



مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هفدهم، شماره دوم، ۱۳۸۹
www.gau.ac.ir/journals

بررسی تأثیر میزان مصرف مواد شیمیایی بر ویژگی‌های خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا

* احمدجهان لتیباری^۱، رضا حسین‌پور^۲، رامین فرنود^۳، آرننگ تاجدینی^۴ و سیدجواد سپیده‌دم^۴
^۱دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، ^۲دانشیار مرکز خمیر و کاغذ، مهندسی شیمی و شیمی کاربردی، دانشگاه تورنتو، کانادا، ^۳استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۱۰

چکیده

این بررسی با هدف ارزیابی تأثیر میزان مصرف مواد شیمیایی بر طبقه‌بندی اندازه الیاف و ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ ساقه کلزا انجام گرفته است. خمیر کاغذ با استفاده از مقادیر متفاوت هیدروکسید سدیم (۴، ۸ و ۱۲ درصد وزن خشک ماده سلولزی) و سولفیت سدیم (۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد وزن خشک ماده سلولزی) و مقادیر ثابت زمان فراوری شیمیایی، دمای حداکثر و نسبت مایع پخت به ساقه کلزا به ترتیب ۱۵ دقیقه و ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد و نسبت ۷ به ۱، تهیه شد. بازده‌های قابل قبول خمیر کاغذها بین ۵۷ تا ۶۳ درصد و بازده‌های کل بین ۶۰/۱ تا ۶۸/۹۵ درصد تعیین گردید. مقدار لیگنین خمیر کاغذها بین ۱۹/۷۵ تا ۲۳/۸ درصد و مقدار هولوسلولز آنها بین ۷۰/۱ تا ۷۳/۱ درصد اندازه‌گیری شد. درجه روانی خمیر کاغذهای پالایش نشده بین ۳۳۰ تا ۶۵۳ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی بود، که پس از ۱۰۰۰ دور پالایش به ۱۹۴ تا ۳۰۱ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی کاهش یافت. طبقه‌بندی الیاف خمیر کاغذها نشان داد که میزان الیاف بخش R۱۰۰ بین ۴۶/۳ تا ۵۳ درصد می‌باشد و در اثر پالایش تغییر زیادی نکرد. شاخص مقاومت در برابر کشش خمیر کاغذها بین ۱۳/۲۵ تا ۱۵/۰۵ Nm/g تعیین شده، که در اثر پالایش به ۱۴/۹ تا ۱۷/۷۹ Nm/g افزایش یافت. شاخص مقاومت در

* مسئول مکاتبه: latibari_24@yahoo.com

برابر پاره شدن بین ۳/۰۷ تا ۴/۳۶ $\text{mN.m}^2/\text{g}$ بود و در اثر پالایش تغییر زیادی مشاهده نشد. شاخص مقاومت در برابر ترکیدن این خمیر کاغذ کم و بین ۱ تا ۱/۳ $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ محدود می‌باشد. این ویژگی در اثر پالایش افزایش یافته و به حداکثر ۲ $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ رسیده است.

واژه‌های کلیدی: ساقه کلزا، هیدروکسید سدیم، سولفیت سدیم، ویژگی‌های مقاومتی، طبقه‌بندی الیاف

مقدمه

محدودیت در تأمین چوب مورد نیاز صنایع کاغذسازی، تولیدکنندگان و پژوهشگران این صنعت را به جستجو در یافتن منابع الیاف جدید و یا کمتر استفاده شده ترغیب کرده است. با وجود این که بهترین راه‌حل، بهره‌گیری از گونه‌های چوبی تند رشد مانند صنوبرها، اکالیپتوس‌ها، آکاسیاه‌ها و حتی سوزنی‌برگان می‌باشد، ولی استفاده از منابع الیاف غیرچوبی نیز به‌عنوان یک راه‌حل با پتانسیل مناسب مورد توجه قرار گرفته است. کشورهایی که از محدودیت منابع جنگلی و پتانسیل تولید چوب رنج می‌برند، استفاده از الیاف غیرچوبی را تنها راه‌حل توسعه و گسترش صنعت کاغذ تشخیص داده‌اند. بنابراین کارخانه‌هایی در این زمینه احداث کرده‌اند و پژوهش‌هایی نیز در بهینه‌سازی و ارتقاء کیفیت محصول انجام شده است (زو و راثو، ۲۰۰۱). البته تفکر استفاده از منابع الیاف غیرچوبی محدود به کشورهای مواجه با محدودیت منابع جنگلی نبوده بلکه پژوهش‌هایی نیز در آمریکای شمالی (مکین و ژاکویز، ۱۹۹۷) و حتی اسکاندیناوی انجام گرفته است (پاویالانین، ۱۹۹۸). این پژوهش‌ها با هدف جایگزین‌سازی خمیر کاغذ به‌دست آمده از الیاف گیاهان غیرچوبی به جای خمیر کاغذ پهن‌برگان بوده است.

کشور ایران در یک منطقه خشک واقع شده و پوشش جنگلی محدودی دارد و بنابراین پژوهشگران آن نیز توجه خاصی به منابع غیرچوبی داشته و استفاده از این نوع الیاف را راه‌حل عملی توسعه صنعت کاغذ می‌دانند. استفاده از منابع غیرچوبی مرسوم نظیر کاه و کلش گندم (حجازی و همکاران، ۲۰۰۸؛ جهان لیبیاری و همکاران، ۲۰۰۶؛ مرادیان و همکاران، ۲۰۰۳)، ساقه آفتاب‌گردان (رودی، ۲۰۰۱)، ساقه ذرت دانه‌ای (فخریان روغنی و همکاران، ۲۰۰۷؛ درویش قدیما و همکاران، ۲۰۰۸) و ساقه کلزا (سفیدگران، ۲۰۰۲؛ موسوی و همکاران، ۲۰۰۹؛ احمدی و همکاران، ۲۰۰۹) بررسی شده و پژوهشگران به نتایج امیدبخشی رسیده‌اند. خوشبختانه این فعالیت‌های پژوهشی تداوم دارد. به علاوه دنیز و همکاران (۲۰۰۴) و آتیس و همکاران (۲۰۰۸) ویژگی‌های خمیر کاغذ از کاه گندم ترکیه و اوستا و همکاران (۱۹۹۰) ویژگی‌های خمیر کاغذ از ساقه ذرت ترکیه را ارزیابی کرده‌اند.

در این مطالعه، هدف تولید خمیر کاغذ با بازده زیادتر از خمیر کاغذهای شیمیایی که قادر باشد کیفیت مناسب و لازم ساخت کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر را تأمین کند مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین تأثیر میزان مصرف مواد شیمیایی پخت ساقه کلزا بر روی بازده و کیفیت خمیر کاغذ از آن بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ساقه کلزای رقم هیولا مورد استفاده در این بررسی از شهرستان رودبار، استان گیلان انجام شده است. پس از انتقال نمونه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه، برگ‌ها و ساقه‌های خیلی‌نازک حامل دانه روغنی از آن جدا شده و سپس ساقه‌ها به قطعاتی به طول حدود ۳ سانتی‌متر بریده شدند. مغزگیری دستی انجام گرفته و خرده‌های بدون مغز در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. اندازه‌گیری ابعاد الیاف و ترکیب شیمیایی ساقه: برای جداسازی الیاف ساقه بدون مغز کلزا از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شد. ۴ خرده به‌طور اتفاقی انتخاب شده و پس از جداسازی الیاف آنها، ابعاد ۲۰۰ رشته فیبر (۵۰ رشته از هر نمونه) توسط میکروسکوپ پروکتوردار اندازه‌گیری گردید. ضرایب کاغذسازی شامل ضریب درهم‌رفتگی (لاغری)، ضریب نرمش (انعطاف‌پذیری) و ضریب رانکل (مقاومت در برابر پاره شدن) نیز محاسبه شد. برای اندازه‌گیری ترکیب‌های شیمیایی تشکیل‌دهنده ساقه کلزا از دستورالعمل‌های مرتبط در آیین‌نامه تاپی^۱ به شرح زیر استفاده شده است:

T۲۵۷ cm-۰۲ :	- تهیه پودر
T۲۱۱ om-۰۷ :	- مقدار خاکستر ماده اولیه و خمیر کاغذ
T۲۰۷ cm-۰۸ :	- مواد قابل حل در آب سرد و گرم
T۲۱۲ om-۰۷ :	- مواد قابل حل در هیدروکسید سدیم ۱ درصد
T۲۰۴ cm-۰۷ :	- مواد استخراجی محلول در حلال آلی (الکل - استن)
T۲۶۴ cm-۰۷ :	- پودر و خمیر کاغذسازی از مواد استخراجی
کروشنر - هوفر ^۲ :	- سلولز
T۲۲۲ om-۰۶ :	- لیگنین کلاسون
Useful method۲۴۹-۷۵ :	- هولوسلولز

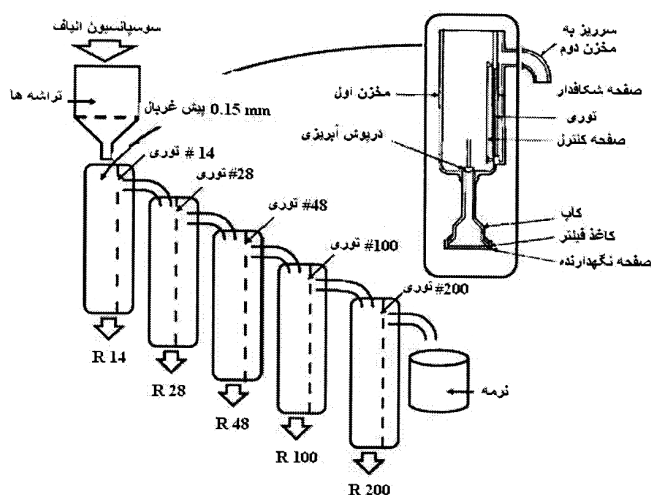
1. Tappi; Technical Association of Pulp and Paper Industry

2. Krushner-Hoffer

ساخت خمیر کاغذ: برای ساخت خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی^۱ از ساقه کلزا، از ۳ مقدار هیدروکسید سدیم (۴، ۸ و ۱۲ درصد) و ۴ مقدار سولفیت سدیم (۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد) استفاده شده است. سایر عوامل پخت شامل زمان پخت ۱۵ دقیقه، دمای پخت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد و نسبت مایع به ماده لیگنوسولوزی ۷ به ۱ ثابت در نظر گرفته شده و در هر پخت از ۱۰۰ گرم (مبنای وزن خشک) ساقه بدون مغز کلزا استفاده شده است. برای پخت ساقه کلزا از محفظه فولاد زنگ نزن تحت فشار استفاده، و دمای پخت توسط دماسنج و ترموستات کنترل شده است. پس از پایان هر پخت، محتویات مخزن پخت بر روی غربال ۲۰۰ مش تخلیه، و مقدار مایع پخت باقی‌مانده اندازه‌گیری شده است. حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر از این مایع جهت اندازه‌گیری هیدروکسیدسدیم و سولفیت سدیم باقی‌مانده جدا شده و بقیه مایع همراه با خرده‌های پخته شده به داخل سطل پلاستیکی انتقال یافته و پس از افزودن حدود ۴ لیتر آب جوش به آن، جداسازی الیاف در درصد خشکی کم توسط پالایش‌گر صفحه‌ای آزمایشگاهی با قطر صفحه ۲۵ سانتی‌متر با ۳ مرحله عبور انجام شد. سوسپانسیون الیاف بر روی یک‌سری دوتایی غربال مجهز به غربال ۱۴ مش در بالا تخلیه شده و الیاف باقی‌مانده بر روی غربال ۱۴ مش به‌عنوان وازده و الیاف عبور کرده از غربال ۱۴ مش و باقی‌مانده بر روی غربال ۲۰۰ مش به‌عنوان خمیر کاغذ قابل‌قبول جمع‌آوری شدند. دو بخش از الیاف به‌طور جداگانه بسته‌بندی شده و پس از تعیین رطوبت، بازده قابل‌قبول و وازده محاسبه گردید. از الیاف قابل‌قبول برای بررسی ویژگی‌های مقاومتی و طبقه‌بندی الیاف استفاده شد. تعیین ویژگی‌های الیاف و خمیر کاغذ طبق دستورالعمل‌های آیین‌نامه تاپی به شرح زیر انجام گرفته است:

T۲۳۳ cm-۰۶ :	- طبقه‌بندی الیاف با استفاده از غربال‌های بوئر- مکت ^۲ (شکل ۱)
T۲۴۸ sp-۰۸ :	- پالایش خمیر کاغذ
T۲۲۷ om-۰۷ :	- اندازه‌گیری درجه روانی
T۲۰۵ sp-۰۶ :	- ساخت کاغذ دست‌ساز
T۴۱۴ om-۰۴ :	- مقاومت در برابر پاره شدن
T۴۰۳ om-۰۲ :	- مقاومت در برابر ترکیدن
T۴۹۴ om-۰۶ :	- مقاومت در برابر کشش

1. Chemi-Mechanical Pulp
2. Bauer-McNett



شکل ۱- چیدمان غربال‌ها در وسیله طبقه‌بندی الیاف بوئر-مکنت.

تعیین مقدار مواد شیمیایی باقی‌مانده در مایع پخت مصرف شده: به داخل یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری مقداری بین ۱۰۰-۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵۰ میلی‌متر مایع پخت مصرف شده ریخته و در حال هم‌زدن، اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH معادل ۹ به آن افزوده و مقدار اسید یادداشت می‌گردد (a). پس از آن pH محلول را توسط افزودن اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تا ۲/۵ کاهش داده و مقداری نشاسته به محلول افزوده می‌شود. محلول را با استفاده از یدات پتاسیم (KIO₃) ۱/۸ نرمال تا رنگ آبی تیره کرده و حجم یدات پتاسیم یادداشت می‌گردد (b). با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ میزان هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم باقی‌مانده محاسبه می‌شود:

$$NaOH(\%) = \frac{2aV}{25000} \quad (1)$$

$$Na_2SO_3(\%) = \frac{3/94bV}{25000} \quad (2)$$

V: حجم مایع پخت مصرف و جمع‌آوری شده

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های این بررسی بر اساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف‌ها، گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن انجام گرفته است. جهت پردازش داده‌ها از نرم‌افزار SPSS^۱ استفاده شده است.

نتایج

میانگین طول، قطر و قطر حفره سلولی الیاف ساقه بدون مغز کلزا و مقایسه آن با چند ماده چوبی و غیرچوبی در جدول ۱ خلاصه شده است. با استفاده از مقادیر ابعاد الیاف کلزا، ضریب درهم‌رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رانکل به ترتیب معادل ۰/۶۳، ۰/۵۹ و ۰/۵۹ محاسبه شده است. سلولز، هولو سلولز و لیگنین کلاسون (لیگنین نامحلول در اسید) و مواد استخراجی محلول در آب گرم و آب سرد، حلال آلی و هیدروکسید سدیم ۱ درصد نیز اندازه‌گیری شده و در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- ابعاد الیاف ساقه کلزا و مقایسه آن با چند ماده چوبی و غیر چوبی.

ماده	طول (میلی‌متر)	قطر (μm)	قطر حفره سلولی (μm)	مأخذ
ساقه کلزا (هیولا)	$1/37 \pm 0/052$	$31 \pm 7/4$	$19/05 \pm 6/5$	اندازه‌گیری شده است.
ساقه کلزا (هیولا)	$1/04 \pm 0/046$	$28 \pm 6/76$	$19/09 \pm 6/85$	موسوی و همکاران، ۲۰۰۹
ساقه کلزا	۱/۱۶	۲۳/۱	۱۲/۵	سفیدگران، ۲۰۰۲
کاه گندم	۱/۱۷	۱۵/۹	۱۰/۲۴	مرادیان و همکاران، ۲۰۰۳
کاه گندم	۰/۷۴	۱۳/۲	۴	دنیز و همکاران، ۲۰۰۴
ذرت دانه‌ای	۰/۹۰۳	۱۸/۴۵	۱۱/۰۷	درویش قدیما و همکاران، ۲۰۰۸

جدول ۲- ترکیب شیمیایی ساقه کلزا و مقایسه آن با چند ماده چوبی و غیر چوبی.

ماده	سلولز (درصد)	لیگنین (درصد)	هولو سلولز (درصد)	مواد استخراجی محلول در (درصد)			شاخصتر
				NaOH 1%	آب گرم	آب سرد	
ساقه کلزا (هیولا)	۴۸/۵	۲۰	۷۷/۵	۵۰/۳	۱۲/۱۶	۱۳/۸	۶/۶
ساقه کلزا (هیولا) ^۱	۴۱/۶۶	۱۶	-	-	-	-	۳/۴۶
ساقه کلزا ^۲	۴۱/۱	۱۶	-	-	-	-	۶/۲۱
کاه گندم ^۳	۳۸/۲	۱۵/۳	۷۴/۵	۳۹/۲	۱۳/۹۹	۱۰/۷۵	۳/۲
ذرت دانه‌ای ^۴	۵۱/۵۰	۲۸	-	-	-	-	۱۴/۵
ذرت ^۵	۳۵/۶	۱۷/۴	۶۴/۸	۴۷/۱	-	۱۴/۸	۷/۵
پهن‌برگان	۴۰-۴۵	۲۵-۳۲	۶۸-۷۶	-	۲-۵	۲-۵	<۱
سوزنی‌برگان	۳۸-۴۹	۱۷-۲۶	۷۰-۸۱	-	۳-۶	۳-۶	<۱

۱- موسوی و همکاران، ۲۰۰۹ ۲- سفیدگران، ۲۰۰۲ ۳- دنیز و همکاران، ۲۰۰۴

۴- درویش قدیما و همکاران، ۲۰۰۸ ۵- اوستا و همکاران، ۱۹۹۰

در این بررسی تأثیر ترکیب هیدروکسید سدیم و سولفیت سدیم به‌عنوان عامل لیگنین‌زدایی ارزیابی شده و پس از هر پخت بازده قابل‌قبول (الیاف عبور کرده از غربال ۱۴ مش و باقی‌مانده بر روی غربال ۲۰۰ مش) و وزده (الیاف باقی‌مانده بر روی غربال ۱۴ مش) اندازه‌گیری شده که در جدول ۳ ارائه شده است. بازده قابل‌قبول بین حداکثر ۶۳ درصد تا حداقل ۵۶/۸ درصد تغییر کرده و در شرایط لیگنین‌زدایی مشابه وزده از مقدار ۵/۹ درصد به ۱/۹ درصد کاهش داشته است. pH مایع پخت قبل از مصرف در حدود ۱۳ بوده که پس از پایان پخت به بین ۸/۷۳ و ۱۲/۹ کاهش یافته است (جدول ۳). مقدار هیدروکسید سدیم باقی‌مانده بعد از پخت بین صفر تا ۰/۸۹ درصد و مقدار سولفیت سدیم باقی‌مانده بین ۱/۳۷ تا ۴/۰۱ درصد متغیر بوده است. مقدار لیگنین باقی‌مانده در خمیر کاغذها بین ۱۹/۵ تا ۲۳/۸ درصد اندازه‌گیری شده و مقدار هولوسلولز نیز بین ۷۰/۱ تا ۷۳/۱ درصد تعیین گردید. مقدار خاکستر خمیر کاغذ ۳ درصد بود. در اثر زیاد شدن شدت پخت (تزریق مواد شیمیایی زیادتیر) درجه روانی خمیر کاغذ افزایش یافته است.

پراکنش اندازه الیاف خمیر کاغذهای پالایش‌نشده و پالایش‌شده توسط دستگاه طبقه‌بندی بوئر-مکنت تعیین شده و در جدول ۴ آورده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند که پالایش تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر پراکنش اندازه الیاف این خمیر کاغذ ندارد. ولی در اثر ۱۰۰۰ دور پالایش در پالایشگر آزمایشگاهی، کاهش قابل ملاحظه‌ای در درجه روانی خمیر کاغذ به‌خصوص خمیر کاغذهای بازده کمتر مشاهده می‌گردد.

ویژگی‌های مقاومتی آنها به تفکیک خمیر کاغذهای پالایش‌نشده و پالایش‌شده در نمودارهای ۱ تا ۳ آمده است. داده‌ها نشان می‌دهند که در اثر پالایش، ویژگی‌های مقاومتی به‌خصوص شاخص مقاومت در برابر ترکیدن به‌میزان قابل ملاحظه افزایش داشته است.

جدول ۳- بازده و ترکیب شیمیایی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا.

درجه‌روایی اولیه ml (SSF)	هولوسلوز (درصد)	لیگنین باقی مانده (درصد)	مواد شیمیایی باقی مانده در مایع پخت مصرف شده		pH مایع پخت	بازده خمیر کاغذ (درصد)		شرایط پخت		کد خمیر کاغذ
			Na ₂ SO ₃ (%)	NaOH (%)		مصرف شده	بازده	قابل قبول	Na ₂ SO ₃ (%)	
۳۳۰	۷۰/۹	۲۱	۱/۳۷	۰	۸/۳	۶۷/۹۵	۵/۹	۳۳	۸	P1
۳۱۷	۷۳/۱	۱۹/۵	۲/۰۵	۰	۸/۹۵	۶۷/۲	۵/۵	۶۱/۷	۱۰	P2
۳۹۴	۷۰/۹	۲۲/۸	۲/۹۶	۰	۸/۹۳	۶۴/۷	۴/۲	۶۰/۵	۱۲	P3
۳۰۸	۷۰/۱	۲۳/۲	۳/۷۸	۰	۸/۶۲	۶۳/۹	۴	۵۹/۹	۱۴	P4
۳۹۶	۷۰/۶	۲۱/۲	۱/۶۳	۰/۳۶	۹/۴۳	۶۳/۳	۶/۲	۵۷/۱	۸	P5
۳۹۵	۷۱/۳	۲۱/۷۵	۲/۶۴	۰/۳۹	۱۰/۶۲	۶۳/۱	۵	۵۸/۱	۱۰	P6
۴۲۳	۷۱/۱	۲۱	۲/۶۸	۱/۴۳	۱۱/۰۳	۶۳/۷	۲/۸	۶۰/۷	۱۲	P7
۵۹۴	۷۱/۷	۲۰/۱	۳/۴۰	۰/۳۵۵	۱۰/۵۱	۶۱/۲	۳	۵۹/۲	۱۴	P8
۵۳۵	۷۲/۵	۱۹/۷۵	۱/۴۱	۰/۶	۱۱/۳۲	۶۱/۴	۴/۴	۵۷	۸	P9
۱۱۳	۷۱/۱	۲۳/۲۵	۲/۵۳	۰/۷۰	۱۲/۱	۶۰/۷	۶/۳	۵۶/۷	۱۰	P10
۶۶۷	۷۳/۱	۲۰/۷۵	۲/۷۹	۰/۷۵	۱۱/۱۱	۶۰/۱	۳/۳	۵۶/۸	۱۲	P11
۶۵۲	۷۰/۲	۲۳/۸	۴/۱	۰/۸۹	۱۲/۰۹	۶۰/۲	۱/۹	۵۸/۳	۱۴	P12

شرایط ثابت پخت: زمان پخت ۱۵ دقیقه، دمای پخت ۱۲۵ درجه سانتی گراد، نسبت L:W برابر ۷:۱

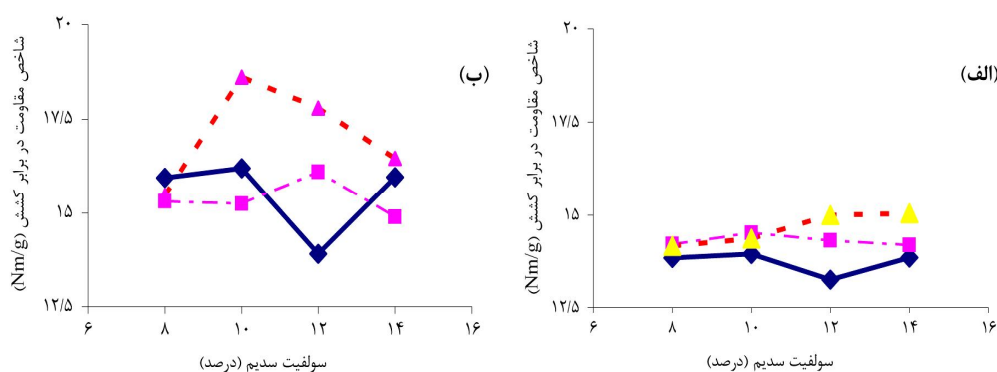
جدول ۴- طبقه‌بندی الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کارزا.

کد خمیر کاغذ	طبقه‌بندی بوئر- مکت الیاف خمیر کاغذ قبل از پالایش					طبقه‌بندی بوئر- مکت الیاف خمیر کاغذ بعد از پالایش				
	درجه‌روانی ml (CSF)	میانگین طول (mm)	R&P ۲۰۰	R (درصد)	R (درصد)	درجه‌روانی ml (CSF)	میانگین طول (میلی‌متر)	R&P ۲۰۰	R (درصد)	R (درصد)
P1	۳۳۰	۷۰	۱۳	۵۳	۳۲	۷۸	۱۳۱	۱۳	۶۱	۳۱
P2	۳۱۷	۷۰	۳/۱۱	۱۵	۳۶	۳/۶	۱۰۱	۴/۶	۳۵	۲۵
P3	۳۹۴	۷۰	۷/۱	۴۳	۲/۸	۱/۳۱	۵/۵	۱/۶۳	۵/۸	۷/۱۱
P4	۳۰۷	۷۰	۷/۱	۵/۳۵	۲۴/۴	۵/۱۱	۳/۵	۳۱	۳/۱۱	۳/۳
P5	۳۹۶	۷۰	۱/۸۱	۱/۵۵	۲۲/۱	۵/۳	۸/۱	۷۵	۲/۱۱	۶/۱
P6	۳۹۵	۷۰	۴/۱	۳/۱۳	۲۵/۱	۳/۴۱	۵	۳۳	۲/۵	۱/۳۱
P7	۴۲۱	۷۰	۳/۱۱	۳/۲۵	۲۳/۱	۷/۱	۵/۱۰	۵/۱۵	۳	۵/۱۰
P8	۴۹۵	۷۰	۲/۶	۳/۷۳	۳/۶۱	۳/۲۱	۶/۷	۵/۶۳	۲/۶	۵/۱۱
P9	۵۲۵	۷۰	۳/۶	۵/۶۳	۲/۵	۲/۳۱	۵	۵/۵۳	۲/۳۱	۳/۸
P10	۶۱۳	۷۰	۷/۸	۷/۸۳	۳/۴۱	۱/۳۱	۱/۷	۳/۶۳	۱/۳۱	۶/۳۱
P11	۶۶۱	۷۰	۳/۱۰	۲/۶۳	۲/۲۱	۲/۲۱	۱/۱۰	۶/۷۳	۱/۳۱	۱/۱۱
P12	۶۵۲	۷۰	۵/۱۰	۲/۱۵	۲/۵۱	۳/۱۰	۳/۳	۵/۵۳	۲/۳۱	۷/۶

شرایط ثابت پخت: زمان پخت ۱۵ دقیقه، دمای پخت ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد، نسبت L:W برابر ۷:۱
 * ۱۰۰۰ دور پالایش در پالایشگر PFI

بحث

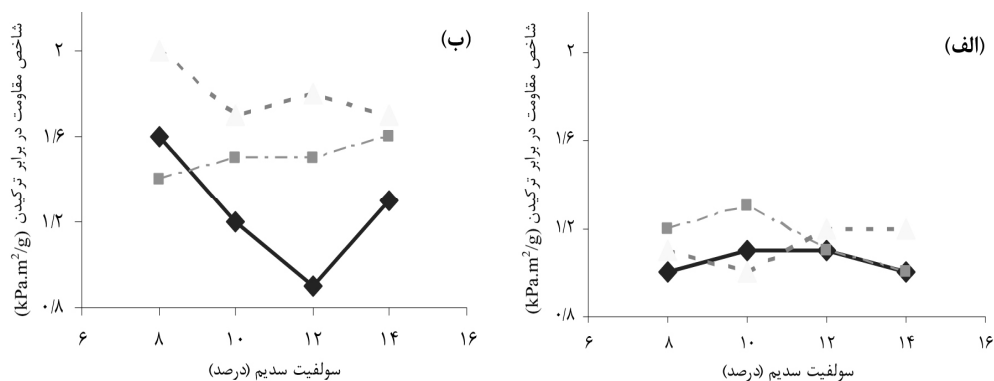
ابعاد الیاف و ترکیب شیمیایی ساقه کلزا: میانگین ابعاد الیاف ساقه بدون مغز کلزا رقم هیولا شامل طول، قطر و قطر حفره سلولی الیاف به ترتیب ۱/۳۷ میلی‌متر، ۳۱ میکرون و ۱۹/۵ میکرون تعیین شده است. انحراف از معیار محاسبه شده برای ویژگی‌های بالا به نسبت زیاد است که بیانگر تغییرات زیاد در این ویژگی‌ها می‌باشد. اندازه‌گیری طول الیاف ساقه کلزا، این ماده را در گروه مواد سلولزی با ابعاد کوتاه قرار می‌دهد (جدول ۱). میانگین طول الیاف ساقه کلزای این بررسی بیشتر از اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط موسوی و همکاران (۲۰۰۹) و سفیدگران (۲۰۰۲) به دست آمده است که می‌تواند متاثر از منطقه کشت آن باشد. به علاوه در مقادیر اندازه‌گیری شده توسط موسوی و همکاران (۲۰۰۹) و سفیدگران (۲۰۰۲) نیز اختلاف وجود دارد. با وجود این که مقادیر قطر و قطر حفره سلولی اندازه‌گیری شده در این بررسی به طور تقریب معادل مقادیر اعلام شده توسط موسوی و همکاران (۲۰۰۹) است، ولی بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سفیدگران (۲۰۰۲) می‌باشد. البته وجود چنین اختلاف‌هایی دور از انتظار نمی‌باشد. ابعاد الیاف کاه گندم ایران (مرادیان و همکاران، ۲۰۰۳) به مراتب بیشتر از ارقام گزارش شده برای کاه ترکیه (دنیز و همکاران، ۲۰۰۴) گزارش شده است. با وجودی که الیاف ساقه کلزا در گروه گیاهان با الیاف کوتاه قرار دارد ولی می‌تواند از پتانسیل جایگزین کردن الیاف پهن‌برگان برخوردار باشد.



نمودار ۱- تأثیر ترکیب مواد شیمیایی بر شاخص مقاومت در برابر کشش خمیر کاغذ شیمیایی از ساقه کلزا

(الف) پالایش نشده (ب) پس از ۱۰۰۰ دور پالایش در PFI

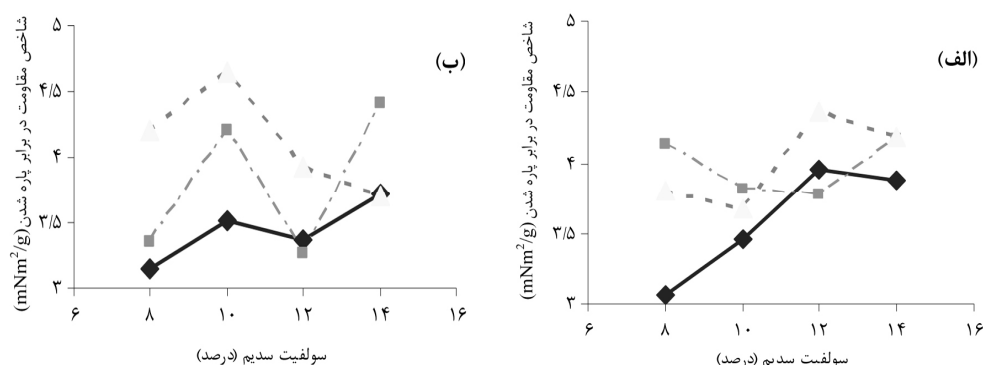
(—■—) NaOH ۴٪، (---▲---) NaOH ۸٪، (---●---) NaOH ۱۲٪.



نمودار ۲- تأثیر ترکیب مواد شیمیایی بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا

(الف) پالایش نشده (ب) پس از ۱۰۰۰ دور پالایش در PFI

(—■—) NaOH ٪۴، (---▲---) NaOH ٪۸، (---●---) NaOH ٪۱۲



نمودار ۳- تأثیر ترکیب مواد شیمیایی بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا

(الف) پالایش نشده (ب) پس از ۱۰۰۰ دور پالایش در PFI

(—■—) NaOH ٪۴، (---▲---) NaOH ٪۸، (---●---) NaOH ٪۱۲

مقایسه ویژگی‌های شیمیایی ساقه کلزا رقم هیولای منطقه رودبار با ساقه کلزای سایر مناطق ایران و همچنین مقایسه آن با سایر گیاهان غیرچوبی و چوبی در جدول ۲ آمده است. نتیجه اندازه‌گیری‌های انجام شده در این بررسی با اندازه‌گیری‌های مشابه بر روی ساقه کلزای سایر مناطق (موسوی و همکاران، ۲۰۰۹؛ سفیدگران، ۲۰۰۲) اختلاف قابل توجهی را نشان داده و مقادیر اندازه‌گیری شده بیشتر می‌باشند. با

توجه به این که اندازه‌گیری سلولز و لیگنین ساقه کلزا از مناطق مختلف مقادیر کمتری را نشان می‌دهد و مقدار هولوسلولز نیز اندازه‌گیری نشده، بنابراین قبول نتایج موسوی و همکاران (۲۰۰۹) و سفیدگران (۲۰۰۲) با تردید مواجه است و نیاز به بررسی بیشتر دارد.

میزان سلولز، لیگنین، هولوسلولز و مواد استخراجی محلول در هیدروکسید سدیم ۱ درصد ساقه کلزای مورد بررسی بیشتر از کاه گندم ترکیه (دنیز و همکاران، ۲۰۰۴) و ذرت دانه‌ای ترکیه (اوستا و همکاران، ۱۹۹۰) اندازه‌گیری شده است. ولی سلولز و لیگنین آن کمتر از ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ منطقه کرج اندازه‌گیری شده است (درویش‌قدیما و همکاران، ۲۰۰۸). میزان سلولز، لیگنین و هولوسلولز این ماده آن را مناسب ساخت خمیر کاغذ می‌کند. ولی به دلیل میزان بالای حلالیت در هیدروکسید سدیم ۱ درصد (۵۰/۳ درصد) بازده خمیر کاغذ از آن کم خواهد بود.

تأثیر مقدار ماده شیمیایی بر بازده و ترکیب شیمیایی خمیر کاغذ: با تغییر مقدار ماده شیمیایی مرحله فراوری شیمیایی ساقه کلزا، چند خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی تهیه شده و بازده، لیگنین، هولوسلولز، خاکستر و درجه روانی آنها اندازه‌گیری شده است. در پخت‌های مقدماتی با هدف دستیابی به بازده بیشتر از مقدار مواد شیمیایی کمتری استفاده شد. ولی رفتار ساقه کلزای پخته شده در هنگام جداسازی الیاف آن نشان داد که کیفیت خمیر کاغذ مناسب نیست. بنابراین سعی شد توسط زیاد کردن میزان مصرف مواد شیمیایی ماده سلولزی مورد بررسی را نرم‌تر کرده و جداسازی الیاف بهتر انجام گیرد. بنابراین بازده کاهش یافته و به کمتر از بازده خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از چوب رسیده است. چنین کاهش جبران‌کننده کیفیت پایین خمیر کاغذ از این ماده می‌باشد. بازده به تفکیک بازده قابل قبول و بازده اندازه‌گیری شده است. بازده قابل قبول بین حداکثر ۶۳ درصد (شرایط ملایم فراوری شیمیایی؛ خمیر کاغذ P۱) و حداقل ۵۶/۸ درصد (شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی؛ خمیر کاغذ P۱۱) متغیر بوده است. در اثر زیاد شدن میزان مواد شیمیایی بازده نیز کاهش یافته است. بازده کل بین ۶۸/۹۵ درصد (شرایط سدیم فراوری شیمیایی؛ خمیر کاغذ P۱) و ۶۰/۱ درصد (شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی؛ خمیر کاغذ P۱۱) تغییر کرده است. تأثیر مستقل میزان هیدروکسید سدیم بر بازده قابل قبول و بازده کل در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است. ولی تأثیر ۲ عامل بالا بر بازده قابل

قبول معنی‌دار نشده و تأثیر متقابل دو عامل مورد بررسی بر بازده کل در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵). از جمله دلایل اصلی بازده کم خمیر کاغذهای این بررسی، میزان زیاد مواد محلول در هیدروکسید سدیم ۱ درصد است که در حین فرآوری شیمیایی خارج می‌شوند. مقادیر بازده قابل قبول و بازده کل خمیر کاغذهای تهیه شده با ۱۲ و ۸ درصد هیدروکسید سدیم در یک گروه و کمتر از بازده قابل قبول و بازده کل خمیر کاغذ تهیه شده با ۴ درصد هیدروکسید سدیم است.

موسوی و همکاران (۲۰۰۹) بازده بعد از غربال خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون از ساقه کلزا را که با استفاده از ۱۶ درصد هیدروکسید سدیم، ۰/۲ درصد آنتراکینون به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد تهیه کرده‌اند معادل ۴۰/۵ درصد در عدد کاپای ۷۳ و وزده آن را ۶/۱۹ درصد گزارش کرده‌اند که در مقایسه با نتایج این بررسی کمتر است. بنابراین نتایج این بررسی دور از انتظار نبوده و قابل قبول خواهد بود. آتیس و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی مقایسه‌ای خمیر کاغذ از کاه گندم ترکیه که با استفاده از چند فرایند مختلف انجام گرفته است، زیادترین بازده قابل قبول و وزده را به ترتیب $48/2 \pm 2/6$ و $3/6 \pm 0/6$ درصد در مورد فرایند کرافت-آنتراکینون با قلیائیت پایین اعلام کرده و عدد کاپای این خمیر کاغذ را ۳۲/۷ گزارش می‌کنند.

میزان لیگنین باقی‌مانده در خمیر کاغذها بین ۱۹/۷۵ تا ۲۳/۸ درصد و مقدار هولوسلولز آن‌ها بین ۷۰/۱ تا ۷۳/۱ درصد تعیین شده است. با وجود این‌که مقدار لیگنین باقی‌مانده در خمیر کاغذ زیاد است، که البته چنین پدیده‌ای در مورد خمیر کاغذهای شیمیایی-مکانیکی متداول می‌باشد، ولی میزان هولوسلولز آن در مقدار مناسبی قرار دارد. مقدار خاکستر خمیر کاغذ معادل ۳ درصد اندازه‌گیری شده است. تأثیر مستقل مقدار هیدروکسید سدیم بر میزان هولوسلولز و لیگنین باقی‌مانده در سطح ۹۹ درصد و تأثیر مستقل مقدار سولفیت سدیم بر هولوسلولز در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده، ولی تأثیر سولفیت سدیم بر لیگنین باقی‌مانده و تأثیر متقابل دو عامل بالا بر مقدار هولوسلولز معنی‌دار نشده است (جدول ۵). تأثیر متقابل دو عامل مورد بررسی بر لیگنین باقی‌مانده در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس تاثیر ترکیب مواد شیمیایی و اثرات متقابل آن بر میانگین بازده و ترکیب شیمیایی خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا.

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
%NaOH	بازده قابل قبول	۱۳۴/۶۳	۲	۶۷/۳۱	۲۴/۲۱	**
	بازده کل	۲۵۱/۸۴	۲	۱۲۵/۹۲	۲۷/۴۳	**
	هولوسلولز	۲/۸۴	۲	۱/۴۲	۶۹/۱۹	**
	لیگنین باقی مانده	۳/۵۶	۲	۱/۷۸	۲۴/۵۱	**
	درجه روانی	۲۵۴۲۰۲	۲	۱۲۷۱۰۱	۴/۶۹	*.۰۱
	بازده قابل قبول	۱/۴۶	۳	۰/۴۸	۰/۱۷	ns
%Na ₂ SO ₄	بازده کل	۳۹/۷۰	۳	۱۳/۲۳	۲/۸۸	ns
	هولوسلولز	۹/۸۲	۳	۳/۲۷	۱۵۹/۲۲	*.۰۴
	لیگنین باقی مانده	۲۲/۵۶	۳	۷/۵۲	۱۰۳/۵۶	ns
	درجه روانی	۱۶۱۴/۲۵	۳	۵۳۸/۰۸	۰/۰۲	**
	بازده قابل قبول	۵۷/۴۵	۶	۹/۵۷	۰/۱۹	ns
	بازده کل	۳۴/۰۵	۶	۵/۶۷	۳/۴۴	**
اثر متقابل NaOH*Na ₂ SO ₄	هولوسلولز	۳۳/۴۷	۶	۵/۵۷	۱/۲۳	ns
	لیگنین باقی مانده	۶۰/۴۹	۶	۱۰/۰۸	۲۴/۹۶	**
	درجه روانی	۳۲۰۵۸	۶	۵۳۴۳	۱۳۸/۸۰	**
	بازده قابل قبول	۹۷/۲۸	۳۵	۲/۷۸		
	بازده کل	۱۶۰/۶۲	۳۵	۴/۵۸		
	هولوسلولز	۰/۷۲	۳۵	۰/۰۲		
خطا	لیگنین باقی مانده	۲/۵۴	۳۵	۰/۰۷		
	درجه روانی	۹۴۸۰۹۹	۳۵	۲۷۰۸۸/۵۴		
	بازده قابل قبول	۱۶۷۸۲۷/۷۸	۴۸			
	بازده کل	۱۹۲۸۲۴	۴۸			
	هولوسلولز	۲۴۴۶۳۴/۷۲	۴۸			
	لیگنین باقی مانده	۲۲۴۴۱/۰۶	۴۸			
کل	درجه روانی	۶۳۰۲۰۷۴	۴۸			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

** وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

ns عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

تأثیر مقدار ماده شیمیایی بر درجه روانی و طبقه بندی الیاف خمیر کاغذ: درجه روانی خمیر کاغذها تغییرات زیادی داشته و بین ۳۰۸ تا ۶۵۲ میلی لیتر استاندارد کانادایی متغیر بوده است. در اثر زیاد شدن میزان مصرف مواد شیمیایی درجه روانی افزایش داشته که نشان می دهد مواد شیمیایی زیادتر قادر به

نرم‌تر کردن ساقه کلزا و در نتیجه جداسازی بهتر الیاف است. به‌علاوه احتمال این‌که در میزان مصرف مواد شیمیایی کمتر شدت پرزدار شدن الیاف زیادتر باشد دور از انتظار نمی‌باشد. دلیل دیگر کم بودن درجه روانی در فرآوری ماده لیگنوسلولزی با مصرف مواد شیمیایی کمتر می‌تواند ناشی از خرد شدن الیاف و ایجاد نرمه‌های زیادتر باشد که در این خصوص اندازه‌گیری میزان نرمه‌ها و الیاف کوتاه (در محدوده مورد بررسی) نشان می‌دهد که تغییر قابل‌توجهی در میزان نرمه‌ها و الیاف کوتاه وجود ندارد. بنابراین خرد شدن الیاف نمی‌تواند دلیلی برای درجه روانی پایین‌تر باشد. تأثیر مستقل هیدروکسید سدیم در سطح ۹۵ درصد و تأثیر مستقل سولفیت سدیم و تأثیر متقابل عوامل مورد بررسی بر درجه روانی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است (جدول ۵). میانگین درجه روانی خمیر کاغذهای ساخته شده با استفاده از سه میزان هیدروکسیدسدیم در ۳ گروه جداگانه قرار دارد و در اثر زیاد شدن مقدار مصرف هیدروکسید سدیم درجه روانی افزایش یافته است. همچنین میانگین درجه روانی خمیر کاغذهای ساخته شده با اعمال ۴ سطح سولفیت سدیم نیز در ۴ گروه مجزا قرار دارند و در اثر زیاد شدن میزان سولفیت سدیم، درجه روانی افزایش پیدا کرده است.

با توجه به این‌که خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی با اعمال یک مرحله فرآوری مکانیکی تولید می‌شوند و ماده اولیه فرآوری شده در معرض ضربه‌های به‌نسبت شدید تیغه‌های صفحه پالایش‌گر قرار می‌گیرند، همواره احتمال خرد شدن و ایجاد نرمه‌های زیادتر وجود دارد. در عمل هر چه ماده اولیه فرآوری شده نرم‌تر باشد، احتمال ایجاد نرمه‌ها کمتر است. در این بررسی با استفاده از سری غربال‌های بوئر- مکت، طبقه‌بندی الیاف خمیر کاغذها قبل و بعد از پالایش توسط پالایشگر آزمایشگاهی PFI انجام گرفته است (خمیر کاغذها بعد از پخت در معرض ۱۰۰۰ دور پالایشگر آزمایشگاهی قرار گرفته‌اند). تغییر شرایط فرآوری شیمیایی ماده اولیه و پالایش خمیر کاغذ تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر طبقه‌بندی الیاف خمیر کاغذهای مورد بررسی نداشته است. میزان نرمه‌ها (بخش $R \& P_{200}$) بین ۸/۷ تا ۱۳ درصد متغیر بوده و در اثر زیاد شدن مصرف مواد شیمیایی مقدار نرمه‌ها کمتر شده است. ولی مقدار آنها در اثر پالایش تغییر نکرده است. زیادترین بخش الیاف مربوط الیاف عبور کرده از غربال ۴۸ و باقی‌مانده بر روی غربال ۱۰۰ اندازه‌گیری شده و مقدار آن بین ۶/۳ تا ۵۹/۱ درصد متغیر بوده است. البته با وجود این‌که مقدار این بخش در شرایط خمیر کاغذسازی با مصرف مواد شیمیایی زیادتر، بیشتر است، ولی پالایش تغییر قابل ملاحظه‌ای در آن به وجود نیاورده است. مقدار بخش $P \& R_{200}$ بین

۸/۷ تا ۱۷/۱ درصد می‌باشد. با وجودی که معمولاً در مورد خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی از چوب نیز مقدار الیاف این بخش زیاد است، ولی در مورد خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا به‌علت وجود سلول‌های پاراننشیمی، آوندها و سلول‌های مغز ساقه، مقدار آن بیش از خمیر کاغذهای مکانیکی چوب می‌باشد. همان‌طور که انتظار می‌رود بخش الیاف بلندتر (بخش R۱۴ و R۲۴) کم بوده و حداکثر به حدود ۲۰ درصد محدود شده است (خمیر کاغذ P۹). البته در مورد خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا، انتظار بیش از مقدار بالا را نباید داشت.

تأثیر مقدار مواد شیمیایی بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ: ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ (قبل و بعد از پالایش) در نمودارهای ۱ تا ۳ ترسیم شده است. تأثیر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ پالایش نشده در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۶) و فقط تأثیر سولفیت سدیم بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر ترک‌دین خمیر کاغذها معنی‌دار نشده است. ویژگی‌های مقاومتی در اثر زیاد شدن مصرف مواد شیمیایی افزایش یافته‌اند که نشان می‌دهد، مواد شیمیایی قادر به نرم کردن ماده اولیه و جداسازی بهتر الیاف بوده است. در اثر ۱۰۰۰ دور پالایش، ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذها افزایش یافته و فقط شاخص مقاومت در برابر پاره شدن تغییر زیادی را نشان نمی‌دهد. این پدیده نشان‌دهنده پالایش‌پذیری خوب (نرم بودن) الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا است. به‌علاوه باید توجه داشت که احتمالاً در اثر پالایش سلول‌های با جداره نازک و همچنین سلول‌های پاراننشیمی به ذراتی تبدیل می‌شوند که از توری کاغذسازی عبور می‌کنند. بنابراین تأثیر منفی این نوع سلول‌ها بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ کاهش یافته و در نتیجه مقاومت‌ها افزایش می‌یابند، زیرا اندازه‌گیری میزان هولوسلولز و الفا-سلولز خمیر کاغذها نشان می‌دهد که همی‌سلولزها نزدیک به ۳۰ درصد هولوسلولز را تشکیل می‌دهند (مقدار α - سلولز خمیر کاغذها حدود ۴۰-۳۵ درصد بوده است).

ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی سودا - آنتراکینون از ساقه کلزا در بازه کل ۳۷/۲۶ درصد و عدد کاپای ۲۴/۲۹ شامل شاخص مقاومت در برابر پاره شدن، شاخص مقاومت در برابر ترک‌دین، طول پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر کشش به ترتیب $4/6 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ، $3/5 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ ، $7/4$ کیلومتر و $72/6 \text{ N.m/g}$ اندازه‌گیری شده است (موسوی و همکاران، ۲۰۰۹). شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر کشش خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی که از ساقه کلزا

و با مصرف ۱۶ درصد مواد شیمیایی (مبنای NaOH) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد ساخته شده به ترتیب $6/9 \text{mN.m}^2/\text{g}$ و 44N.m/g اندازه‌گیری شده است (احمدی و همکاران، ۲۰۰۹). سفیدگران (۲۰۰۲) شاخص مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا را که با اعمال ۱۶ درصد هیدروکسید سدیم، ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و ۹۰ دقیقه تهیه شده است، $9/31 \text{mN.m}^2/\text{g}$ گزارش می‌کند. مقایسه ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا در این بررسی با سایر پژوهش‌های انجام گرفته بر روی خمیر کاغذ ساقه کلزا نشان می‌دهد که ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی کمتر از خمیر کاغذهای شیمیایی است. البته چنین پدیده‌ای دور از انتظار نمی‌باشد. زیرا به علت ایجاد میزان نرمه زیادتر، تمام ویژگی‌های مقاومتی کاهش پیدا می‌کنند.

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر ترکیب مواد شیمیایی و اثرات متقابل آن بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا.

منبع تغییرات	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
%NaOH	شاخص مقاومت در برابر کشش	۳/۳۸	۲	۱/۶۹	۵۱۰/۹۳	۰/۰۰۱
	شاخص مقاومت در برابر ترک‌شدن	۰/۰۴	۲	۰/۰۲	۴/۱۹	۰/۰۰۴
%Na ₂ SO ₄	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن	۰/۸۵	۲	۰/۴۲	۱۵۰/۱۴	۰/۰۰۱
	شاخص مقاومت در برابر کشش	۰/۳۰	۳	۰/۱۰	۳۰/۸۳	۰/۰۰۱
اثر متقابل NaOH*Na ₂ SO ₄	شاخص مقاومت در برابر ترک‌شدن	۰/۱۸	۳	۰/۰۰۶	۱/۱۸	ns
	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن	۰/۹۳	۳	۰/۳۱۲	۱۰۹/۴۷	۰/۰۰۱
خطا	شاخص مقاومت در برابر کشش	۱/۶۷	۶	۰/۲۷۹	۸۴/۲۲	۰/۰۰۱
	شاخص مقاومت در برابر ترک‌شدن	۰/۱۵	۶	۰/۰۲۶	۵/۰۵	۰/۰۰۱
	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن	۰/۹۴	۶	۰/۱۵	۵۵/۱۰	۰/۰۰۱
کل	شاخص مقاومت در برابر کشش	۰/۰۳	۱۲	۰/۰۰۳		
	شاخص مقاومت در برابر ترک‌شدن	۰/۰۶	۱۲	۰/۰۰۵		
	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن	۰/۰۳	۱۲	۰/۰۰۳		
	شاخص مقاومت در برابر کشش	۴۸۶۳/۵۳	۲۴			
	شاخص مقاومت در برابر ترک‌شدن	۲۹/۷۶	۲۴			
	شاخص مقاومت در برابر پاره شدن	۳۵۹/۷۴	۲۴			

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

نتیجه‌گیری

با وجود این‌که ساخت خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی پر بازده از منابع الیاف غیرچوبی متداول نیست و در مورد منابع غیر چوبی به‌خصوص پسماندهای کشاورزی همواره از فرایندهای شیمیایی استفاده می‌شود، ولی امکان تولید خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی از ساقه کلزا دور از انتظار نمی‌باشد. با تنظیم شرایط فراوری شیمیایی می‌توان به ویژگی‌های مناسب و کاربردی دست یافت. در این حالت بازده خمیر کاغذ از واحد ماده اولیه زیادتر شده و در مصرف ماده اولیه سلولزی صرفه‌جویی می‌شود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با استفاده از ۱۰ درصد سولفیت سدیم و ۱۲ درصد هیدروکسید سدیم به بازده قابل‌قبول ۵۶/۸ درصد و بازده کل ۶۰/۷ درصد دست یافته و ویژگی‌های مقاومتی این خمیر کاغذ شامل شاخص مقاومت در برابر کشش، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن پس از پالایش از درجه روانی اولیه ۶۱۳ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی به درجه روانی ۳۰۱ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی به‌ترتیب معادل ۱۸/۶۱ Nm/g، ۱/۷ kPa.m^۲/g و ۴/۶۴ mN.m^۲/g تعیین شده است. از خمیر کاغذ ساخته شده می‌توان بعد از رنگ‌بری برای ساخت کاغذ روزنامه و کاغذ چاپ و تحریر استفاده کرد.

منابع

1. Ahmadi, M., Jahan Latibari, A., Faezipour, M. and Hejazi, S. 2009. Mechanical Properties of Neutral Sulfite Semi Chemical Pulp from Rapeseed. J. Fore. and Woo. Prod. 62:2. 133-144. (In Persian)
2. Ates, S., Atik, C., Ni, Y. and Gumoskaya, 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.
3. Darvish Qadima, F., Jahan Latibari, A., Sepidedam, S.J., Tajdini, A. and Maradbak, A. 2008. The Study of the Properties of the High Yield Pulp from Corn Stalks. J. Scie. and Tech. in Natu. Reso. 3:4. 27-42. (In Persian)
4. Deniz, I., Kirci, H. and Ates, S. 2004. Optimization of Wheat Straw (*Triticum durum*) Kraft Pulping. Ind. Crops Prod. 19:3. 237-243.
5. Fakhrian Roghani, A., Golbabaie, F., Hossienkhani, H. and Salehi, K. 2007. Investigation on Pulp Production from Corn Stalks Using CMP and APMP Processes. Iranian J. Woo. and Pape. Sci. Rese. 22:2. 155-167. (In Persian)
6. Franklin, G.L. 1954. A rapid Method of Softening Wood for Anatomical Analysis. Tropical Wood, 88: 35-36.

7. Hejazi, S., Kordsachia, O., Patt, R., Jahan Latibari, A. and Tschirner, U. 2008. Alkaline Sulfite Anthraquinone (AS/AQ) Pulping of Wheat Straw and Totally Chlorine Free (TCF) Bleaching. *Ind. Crops Prod.* 29: 27-39.
8. Jahan Latibari, A., Hossieni, E., Resalati, H. and Fakhrian Roghani, A. 2006. Determination of Optimum NSSC Pulping Conditions on Wheat Straw Pulping. *Iranian J. Natu. Reso.* 59:4. 903-920. (In Persian)
9. Mckean, W.T. and Jacobs, R.S. 1997. Wheat Straw as Paper Fiber Source. Unpublished Report, Clean Washington Center, 100p.
10. Moradian, H., Jahan Latibari, A., Resalati, H. and Fakhrian Roghani, A. 2003. Investigation on CMP Pulping of Wheat Straw. *Iranian J. Natu. Reso.* 56:4. 480-488. (In Persian)
11. Mousavi, S.M.M., Mahdavi, S., Hosseini, S.Z., Resalati, H. and Yosafi, H. 2009. Investigation on Pulping of Rapeseed Straw. *Iranian J. Woo. and Pape. Scie. and Rese.* 24:2. 69-79. (In Persian)
12. Paviainen, L. 1998. European Prospects for Using Non wood Fibers. *Pulp and Paper Int.* 40:6. 61-66.
13. Roodi, H.R. 2001. Investigation on the Possibility of Corrugating Pulp Production from Sun Flower Stalks by Neutral Sulfite Semi Chemical Process. M.Sc. Thesis, College of Natural Resources and Marine Sciences. Tarbiat Modarres University, Noor. 83p. (In Persian)
14. Safidgaran, R. 2002. Investigating the Soda Pulping Production Potential from Colza for Fluting Paper Production. M.Sc. Thesis, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University. 68p.
15. Tappi Standard Test Methods, 2008. Tappi Press, Atlanta, Ga. USA.
16. Usta, M., Kirci, H. and Eroglu, H. 1990. Soda Oxygen Pulping of Corn (*Zea mays indurata sturt*). In: Tappi Pulping Conference Proceeding Pp: 307-312., Toronto, Ontario, Canada.
17. Xu, E.C. and Rao, N.N. 2001. APMP (Alkaline Peroxide Mechanical Pulps from Non Wood Fibers. Part 3: Bagasse. In: Proceeding of the Tappi 2001 Pulping Conference, 8p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 17(2), 2010
www.gau.ac.ir/journals

Investigation on The Effect of Chemical Treatment on The Properties of Chemi-Mechanical Pulp from Rapeseed Stem

***A. Jahan Latibari¹, R. Hossienpour², R. Farnood³, A. Tajdini⁴
and S.J. Sepidehdam⁴**

¹Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Technology, Islamic Azad University, Karaj Branch, ²M.Sc. Graduated, Dept. of Wood and Paper Technology, Islamic Azad University, Karaj Branch ³Associate Prof., Director, Pulp and Paper Centre, Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, Canada, ⁴Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Technology, Islamic Azad University, Karaj Branch

Abstract

The influence of chemical consumption on fiber and strength properties of pulp produced using rapeseed stem is evaluated. Three dosages of NaOH (4, 8, 12%) and four dosages of Na₂SO₃ (8, 10, 12, 14) were applied and treatment duration and temperature were kept constant as 15 minutes and 125°C. L/W was 7/1. Screened and total yield of pulps were measured as 57-63% and 60.1-68.95%, respectively. The residual lignin and holocellulose in the pulp varied between 19.75-23.8% and 70.1-73.1%, respectively. The unrefined freeness of the pulps were measured as 330-652 ml CSF which were reduced to 194-301 ml CSF after treatment at 1000 revolution in PFI mill. The fiber classification indicated that the portion of R-100 is amounting to 46.3-53% which did not change after refining. Tensile index was measured as 13.25-15.05 Nm/g which was improved to 14.9-17.79 Nm/g upon refining. However, the tear index was not altered as the pulp was refined and it was remained as 3.07-4.36 mNm²/g. The burst index was fairly low as 1-1.3 kPa.m²/g which after refining increased to 2 kPa.m²/g.

Keywords: Rapeseed Stem, Sodium Hydroxide, Sodium Sulfite, Strength, Fiber Classification

* Corresponding Author; Email: latibari_24@yahoo.com