

تأثیر عوامل فراوری شیمیایی بر کیفیت الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا

رضا حسین پور^۱، احمد جهان‌لتیباری^{۲*}، آژنگ تاج‌دینی^۳، سید محمد جواد سپیده‌دم^۳ و رامین فرنود^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج
۲* - دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج، مسئول مکاتبات پست الکترونیک: latibari_24@yahoo.com

۳ - استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج

۴ - همکار مدیر مرکز خمیر و کاغذ، مهندسی شیمی و شیمی کاربردی، دانشگاه تورنتو، کانادا

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: دی ۱۳۸۸

چکیده

تأثیر عوامل فراوری شیمیایی ساقه کلزا شامل زمان، دما، ترکیب مواد شیمیایی و همچنین درجه‌روانی خمیر کاغذ بر کیفیت الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا توسط FQA مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین تأثیر سه زمان ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه، دو دمای ۱۲۵ و ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد، دو ترکیب مواد شیمیایی شامل $\text{NaOH} \ 4\% + \text{Na}_2\text{SO}_3 \ 8\%$ و $\text{NaOH} \ 8\% + \text{Na}_2\text{SO}_3 \ 12\%$ (بر مبنای وزن خشک ماده چوبی) و خمیر کاغذ پالایش نشده و پالایش شده ارزیابی شده‌اند. میانگین طول الیاف خمیر کاغذ پالایش نشده بین ۰/۴۹ تا ۰/۶۵ میلی‌متر متغیر بوده است و در اثر بیشتر شدن عوامل مورد بررسی میانگین طول الیاف کاهش یافته است. به‌علاوه اینکه میانگین طول الیاف در اثر پالایش کمی کاهش یافته است. از این رو میزان نرمه‌های خمیر کاغذها در حدود ۰/۵۵ تا ۰/۶۳ اندازه‌گیری شده است، که مقدار زیادی را نشان می‌دهد و در اثر پالایش مقدار نرمه‌ها حدود ۵٪ افزایش یافته است. زبری الیاف خمیر کاغذ بین ۱۰ تا ۴۱ $\text{mg}/100\text{m}$ تعیین شده است و در اثر پالایش به ۱۴ تا ۵۳ $\text{mg}/100\text{m}$ افزایش یافته است. با وجود ثابت ماندن تقریبی خمیدگی الیاف ولی در اثر پالایش میزان شکستگی الیاف بیشتر شده است.

واژه‌های کلیدی: کلزا، خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی، طول الیاف، نرمه، زبری، خمیدگی، شکستگی، درجه‌روانی.

مقدمه

ویژگی‌های کاغذ و محصولات کاغذی تحت تأثیر اجزاء تشکیل‌دهنده آن مخصوصاً ویژگی‌های الیاف می‌باشد. در واقع عملکرد الیاف مورد استفاده در تولید کاغذ خاصی به‌عوامل مختلف نظیر ترکیب شیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی، برهم کنش الیاف در شبکه کاغذ و چگونگی عملکرد الیاف یا الیاف/ شبکه کاغذ تحت

شرایط محیطی معینی بستگی دارد (Rowell و همکاران، ۲۰۰۰). بدین جهت مطالعاتی در زمینه تأثیر ویژگی‌های ریخت‌شناسی الیاف بر ویژگی‌های کاغذ انجام شده است. Oluwadari و Sotannde (۲۰۰۷) با استفاده از معادلات رگرسیون چند متغیره و لحاظ کردن شاخص‌های مرفولوژیک الیاف سعی در پیش‌بینی ویژگی‌های ورقه الیاف خمیر کاغذ از ساقه گیاه

خمیر کاغذ مکانیکی اعمال می‌گردد، نقش دو عامل طول و زبری الیاف بر چنین خمیر کاغذهای پُر بازده زیادتیر می‌شود. همچنین گزارش شده است که تا طول الیاف حدود ۳ میلی‌متر، تأثیر طول الیاف بر مقاومت در برابر پاره شدن و کشش به همان اندازه زبری الیاف اهمیت دارد (Broderick و همکاران، ۱۹۹۶). البته در ارزیابی ویژگی‌های خمیر کاغذ و نقش عوامل مؤثر بر آن، تأثیر میزان نرمه‌ها را نمی‌توان در نظر نگرفت (Meyers و Nanko، ۲۰۰۵). دو عامل خمیدگی^۲ و شکستگی^۳ الیاف نیز بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن مؤثر هستند (Sutton و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین تولیدکنندگان خمیر کاغذ و کاغذ نه تنها توجه زیادی بر ویژگی‌های الیاف و چگونگی تأثیر آنها بر کیفیت محصول دارند، بلکه توجه در حال افزایشی بر چگونگی تأثیر فرآیند تولید بر ویژگی‌های الیاف مشاهده می‌گردد. به طوری که در این زمینه، کاغذساز با اندازه‌گیری خصوصیات الیاف قادر به رفع عیب‌ها و مشخص کردن عوامل مؤثر فرایندی برای ایجاد صدمه بر الیاف است. Ingunm (۱۹۹۹) نشان داده است که میزان خمیدگی ایجاد شده در الیاف خمیر کاغذ بستگی به نوع خمیر کاغذ و شرایط فرآوری آن نظیر درصد خشکی، شدت انرژی و نیروی برشی دارد. حتی ابعاد همزن نیز بر شکل الیاف تأثیر می‌گذارد. پالایش در درصد خشکی زیاد و مالش‌دهی به میزان زیادی خمیدگی و شکستگی را افزایش می‌دهد (Sutton و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین به دلیل اهمیت دانش مرتبط با طول الیاف، زبری الیاف، میزان نرمه‌ها، خمیدگی و شکستگی در الیاف خمیر کاغذ، نه تنها راهکارهای

leucocephala Leucaena در سه سطح درجه روانی داشته‌اند. طبق نتایج این مطالعه طول الیاف و ضخامت دیواره سلول بیشترین تأثیر را بر ویژگی مقاومتی خمیر کاغذ پالایش نشده داشته و این تأثیر پس از پالایش نیز مشاهده شده است. البته مشخص کردن کامل ویژگی‌های خمیر کاغذ بر پایه فقط یک عامل مرفولوژیکی امکان‌پذیر نبوده، بلکه تمام مشخصه‌های الیاف بر ورقه خمیر کاغذ این چوب تأثیر می‌گذارند.

به طوری که در بین مشخصه‌های مرفولوژیکی الیاف، دو ویژگی طول الیاف و زبری^۱ الیاف از مهمترین عوامل تلقی می‌گردند (Via و همکاران، ۲۰۰۴). با وجودی که زبری الیاف تأثیر مفیدی بر بازده خمیر کاغذ از چوب معینی دارد، ولی اغلب در اثر زیاد شدن زبری مقاومت‌های خمیر کاغذ کاهش می‌یابد. مطالعه نشان داده است که افزایش زبری اثر منفی بر مقاومت در برابر کشش، دانسیته ظاهری، مقاومت در برابر ترکیدن و طول پاره شدن و اثر مثبت بر مقاومت در برابر پاره شدن دارد (Kibblewhite و همکاران، ۱۹۹۹). در زمینه مدل‌سازی مقاومت در برابر کشش محصولات کاغذی، Page و همکاران از پیش‌گامان هستند (Page، ۱۹۶۹) و عنوان کرده‌اند، در مدل‌سازی دو ویژگی طول الیاف و زبری الیاف تأثیر تعیین‌کننده دارند (Seth، ۱۹۹۵؛ Seth و Page، ۱۹۹۶). البته در این مورد اظهار نظر محققان متفاوت است. با وجودی که Seth (۱۹۹۵) نقش زبری در مقاومت در برابر کشش را بیش از طول الیاف عنوان می‌کند، ولی Hosseiny و Anderson (۱۹۹۹) نقش الیاف بلندتر بر مقاومت در برابر ترکیدن را مهم‌تر از زبری می‌دانند. به علاوه وقتی فراوری شیمیایی بر روی

2- Curl
3- Kink

1- Coarseness

مواد و روشها

نمونه برداری: ساقه کلزای رقم هیولا مورد استفاده این بررسی از مزارع شهرستان رودبار استان گیلان تهیه شده است. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ابتدا برگ‌ها، و ساقه‌های خیلی نازک و حامل دانه روغنی از آن جدا شده و بعد ساقه‌ها به قطعاتی به طول حدود ۳ سانتی متر بریده شدند. مغزخرددها دستی جدا شده و خرده‌های بدون مغز در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شدند. ابعاد الیاف شامل طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلول کلزا به ترتیب $1/319 \pm 0/52$ میلی متر، $31 \pm 7/4$ میکرون، $19/5 \pm 6/5$ میکرون و $5/75$ میکرون می‌باشد (Hosseinpour, et al., 2010).

ساخت خمیر کاغذ: برای ساخت خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی (CMP از ساقه کلزا، از دو ترکیب شیمیایی شامل ۴٪ هیدروکسید سدیم + ۸٪ سولفیت سدیم و ۸٪ هیدروکسید سدیم + ۱۲٪ سولفیت سدیم، دو دمای فراوری شیمیایی ۱۲۵ و ۱۴۵ درجه سلسیوس و سه زمان پخت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه استفاده شده است. نسبت مایع پخت به خرده کلزا ۷ به ۱ انتخاب شده و در هر پخت از ۱۰۰ گرم خرده کلزا (مبنا وزن خشک) استفاده شد. پس از پایان هر پخت، محتویات مخزن پخت در داخل سطل پلاستیکی تخلیه شده 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 سانتی متر طی ۳ بار عبور انجام شد. سوسپانسیون الیاف بر روی غربال مجهز به توری با اندازه سوراخ ۱۴ مش 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

تعیین این مشخصه‌ها تدوین شده است، بلکه چندین تحلیل‌گر مشخصه‌های الیاف با اهداف مشابه ولی توانایی‌های مختلف توسعه یافته و به بازار عرضه شده‌اند (Guay و همکاران، ۲۰۰۵؛ Robertson و همکاران، ۱۹۹۹؛ Hirn و Bauer، ۲۰۰۶). این تجهیزات جدید در دو مقیاس آزمایشگاهی و کارخانه‌ای قابل استفاده هستند. ارزیابی مقایسه‌ای ویژگی‌های الیاف توسط انواع تحلیل‌گر نوری موجود نشان داده است که نتایج اندازه‌گیری بر روی یک خمیر کاغذ معین تا حدودی متفاوت بوده است (دلیل آن را عمدتاً نرم‌افزاری اعلام داشته‌اند). ولی به اندازه‌ای بین آنها همبستگی وجود دارد که بتوان توسط کالیبراسیون دقیق‌تر، عدم یکنواختی را مرتفع کرد (Guay و همکاران، ۲۰۰۵). هم چنین ارزیابی مقایسه میزان نرمه‌های اندازه‌گیری شده توسط Britt Jar (طبق دستورالعمل T261cm-00 آئین نامه TAPPI) و تحلیل‌گر کیفیت الیاف (FQA)^۱ و تعیین رابطه بین مقدار نرمه‌ها با طول و زبری الیاف ۴۰ نمونه خمیر کاغذ شیمیایی و شیمیایی - حرارتی مکانیکی، توافق بین دو روش را نشان می‌دهد (Nanko و Meyers، ۲۰۰۵).

با توجه به نقش تأثیرگذار ویژگی‌های مرفولوژیکی الیاف خمیر کاغذ بر ویژگی‌های کاغذ تولید شده و هم چنین تأثیر شرایط فراوری شیمیایی ماده اولیه تولید خمیر کاغذ و پالایش خمیر کاغذ بر روی ویژگی‌های الیاف، در این بررسی اثر این عوامل بر ویژگی‌های الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا بررسی شده است.

الیاف را به صورت هیدرودینامیکی از یک مجرای نازک (تقریباً به صورت دو بعدی، 2D) عبور می‌دهد. در این سلول جریان ورقه‌ای، جریان نازکی حاوی الیاف می‌باشد که از طریق یک تزریق‌کننده جمع شونده به آن وارد شده و تشکیل می‌شود (شکل ۱). در سلول جریان که قبل از منطقه تصویربرداری واقع شده است، الیاف به تدریج جهت‌یابی شده و در مسیر مشخص قرار می‌گیرند. سیستم تصویربرداری از یک دوربین مداربسته (CCD) دوبعدی با وضوح ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل تشکیل شده است و در این دوربین وضوح و بزرگ‌نمایی مرتبط با اندازه یک پیکسل معادل حدود ۳۵ میکرون در یک رشته الیاف است.

با استفاده از FQA؛ میانگین طول الیاف (mm)، میزان نرمه‌ها (%،) زبری (mg/100m)، خمیدگی (%،) و شاخص شکستگی (%،) اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

$$m/n = I_n \text{ (زبری (C))}$$

m: وزن کاملاً خشک نمونه کوچکی از الیاف که در تحلیل‌گر

قرار گرفته است، I_n : میانگین طول الیاف

n: تعداد الیاف در نمونه الیاف به وزن m گرم

$$Cl = \frac{l}{L} - 1 \text{ (خمیدگی)}$$

Cl: شاخص خمیدگی، l: طول خمیده الیاف، L: بلندترین طول

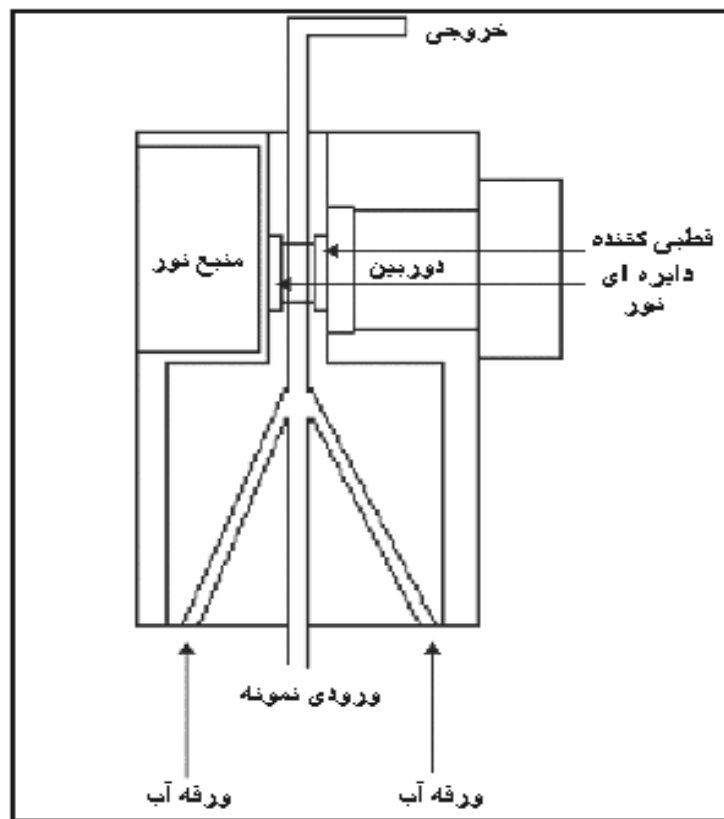
الیاف

غربال ۲۰۰مش به‌عنوان خمیرکاغذ قابل قبول جمع‌آوری شدند. الیاف وازده و قابل قبول به طور جداگانه بسته‌بندی شده و پس از تعیین رطوبت آنها، بازده قابل قبول و وازده محاسبه گردید. از الیاف قابل قبول برای بررسی ویژگی‌های کیفی آنها استفاده شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی الیاف: ویژگی‌های

کیفی الیاف خمیرکاغذ پالایش نشده و پالایش شده انجام گردید (خمیرکاغذها به‌طور جداگانه طبق دستورالعمل شماره T248 sp-08 آئین‌نامه TAPPI با استفاده از دستگاه PFI پالایش شده‌اند و درجه‌روانی طبق دستورالعمل شماره TAPPI T227 om-04 تعیین شده است). پس از آن با استفاده از تحلیل‌گر کیفیت الیاف (FQA) (دستورالعمل T271 om-07 آئین‌نامه TAPPI)، کیفیت الیاف بررسی شده است.

به طوری که چندین وسیله تحلیل‌نوری کیفیت الیاف وجود دارند که دارای اختلاف جزئی می‌باشند (Guay و همکاران، ۲۰۰۵). در بین این تجهیزات FQA از کارایی بالاتری برخوردار است و کاربرد گسترده‌تری یافته است. FQA از سه سیستم هیدرولیکی، نوری و پردازش تصویر تشکیل شده است. وقتی سوسپانسیون رقیقی از الیاف به صورت جریان لایه‌ای (ورقه‌ای) از داخل سلول جریان ورقه‌ای عبور می‌کند (شکل ۱)، در معرض جریان نور قرار گرفته و از سیستم تصویربرداری می‌گذرد. این سلول جریان؛ ورقه‌ای از



شکل ۱- پیکره‌بندی سلول جریان در تحلیل کیفیت الیاف (FQA)

نتایج

پالایشگر PFI، درجه‌روانی به حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی کاهش یافته است که نشان‌دهنده پالایش‌پذیری خوب خمیرکاغذ مورد بررسی خواهد بود. نتایج تحلیل کیفی الیاف نیز در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین طول الیاف بین ۰/۵۲ تا ۰/۶۵ میلی‌متر تعیین شده است که پس از پالایش تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد. ولی در اثر زیاد شدن زمان پخت، دمای پخت و مقدار مواد شیمیایی میانگین طول الیاف کاهش یافته است. به طوری که مقدار نرمه‌ها در اثر زیاد شدن زمان پخت افزایش یافته ولی در اثر زیاد شدن دمای پخت و مواد شیمیایی مقدار نرمه‌ها کاهش یافته است.

با توجه به اینکه بازده خمیرکاغذ قادر است بر کیفیت الیاف آن نیز تأثیرگذار باشد، بنابراین بازده به تفکیک بازده قابل قبول، وزده و بازده کل محاسبه شده و در جدول یک آمده است. بازده کل بین حداقل ۰/۵۷/۹ و حداکثر ۰/۶۸/۹ متغیر می‌باشد. هر سه عامل مورد بررسی بر بازده کل تأثیر گذاشته و این ویژگی در اثر زیاد شدن هر کدام از سه عامل مورد بررسی کاهش یافته است. درجه‌روانی خمیرکاغذهای پالایش نشده بین ۵۴۰ تا ۶۱۰ میلی‌لیتر استاندارد کانادایی تغییر کرده و به جز یک مورد، در بقیه شرایط مورد بررسی کمتر از ۶۰۰ میلی‌لیتر بوده است (جدول ۱). پس از اعمال ۵۰۰ دور پالایش توسط

با وجودی که در اثر اعمال شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی، زبری الیاف کاهش یافته است ولی پالایش خمیرکاغذ به طور جزئی زبری الیاف را افزایش داده است (جدول ۱). تأثیر زمان فراوری شیمیایی بر شاخص خمیدگی الیاف (قبل و بعد از پالایش) قابل ملاحظه نبوده ولی در مصرف مواد شیمیایی زیادتر و دمای بالاتر شاخص خمیدگی افزایش یافته و پالایش نیز تا حدودی این شاخص را زیادتر کرده است. وضعیت مشابهی نیز در مورد شاخص شکستگی مشاهده شده است (جدول ۱). تحلیل آماری تأثیر شرایط پخت بر ویژگی‌های کیفی الیاف که با استفاده از نرم‌افزار SPSS^۱ انجام شده است در جدول‌های ۲ تا ۷ خلاصه شده است.

بحث

شرایط جداسازی الیاف مخصوصاً درصد خشکی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ویژگی کیفی الیاف دارد. بنابراین در این بررسی که با هدف ارزیابی تأثیر شرایط فراوری شیمیایی ماده اولیه بر ویژگی‌های الیاف خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا انجام گرفته است، درصد خشکی مرحله جداسازی الیاف کمتر از یک درصد انتخاب شده است. ولی سعی شده جداسازی الیاف در دمای نزدیک به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شود تا رفتار پس از فراوری لیگنین تغییر زیادی نداشته باشد. از این رو با حفظ شرایط ثابت مرحله جداسازی الیاف، تأثیر ترکیب شیمیایی، دما و زمان فراوری بر ویژگی کیفی الیاف تعیین شده است.

نتایج پخت‌های مقدماتی که با اعمال شرایط خیلی ملایم فراوری شیمیایی انجام شده نشان داد که تولید

خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی با بازده مرسوم (بالاتر از ۸۰٪) به خمیرکاغذی با نرمه خیلی زیاد و میانگین طول الیاف خیلی کوتاه می‌انجامد. بنابراین به منظور ارتقاء کیفیت الیاف و به تبع آن کیفیت خمیرکاغذ، از شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی استفاده شد. در نتیجه بازده کاهش یافته و به حداقل ۵۷/۵۷٪ و حداکثر ۶۸/۹۵٪ رسیده است. بنابراین با وجودی که بازده کمتری حاصل شده است ولی از نظر حفظ کیفیت چنین کاهش بازده‌ای ضروری بود. به طوری که هر سه عامل مورد بررسی بازده کل خمیرکاغذ از ساقه کلزا را کاهش دادند. ولی در شرایط شدیدتر وازده نیز کاهش یافته و افزایش کمی در بازده قابل قبول مشاهده می‌گردد. البته بهتر است در جداسازی آزمایشگاهی الیاف به بازده کل توجه شود. زیرا تولید خمیرکاغذ در مقیاس خیلی کوچک و با استفاده از پالایشگر با قطر صفحه ۲۵ سانتی‌متر، وازده زیادتر خواهد بود. در مقیاس صنعتی که از پالایشگر جداگانه‌ای برای جداسازی الیاف وازده استفاده می‌شود و این الیاف به خمیرکاغذ قابل قبول افزوده می‌شود میزان وازده خیلی کم است. بر خلاف انتظار، در شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی میزان نرمه‌های خمیرکاغذ افزایش یافته و به ۶۳/۵٪ رسیده است. در نتیجه این رفتار از خمیرکاغذ، میانگین طول الیاف خمیرکاغذ کاهش یافته و از مقدار ۰/۶۵ میلی‌متر (شرایط ملایمر) به ۰/۵۲ میلی‌متر (شرایط شدیدتر) کاهش یافته است. وضعیت مشابهی نیز پس از پالایش خمیرکاغذها مشاهده می‌شود. نه تنها در اثر پالایش میزان نرمه‌ها افزایش یافته و میانگین طول الیاف کاهش یافته است، بلکه همان وضعیت زیادتر بودن نرمه‌ها و کمتر بودن میانگین طول الیاف در شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی حفظ شده است.

خمیرکاغذهای ساخته شده در زمانهای فراوری ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه به ترتیب ۰/۵۷۶، ۰/۵۵۳ و ۰/۵۳۱ میلی متر تعیین شده است که در سه گروه مجزا قرار می‌گیرند. تأثیر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی بر میزان نرمه‌های خمیرکاغذ نیز معنی‌دار بوده است (جدول ۳). به نحوی که در اثر زیاد شدن زمان فراوری شیمیایی، میزان نرمه‌ها افزایش یافته، که می‌تواند به دلیل سست شدن ساختمان الیاف باشد.

تحلیل آماری نتایج مربوط به میانگین طول الیاف و نرمه‌ها نشان می‌دهد که تأثیر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی بر میانگین طول الیاف معنی‌دار است و فقط تأثیر متقابل دما و درجه‌روانی، زمان، دما و درجه‌روانی و همچنین دما، ترکیب مواد شیمیایی و درجه‌روانی بر میانگین طول الیاف معنی‌دار نبوده است (جدول ۲). به طوری که در اثر زیاد شدن عوامل مورد بررسی میانگین طول الیاف کاهش یافته است. میانگین طول الیاف

جدول ۲- تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر میانگین طول الیاف خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا (پالایش نشده و پالایش شده)

متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی‌داری
زمان (A)	۰/۰۱۶	۲	۰/۰۰۸	۶۵۱/۶۰	۰/۰۰۰**
دما (B)	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۴۶۴/۶۴	۰/۰۰۰**
ترکیب مواد شیمیایی (C)	۰/۰۰۸	۱	۰/۰۰۸	۶۶۴۰/۰۲	۰/۰۰۰**
درجه‌روانی (D)	۰/۰۰۹	۱	۰/۰۰۹	۶۹۹/۸۴	۰/۰۰۰**
A*B	۰/۰۰۰	۲	۷/۵۲	۶/۰۲	۰/۰۰۰**
B*C	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۱۳۶۲/۰۲	۰/۰۰۰**
B*D	۴/۸۰	۱	۴/۸۰	۳/۸۴	۰/۰۰۶ ^{ns}
A*C	۰/۰۰۰	۲	۰/۰۰۰	۱۷/۸۰	۰/۰۰۰**
A*D	۶/۳۵	۲	۳/۱۷	۲/۵۴	۰/۱۰۰*
C*D	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۴۰/۵۶	۰/۰۰۰**
A*B*C	۰/۰۰۱	۲	۰/۰۰۰	۲۵/۶۸	۰/۰۰۰**
A*B*D	۱/۰۵	۲	۵/۲۵	۰/۴۲	۰/۶۶ ^{ns}
A*C*D	۷/۸۵	۲	۳/۹۲	۳/۱۴	۰/۰۰۶ ^{ns}
B*C*D	۰/۰۰۰	۱	۰/۰۰۰	۳۰/۸۲	۰/۰۰۰**
A*B*C*D	۰/۰۰۰	۲	۸/۱۱	۶/۴۸	۰/۰۰۶**
خطا	۰/۰۰۰	۲۴	۱/۲۵		
کل	۱۴/۸۴	۴۸			

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹٪

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪

میانگین طول الیاف خمیر کاغذ از کاه گندم که با اعمال چند فرآیند شیمیایی تهیه شده و با استفاده از تحلیل گر کیفی الیاف (FQA) اندازه گیری شده است بین ۰/۴۶۴ و ۰/۵۰۳ میلی متر و میزان نرمه ها ۳۴/۵۷٪ و ۳۹/۸۸٪ گزارش شده است (Ates و همکاران، ۲۰۰۸) که در مقایسه با نتایج این بررسی میانگین طول الیاف آن کوتاهتر و میزان نرمه ها کمتر است. Robertson و همکاران (۱۹۹۹) میانگین طول الیاف خمیر کاغذ

پهن برگان، خمیر کاغذ سوزنی برگان و بخش R-14 خمیر کاغذ سوزنی برگان که با استفاده از FQA تعیین شده، به ترتیب ۰/۶۵، ۲/۲۲ و ۳/۰۹ میلی متر و Guay و همکاران (۲۰۰۵) میانگین طول الیاف شش نمونه خمیر کاغذ تجاری را بین حداقل ۰/۳۹ و حداکثر ۱/۲۲ میلی متر اعلام کرده اند. Guay و همکاران (۲۰۰۵) میزان نرمه خمیر کاغذهای تجاری را بین حداقل ۱۹٪ و حداکثر ۵۸٪ گزارش کرده اند.

جدول ۳- تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر نرمه الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا (پالایش نشده و پالایش شده)

متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی داری
زمان (A)	۶۶/۹۱	۲	۳۳/۴۵	۲۹۵۲۲/۲۵	۰/۰۰۰**
دما (B)	۴۰/۸۱	۱	۴۰/۸۱	۳۶۰۱۰/۰۶	۰/۰۰۰**
ترکیب مواد شیمیایی (C)	۳۴/۵۷	۱	۳۴/۵۷	۳۰۵۱۰/۰۶	۰/۰۰۰**
درجه روانی (D)	۲۸۶/۶۵	۱	۲۸۶/۶۵	۲۵۲۹۲۸/۱۲	۰/۰۰۰**
A*B	۲/۷۰	۲	۱/۳۵	۱۱۹۱/۶۶	۰/۰۰۰**
B*C	۱۱/۹۴	۱	۱۱/۹۴	۱۰۵۳۵/۳۶	۰/۰۰۰**
B*D	۰/۱۹	۱	۰/۱۹	۱۶۷/۶۵	۰/۰۰۰**
A*C	۱/۷۲	۲	۰/۸۶	۷۶۱/۲۲	۰/۰۰۰**
A*D	۴/۱۷	۲	۲/۰۸	۱۸۴۳/۰۳	۰/۰۰۰**
C*D	۱۴/۶۷	۱	۱۴/۶۷	۱۲۹۴۸/۰۰	۰/۰۰۰**
A*B*C	۰/۹۳	۲	۰/۴۶	۴۱۱/۸۱	۰/۰۰۰**
A*B*D	۰/۴۴	۲	۰/۲۲	۱۹۵/۰۹	۰/۰۰۰**
A*C*D	۵/۲۰	۲	۲/۶۰	۲۲۹۸/۰۰	۰/۰۰۰**
B*C*D	۴/۹۰	۱	۴/۹۰	۴۳۲۵/۶۵	۰/۰۰۰**
A*B*C*D	۵/۴۸	۲	۲/۷۴	۲۴۲۰/۶۵	۰/۰۰۰**
خطا	۰/۰۲	۲۴	۰/۰۲		
کل	۱۸۷۸۶۳/۸۸	۴۸			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

** وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹٪

ns عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

شرایط پخت شدیدتر شود (خمیر کاغذهای شیمیایی در مقدار مصرف مواد شیمیایی زیاد، دمای بالاتر و زمان طولانی‌تر تولید می‌شود) لیگنین زیادتری از الیاف جدا می‌گردد زبری الیاف کاهش می‌یابد.

Robertson و همکاران (۱۹۹۹) عنوان می‌کنند که فراوری مکانیکی الیاف قادر به ایجاد خمیدگی و شکستگی در الیاف خمیر کاغذ می‌باشد. بنابراین در این بررسی سعی شده است با انتخاب درصد خشکی کم، تأثیر این عامل حذف گردد. به طوری که شاخص خمیدگی الیاف خمیر کاغذ پالایش نشده بین ۰/۰۴۹ تا ۰/۰۶۸ و خمیر کاغذ پالایش شده بین ۰/۰۴۵ تا ۰/۰۷۰ اندازه‌گیری شده است. شاخص شکستگی الیاف خمیر کاغذ پالایش نشده بین ۰/۹۳ تا ۱/۲۶ و خمیر کاغذ پالایش شده بین ۱/۲ تا ۱/۴۶ اندازه‌گیری شده است. تحلیل آماری تأثیر عوامل مورد بررسی بر شاخص خمیدگی در جدول ۵ و شاخص شکستگی در جدول ۶ نشان داده شده است. همان طوری که از جدول ۵ مشخص است، تأثیر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی بر شاخص خمیدگی معنی‌دار نبوده و فقط تأثیر زمان و دمای فراوری شیمیایی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار شده است. زیرا در اثر زیاد شدن زمان و یا دمای فراوری شیمیایی، الیاف نرم‌تر شده و در اثر نیروهای اعمال شده در مرحله جداسازی الیاف خمیدگی پیدا می‌کنند. ولی تأثیر مستقل عوامل مورد بررسی بر شکستگی الیاف در سطح ۹۹٪ معنی‌دار شده و حتی تأثیر متقابل دما و ترکیب مواد شیمیایی، ترکیب مواد شیمیایی و درجه‌روانی نیز در سطح ۹۹٪ و تأثیر متقابل زمان و دمای فراوری در سطح ۹۵٪ معنی‌دار شده است (جدول ۶).

زبری الیاف عامل دیگری است که بر ویژگی‌های کاغذ تأثیر می‌گذارد. زبری الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا قبل از پالایش بین حداکثر ۱ mg/100m (شرایط ملایم فراوری شیمیایی) و حداقل ۱۰ mg/100m (شرایط شدیدتر) متغیر بود و این ویژگی الیاف خمیر کاغذ در اثر پالایش افزایش یافت. به طوری که میزان افزایش در الیافی که با اعمال شرایط ملایم‌تر تولید شده است زیادتر بود (۱۲ mg/100m) و در مورد الیاف خمیر کاغذ تولید شده با شرایط فراوری شدیدتر کمتر اندازه‌گیری شد، که دلیل آن می‌تواند ایجاد نرمه بیشتر در اثر پالایش الیاف باشد.

تحلیل آماری تأثیر شرایط فراوری شیمیایی بر زبری الیاف نشان می‌دهد که تأثیر مستقل عوامل مورد بررسی بر زبری الیاف در سطح ۹۹٪ و تأثیر متقابل دما و ترکیب مواد شیمیایی، دما و درجه‌روانی در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بوده است. ولی تأثیر متقابل سایر عوامل بر این ویژگی معنی‌دار نشده است (جدول ۴). زبری الیاف خمیر کاغذ شیمیایی از پهن‌برگان، سوزنی‌برگان و بخش R-14 خمیر کاغذ سوزنی‌برگان به ترتیب ۸/۵ و ۱۴/۶ mg/100m (Robertson و همکاران، ۱۹۹۹) و خمیر کاغذهای تجاری بین ۱۰ و ۲۷ mg/100m (Guay و همکاران، ۲۰۰۵) گزارش شده است. با توجه به این که خمیر کاغذهای این بررسی در زمره خمیر کاغذهای شیمیایی - مکانیکی بوده‌اند و نرمه‌های زیادتری در مرحله جداسازی الیاف ایجاد شده‌اند، نتایج به دست آمده دور از انتظار نمی‌باشند. زیرا در شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی (هیدروکسید سدیم ۸٪، سولفیت سدیم ۱۲٪، دمای پخت ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت بین ۱۵ تا ۴۵ دقیقه) مقدار زبری الیاف به ۱۰ و ۱۵ mg/100m کاهش یافته است. بنابراین می‌توان عنوان کرد که هر چه

جدول ۴- تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر زبری الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا
(پالایش نشده و پالایش شده)

متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی داری
زمان (A)	۶۳۰/۱۶۷	۲	۳۱۵/۰۸۳	۶۰/۵۳۵	۰/۰۰۰**
دما (B)	۹۲۷/۵۲۱	۱	۹۲۷/۵۲۱	۱۷۸/۱۹۹	۰/۰۰۰**
ترکیب مواد شیمیایی (C)	۳۴۵۱/۰۲۱	۱	۳۴۵۱/۰۲۱	۶۶۳/۰۲۴	۰/۰۰۰**
درجه روانی (D)	۴۱۴/۱۸۸	۱	۴۱۴/۱۸۸	۷۹/۵۷۵	۰/۰۰۰**
A*B	۱۸/۱۶۷	۲	۹/۰۸۳	۱/۷۴۵	۰/۱۹ ^{ns}
B*C	۳۱/۶۸۸	۱	۳۱/۶۸۸	۶/۰۸۸	۰/۰۳*
B*D	۴۲/۱۸۸	۱	۴۲/۱۸۸	۸/۱۰۵	۰/۰۱*
A*C	۱۰۶/۶۷	۲	۵۳/۰۸۳	۱۰/۱۹۹	۰/۰۰۱**
A*D	۹/۵۰۰	۲	۴/۷۵۰	۰/۹۱۳	۰/۸۴ ^{ns}
C*D	۱۳/۰۲۱	۱	۱۳/۰۲۱	۲/۵۰۲	۰/۴۱ ^{ns}
A*B*C	۹/۵۰۰	۲	۴/۷۵۰	۰/۹۱۳	۰/۱۳ ^{ns}
A*B*D	۰/۰۰۰	۲	۰/۰۰۰	۰/۸۰۴	۰/۴۱ ^{ns}
A*C*D	۰/۰۰۰	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۹۸ ^{ns}
B*C*D	۰/۰۰۰	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۹۴ ^{ns}
A*B*C*D	۰/۰۰۱	۲	۰/۰۰۰	۰/۵۰۷	۰/۶۰ ^{ns}
خطا	۱۶۱/۳۵۴	۲۴	۵/۲۰۳		
کل	۳۸۸۳۷/۰۰۰	۴۸			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

** وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹٪

ns عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

همکاران، ۱۹۹۹). شاخص خمیدگی چند نوع خمیر کاغذ کرافت از کاه گندم ترکیه بین ۰/۰۵۱ و ۰/۰۶۲ و خمیر کاغذ سودا و حلال آلی از کاه گندم به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۹۰ گزارش شده است (Ates و همکاران، ۲۰۰۸). شاخص شکنندگی خمیر کاغذهای مورد بررسی توسط Ates و همکاران (۲۰۰۸) بین ۰/۹۰ و ۱/۸۵ اعلام شده است.

با وجودی که عنوان شده است که در خمیر کاغذهای مکانیکی، لیگنین تأثیر تعیین کننده‌ای بر شاخص خمیدگی الیاف دارد ولی مقادیر شاخص خمیدگی و شاخص شکستگی الیاف خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از ساقه کلزا مشابه خمیر کاغذ شیمیایی از پهن برگان (۰/۰۷۰) و کمتر از خمیر کاغذ شیمیایی از سوزنی برگان (۰/۱۲۵) و بخش R-14 خمیر کاغذ سوزنی برگان (۰/۱۳۷) است (Robertson و

جدول ۵- تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر شاخص خمیدگی الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا
(پالایش نشده و پالایش شده)

متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی داری
زمان (A)	۴/۲۳	۲	۲/۱۲	۱/۸۵	۰/۱۷ ^{ns}
دما (B)	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۸۸/۴۶۷	۰/۰۰۰ ^{**}
ترکیب مواد شیمیایی (C)	۰/۰۰۲	۱	۰/۰۰۲	۲۱۶/۹۴۵	۰/۰۰۰ ^{**}
درجه روانی (D)	۱/۸۸	۱	۱/۸۷	۰/۰۱۶	۰/۸۹ ^{ns}
A*B	۱/۹۷	۲	۹/۸۳	۰/۸۶۴	۰/۴۳ ^{ns}
B*C	۶/۴۹	۱	۶/۴۹	۵/۷۰۲	۰/۰۲ [*]
B*D	۳/۰۱	۱	۳/۰۱	۰/۰۲۶	۰/۸۷ ^{ns}
A*C	۳/۰۰	۲	۱/۵۰	۰/۱۳۲	۰/۸۷ ^{ns}
A*D	۵/۵۸	۲	۲/۷۹	۰/۲۴۵	۰/۷۸ ^{ns}
C*D	۳/۳۰	۱	۳/۳۰	۲/۹۰۱	۰/۱۰ ^{ns}
A*B*C	۲/۵۶	۲	۱/۲۸	۱/۱۲۴	۰/۳۴ ^{ns}
A*B*D	۱/۹۹	۲	۹/۹۵	۰/۸۷۵	۰/۴۳ ^{ns}
A*C*D	۵/۵۰	۲	۲/۷۵	۰/۰۲۴	۰/۹۷ ^{ns}
B*C*D	۵/۴۷	۱	۵/۴۷	۰/۴۸۱	۰/۴۹ ^{ns}
A*B*C*D	۱/۸۰	۲	۹/۰۲	۰/۷۹۳	۰/۴۶ ^{ns}
خطا	۲/۷۳	۲۴	۱/۱۴		
کل	۱/۷۵	۴۸			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

** وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹٪

ns عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

جدول ۶- تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر شاخص شکستگی الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا
(پالایش نشده و پالایش شده)

متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی داری
زمان (A)	۰/۲۱۴	۲	۰/۱۰۷	۶۰/۷۴۶	۰/۰۰۰**
دما (B)	۰/۴۴۵	۱	۰/۴۴۵	۲۵۲/۸۶۰	۰/۰۰۰**
ترکیب مواد شیمیایی (C)	۰/۵۰۹	۱	۰/۵۰۹	۲۸۹/۵۶۹	۰/۰۰۰**
درجه روانی (D)	۰/۱۸۴	۱	۰/۱۸۴	۱۰۴/۶۳۹	۰/۰۰۰**
A*B	۰/۰۱۸	۲	۰/۰۰۹	۵/۱۶۸	۰/۰۱*
B*C	۰/۰۴۷	۱	۰/۰۴۷	۲۶/۶۵۵	۰/۰۰۰**
B*D	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۸۰۱	۰/۳۸ ^{NS}
A*C	۰/۰۱۰	۲	۰/۰۰۵	۲/۷۲۱	۰/۰۸ ^{NS}
A*D	۰/۰۱۲	۲	۰/۰۰۶	۳/۳۳۹	۰/۰۵ ^{NS}
C*D	۰/۰۲۰	۱	۰/۰۲۰	۱۱/۴۷۱	۰/۰۰۲**
A*B*C	۰/۰۰۷	۲	۰/۰۰۴	۲/۱۱۴	۰/۱۴ ^{NS}
A*B*D	۰/۰۰۲	۲	۰/۰۰۱	۰/۴۷۵	۰/۶۲ ^{NS}
A*C*D	۰/۰۰۱	۲	۰/۰۰۰	۰/۲۱۰	۰/۸۱ ^{NS}
B*C*D	۰/۰۰۰	۱	۰/۰۰۰	۰/۲۳۲	۰/۶۳ ^{NS}
A*B*C*D	۰/۰۰۹	۲	۰/۰۰۴	۲/۵۴۰	۰/۱۰ ^{NS}
خطا	۰/۰۴۲	۲۴	۰/۰۰۲		
کل	۶۵/۶۱۹	۴۸			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

** وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹٪

NS عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

بررسی بر درجه روانی خمیر کاغذ به جزء دمای فراوری شیمیایی معنی دار نبوده است.

نتایج این بررسی نشان داده است که در فرآیند شیمیایی مکانیکی تولید خمیر کاغذ از ساقه کلزا، مرحله فراوری شیمیایی ماده اولیه بر ویژگی های کیفی الیاف که توسط تحلیل گر کیفی الیاف تعیین شده است تأثیر می گذارد. در شرایط شدیدتر فراوری شیمیایی - مکانیکی، طول الیاف خمیر کاغذ کاهش یافته و میزان نرمه ها افزایش یافته است. با وجودی که در اثر فراوری شیمیایی شدیدتر،

درجه روانی خمیر کاغذ در دو حالت پالایش نشده و پس از ۵۰۰ دور پالایش در پالایشگر PFI اندازه گیری شده است. درجه روانی خمیر کاغذهای پالایش نشده بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی (CSF) اندازه گیری شده است که پس از ۵۰۰ دور پالایش به حدود ۳۰۰-۳۱۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی کاهش یافته است. چنین کاهش در درجه روانی بیانگر نرم بودن و پالایش پذیری بودن الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی با بازده کمتر از معمول از ساقه کلزا است. بنابراین تأثیر عوامل مورد

انجامیده و در اثر پالایش زبری کمی افزایش یافته است. شرایط فراوری شیمیایی شدیدتر و به تبع آن نرم شدن الیاف باعث شاخص خمیدگی کمتر در الیاف شده و شاخص شکستگی بالاتر الیاف شده است.

ماده اولیه نرم تر شده و باید تخریب فیزیکی کمتری در مرحله جداسازی الیاف اتفاق افتد، ولی مواجه با تخریب زیادتر الیاف و ایجاد نرمه‌ها بوده، ولی بازده قابل قبول بالاتر است. نرم شدن ماده اولیه به کم شدن زبری الیاف

جدول ۷- تجزیه واریانس عوامل مورد بررسی بر درجه روانی الیاف خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی از ساقه کلزا (پالایش نشده و پالایش شده)

متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی داری
زمان (A)	۱۱۷۷/۱۶۷	۲	۵۸۸/۵۸۳	۲/۸۵۳	۰/۰۷ ^{ns}
دما (B)	۶۸۶۸/۷۵۰	۱	۶۷۶۸/۷۵۰	۳۲/۸۰۵	۰/۰۰۰ ^{**}
ترکیب مواد شیمیایی (C)	۶۰/۷۵۰	۱	۶۰/۷۵۰	۰/۲۹۴	^{ns} ۰/۵۹
درجه روانی (D)	۷۹۲۰۷۴/۰۸۳	۱	۷۹۲۰۷۴/۰۸۳	۳۸۳۸/۸۰۸	۰/۰۰۰ ^{**}
A*B	۴۰۶/۵۰۰	۲	۲۰۳/۲۵۰	۰/۹۸۵	^{ns} ۰/۳۸
B*C	۳۵۲/۰۸۳	۱	۳۵۲/۰۸۳	۱/۷۰۶	۰/۲۰ ^{ns}
B*D	۴۶۰۲/۰۸۳	۱	۴۶۰۲/۰۸۳	۲۲/۳۰۴	۰/۰۰۰ ^{**}
A*C	۱۰۵۴/۵۰۰	۲	۵۲۷/۲۵۰	۲/۵۵۵	۰/۰۹ ^{ns}
A*D	۱۶۵۷/۱۶۷	۲	۸۲۸/۵۸۳	۴/۰۱۶	۰/۰۳ [*]
C*D	۱۴/۰۸۳	۱	۱۴/۰۸۳	۰/۰۶۸	۰/۷۹ ^{ns}
A*B*C	۹۱۳/۱۶۷	۲	۴۵۶/۵۸۳	۲/۲۱۳	۰/۱۳ ^{ns}
A*B*D	۶۷۳/۱۶۷	۲	۳۳۶/۵۸۳	۱/۶۳۱	۰/۲۱ ^{ns}
A*C*D	۱۷۱/۱۶۷	۲	۸۵/۵۸۳	۰/۴۱۵	۰/۶۶ ^{ns}
B*C*D	۱۰۲/۰۸۳	۱	۱۰۲/۰۸۳	۰/۴۹۵	۰/۴۸ ^{ns}
A*B*C*D	۵۸۳/۱۶۷	۲	۲۹۱/۵۸۳	۱/۴۱۳	۰/۲۶ ^{ns}
خطا	۴۹۵۲/۰۰۰	۲۴	۲۰۶/۳۳۳		
کل	۱۰۰۶۷۹۲۶/۰۰۰	۴۸			

* وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

** وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۹٪

ns عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵٪

- Meyers, J. and Nanko, H. 2005. Effect of Fines on the Fiber Length and Coarseness Values Measured by the Fiber Quality Analyzer (FQA). Tappi, 2005 spring Technical Conference, Wisconsin:USA.
- Oluwadare, A.Q. and Sotande, O.A. 2007. The Relationship Between Fiber Characteristics and Pulp Sheet Properties of *Leucaena leucocephala* (Lum.) DeWit. Middle East J. of Scientific Research 2(2):63-68.
- Page, D.H. 1969 A Theory of the Tensile Strength of Paper. Tappi, J.52:674-681.
- Robertson, G.; Olsan, J.; Allen, P.; Chan, B. and Seth, R. 1999. Measurement of Fiber Length, Coarseness and Shape With The Fiber Quality Analyzer. Tappi J.82(10):93-98.
- Rowell, R.M.; Han, J.S.; Rowell, J.S.; 2000. Characterization and Factors Effecting Fiber Properties. Natural Polymers and Agrofibers Composition. Sancarlos, Brazil.2000. p:115-135.
- Seth, R.S. 1995. The Effect of Fiber Length and Coarseness on the Tensile Strength of Wet Webs: a Statistical Geometry Explanation. Tappi J. 78: 99-102.
- Seth, R.S. and Page, D.H. 1996. The Problem of Using Page's Equation to Determine Loss in Shear Strength of Fiber – Fiber Bonds Upon Pulp Drying. Tappi, J.79:206-210.
- Sutton, P.; Loss, C. and Grossely, B. 2003. Factors Affecting Fiber Characteristics in Pulp. Op Test Equipment Inc. R and D Internal Bulletin 18 (2): 12-16.
- Via, B.K.; Stine, M.; Shape, T.F.; So, C.L. and Groom, L. 2004. Genetic Improvement of Fiber Length and Coarseness Based on Paper Product Performance and Material Variability, A review. IAWA J. Vol.25 (4): 401-414.
- منابع مورد استفاده**
- Ates, S.; Atik, C.; Ni, Y. and Gumuskaya, E., 2008. Comparison of Different Chemical Pulps from Wheat Straw and Bleaching with Xylanase Pre-Treated ECF method. Turk. J. Agric For 32: 561-570.
- Broderick, G.; Paris, J.; Volade, J.L. and Wood, J. 1996. Linking the Fiber Characteristics and Hand Sheet Properties of a High Yield Pulp. Tappi J. 29:161-169.
- Guay, D.; Sutherland, N.R.; Rantanen, W.; Malandri, N.; Stephens, A.; Mattingly, K. and Schneider, M. 2005. Comparison of Fiber Length Analyzer Over a Range of Fiber Types. 2005 Tappi Practical paper making Conference [electronic resource]: May 22-26, 2005. Milwaukee, Wisconsin. Atlanta: Ga. Tappi Press. 30 pages.
- Hirn, U.; Bauer, W.; 2006. A review of Image Analysis Based on Methods To Evaluate Fiber Properties. Lenzinger Berichte 86: 96-105.
- Hosseinpour, R.; Jahan Latibari, A.; Farnood, R. Fatehi, P. and Sepidehdam, S.M. 2010. Characterizing Rapeseed Stem Fiber Morphology and Chemical Composition. Submitted to AIWA Journal.
- Hosseiny, E. and Anderson, D. 1999. Effect of Fiber Length and Coarseness on the Burst Strength of Paper. Tappi J.82: 202-203.
- Ingunm, O. 1999. The Effect of Curl and Micro Compressions on the Combination of Sheet Properties. Tappi, 1999 International Paper Physics Conference. Proceeding. P: 499.
- Kibblewhite, R.P.; Riddle, M.J.C; and Shelbodrne, C.J.A. 1999. Kraft Fiber and Pulp Qualities of 29 Trees of the New Zealand Grown *Eucalyptus nitens*. Appita J. 52: 132-139.

The impact of chemical treatment variables on fiber quality of Colza stem chemi-mechanical pulp

Hoseinpour, R.¹, Jahan – Latibari, A.^{2*}, Tajdini, A.³, Sepidehdam, S.M.J.³ and Farnood, R.⁴

1-M.Sc. Graduated Student, Wood and Paper Science & Technology, College of Agriculture and Natural Resource, Islamic Azad University. Karaj Branch.

2*- Corresponding author, Associate Prof. Agriculture Research Center. College of Agriculture and Natural Resource, Islamic Azad University. Karaj Branch.

3- Assistant Prof. Agriculture Research Center. College of College of Agriculture and Natural Resource, Islamic Azad University. Karaj Branch.

4- Associate Director, Pulp and Paper Centre, Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, Canada.

Received: Dec., 2010

Accepted: Dec., 2011

Abstract

The impact of chemical treatment variables including treatment time and temperature, chemical charge as well as pulp freeness on fiber quality of Colza stem chemi-mechanical pulp was studied using Fiber Quality Analyzer (FQA). Three treatment times (15, 30 and 45 minutes), two treatment temperatures (125 and 145 °C), two chemical charges (4% NaOH + 8% Na₂SO₃ and 8% NaOH +12% Na₂SO₃) as well as pulp refining were evaluated. The results revealed that at higher values of treatment variables, fiber average length was reduced and varied between 0.49 and 0.65 mm. However, the influence of pulp refining on fiber average length was not very pronounced. Pulp contained between 55 -63 % fines, which is on the high range and refining increased the fine content by 5%. Fiber coarseness varied between 10 and 41 mg/100m which was raised to 14 and 53 mg/100m upon refining. Even though refining did not alter fiber curl, but fiber kinks were increased.

Keywords: Colza, chemi-mechanical pulp, fiber length, fines, coarseness, curl, kink, freeness.