این دو استان به طور متوسط حدود ۱۰۰۰۰۰۰ تن می‌باشد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸٦).

فرایندهای سودا و سودای اصلاح شده برای ساخت خمیرکاغذ شیمیایی از کاه و غیرچوبی‌ها مناسب هستند. بدلیل بازده کمتر و نیز مشکلات زیست محیطی فرایندهای شیمیایی تولید خمیرکاغذ، امروزه صنایع خمیر و کاغذ سعی در بهبود فرایندهای مذکور داشته و یا به فرایندهای مکانیکی روی آورده‌اند (رسولی گرمارودی و همکاران، ۱۳۸٦)، فرایندهای شیمیایی- مکانیکی به دلیل بازده بالاتر، مصرف مواد شیمیایی کمتر و آلودگی زیست محیطی کمتر برتر از فرایندهای شیمیایی هستند (مرادیان و همکاران، ۱۳۸۲). خمیرکاغذهای شیمیایی- مکانیکی از طریق عمل‌آوری ملایم شیمیایی و به دنبال آن، پالایش تولید می‌شوند (اسموک، ۱۳۸۲). ازاین‌رو، مقدار اندکی از لیگنین و همی‌سلولزها خارج می‌شوند (حمصی و

همکاران، ۱۳۸۵). 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. ازاین‌رو، در فرایندهای رایج خمیرکاغذسازی شیمیایی- مکانیکی که از مواد شیمیایی بر پایه سدیم استفاده می‌شود، مایع مصرف شده بعد از عمل‌آوری شیمیایی مواد خام باید به محیط زیست رها شوند. البته سدیم موجود در مایع پخت سبب بروز مشکل در نفوذپذیری خاک می‌شود. بنابراین می‌توان به جای ترکیبات سدیمی در مایع پخت از ترکیبات پتاسیمی استفاده کرد. در میان موادشیمیایی مورد استفاده در پخت، خمیرشیمیایی حاصل از ضایعات کشاورزی بر پایه پتاسیم، روش جدیدی برای مصرف لیکور سیاه حاصل از خمیر، بر اساس روش اقتصادی و ایمنی عرضه می‌کند، چون لیکور پخت، حاوی مواد مغذی غنی مثل پتاسیم و لیگنین می‌باشد، بنابراین پساب حاصل از پخت می‌تواند برای حاصلخیزی خاک مورد استفاده قرار گیرد، همچنین خمیرسازی بر پایه پتاسیم، قابلیت لیگنین‌زدایی مؤثرتری نسبت به خمیرسازی سنتی بر پایه سدیم دارد (Qi- Pei *et al.*, 2006). هدف از این تحقیق مقایسه خواص مکانیکی و نوری کاغذهای حاصل از فرایندهای شیمیایی- مکانیکی بر پایه سدیم و پتاسیم بود.

Huang و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که مایع سیاه فرایند سازگار با محیط زیست هیدروکسید آمونیوم- هیدروکسید پتاسیم- آنتراکینون حاصل از پخت باگاس حاوی مواد مغذی مانند نیتروژن، پتاسیم و لیگنین آمونیاک‌دار است که می‌تواند به‌عنوان کود برای فراورده‌های کشاورزی بکار رود. Qi-Pei و همکاران (۲۰۰٦) نیز وجود مواد مغذی مانند پتاسیم و لیگنین حاوی پتاسیم در مایع سیاه حاصل از پخت کاه گندم با فرایند هیدروکسید پتاسیم- سولفیت پتاسیم- آنتراکینون را گزارش کردند.

مواد و روشها

تهیه خمیرکاغذ

کاه برنج (طارم هاشمی) مورد استفاده در این تحقیق از روستای نجم آباد واقع در ۷ کیلومتری شهرستان آمل تهیه گردید. به‌منظور انجام پخت آزمایشگاهی ساقه کاه به ابعاد ۵-۳ سانتی‌متر بریده شد و بعد از خشک شدن به منظور جلوگیری از تبادل رطوبت در داخل کیسه‌های نایلونی قرار داده شدند. به منظور تهیه خمیر کاغذ در فرایندهای بر پایه پتاسیم از مخلوط هیدروکسید پتاسیم و سولفیت پتاسیم و در فرایندهای بر پایه سدیم از مخلوط هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم در آب مقطر استفاده گردید. شرایط عمل‌آوری شیمیایی در فرایند خمیرسازی بر پایه پتاسیم شامل سولفیت پتاسیم ٦، ۸، ۱۰و ۱۲ درصد، هیدروکسید پتاسیم ۳، ٤، ٥، ٦، ۸ و ۱۲ درصد نسبت به جرم خشک کاه برنج، زمان اشباع ۳۰ دقیقه، نسبت مایع پخت به جرم خشک کاه ۷ به ۱، زمان پخت ۳۰ و ٦۰ دقیقه و دمای پخت ۱۳۰،۱٥۰،۱٦۰،۱٦٥و ۱۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در فرایندهای بر پایه سدیم شامل سولفیت سدیم ٦ و ۸ درصد، هیدروکسید سدیم ۳ و٤ درصد نسبت به جرم خشک کاه برنج، زمان اشباع ۳۰ دقیقه، نسبت مایع پخت به جرم خشک کاه ۷ به ۱، زمان پخت ۳۰ دقیقه و دمای پخت ۱۳۰ و ۱٥۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. به منظور عمل‌آوری شیمیایی از دیگ پخت آزمایشگاهی دو محفظه‌ای دو لیتری استفاده شد.

بعد از عمل‌آوری، بازده پخت با روش توزین محاسبه گردید و بعد ذرات کاه عمل‌آوری شده با استفاده از دفیبراتور آزمایشگاهی تک صفحه‌ای چرخشی جداسازی شدند. سپس نمونه‌ها با استفاده از الک ۲۰ و ۲۰۰ شستشو داده شدند. ذرات باقیمانده بر روی الک ۲۰ به‌عنوان وازده و ذرات باقیمانده بر روی الک ۲۰۰ به‌عنوان خمیرکاغذ مورد قبول تعیین گردیدند. مقدار وازده و بازده خمیرکاغذ با روش توزین محاسبه شدند.

تهیه کاغذ دست‌ساز

برای تعیین درجه‌روانی خمیر کاغذ از استاندارد T227om-94آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. خمیرکاغذها به منظور دستیابی به درجه‌روانی حدود ۲۵± ۳۰۰ میلی‌لیتر (استاندارد کانادایی) بر اساس استانداردCPPAC.7 پالایش شدند. پس از پالایش، کاغذهای دست‌ساز با جرم پایه ۶۰ gr/m^2 بر اساس استاندارد T205om-88 تهیه و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذهای حاصل طبق استانداردهای ISO بشرح زیر انجام شد.

جرم پایه: ISO-۵۳۶

خواص کششی: ISO-۱۹۲٤-۲

مقاومت در برابر پاره شدن: ISO-۱۹۷٤

ضخامت کاغذ: ISO-۵۳٤

مقاومت در برابر ترکیدن: ISO-۲۷۵۸

ویژگی‌های نوری: ISO-۲٤۷۰

تحلیل آماری ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. به‌منظور تعیین معنی‌داری اثر تیمارهای مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

جدول‌های ۱ و ۲ میزان بازده کل، وازده و بازده بعد از الک فرایندهای بر پایه پتاسیم و سدیم را نشان می‌دهند و جدول ۳ ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذهای ساخته شده با فرایند شیمیایی- مکانیکی بر پایه پتاسیم را در مقایسه با فرایند بر پایه سدیم نشان می‌دهد.

جدول۱- بازده کل، وازده و بازده بعد از الک فرایندهای بر پایه پتاسیم

کد پخت	زمان پخت (min)	دمای پخت (°C)	غلظت مواد شیمیایی (٪)		بازده پخت (٪)	وازده (٪)	بازده بعد از الک (٪)
			K_2SO_3	KOH			
A	۳۰	۱۳۰	۸	٤	۸۵/۱۲	٤۰/۹	٤٤/۲۲
B	۳۰	۱۵۰	۸	٤	۸۰/٦۲	۳۷/۱٤	٤۳/٤۸
C	۳۰	۱۷۰	۸	٤	۵۸/۲۷	۷/۹۲	۵۰/۳۵
D	٦۰	۱۳۰	۸	٤	۸۲/۱۱	۳۸/۱۷	٤۳/۹٤
E	٦۰	۱۵۰	۸	٤	۷۵/۱۵	۳۵/۵	۳۹/٦۵
F	٦۰	۱۷۰	۸	٤	۵۰/٤۸	۰/۵	٤۹/۹۸
G	۳۰	۱۳۰	٦	۳	۸۸/۱	۷۸	۱۰/۱
H	۳۰	۱۵۰	٦	۳	۸۵/۱۹	٦۰/۹	۲٤/۲۹
I	۳۰	۱۷۰	٦	۳	۷٦/٤۹	۳٤/۵٤	٤۱/۹۵
J	٦۰	۱۳۰	٦	۳	۸٤/٤۲	۷۵/۲۳	۹/۱۹
K	٦۰	۱۵۰	٦	۳	۸۲/۵۲	۵۱/۹٦	۳۰/۵٦
L	٦۰	۱۷۰	٦	۳	٦٦/۵۲	۱۷/۵	٤۹/۰۲
M	۳۰	۱۳۰	۸	٦	۸۳/۱۹	--------	--------
N	۳۰	۱۳۰	۸	۸	۷۵/۳۳	--------	--------
O	۳۰	۱۵۰	۱۰	۵	۷۷/۸۹	--------	--------
P	٦۰	۱۳۰	۸	٦	۸۰/۱۹	--------	--------
Q	٦۰	۱۳۰	۸	۸	۷٤/۷٦	--------	--------
R	٦۰	۱۵۰	۱۲	٦	۷۵/۱۱	٤۰	۳۵/۱۱
S	۳۰	۱۵۰	٦	۸	۸۰/۹	٤۹/۸٦	۳۱/۰٤
T	۳۰	۱۵۰	۸	۱۲	٦۹/۱۸	۱۲/۰۲	۵۷/۱٦
U	۳۰	۱٦۵	۸	۱۲	٦۳/٤۱	۸/۵	۵٤/۹۱
V	۳۰	۱٦۰	۸	۱۲	٦۵/۱۹	٤/۲۲	٦۰/۹۷

جدول ۲ – بازده، وازده و بازده بعد از الک خمیرکاغذهای بر پایه سدیم

کد پخت	زمان پخت (min)	دمای پخت (°C)	غلظت مواد شیمیایی (٪)		بازده پخت (٪)	وازده (٪)	بازده بعداز الک (٪)
			Na_2SO_3	NaOH			
W	۳۰	۱۳۰	۸	٤	۸٤/۵۲	۱۰/۳۵	۷٤/۱۷
X	۳۰	۱۳۰	٦	۳	۸۷/۵۲	۲۱/۷٤	٦۵/۷۸
Y	۳۰	۱۵۰	۸	٤	٦۹/۷۵	۳/٦۸	٦٦/۰۷
Z	۳۰	۱۵۰	٦	۳	۷۳/۹٦	۱۵/٤۵	۵۸/۵۱

جدول ۳- نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و نوری خمیرکاغذ

ویژگی	V (پتاسیم)	Y (سدیم)
دانسیته ظاهری (g/cm^3)	۰/٤٥	۰/٤٦
شاخص مقاومت در برابر ترکیدن ($Kpam^2/g$)	۳/۷	۳/۰۲
شاخص مقاومت در برابر پاره شدن(mNm^2/g)	۱/۳۵	۱/۵۷
شاخص مقاومت در برابر کشش(Nm/g)	٤۷/۹۵	٤۸/۰۱
طول پاره شدن (km)	٤/۸۹	٤/۸۹
درجه روشنی (٪)	٤۵/۷۷	۳۸/۵٦
ضریب جذب نور (m^2/g)	٦/۰۳	۸/٤۹
ضریب پخش نور (m^2/g)	٤۸/٦۷	٤۱/۷۵

جدول٤- مقایسه کاه برنج با دیگر گیاهان غیرچوبی

منبع	وازده (٪)	بازده پخت (٪)	NaOH (%)	Na_2SO_3 (%)	گونه غیرچوبی
تحقیق حاضر	۳/٦۸	٦۹/۷۵	٤	۸	کاه برنج
Hoseinpour *et al.*,(2010)	۵/۹	٦۸/۹	٤	۸	کلزا[1]
Ebrahimpour et al., (2011)	------	٦۹/۷۵	------	۲۰	کلزا[2]
Peng and Simonson (1992)	------	۷۲	۵/۸	–	باگاس[3]
(۱۳۸۳) کامرانی و همکاران	------	۷۹/۸۲	۱۰	------	کاه گندم[4]
Petit-Conil *et al.*, (2001)	۲/۱	۷۱	۵/٤	------	کاه گندم[5]

۱- تیمار شیمیایی در دمای ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۳ min
۲- تیمار در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵۰ min
۳- تیمار شیمیایی در دمای اتاق به مدت ۱۰ min
٤- تیمار شیمیایی در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت٤۰ min
۵- تیمار شیمیایی در دمای ۱۱۰-۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٦۰ min

بحث

ویژگی‌های خمیرکاغذ

جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش دما و زمان پخت، بازده خمیرکاغذ کاهش می‌یابد و از میزان وازده کاسته می‌شود. علت کاهش بازده خمیرکاغذ را می‌توان به انحلال بیشتر لیگنین و کربوهیدرات‌ها در دمای پخت بالاتر و زمان پخت طولانی‌تر نسبت داد. بیشترین بازده بعد از الک در شرایط پخت زمان ۳۰ دقیقه، دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد، هیدروکسید پتاسیم ۱۲درصد و سولفیت پتاسیم ۸ درصد و کمترین بازده بعد از الک در شرایط

پخت زمان ۳۰ دقیقه، دمای ۱۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، هیدروکسید پتاسیم ۳ درصد و سولفیت پتاسیم ٦ درصد بدست آمد. با افزایش مصرف مواد شیمیایی، بازده پخت و وازده کاهش می‌یابد. بازده نسبتاً کم گیاهان غیر چوبی در مقایسه با گیاهان چوبی می‌تواند ناشی از لیگنین، α- سلولز و هولوسلولز کمتر آنها باشد (Hosseinpour و همکاران، ۲۰۱۰).

Qi-Pei و همکاران (۲۰۰٦)، با مقایسه فرایندهای هیدروکسید پتاسیم-آنتراکینون، هیدروکسید سدیم- آنتراکینون و هیدروکسید پتاسیم- سولفیت پتاسیم- آنتراکینون بر روی کاه گندم نشان دادند که بازده خمیرکاغذهای هیدروکسید پتاسیم-آنتراکینون بیشتر از هیدروکسید سدیم- آنتراکینون می‌باشد. محققان فوق علت این پدیده را کارایی لیگنین‌زدایی بیشتر خمیرکاغذسازی بر پایه پتاسیم نسبت به خمیرکاغذسازی بر پایه سدیم نسبت دادند.

با توجه به بازده و وازده تیمار V به‌عنوان تیمار بهینه فرایندهای بر پایه پتاسیم و تیمار Y به‌عنوان تیمار بهینه فرایندهای بر پایه سدیم انتخاب شدند. مقایسه ویژگی‌های خمیرکاغذهای تیمارهای منتخب نشان می‌دهد که به منظور دستیابی به بازده مشابه، در فرایند بر پایه پتاسیم به مواد شیمیایی بیشتری نیاز می‌باشد. Qi-Pei و همکاران (۲۰۰٦) نیز در شرایط یکسان، با مصرف مواد شیمیایی بیشتر فرایندهای بر پایه پتاسیم به بازده تقریبا مشابه با فرایندهای بر پایه سدیم دست یافتند.

جدول ٤ بازده تولید خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی بر پایه سدیم حاصل از کاه برنج مورد مطالعه در این تحقیق را در شرایط بهینه در مقایسه با سایر گیاهان غیر چوبی نشان می‌دهد.

جدول ٤ نشان می‌دهد که در مقایسه با کلزا، خمیرکاغذ CMP حاصل از کاه برنج دارای بازده بیشتر و وازده کمتر می‌باشد.

ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز

دانسیته ظاهری

میانگین دانسیته ظاهری کاغذهای بر پایه سدیم و پتاسیم در حالت پالایش شده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد را نشان ندادند.

ویژگی‌های مکانیکی کاغذ

شاخص مقاومت در برابر ترکیدن

میانگین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای ساخته شده با فرایند بر پایه پتاسیم به طور معنی‌داری بیشتر از کاغذهای ساخته شده با فرایند بر پایه سدیم است. یکی از عوامل مؤثر بر مقاومت به ترکیدن پیوند بین الیاف می‌باشد، بنابراین با توجه به اینکه در فرایندهای بر پایه پتاسیم لیگنین‌زدایی بیشتری نسبت به فرایندهای بر پایه سدیم صورت می‌گیرد، پیوند بین لیفی بیشتری نیز بین الیاف تشکیل شده و در نهایت مقاومت به ترکیدن نیز افزایش می‌یابد.

Qi-Pei و همکاران (۲۰۰٦) با مقایسه فرایندهای هیدروکسید پتاسیم-آنتراکینون و هیدروکسید سدیم- آنتراکینون بر روی کاه گندم نشان دادند که شاخص مقاومت در برابر ترکیدن فرایندهای بر پایه پتاسیم بیشتر از فرایندهای بر پایه سدیم است. البته مقدار میانگین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم ۳/۷ $Kpam^2/g$ و سدیم ۳/۰۲ $Kpam^2/g$ اندازه-گیری شد.

شاخص مقاومت در برابر پاره شدن

مقادیر میانگین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای حاصل از فرایند بر پایه سدیم بیشتر از فرایند بر پایه پتاسیم بوده است و در سطح اعتماد ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. مقاومت کاغذ در برابر پاره شدن، بیشتر وابسته به دو عامل اصلی اتصال بین الیاف و مقاومت ذاتی الیاف می‌باشد. اتصال بین الیاف، وابسته به سطح تماس الیاف در کاغذ و ترکیبات موجود در خمیرکاغذ است، اما مقاومت ذاتی الیاف، مقاومت یک فیبر به تنهایی است و با توجه به نوع ماده اولیه مصرفی متفاوت می‌باشد (خورشیدی، ۱۳۸۹). بنابراین با توجه به اینکه در فرایندهای بر پایه سدیم، بدلیل مصرف کمتر مواد شیمیایی، لیگنین زدایی کمتری صورت می‌گیرد، مقاومت ذاتی الیاف بیشتر و در نتیجه مقاومت به پاره شدن بیشتری نیز خواهیم داشت. مقدار میانگین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم ۱/۳۵ mNm^2/g و سدیم ۱/۵۷ mNm^2/g اندازه‌گیری شد که از مقدار گزارش شده به وسیله کامرانی و همکاران (۱۳۸۹) برای کاه گندم (٤/۰۷ mNm^2/g)، Hosseinpour و همکاران (۲۰۱۰) برای کلزا (تقریبا ۵-۳ mNm^2/g) و فخریان و همکاران (۱۳۸٦) برای ذرت دانه‌ای(mNm^2/g ٤/۳۹۲-٤/۱٦٦) کمتر می‌باشد.

خواص کششی کاغذ

مقادیر شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای حاصل از دو فرایند مورد مطالعه در این تحقیق تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. مقدار میانگین شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم ٤۷/۹۵ Nm /g و سدیم ٤۸/۰۱ Nm /g اندازه‌گیری شد که از مقدار گزارش شده به وسیله Hosseinpour و همکاران (۲۰۱۰) برای کلزا (۲۰ Nm /g-۱٦) بیشتر است.

مقادیر میانگین طول پاره شدن برای هر دو فرایند بر پایه سدیم و پتاسیم مشابه (٤/۸۹km) بوده است که از مقدار گزارش شده به وسیله کامرانی و همکاران (۱۳۸۹) برای کاه گندم (۳/٦۷۵km) و مقدار گزارش شده برای ذرت دانه‌ای (٤/۱٤km-٤/۰۲) بیشتر است.

ویژگی‌های نوری کاغذ

درجه‌ی روشنی

جدول ۳ نشان می‌دهد که درجه‌ی روشنی کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم بیشتر از فرایند بر پایه سدیم می‌باشد و تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری را نشان داد. البته در فرایندهای بر پایه پتاسیم دمای پخت و مصرف مواد شیمیایی بیشتر از فرایند بر پایه سدیم بوده است. از این‌رو، بالاتر بودن درجه‌ی روشنی کاغذهای حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم می‌تواند ناشی از لیگنین‌زدایی بیشتر باشد.

مقدار میانگین درجه‌ی روشنی کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم و سدیم به‌ترتیب٤۵/۷۷ و ۳۸/۵٦ درصد محاسبه گردید. مقدار درجه‌ی روشنی کاه برنج در هر دو فرایند از مقدار گزارش شده به وسیله کامرانی و همکاران (۱۳۸۹) برای کاه گندم (۲٦/٦۱ درصد) بیشتراست و در مقایسه با مقدار گزارش شده به وسیله Hosseinpour و همکاران (۲۰۱۰) مقدار درجه‌ی روشنی کاه برنج (فرایند بر پایه سدیم) از مقدار گزارش شده برای کلزا (۳۹/۵ درصد) کمتر و از مقدار گزارش شده برای باگاس

(۳۸/۳ درصد) بیشتر است و درجه‌ی روشنی کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم از کلزا و باگاس بیشتر است.

ضریب جذب نور

مقدار میانگین ضریب جذب نور کاغذهای بر پایه سدیم و پتاسیم به‌ترتیب ۸/۴۹ و ۶/۰۳ متر مربع بر گرم بدست آمد. با توجه به لیگنین‌زدایی کمتر خمیرکاغذهای بر پایه سدیم نسبت به پتاسیم امکان جذب نور بیشتر توسط کاغذهای بر پایه سدیم وجود دارد. البته با توجه به رابطه معکوس بین درجه روشنی و ضریب جذب نور، بیشتر بودن ضریب جذب نور کاغذ بر پایه سدیم منطقی است.

ضریب پخش نور

مقدار میانگین ضریب پخش نور کاغذهای بر پایه سدیم و پتاسیم به‌ترتیب ۴۱/۷۵ m^2/g و ۴۸/۶۷ بدست آمد. ضریب پخش نور با درجه روشنی رابطه مستقیم و با ضریب جذب نور رابطه عکس دارد. ازاین‌رو، کاغذهای حاصل از فرایندهای بر پایه سدیم ضریب پخش نور کمتری دارند.

نتیجه‌گیری

بررسی ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای حاصل نشان داد که مقادیر شاخص مقاومت در برابر کشش، طول پاره شدن و دانسیته ظاهری کاغذهای حاصل از فرایندهای بر پایه سدیم و پتاسیم مشابه بوده است. البته شاخص مقاومت در برابر ترکیدن در کاغذ حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم بیشتر از سدیم و شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در کاغذ حاصل از فرایند بر پایه سدیم بیشتر بوده است. نتایج ویژگی‌های نوری کاغذها نشان داد که ضریب جذب نور کاغذهای حاصل از فرایند بر پایه سدیم بیشتر است، ولی درجه‌ی روشنی و ضریب پخش نور کاغذهای حاصل از فرایند بر پایه پتاسیم بیشتر است.

منابع مورد استفاده

- اسکات، و.، ۱۳۸٤. مبانی ویژگی های کاغذ. الیاس افرا(مترجم). انتشارات آییژ، تهران، ۳۳۸ صفحه.
- اسموک،گ.، ۱۳۸۲. فن آوری خمیر وکاغذ. سید احمد میر شکرایی(مترجم). انتشارات آییژ، تهران، ۵۰۱ صفحه.
- حبیبی، م.ر.، حسینخانی، ح. و مهدوی، س.، ۱۳۸٦. بررسی اثر زمان پرس و مقدار رزین بر ویژگی های تخته فیبر نیمه سنگین(MDF) ساخته شده از کلش برنج. دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۲(۱) : ٦۱-۵۱.
- حمصی، ا. ه.، پیروز، م.م. و میرشکرایی، س.ا.، ۱۳۸۵. بررسی ویژگی های خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره(٤).
- خورشیدی، س.، ۱۳۸۹. تولید خمیر کاغذ و کاغذ از کاه برنج با روش های سازگار با محیط زیست KOH و NH_4OH-KOH. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهیدبهشتی، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری های نوین.
- رسولی گرمارودی، ا.، رسالتی، ح. و مهدوی فیض آبادی، س.، ۱۳۸٦. تأثیر ترکیب ماده اولیه چوبی بر روی ویژگی‌های خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی برای ساخت کاغذ روزنامه. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷٦.
- فخریان، ع.، گلبابائی، ف.، حسین خانی، ح. و صالحی،ک.، ۱۳۸٦. بررسی تولید خمیرکاغذ از ذرت دانه ای با روش های CMP و APMP . دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۲(۲):۱٦۷-۱۵۵.
- کامرانی، س.، سرائیان، ا.ر. و اکبرپور، ا.، ۱۳۸۹. مطالعه ویژگی های خمیر کاغذ CMP و APMP کاه گندم در استان گلستان. دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۵(۱):٤۷-۳۲

- مرادیـان، م.ه.، لتیبـاری، ا.ج.، رسـالتی، ح. و فخریـان، ع.، ۱۳۸۲. بررسی تولید خمیر کاغذCMP ازکاه گندم. مجله منـابع طبیعـی ایران، ٥٦(٤).

- ملایی، م.، عنایتی، ع.ا.، همزه، ی.و روستایی، م.، ۱۳۸۹. تهیه خمیر کاغذ سودای رنگبـری شـده از سـاقه کلـزا. دو فصـلنامه علمـی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۵(۱):۹۰-۸۰ .

-Dobermann,A. and Fairhurst, T.H., 2002.Rice straw management. Better Crops International,16: 7-11.

-Ebrahimpour Kasmani,J., Samariha. A. and Nemati, Mohammad.,2011. Studying The Optical Properties of Newsprint Produced from Canola Pulp trough Chemimechanical Pulping. World Applied Science Journal, 14(6): 850-852.

-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 and Products, 29(1) :27-36.

-Hosseinpour, R., Fatehi, P., Latibari, A.J., Ni, Y. and Sepiddehdam, J., 2010. Canola Straw Chemimechanical pulping for pulp and paper production . Bioresource Technology, 101(11): 4193-4197.

-Huang, G., X.Shi, J. and A.G.Langrish, T., 2008. Environmentally friendly Bagasse pulping with NH_4OH-KOH-AQ. Journal of Cleaner Production, 16(12):1287 – 1293.

-Mah-e-Kamil, Mahmood, S., Sahibzada, R.A. and Zahoor, H.R., 2009. Pulping of Wheat Straw using Sulfite Process: an experimental study. Journal of Faculty of Engineering & Technology.16(1).

-Navaee-Ardeh,S and Fatehi, P., 2005.Influence of Rice straw cooking Condition on pulp properties in the Soda Aqueous Ethanol pulping. Proceedings of the 2005 International Conference on Simulation and Modeling.

-Qi-pei,J., Xiao-yong, Z., Hai-tao, M. and Zuo-hu, L., 2006. Cleaner Production of Wheat straw Pulp with Potash .chem. biochem.eng , 20(1):107-110.

Comparative analysis of paper properties from rice straw with sodium and potassium based chemimechanical pulping processes

Ebrahimi, Z.[1], Kermania, H.[2], Ramazani, O.[3] and Zabihzadeh, S.M.[4*]

1- M.Sc., Department of Cellulose and Paper Engineering, Shahid Beheshti University, Savadkooh, Zirab, Iran
2- Assistant Professor, Department of Cellulose and Paper Engineering, Shahid Beheshti University, Savadkooh, Zirab, Iran
3- Assistant Professor Department of Cellulose and Paper Engineering, Shahid Beheshti University, Savadkooh, Zirab, Iran
3*- Corresponding Author, Associate Professor, Department of Wood and Paper Science, Sari University of Agriculture and Natural Resources Sciences, Sari, Iran, Email: majid_zabihzadeh@yahoo.com

Received: Nov., 2012 Accepted: May, 2013

Abstract

This research was carried out to compare the paper properties from rice straw applying sodium and potassium based Chemimechanical pulping processes. Cooking conditions in potassium based pulping were adjusted as; potassium sulfite 6, 8, 10 and 12%, potassium hydroxide 3, 4, 5, 6, 8 and 12% on oven dry weight of rice straw, impregnation time; 30 minutes, liquid to rice straw ratio of 7:1, cooking time 30 and 60 minutes and cooking temperature 130, 150, 160, 165 and 170 ^{o}C. In sodium- based pulping, cooking conditions were selected as; sodium sulfite 6 and 8%, sodium hydroxide 3 and 4 % on oven dry weight of rice straw, impregnation time 30 minutes, liquid to rice straw ratio of 7:1, cooking time 30 minutes and cooking temperature 130 and 150 ^{o}C. The selected treatment in potassium based pulping showed the average total yield of 65.19 and reject of 4.22% and in sodium based pulping showed the average total yield of 69.75 and reject percent of 3.68. After refining the selected pulp to reach the freeness of 300±25 ml CSF, 60 g/m^2 hand sheets were made and physical, mechanical and optical properties were measured. Results showed that the tensile strength index, breaking length and apparent density of paper made from potassium based process was similar to paper made from sodium based process. The papers made from potassium based process had higher burst strength index and brightness compared to sodium based process and papers made from sodium based process had higher tear index and higher K/S values than potassium based paper.

Key words: Chemimechanical pulping, potassium, sodium, rice straw.