

بررسی تاثیر زمان و دمای فراوری شیمیایی (پخت) بر ویژگی‌های خمیر کاغذ CMP از ساقه کلزا

رضا حسین پور^۱، احمد جهان لتیباری^{۲*}، آژنگ تاجدینی^۳
سید محمد جواد سپیده دم^۴، محمد علی حسین^۵

^۱ دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

^۲ دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

^۳ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

چکیده

ساخت خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از پسماند کلزا با هدف بررسی تاثیر زمان و دمای مرحله فراوری شیمیایی بر کیفیت خمیر کاغذ از ساقه کلزا انجام گرفته است. متغیرهای فراوری شیمیایی شامل دو دمای ۱۲۵ و ۱۴۵ درجه سلسیوس و سه زمان ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه و با مصرف ۴٪ هیدروکسید سدیم و ۸٪ سولفیت سدیم در یک محفظه پخت تحت فشار انجام گرفت. بازده قابل قبول بین کمینه ۵۳/۸٪ تا بیشینه ۶۳٪ بود و بازده کل بین ۵۷/۶٪ تا ۶۸/۹٪ تعیین شد. میزان لیگنین باقی مانده در خمیر کاغذ با بازده کمتر معادل ۱۹٪ و برای بازده زیادتر برابر با ۲۰/۴٪ بود. هولوسولولز خمیر کاغذ نیز بین ۷۲/۵٪ تا ۷۴٪ و درجه روانی اولیه بین ۵۲۰ تا ۵۹۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی اندازه گیری شده است، که پس از ۵۰۰ دور پالایش در پالایشگر PFI به حدود ۳۰۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی رسید. طبقه بندی الیاف خمیر کاغذ پالایش نشده با استفاده از غربال های بوئر - مکت انجام شد. میانگین طول الیاف بین ۰/۶ تا ۰/۷ میلی متر بود و میزان نرمه های عبور کرده از غربال ۱۰۰ مش بین ۹ تا ۱۰/۴٪ اندازه گیری شد. شاخص مقاومت در برابر کشش خمیر کاغذ پالایش نشده بین ۱۵/۴۷ تا ۲۶/۱۴ N.m/g اندازه گیری شده که پس از پالایش به ۱۹/۷۴ تا ۳۵/۱۹ N.m/g افزایش یافت. شاخص مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذهای پالایش نشده بین ۲/۹۱ تا ۴/۳۴ m.Nm^۲/g متغیر بوده که پس از پالایش به ۳/۲۱ تا ۴/۶۸ m.Nm^۲/g افزایش یافته است. شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذهای پالایش نشده کمتر از یک kPa.m^۲/g بوده است که پس از پالایش به بیشینه ۱۷۰ kPa.m^۲/g افزایش یافت.

واژه های کلیدی: کلزا، خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی، بازده، میانگین طول الیاف، ویژگی مقاومتی

مقدمه

در اواسط دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی، هنگامی که بحث توسعه و گسترش شبکه های بین المللی اطلاع رسانی به مرحله اجرا در آمد، به دلیل استقبال عمومی از چنین سامانه‌ای، اندیشمندان چنین استنباط کردند که گسترش این سامانه به کم شدن مصرف کاغذ و محصولات کاغذی می انجامد. این تفکر به اغلب کشورهای جهان رسوخ کرد و کشورهایی که مواجه با محدودیت منابع تولید کاغذ بودند آن را راه حلی در رفع مشکل تامین کاغذ دانستند و حتی در مواردی مانع از گسترش صنعت کاغذ سازی ملی شدند. با این وجود نه تنها چنین پدیده ای رخ نداد، بلکه تولید کاغذ و محصولات کاغذی با افزایش قابل ملاحظه ای مواجه شد. به ناچار آن گروه از کشورهایی که با محدودیت توان تولید کاغذ مواجه هستند، در راستای استقرار تولید داخلی و ملی استفاده از ماده اولیه داخلی را مورد نظر قرار دادند. البته در اوایل هزاره سوم، این تفکر منحصر به کشورهای مواجه با منابع محدود چوبی نبوده و کشورهای که به طور سنتی از چوب جهت تولید کاغذ استفاده می کنند نیز به نگرشی همانند، ولی محدود رسیده اند (مکین و ژاکوبز^۱) [۱۷]. لذا پیش بینی می شود که تولید خمیر کاغذ از منابع غیرچوبی به عنوان جایگزین خمیر کاغذ از چوب گسترش یابد. بدین جهت توجه رو به گسترشی در پژوهش های مرتبط با خمیر کاغذ سازی از منابع غیرچوبی به ویژه در کشورهای مواجه با محدودیت منابع چوبی (با هدف گسترش صنعت کاغذ سازی ملی و تامین نیازها) و در کشورهای صنعتی (با هدف گسترش و فناوری ماشین ها) وجود دارد.

سرایان [۹]، کاه گندم خراسان را به عنوان ماده اولیه ساخت خمیر کاغذ مکانیکی پراکسید قلیایی ارزیابی کرده اند و عنوان می کند که بیشترین بازده خمیر کاغذ ۷۲/۳۶٪ و کمترین آن ۶۱/۲۵٪ است. سفیدگران [۸] تولید خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ و مقایسه آن با خمیر کاغذ سودا از کلش برنج، مرادیان و همکاران [۱۳] ساخت خمیر کاغذ CMP از کاه گندم، فخریان و همکاران [۱۰] ویژگی های خمیر کاغذ CMP و APMP از ساقه ذرت، جهان لیبیری و همکاران [۲]،

ساخت خمیر کاغذ NSSC از کاه گندم، حجازی و همکاران [۴]، ساخت خمیر کاغذ از کاه گندم، حمصی و همکاران [۵و۶]، احمدی و همکاران [۱]، ساخت خمیر کاغذ NSSC از ساقه کلزا، مظهری موسوی و همکاران [۱۱]، ساخت خمیر کاغذ سودا- آنتراکینون از ساقه کلزا، درویش قدیما و همکاران [۷]، ساخت خمیر کاغذ پربازده از ساقه بدون مغز ذرت و ملایی و همکاران [۱۲]، ساخت خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا را بررسی کرده اند.

با وجودی که پژوهش های به نسبت قابل توجهی در تعیین ویژگی های خمیر کاغذ از الیاف غیرچوبی و چندین تحقیق نیز در تولید خمیر کاغذ شیمیایی یا نیمه شیمیایی از ساقه کلزا انجام گرفته است، ولی این پژوهش در شرایط فراوری شدید شیمیایی (پخت) انجام گرفته و بازده کم بوده است. لذا با توجه به ضرورت تولید خمیر کاغذ با بازده زیادتر و ویژگی های مناسب؛ که بتوان از میزان معینی ماده اولیه خمیر کاغذ بیشتری تولید کرد، تولید و ارزیابی ویژگی های خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ساقه کلزا، رقم هیولا از کشتزارهای کلزا در شهرستان رودبار، استان گیلان انتخاب شده است. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه خمیر کاغذ دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، برگ‌ها و ساقه‌های خیلی نازک حامل دانه روغنی از آن جدا شده و سپس ساقه‌ها به قطعه‌های به طول حدود ۳ سانتی‌متر بریده شدند. مغزگیری دستی انجام گرفته و خرده‌های بدون مغز در کیسه‌های پلی‌اتیلن بسته بندی شدند. ویژگی های شیمیایی ساقه، ریخت شناسی الیاف آن و اندازه خرده ها در جدول یک خلاصه شده است (حسین پور) [۳].

¹ McKean and Jacobs

جدول ۱- ویژگی های شیمیایی، ریخت شناسی الیاف ساقه کلزا، رقم هیولا ۴۰۱ مورد استفاده در این بررسی*

| مشخصات خرده ها از ساقه کلزا | | | ترکیب شیمیایی (%) | | الیاف | | |
|-----------------------------|-------|-------------------------------|-------------------|---|-------|------------|--------------------|
| واحد | مقدار | ویژگی | | | واحد | مقدار | ویژگی |
| mm | ۱۹/۳۱ | میانگین قطر | ۴۸/۵ | سلولز | mm | ۱/۳۱۹±۰/۵۲ | طول فیبر |
| mm | ۳۴/۳۵ | میانگین طول | ۷۷/۵ | هولوسلولز | µm | ۳۱±۷/۴ | پهنای فیبر |
| % | ۷/۵۱ | مقدار مغز | ۱۷ | پنتوزان | µm | ۱۹/۵±۶/۵ | قطر حفره سلولی |
| % | ۹۲/۴۹ | مقدار غلاف (ساقه بدون مغز) | ۲۰ | لیگنین | µm | ۵/۷۵ | ضخامت دیواره سلولی |
| | | | ۵۰/۳ | مواد استخراجی محلول در هیدروکسید سدیم ۱% | - | ۴۲/۵ | ضریب درهم رفتگی |
| | | | ۱۲/۱۶ | مواد استخراجی محلول در آب گرم | - | ۰/۶۳ | ضریب انعطاف پذیری |
| | | | ۱۳/۸ | مواد استخراجی محلول در آب سرد | - | ۰/۵۹ | ضریب رانکل |
| | | | ۵ | مواد استخراجی محلول در حلال الی | - | ۰/۱۸۵ | صلبیت دیواره |
| | | | ۶/۶ | خاکستر | | | |

* حسین پور [۳]

ساخت خمیر کاغذ

گرفت. سوسپانسیون الیاف بر روی یک سری دوتایی غربال مجهز به توری با اندازه سوراخ ۱۴ مش در بالا و غربال ۲۰۰ مش در زیر آن تخلیه شده و الیاف باقی مانده بر روی غربال ۱۴ مش به عنوان وازده و الیاف عبور کرده از غربال ۱۴ مش و باقی مانده بر روی غربال ۲۰۰ مش به عنوان خمیر کاغذ قابل قبول جمع آوری شدند. دو بخش از الیاف به طور جداگانه بسته بندی شدند و پس از تعیین رطوبت، بازده قابل قبول و وازده محاسبه شد. از الیاف قابل قبول برای بررسی ویژگی های، مقاومتی، طبقه بندی الیاف و تحلیل کیفی الیاف استفاده شد. تعیین ویژگی های الیاف و خمیر کاغذ برابر شیوه نامه آیین نامه تاپی^۲ به شرح زیر انجام گرفته است [۱۸]:

برای ساخت خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP)^۱ از ساقه کلزا استفاده شده است. مایع پخت با استفاده از هیدروکسید سدیم به میزان ۴٪، سولفیت سدیم به میزان ۸٪ و نسبت مایع به کلزا ۱:۷ (ثابت) تهیه شد. از سه زمان پخت؛ ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه و دو دمای پخت ۱۲۵ و ۱۴۵ درجه سلسیوس استفاده شده است و در هر پخت از ۱۰۰ گرم (پایه وزن خشک) ساقه بدون مغز کلزا استفاده شد. برای پخت ساقه کلزا از محفظه فولاد زنگ نزن تحت فشار استفاده شده و دمای پخت توسط دماسنج و ترموستات کنترل شده است. پس از پایان هر پخت، محتویات مخزن پخت بر روی غربال با اندازه سوراخ های ۲۰۰ مش تخلیه شده و میزان مایع پخت باقی مانده اندازه گیری شده است. حدود ۱۰۰ میلی لیتر از این مایع برای اندازه گیری هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم باقی مانده جدا شده و بقیه مایع همراه با خرده های پخته شده به درون سطل پلاستیکی انتقال یافت و پس از افزودن حدود ۴ لیتر آب جوش به آن، جداسازی الیاف در درصد خشکی کم با پالایشگر صفحه ای آزمایشگاهی با قطر صفحه ۲۵ سانتی متر در سه مرحله عبور انجام

^۲ TAPPI^۱ Chemi-mechanical pulp

شدیدتر پخت، بازده قابل قبول و بازده کل به ترتیب به $53/8\%$ و $57/6\%$ کاهش یافته است. اندازه گیری میزان مواد شیمیایی باقی مانده در مایع پخت مصرف شده نشان می دهد که تمام هیدروکسید سدیم تزریق شده مصرف شده و بین بیشینه $1/16\%$ (شرایط ملایم تر پخت)، تا حداقل $0/31\%$ (شرایط شدیدتر پخت) از مقدار سولفیت سدیم باقی مانده است. میزان لیگنین باقی مانده در خمیر کاغذها بین 19% تا $20/4\%$ و میزان هولوسولوز در آنها بین $72/5\%$ تا 74% اندازه گیری شده است. درجه روانی خمیر کاغذها کمینه 520 و بیشینه 590 میلی لیتر استاندارد کانادایی بوده است. تحلیل آماری نتایج نشان می دهد که تاثیر مستقل زمان پخت بر بازده قابل قبول، بازده کل و میزان لیگنین باقیمانده در سطح اعتماد 99% معنی دار است. ولی تاثیر این عامل بر میزان هولوسولوز خمیر کاغذ در سطح اعتماد 95% معنی دار بوده و تاثیر آن بر درجه روانی معنی دار نمی باشد. تاثیر دمای پخت بر بازده قابل قبول و بازده کل معنی دار نبوده ولی تاثیر آن بر درجه روانی در سطح اعتماد 95% و بر روی هولوسولوز و لیگنین خمیر کاغذ در سطح اعتماد 99% معنی دار شده است. تاثیر توام دو عامل مورد بررسی بر هیچ کدام از ویژگی های مورد بحث معنی دار نشده است.

| | |
|---|---|
| T 233 cm -06: | - طبقه بندی الیاف با استفاده از غربال های بوئر - مکت ^۱ |
| T 248 sp -08 : | - پالایش خمیر کاغذ |
| T 227 om -04: | - اندازه گیری درجه روانی |
| T 205 sp -06 : | - ساخت کاغذ دست ساز |
| T 414 om -04: | - مقاومت در برابر پاره شدن |
| T 403 om -02: | - مقاومت در برابر ترکیدن |
| T 494 om -06: | - مقاومت در برابر کشش |
| T 222 om -06: | - لیگنین باقی مانده در خمیر کاغذ |
| Useful method 245-75: | - هولوسولوز |
| - مواد شیمیایی باقی مانده در مایع پخت مصرف شده: دستورالعمل پیشنهادی انجمن انجمن ^۲ [۱۶] | |

تجزیه و تحلیل آماری

داده های این بررسی بر پایه آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و در صورت معنی دار بودن اختلافها، گروه بندی میانگینها با استفاده از روش دانکن انجام گرفته است. برای پردازش داده ها از نرم افزار SPSS^۳ استفاده شده است.

نتایج و بحث

با تغییر دو عامل زمان و دمای مرحله فراوری شیمیایی (پخت) و ثابت نگاه داشتن میزان مصرف هیدروکسید سدیم در میزان 4% و سولفیت سدیم در میزان 8% ، نسبت مایع پخت به ماده جامد $1:7$ ، از ساقه کلزای بدون مغز خمیر کاغذهای شیمیایی- مکانیکی ساخته شده و ویژگی های آن ها اندازه گیری شده است. از هر ترکیب شرایط پخت دو خمیر کاغذ تهیه شده است.

بازده، ترکیب شیمیایی و درجه روانی خمیر کاغذها در جدول ۲ خلاصه شده است. اندازه گیری بازده قابل قبول و بازده کل نشان می دهد که در شرایط ملایم تر پخت (۱۵ دقیقه و ۱۲۵ درجه سلسیوس)، بازده قابل قبول 63% و بازده کل $68/9\%$ است. در اثر اعمال شرایط

¹ Bauer - McNett

² Ingruber

³ Statistical Package for Social Sciences

جدول ۲- بازده و ترکیب شیمیایی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا

| درجه روانی ml (CSF) | هولوسولوز (%) | خاکستر (%) | لیگنین باقی مانده (%) | Na ₂ SO ₄ باقی مانده درمایع پخت* (%) | بازده خمیر کاغذ (%) | | | شرایط متغیر پخت | | کد خمیر کاغذ ^۱ |
|------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|--|---------------------|------|--------------|-----------------|------|------------------------------|
| | | | | | کل | وزده | قابل قبول | دما °C | زمان | |
| ۵۶۰ | ۷۲/۵ | ۳ | ۲۰/۴ | ۱/۱۶ | ۶۸/۹۵ | ۵/۹ | ۶۳ | ۱۲۵ | ۱۵ | P _۱ |
| ۵۴۰ | ۷۲/۹ | ۲ | ۲۰/۰ | ۰/۹۷ | ۶۶/۹۲ | ۲/۲۱ | ۶۴/۷ | ۱۲۵ | ۳۰ | P _۲ |
| ۵۲۰ | ۷۳/۳ | ۲ | ۱۹/۸ | ۰/۸۷ | ۵۷/۹۱ | ۳/۰۹ | ۵۴/۸۲ | ۱۲۵ | ۴۵ | P _۳ |
| ۵۹۰ | ۷۳/۸ | ۳ | ۱۹/۳ | ۰/۹۴ | ۶۴/۸۹ | ۴/۲۱ | ۶۰/۶۷ | ۱۴۵ | ۱۵ | P _۴ |
| ۵۷۵ | ۷۳/۵ | ۳ | ۱۹/۳ | ۰/۴۹ | ۶۳/۸۹ | ۲/۰۶ | ۶۱/۸۳ | ۱۴۵ | ۳۰ | P _۵ |
| ۵۶۰ | ۷۴ | ۲ | ۱۹/۰ | ۰/۳۱ | ۵۷/۵۷ | ۳/۷۹ | ۵۳/۷۷ | ۱۴۵ | ۴۵ | P _۶ |

شرایط ثابت پخت: نسبت L:W برابر ۷:۱، ۸% Na₂SO₄، ۴% NaOH در مایع پخت مصرف شده باقی نمانده است.

کاهش یافته است. بنابراین به دلیل حلالیت بالای ساقه کلزا در هیدروکسید سدیم یک درصد (۳/۵۰٪، جدول ۱)، و با توجه به این که تمام هیدروکسید سدیم تزریق شده به مصرف رسیده است، بازده به دست آمده قابل قبول است. همان طوری که از جدول ۲، مشخص است میزان لیگنین خمیر کاغذها بین ۱۹ تا ۲۰/۴ درصد و میزان هولوسولوز آن ها بین ۷۲/۵ تا ۷۳/۵٪ متغیر بوده است که این مورد نیز ناشی از حلالیت زیاد کربوهیدرات های با وزن مولکولی کم در محلول پخت و باقی ماندن لیگنین است.

طبقه بندی الیاف خمیر کاغذهای پالایش نشده و پالایش شده، با استفاده از غربال های بوئر- مکت، میانگین طول الیاف خمیر کاغذها بین ۰/۶ تا ۰/۷ میلی متر نشان می دهد که پس از پالایش (به جز خمیر کاغذ P_۳) تغییری در آن ایجاد نشده است (جدول ۳).

میزان الیاف ریز و نرمه های الیاف عبور کرده از غربال ۴۸ مش بین ۵۸/۶٪ تا ۶۱/۲٪ بوده است (P_{۴۸})، که در اثر پالایش حدود ۳-۵٪ افزایش یافته است. تحلیل آماری نتایج نشان می دهد که تاثیر مستقل دمای پخت بر میانگین طول الیاف خمیر کاغذ پالایش نشده در سطح اعتماد ۹۹٪ و پالایش شده در سطح اعتماد ۹۵٪ و بر روی بخش باقی مانده بر روی غربال ۱۰۰ مش (R100) در مورد خمیر کاغذهای پالایش نشده و پالایش شده در

اندازه گیری درجه روانی خمیر کاغذ (۵۲۰-۵۹۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی) نشان داد که این خمیر کاغذ آبدوست تر از خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه ذرت با درجه روانی ۷۳۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی بودند. در حالی که بازده هر دو خمیر کاغذ به کل همانند هستند (بازده خمیر کاغذ از ساقه ذرت حدود ۶۸/۷۰٪ اندازه گیری شده است) (درویش قدیما و همکاران) [۷]. فخریان و همکاران [۱۰]، بازده خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه ذرت را ۶۷/۳٪ گزارش کرده اند که درجه روانی این خمیر کاغذ پس از پالایش به ۳۵۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی رسیده است. بازده خمیر کاغذ NSSC از ساقه کلزا معادل ۸۳/۳٪ [۵] و از باگاس معادل ۷۴/۹۵٪ [۶] گزارش شده است. نکته قابل یادآوری در مورد خمیر کاغذ NSSC از ساقه کلزا این است که درجه روانی این خمیر کاغذ با اعمال حدود ۴۱۰۰ دور پالایش در پالایشگر PFI به ۴۲۵ میلی لیتر کاهش یافته است که نشان دهنده پالایش پذیری نامناسب آن است. در صورتی که در این بررسی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا با اعمال ۴٪ هیدروکسید سدیم، ۸٪ سولفیت سدیم، ۱۵ دقیقه فراوری شیمیایی در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس به آسانی پالایش شده و درجه روانی آن پس از ۵۰۰ دور پالایش از میزان اولیه ۵۶۰ میلی لیتر به ۳۰۵ میلی لیتر

این عامل بر میزان الیاف R100 خمیر کاغذ پالایش نشده و پالایش شده در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار شده است. ولی تاثیر مستقل آن بر دو بخش R14 و R28 معنی دار نبوده است. تاثیر متقابل دو عامل مورد بررسی تنها بر الیاف بخش R100 خمیر کاغذ پالایش نشده در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار شده است.

سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار شده است. تاثیر مستقل دمای پخت بر بخش R14 ، R28 و درجه روانی خمیر کاغذهای پالایش نشده و پالایش شده در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار بوده است. تاثیر مستقل زمان پخت بر میانگین طول الیاف خمیر کاغذ پالایش نشده در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار شده است که تاثیر این عامل پس از پالایش خمیر کاغذ معنی دار نمی باشد. تاثیر مستقل

جدول ۳- طبقه بندی بوئر- مکننت الیاف خمیر کاغذ CMP از ساقه کلزا

| خمیر کاغذ پالایش شده* | | | | | | | خمیر کاغذ پالایش نشده | | | | | | | کد خمیر کاغذ |
|-----------------------|--------------|--------------|---------------|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| R ۱۴ % | R ۲۸ % | R ۴۸ % | R ۱۰۰ % | R & P ۲۰۰ % | میانگین طول (mm) | درجه روانی ml (CSF) | R ۱۴ % | R ۲۸ % | R ۴۸ % | R ۱۰۰ % | R & P ۲۰۰ % | میانگین طول (mm) | درجه روانی ml (CSF) | |
| ۴/۳ | ۱۲/۴ | ۲۷ | ۴۶/۱ | ۹/۲ | ۰/۷ | ۳۰۵ | ۳/۸ | ۱۱/۳ | ۲۵ | ۴۸/۷ | ۱۱/۲ | ۰/۷ | ۵۶۰ | P _۱ |
| ۳/۸ | ۱۳/۲ | ۲۵/۶ | ۴۸/۴ | ۹ | ۰/۷ | ۳۰۳ | ۳ | ۱۲/۸ | ۲۴/۱ | ۵۰/۶ | ۱۰/۴ | ۰/۷ | ۵۴۰ | P _۲ |
| ۳/۶ | ۱۲/۳ | ۲۵/۴ | ۴۷/۷ | ۱۰ | ۰/۶ | ۳۱۲ | ۳/۴ | ۱۱/۹ | ۲۴ | ۵۰/۲ | ۱۰/۵ | ۰/۷ | ۵۲۰ | P _۳ |
| ۵/۵ | ۱۱/۸ | ۲۶/۴ | ۴۶/۷ | ۹/۶ | ۰/۶ | ۳۰۷ | ۵/۲ | ۱۱/۱ | ۲۶/۲ | ۴۷/۱ | ۱۰/۴ | ۰/۶ | ۵۹۰ | P _۴ |
| ۶/۱ | ۱۱/۳ | ۲۵/۳ | ۴۷ | ۱۰/۱ | ۰/۶ | ۳۱۴ | ۵/۷ | ۱۰/۸ | ۲۴/۲ | ۴۹/۲ | ۱۰/۴ | ۰/۶ | ۵۷۵ | P _۵ |
| ۵/۳ | ۱۰/۴ | ۲۵/۷ | ۴۸/۶ | ۱۰ | ۰/۶ | ۳۱۹ | ۴/۶ | ۹/۹ | ۲۴/۷ | ۵۰/۲ | ۱۰/۶ | ۰/۶ | ۵۶۰ | P _۶ |

شرایط ثابت پخت: نسبت L:W برابر ۷:۱

NaOH % 4, Na₂SO₃ % 8

کاغذهای پالایش شده بین ۰/۴۴ تا ۰/۴۸ گرم بر سانتی متر مکعب متغییر بوده است که نشان می دهد این خمیر کاغذها حجیم هستند. شاخص مقاومت در برابر کشش خمیر کاغذهای پالایش نشده بین حداقل ۱۵/۴۷ N.m/g (خمیر کاغذ P_۱) تا ۲۶/۱۳ N.m/g (خمیر کاغذ P_۶) اندازه گیری شده است که پس از پالایش به ترتیب به ۱۹/۷۴ N.m/g و ۳۵/۱۹ N.m/g افزایش یافته است. طول پاره شدن خمیر کاغذهای پالایش نشده نیز بین ۱/۵۷ تا ۲/۶۶ Km^۲ محاسبه شده است که پس از پالایش به ۲/۰۱ تا ۳/۵۸ Km^۲ افزایش یافته است. افزایش قابل ملاحظه در شاخص مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذها در اثر پالایش دیده نمی شود و مقادیر اولیه ۲/۹۱ تا ۴/۲۴ mN.m^۲/g به ۳/۲۱ تا ۴/۶۸ mN.m^۲/g افزایش یافته اند. شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ کم است و در مورد خمیر کاغذهای

طبقه بندی الیاف با غربال های بوئر- مکننت نشان می دهد که الیاف این خمیر کاغذها کوتاه هستند. در اثر پالایش افزایش کمی در بخش های الیاف بلندتر (R۱۴ تا R۴۸) و کاهش در بخش ۱۰۰ R دیده می شود که عامل آن لهیده شدن الیاف در اثر پالایش و عبور نکردن آن ها از سوراخ های غربال های ریز تر است (جدول ۳). به علاوه تغییر در طبقه بندی الیاف و افزایش بخش الیاف بلند نشان دهنده پالایش پذیری خوب الیاف خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی از ساقه کلزا است. ویژگی های مقاومتی شامل شاخص مقاومت در برابر کشش، طول پاره شدن، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و هم چنین چگالی خمیر کاغذهای پالایش نشده و پالایش شده در جدول ۴ آمده است. چگالی خمیر کاغذهای پالایش نشده بین ۰/۳۲ تا ۰/۳۸ گرم بر سانتی متر مکعب و خمیر

پسماند کلزا با هدف دست یابی به خمیر کاغذ با بازده بالاتر ولی با کیفیت مناسب تر انجام گرفته است. با وجودی که در پخت ساقه کلزا با مصرف مواد شیمیایی کمتر، بازده زیادتری (در محدوده بازده خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از چوب) قابل دست یابی است، ولی در این حالت خمیر کاغذ خیلی زبر بوده و ویژگی های خمیر کاغذ مطلوب نمی باشد (حسین پور) [۳]. بنابراین با مصرف ماده شیمیایی (۴٪ هیدروکسید سدیم و ۸٪ سولفیت سدیم) ویژگی های خمیر کاغذ بهتر شده، و بازده کل بین کمینه ۵۷/۶٪ تا بیشینه ۶۸/۹٪ خواهد بود.

نتایج نشان می دهد که می توان این خمیر کاغذ را با استفاده از ترتیب رنگبری به کلی بدون کلر رنگ بری کرد. و از آن به عنوان بخشی از خمیر کاغذ مورد استفاده در تولید کاغذ روزنامه استفاده کرد. بدین گونه که پسماندها از کشتزارها جمع آوری شده و احتمال شیوع آفات به کمترین می رسد، ضمن اینکه منبع درآمدی برای کشاورزان خواهد شد و نیز محصولی که کشور مواجه با کمبود شدید آن است تولید شده و به استقرار صنایع ملی در مقیاس کوچک کمک خواهد شد.

سپاس گزاری

هزینه های اجرایی این پژوهش توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج تامین شده است که بدین وسیله از ریاست محترم دانشگاه سپاسگزاری می نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر رامین فرنود؛ ریاست محترم مرکز تحقیقات شیمی کاربردی دانشگاه تورنتو کانادا و جناب آقای دکتر پدram فاتحی محقق بخش خمیر کاغذ و کاغذ سازی دانشگاه UNB کانادا، که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند تقدیر و تشکر می نمایم.

پالایش نشده بین ۰/۵۵۷ تا ۰/۸۵۷ $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ اندازه گیری شده است که پس از پالایش به ۱/۳۰ تا ۱/۷۰ $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ افزایش یافته است. تاثیر زمان و دمای پخت بر چگالی خمیر کاغذها معنی دار نبوده همچنین تاثیر مستقل عوامل مورد بررسی بر درجه روانی پیش و پس از پالایش معنی دار نشده ولی تاثیر متقابل این عوامل بر ویژگی های مقاومتی مورد بررسی در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی دار شده است.

به طور کلی ویژگی های مقاومتی خمیر کاغذهای شیمیایی از ساقه کلزا بیشتر از خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه ذرت [۷]، و کمتر از NSSC از ساقه کلزا [۱]، سودا- آنتراکینون از ساقه کلزا [۱۱] و کرافت- آنتراکینون (کم قلیایی) از کاه گندم [۱۴] اندازه گیری شده است. البته نتایج به دست آمده دور از انتظار نمی باشد. زیرا در مورد خمیر کاغذ های شیمیایی - مکانیکی مخصوصاً از ساقه کلزا به علت اعمال نیروهای مکانیکی در مرحله جداسازی الیاف و هم چنین ماهیت ماده ای که دارای سلول های آوندی و پارانشیمی است [۱۵]، به طور معمول ویژگی های مقاومتی پایین تر می باشد. در اثر پالایش اغلب ویژگی های مقاومتی تا حدود ۵۰٪ میزان اولیه افزایش یافته و در مورد خمیر کاغذ P_6 افزایش از $N.m/g_{26/13}$ به $N.m/g_{35/19}$ را دیده شد و تنها افزایش قابل ملاحظه ای در شاخص مقاومت در برابر پاره شدن دیده نشده است.

نتیجه گیری

در بین پسماندهای کشاورزی ساقه کلزا جایگاه ویژه ای دارد، زیرا قطر ساقه اصلی آن تا حدود دو سانتی متر رشد می کند و به اندازه ای چربی است که قابل مصرف توسط دام نخواهد بود. لذا به دلیل این ویژگی و هم چنین میزان تولید به نسبت زیاد در هکتار از قابلیت خوبی در بین منابع تولید خمیر کاغذ برخوردار است. در این بررسی ویژگی های خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از

جدول ۴- ویژگی های مقاومتی خمیر کاغذ CMP از ساقه کلزا

| خمیر کاغذ پالایش نشده* | | | | | خمیر کاغذ پالایش شده** | | | | | کد خمیر کاغذ ^۱ |
|---|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| دائیسیت ^۲ g/cm ^۲ | شاخص مقاومت در برابر کشش Nm/g | طول پاره شدن Km | شاخص مقاومت در برابر کشش Nm/g | درجه روانی ml (CSF) | دائیسیت ^۲ g/cm ^۲ | شاخص مقاومت در برابر کشش Nm/g | طول پاره شدن Km | شاخص مقاومت در برابر کشش Nm/g | درجه روانی ml (CSF) | |
| ۰/۳۸ | ۱۵/۴۷ | ۱/۵۷ | ۱۹/۷۴ | ۳۰۵ | ۰/۴۴ | ۲/۹۱ | ۲/۹۱ | ۰/۵۵۷ | ۲/۹۱ | P _۱ |
| ۰/۳۵ | ۱۸/۱۷ | ۱/۸۵ | ۲۴/۶۸ | ۳۰۳ | ۰/۴۱ | ۳/۱۱ | ۳/۱۱ | ۰/۶۱۲ | ۳/۱۱ | P _۲ |
| ۰/۳۳ | ۱۸/۲۳ | ۱/۸۵ | ۲۴/۱۸ | ۳۱۲ | ۰/۴۳ | ۳/۷۴ | ۳/۷۴ | ۰/۶۴۲ | ۳/۷۴ | P _۳ |
| ۰/۳۴ | ۲۱/۴۸ | ۲/۱۹ | ۲۷/۳۴ | ۳۰۷ | ۰/۴۶ | ۳/۷۴ | ۳/۷۴ | ۰/۷۹۵ | ۳/۷۴ | P _۴ |
| ۰/۳۵ | ۲۲/۲۲ | ۲/۲۶ | ۲۸/۳ | ۳۱۴ | ۰/۴۶ | ۳/۸۸ | ۳/۸۸ | ۰/۷۹۶ | ۳/۸۸ | P _۵ |
| ۰/۳۲ | ۲۶/۱۳ | ۲/۶۶ | ۳۵/۱۹ | ۳۱۹ | ۰/۴۸ | ۴/۳۴ | ۴/۳۴ | ۰/۸۵۷ | ۴/۳۴ | P _۶ |
| شیمیایی - مکانیکی از ذرت ^۳ | | | | | | | | | | |
| ۹/۸۵ | | | | | | | | | | |
| ۷/۴ | | | | | | | | | | |
| ۴/۶ | | | | | | | | | | |
| ۷/۱۹ | | | | | | | | | | |
| ۵۷/۸ | | | | | | | | | | |
| ۳۰۰ | | | | | | | | | | |
| ۳۵۰ | | | | | | | | | | |
| ۸۲/۱۰ | | | | | | | | | | |
| ۵۵۰ | | | | | | | | | | |

^۱ شرایط ثبت پخت: نسبت L:W برابر ۲:۱، ۸% Na₂SO₄، ۱% NaOH.
^۲ درجه روانی خمیر کاغذهای پالایش نشده در جدول ۴ آمده است.
^۳ وزن پایه کاغذ دست ساز، ۶۰ گرم بر متر مربع
 **۵۰۰ دور پالایش در پالایشگر PFT
^۴ درویش قلیما و همکاران، ۱۳۸۷
^۵ احمدی و همکاران، ۱۳۸۸
^۶ مظفری موسوی و همکاران، ۱۳۸۸
 Ates et al., ۲۰۰۸

منابع

- ۱- احمدی، محمد. جهان لتیباری، احمد. فائزی پور، مهدی. حجازی، سحاب. ۱۳۸۸. ارزیابی ویژگی های مقاومتی خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا. نشریه جنگل و فراوری چوب دانشکده منابع طبیعی. جلد ۶۲ شماره ۲: ۱۴۴-۱۳۳.
- ۲- جهان لتیباری، احمد. حسینی، احسان. رسالتی، حسین. فخریان روغنی، عباس. ۱۳۸۵. تعیین شرایط بهینه پخت خمیر کاغذ از کاه گندم به روش NSSC برای ساخت کاغذ کنگره ای، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۹ شماره ۴: ۹۲۰-۹۰۳.
- ۳- حسین پور، رضا. ۱۳۸۸. بررسی تولید خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی رنگبری شده (BCMP) از پسماند کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۴۲۰ ص.
- ۴- حجازی، سحاب. جهان لتیباری، احمد. پات، رودلف، کوردزخیا، اتو. پارسا پژه، داود. چیرنر، اریکه. ۱۳۸۵. بررسی رنگبری خمیر کاغذ سودا از کاه گندم با روش کاملاً بدون کلر (TCF). مجله منابع طبیعی ایران، دانشگاه تهران جلد ۵۹ شماره ۴: ۹۵۱-۹۳۵.
- ۵- حمصی، امیرهومن. پیروز، محسن. میرشکرای، سیداحمد. ۱۳۸۵. بررسی ویژگی های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه کلزا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. جلد ۱۲ شماره ۴: ۹۲۸-۹۲۵.
- ۶- حمصی، امیر هومن. ثمریها، احمد. ۱۳۸۴. بررسی اثر پالایش بر خواص مقاومتی کاغذ حاصل از باگاس به روش NSSC. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. جلد ۱۱ شماره ۳: ۶۹-۷۸.
- ۷- درویش قدیما، فرزاد. جهان لتیباری، احمد. سپیده دم، سید محمد جواد. تاجدینی، آرنگ. مرادبک، امین. ۱۳۸۷. بررسی ویژگی های خمیر پربازده از ساقه ذرت دانه ای. فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی. جلد ۳ شماره ۴: ۳۴-۲۷.
- ۸- سفیدگران، راحله. ۱۳۸۲. بررسی ویژگی های خمیر کاغذ کلزا به روش سودا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۰ص.

- ۹- سراییان، احمد رضا. ۱۳۸۲. بررسی امکان تولید خمیر کاغذ پر بازده سفید با روش مکانیکی پراکسید قلیایی (APMP) از کاه گندم خراسان. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۲۸ ص.
- ۱۰- فخریان، عباس. گلبابائی، فرداد. حسین خانی، حسین. صالحی، کامیار. ۱۳۸۶. بررسی تولید خمیر کاغذ حاصل از ذرت دانه ای با روش CMP و APMP. دوفصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۲۲ شماره ۲: ۱۶۷-۱۵۵.
- ۱۱- مظهری موسوی، سید محمد. مهدوی، سعید. حسینی، سید ضیاء الدین. رسالتی، حسین. یوسفی، حسین. ۱۳۸۸. بررسی ویژگی های خمیر کاغذ تولید شده به روش سودا- آنتراکینون از ساقه کلزا. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۲۴ شماره ۱: ۷۹-۶۹.
- ۱۲- ملائی، محمد. عنایتی، علی اکبر. همزه، یحیی. میرشکرایی، سید احمد. ۱۳۸۷. بررسی تولید خمیر کاغذ به روش سودا- آنتراکینون از پسماند کلزا. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد ۲۳ شماره ۲: ۶۴-۵۴.
- ۱۳- مرادیان، محمد هادی. جهان لتیباری، احمد. رسالتی، حسین. فخریان روغنی، عباس. ۱۳۸۲. بررسی تولید خمیر کاغذ CMP از کاه گندم. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۶ شماره ۴: ۴۸۰-۴۶۹.
- 14- Ates, S., Atik, C., N: Y, and Gumuskaya, E. 2008. Comparison of different Chemical Pulps from Wheat Straw and bleaching with Xylanase. Pre – Treated ECF Method. Turk. J. Agri: For. 32: 561-570.
- 15- Hosseinpour, R.; Jahan- Latibari, A.; Farnood, R.; Fatehi, P. and Sepidehdam, S.M. 2010. Fiber Morphology And Chemical Composition Of Rapeseed (*Brassica Napus*) Stem. IAWA journal, Vol.31(4): 457-464.
- 16- Ingruber, O.V. 1993. Process measurements and controls. Chpt.3. Pulp and Paper manufacture Vol.4, Sulfite Science and Technology. O.V. Ingruber, M.J. Kocurek and A. Weng, Eds. Tappi Press, Atlanta, Ga. USA.
- 17- McKeen, W.S. and Jacobs, R.S. 1997. Wheat Straw as Paper Fiber Source. Unpublished report, Washington Clean Center.
- 18- Tappi Standard Test Methods, 2009. Tappi Press, Atlanta, Ga. USA.

Investigation on the Influence of Chemical Treatment Time and Temperature on the Properties of CMP from Colza Stem

Reza Hosseinpour¹, Ahmad Jahan Latibari^{*2}, Azhang Tajdini³
Seyed Mohammad Javad Sepidehdam⁴, Mohammad Ali Hossein⁵

Abstract

The influence of chemical treatment time and temperature on production of chemi-mechanical pulp from Colza stem is studied. Three treatment times (15, 30 and 45 minutes) and two treatment temperatures (125 and 145 °C) were investigated. Chemical charge as 4% NaOH and 8% Na₂SO₃ as was kept constant. Accepted pulp yield varied between 53.8% and 63% and the total yield was measured between 57.6% and 68.9%. The residual lignin in lower yield pulp was 19% and higher yield pulp was 20.4%. Holocellulose content of pulps varied between 72.5%- 74% and freeness was between 520-590 ml CSF. Fiber classification using Bauer-McNett procedure showed that the average fiber length of unrefined pulp is between 0.6-0.7 mm, and the fine content (P100) is between 9% and 10.4%, Pulp freeness was reduced from original value of 520 to 590 ml CSF to about 300 ml CSF as pulps were refined in PFI mill applying 500 revolutions. The unrefined pulp strength including tensile index, burst index and tear index were measured as 15.48- 26.13 N.m/g, lower than 1 kPa.m²/g and 2.91- 4.34 mNm²/g respectively. All the indices after refining in PFI mill using 500 revolution were increased to 19.74-35.19 N.m/g, Max. 1.70 kPa.m²/g and 3.21- 4.68 mNm²/g respectively.

Keywords: Colza, Chemi-Mechanical pulp, Yield, Strength property, Fiber length.

* Corresponding author: Email: latibari_24@yahoo.com