دوفصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ٢٤، شمارهٔ ١ ، صفحهٔ ٧٩-٦٩، (١٣٨٨)

بررسی ویژگیهای خمیرکاغذ تولید شده به روش سودا-آنتراکینون از ساقه کلزا

سید محمد مظهری موسوی*[١] ، سعید مهدوی [٢]، سید ضیاءالدین حسینی[٣] ، حسین رسالتی[٤] و حسین یوسفی[٥]

١- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب وکاغذ، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه گرگان- Mousavi1360@gmail.com

٢- استادیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران،

٣- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه گرگان

٤- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه گرگان

٥- دانشجوی دکتری، علوم و صنایع چوب و کاغذ، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران،

تاریخ دریافت: دی ١٣٨٦ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ١٣٨٧

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی امکان استفاده از پسماند ساقه کلزا برای تولید خمیرکاغذ با فرآیند سودا-آنتراکینون و ارزیابی ویژگی های کاغذسازی آن انجام گرفته است. میانگین طول الیاف ساقه کلزا (*Hayolla401*) برابر با ١/٠٤ میلیمتر و میانگین قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف به ترتیب برابر با ٢٨، ١٩/٠٩ و٤/٩١ میکرومتر اندازه گیری شد. میانگین مقادیر سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در استن و خاکستر به‌ترتیب برابر با ٤١/٦٦، ١٦/٠٠، ١/٦٣ و ٣/٤٦ درصد بدست آمد. شرایط پخت، شامل ماده شیمیایی(سود سوزآور) به مقدار ١٦، ١٨ و٢٠ درصد بر مبنای وزن خشک کاه کلزا، درجه حرارت پخت ١٧٥ و ١٨٥ درجه سانتیگراد، زمان پخت ٤٠ و ٧٠ دقیقه ، نسبت مایع پخت به کاه ٨ به ١ و آنتراکینون به مقدار ٠/٢ درصد بر مبنای وزن خشک کاه به مایع پخت اضافه شد. با افزایش شدت شرایط پخت، از مقدار بازده، عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ کاسته شد. عمل پالایش خمیرکاغذ بر روی تیمار منتخب به منظور دستیابی به درجه روانی حدود ٣٥٠±٢٥ (ml ,CSF) انجام شد. از خمیرکاغذ پالایش شده کاغذ دست ساز ٦٠ گرمی تهیه و خواص فیزیکی مکانیکی آنها اندازه گیری شد. خصوصیات فیزیکی اندازه گیری شده شامل ضخامت، دانسیته و حجیمی به ترتیب برابر با ٨٦/٤ میکرومتر، g/cm^3 ٠/٦٩ و cm^3/g ١/٤٤ بدست آمد. خصوصیات مکانیکی اندازه گیری شده شامل اندیس مقاومت به پاره شدن، اندیس مقاومت به ترکیدن، طول پاره شدن و اندیس مقاومت در برابر کشش به ترتیب $mN.m^2/g$ ٤/٦، $kPa.m^2/g$ ٣/٥، km ٧/٤ و Nm/g ٧٢/٦ اندازه گیری شد. نتایج این بررسی در مقایسه با سایر گیاهان غیر چوبی نشان می دهد اگرچه بازده بعد از الک خمیرکاغذ در حد مطلوبی نبوده، ولی با توجه به عددکاپای مناسب و ویژگیهای مقاومتی درحد مطلوب می توان از این ماده لیگنوسلولزی برای تولید خمیرکاغذ در صنایع کاغذسازی بهره گیری کرد.

واژه‌های کلیدی: سودا، سودا-آنتراکینون، ساقه کلزا، عددکاپا، بازده خمیرکاغذ، خواص کاغذ.

مقدمه

رشد جمعیت جهان از یک سو و پیشرفتهای تکنولوژیک از سوی دیگر، افزایش تولید و مصرف کاغذ، این کالای اساسی و استراتژیک را در پی داشته است[١٤]. از طرف دیگر محدود بودن منابع جنگلی در برخی از کشورها (نظیرایران)، صنایع کاغذسازی را مجبور به چاره اندیشی در تامین مواد اولیه مورد نیاز این صنایع کرده است. استفاده روزافزون از منابع جنگلی به منظور تولید فرآورده های چوب و کاغذ، این منابع را با خطر نابودی مواجه کرده است. بررسی روش های بهینه استفاده از

پسماند گیاهان زراعی، استفاده از کاغذ باطله و تکنولوژی بازیافت و همچنین درختان سریع الرشد چوبی در تولید خمیرکاغذ به عنوان جایگزین منابع چوبی کند رشد با دوره رویش طولانی می تواند در کاهش فشار بر جنگلهای طبیعی موثر باشد.

آمار و ارقام نشان دهنده گرایش رو به رشدی در استفاده از پسماند گیاهان زراعی در تولید خمیرکاغذ می باشند که به علت مزایای استفاده از این گونه منابع لیگنوسلولزی در تولید خمیرکاغذ می باشد[۱۶].

گیاه کلزا نیز یکی از منابع سلولزی غیر چوبی است که در سالهای اخیر افزایش سطح زیر کشت آن در ایران بسیار چشمگیر بوده است(آمار وزارت جهاد کشاورزی) و پسماند آن می تواند به عنوان یک ماده اولیه سلولزی برای تولید خمیرکاغذ در صنایع کاغذ سازی مطرح باشد[۵]. (یوسفی، ۱۳۸۵) مقدار متوسط وزن ساقه خشک قابل برداشت کلزا در هکتار را ۲۸۰۰ کیلوگرم گزارش نمود.

سفید گران(۱۳۸۲) قابلیت تولید خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ و مقایسه با کاه برنج را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت که اندیس مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از کاه کلزا بیشتر از کاه برنج است که علت آن طول الیاف بیشترکلزا نسبت به برنج می باشد. اندیس مقاومت به ترکیدن کاغذ در کاه برنج بیشتر از کاه کلزا می باشد که علت این امر به علت کاپای به مراتب پایین تر خمیرکاغذهای کاه برنج و در نتیجه افزایش درهم رفتگی و ایجاد اتصالات قویتر بین الیاف می باشد.

حجازی (۱۳۸٤) ویژگیهای خمیرکاغذ حاصل از کاه گندم به روش سودا-آنتراکینون را مورد بررسی قرار داد. نتایج مقاومتهای مکانیکی شامل طول پارگی، شاخص کشش، شاخص پارگی، شاخص ترکیدن خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون کاه گندم به ترتیب برابر با ۸/٤٥ km، Nm/g ۸۲/۹، $kPam^2/g$،٤/۳ mNm^2/g ۵ بدست آمد.

حجازی(۱۳۸٤) ویژگیهای خمیرکاغذ حاصل از کلش برنج به روش سودا-آنتراکینون را مورد بررسی قرار داد. ایشان نتایج مقاومتهای مکانیکی شامل طول پارگی، شاخص کشش، شاخص پارگی، شاخص ترکیدن خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون کلش برنج را به ترتیب برابر با ۷/۱٦km، Nm/g ۷۰/۲، mNm^2/g ٤، $kPam^2/g$ ۳/۹ اعلام نمود.

Sadawart (۱۹۸۲) در مورد تهیه خمیرکاغذ به روش سودا-آنتراکینون از باگاس بیان کرد که وقتی آنتراکینون به مایع پخت خمیرکاغذ سازی اضافه می شود در فرایند پخت نقش کاتالیزور را خواهد داشت و واکنش را به سمت افزایش لیگنین زدایی سوق می دهد. در کنار این عمل از طریق مقاوم ساختن گروههای انتهایی کربوهیدراتها، باعث پایداری بیشترکربوهیدراتها می شود.

Han و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی های خود برای ساخت خمیر کاغذ از پوست، مغز و الیاف ساقه کنف با استفاده از فرایند خمیر سازی سودا -آنتراکینون بیان می‌دارد که تولید خمیری از کنف که از لحاظ تجاری اهمیت داشته باشد با استفاده از ۱۲ درصد سود، ۱۵/ ۰درصد آنتراکینون و ۲ ساعت زمان پخت در دمای ۱٦۰ درجه سانتی گراد امکان پذیر می باشد. همچنین بیان می دارد، خمیرهایی با کیفیت خوب می تواند از کنف بدست آید، بنابراین کنف می تواند یک جایگزین مناسب به عنوان یک ماده خام خوب برای فیبرهای چوبی باشد.

Finell وNilsson (۲۰۰٤) خصوصیات خمیرکاغذ نی (*Phalaris arundinacea L*) را با دو فرآیند سودا-آنتراکینون و کرافت مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که فرآیند کرافت تاثیر بیشتری بر لیگنین زدائی داشته و مقادیر وازده الک و عددکاپا در فرآیند کرافت پایین تر بوده است. مقدار بازده خمیرکاغذ در فرآیند سودا-آنتراکینون بالاتر بدست آمد.

Rodriguez و همکاران(۲۰۰۷) تولید خمیرکاغذ از کلش برنج را با استفاده از روشهای سودا ، سودا-

آنتراکینون و کرافت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که طول پارگی، کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ دست ساز تهیه شده از خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون نسبت به روش سودا وکرافت بالاتر بوده است.

با بررسی های به عمل آمده، تحقیقی در خارج از کشور در مورد خمیرکاغذسازی از گیاه کلزا مشاهده نشده است. از آنجائی که تاکنون هیچ گونه بررسی در مورد تبدیل پسماند ساقه کلزا به خمیرکاغذ با فرآیند سودا-آنتراکینون انجام نشده است، این تحقیق جهت بررسی امکان استفاده از پسماند ساقه کلزا به عنوان یک منبع جدید سلولزی برای تولید خمیرکاغذ با استفاده از فرآیند سودا-آنتراکینون و ارزیابی ویژگی های کاغذسازی آن انجام گرفت.

مواد و روشها

مواد استخراجی قابل حل در استن : T204 cm-97

لیگنین : T222 om-98

به منظور تهیه خمیرکاغذ، فرآیند سودا-آنتراکینون مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به پختهای مقدماتی، مقدار ماده شیمیایی(سود سوزآور) در سه سطح ۱۶، ۱۸ و۲۰ درصد بر مبناء وزن خشک کاه، زمان پخت در دو سطح ۴۰ و ۷۰ دقیقه، دمای پخت در دو سطح ۱۷۵ و ۱۸۵ درجه سانتیگراد ، نسبت مایع پخت به کاه ۸ به ۱ و مقدار آنتراکینون ۰/۲ درصد بر مبناء وزن خشک کاه در نظر گرفته شد. لذا در مجموع ۱۲ تیمار و از هر تیمار در ۳ تکرار، پخت خمیرکاغذ انجام شد. برای پخت از یک دیگ پخت آزمایشگاهی یک لیتری استفاده شد. پس از پایان هر پخت، بازده بعد از الک و عددکاپای خمیرکاغذ اندازه گیری شد. عمل پالایش خمیرکاغذ منتخب به منظور دست یابی به درجه روانی حدود ۳۵۰±۲۵ میلی لیتر(استاندارد کانادایی) انجام شد. پس از پالایش، کاغذ دست ساز ۶۰ گرمی تهیه شده و اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها طبق استانداردهای *TAPPI* به شرح زیر انجام گرفت.

اندازه گیری عددکاپا: T 236 om-99

پالایش خمیرکاغذ: SCAN-C 24:67

اندازه گیری درجه روانی: SCAN-C 19:65

تهیه نمونه های مورد نظر از کلزا رقم (*Hayolla401*) به روش تصادفی از مزارع تحقیقاتی استان گلستان انجام گرفت. نمونه ها به آزمایشگاه مجتمع تحقیقاتی البرز منتقل شده و پس از تمیز وجداکردن بخشهای زائد(ساقه های بسیارریز و مغز) به قطعات ۳-۲ سانتیمترتبدیل شدند. رطوبت نمونه ها اندازه گیری شده و جهت جلوگیری از تبادل رطوبتی و تغییر میزان رطوبت، نمونه ها داخل کیسه های پلاستیکی قرار داده شدند. آماده سازی نمونه ها برای اندازه گیری ابعاد الیاف، بر طبق روش فرانکلین انجام گرفته و بعد از آماده شدن نمونه ها طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف اندازه گیری شده است.

اندازه گیری مقدار ترکیبهای شیمیایی ساقه کلزا، بر اساس استانداردهای *TAPPI* بر روی آرد چوب با اندازه ذرات مشخص هر کدام در ۳ تکرار به شرح زیر انجام گرفت.

سلولز : روش اسید نیتریک به روش کروشنر

خاکستر : T211 om-93

اندازه گیری اندیس مقاومت در برابر پاره شدن: T 414 om-98

اندازه گیری اندیس مقاومت در برابر ترکیدن: T403 om-97

اندازه گیری طول پاره شدن: T 494 om-96

ساخت کاغذ دست ساز: T 205 sp-95 اندازه گیری اندیس مقاومت در برابر کشش: T 404 cm-92

اندازه گیری ضخامت کاغذ دست ساز: T 411 om-97

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی های خمیرکاغذهای بدست آمده، بوسیله آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و تکنیک تجزیه واریانس تحلیل شده و برای مقایسه میانگین ها و گروه بندی آنها از آزمون دانکن با سطح اعتماد ۹۵٪ استفاده شد. در این محاسبات از نرم افزار SPSS استفاده گردیده است.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه گیری ابعاد الیاف شامل طول، قطر، قطرحفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه کلزا در جدول ۱ و ضرایب بیومتریک الیاف ساقه کلزا در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۱- مقادیر میانگین و انحراف از معیار ابعاد الیاف ساقه کلزا

ابعاد الیاف	میانگین	انحراف از معیار
طول فیبر(میلیمتر) (L)	۱/۰٤	۰/٤٦
قطر فیبر(میکرومتر) (d)	۲۸	٦/۷٦
قطر حفره سلولی (میکرومتر) (c)	۱۹/۰۹	٦/۸٥
ضخامت دیواره سلولی(میکرومتر) (P)	٤/۹۱	۱/۰۷

جدول۲- ضرایب بیومتریک الیاف ساقه کلزا

ضرایب	ساقه کلزا
ضریب درهم رفتگی (L/d×1000)	۳۷/۱
ضریب انعطاف پذیری (c/d×100)	٦۸/۱۷
ضریب مقاومت به پارگی (2p/c×100)	٥۱/٥

در جدول ۳ مقادیرحاصل از اندازه گیری ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر آورده شده است.

جدول۳- مقادیر میانگین و انحراف از معیار ترکیبات شیمیایی ساقه کلزا

ترکیبات شیمیایی	میانگین (٪)	انحراف از معیار
سلولز	٤۱/٦٦	۱/٦
لیگنین	۱٦	۰
مواد استخراجی	۱/٦۳	۰/۳۲
خاکستر	۳/٤٦	۰/٥۷

در جدول ٤ نتایج حاصل از بازده بعد از الک، عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ، در جدول ٥ و٦ گروه بندی میانگین بازده بعد از الک در مقادیر متفاوت ماده شیمیایی و درجه حرارت و در جدول ٧ گروه بندی میانگین عدد کاپای خمیرکاغذ آورده شده است.

جدول ٤- شرایط مختلف پخت ساقه کلزا و تغییرات میانگین بازده بعد از الک، عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ

تیمار	شرایط پخت			بازده بعد از الک (٪)	عدد کاپا	وازده (٪)
	ماده شیمیایی (درصد)	درجه حرارت (سانتیگراد)	زمان پخت (دقیقه)			
١	١٦	١٧٥	٤٠	٤٠/٥	٧٣/٠٠	٦/١٩
٢	١٦	١٧٥	٧٠	٤٠/٢٦	٧٠/٤	٥/٢٤
٣	١٦	١٨٥	٤٠	٤٠/٤٢	٧٠/٦٢	٥/٣٨
٤	١٦	١٨٥	٧٠	٤٠/١٥	٦٥/٧٣	٤/٠٥
٥	١٨	١٧٥	٤٠	٣٩/٧٦	٤٦/٧٨	٢/٣٩
٦	١٨	١٧٥	٧٠	٣٩/٩١	٤٦/٠٥	١/٥٥
٧	١٨	١٨٥	٤٠	٣٩/٣٧	٤٢/٧٨	١/٣٢
٨	١٨	١٨٥	٧٠	٣٨/٨٢	٥١/٥	١/٥٤
٩	٢٠	١٧٥	٤٠	٣٩/٣٩	٢٩/٨٣	٠/٧١
١٠	٢٠	١٧٥	٧٠	٣٦/٧٤	٢٤/٢٩	٠/٥٢
١١	٢٠	١٨٥	٤٠	٣٥/٣٠	٢٥/٧٣	٠/٦٣
١٢	٢٠	١٨٥	٧٠	٣٥/٩٥	٢٧/٢	٠/٤٨

جدول ٥- مقایسه میانگین بازده بعد از الک خمیرکاغذ، در مقادیر مختلف ماده شیمیایی

مقدار ماده شیمیایی ٪	میانگین بازده بعد از الک ٪	مقایسه دانکن
١٦	٤٠,٣	a
١٨	٣٩,٤	a
٢٠	٣٦,٨	b

جدول ٦- مقایسه میانگین بازده بعد از الک خمیرکاغذ، در درجه حرارت های متفاوت پخت

درجه حرارت (سانتیگراد)	میانگین بازده (درصد)	مقایسه دانکن
١٧٥	٣٩/٤٣	a
١٨٥	٣٨/٣٣	b

جدول ٧- مقایسه میانگین عددکاپای خمیرکاغذ، در مقادیر مختلف ماده شیمیایی

مقدار ماده شیمیایی ٪	میانگین عدد کاپا	مقایسه دانکن
١٦	٦٩,٩	a
١٨	٤٦,٧	b
٢٠	٢٦,٧	c

مشخصات خمیرکاغذ انتخاب شده برای تهیه کاغذ دست ساز در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- مشخصات خمیرکاغذ انتخاب شده برای تهیه کاغذ دست ساز

فرآیند	شرایط پخت			بازده خمیرکاغذ (٪)	عدد کاپا
	ماده شیمیایی (درصد)	درجه حرارت پخت (سانتیگراد)	زمان پخت (دقیقه)		
سودا- آنتراکینون	۲۰	۱۷۵	۷۰	۳٦,۷	۲٤,۳

جدول ۹ نتایج حاصل از اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز را نشان می دهد.

جدول ۹- نتایج آزمون های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست ساز

ویژگی	میانگین
ضخامت (µ)	۸٦/٤
دانسیته (g/cm^3)	۰/٦۹
حجیمی (cm^3/g)	۱/٤٤
اندیس مقاومت به پارگی ($mN.m^2/g$)	٤/٦
اندیس مقاومت به ترکیدن ($kPa.m^2/g$)	۳/٥
طول پارگی(Km)	۷/٤
اندیس مقاومت به کشش (Nm/g)	۷۲/٦

بحث

ابعاد الیاف

یکی از خصوصیات مهم مواد لیگنوسلولزی در صنایع کاغذسازی، ابعاد الیاف و به خصوص طول آن می باشد. در این بررسی میانگین طول الیاف ساقه کلزا برابر با ۱/۰٤ میلیمتر و میانگین قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف به ترتیب برابر با ۲۸، ۱۹/۰۹ و ٤/۹۱ میکرومتر محاسبه گردید(جدول۱). سفیدگران(۱۳۸۲) میانگین طول الیاف ساقه کلزا را ۱/۱٦ میلیمتر و قطر حفره سلولی، ضخامت دیواره سلولی الیاف را به ترتیب ۱۲/٥ و٥/۳ میکرومتر گزارش کرد. یوسفی(۱۳۸٥) میانگین طول الیاف ساقه کلزا (okapy) را ۱/۲۱ میلیمتر و قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف را به ترتیب ۲۸/۰۱ ، ۱۱/۹ و ۷/٤۳ میکرومتر گزارش نمود. در مقایسه با گیاهان غیر چوبی دیگر میانگین طول الیاف ساقه کلزا از طول الیاف ساقه ذرت دانه ای (۰/۹۱ میلیمتر)[جهان لتیباری، ۱۳۷٥]، ساقه پنبه (۰/۹ میلیمتر) [شکویی، ۱۳۷٦]، کلش برنج (۰/٦٥ میلیمتر) [فخریان روغنی، ۱۳۷۷]، ساقه آفتابگردان (۰/۹٥) [رودی، ۱۳۸۰] بیشتر می باشد. همچنین ضریب در هم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب مقاومت به پارگی محاسبه شده برای الیاف کلزا به ترتیب ۳۷/۱، ٦۸/۱۷ و ٥۱/٥ بدست آمدند(جدول۲). سفید گران ضریب در هم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب مقاومت به پارگی محاسبه شده برای الیاف کلزا را به ترتیب ٥۰/٥۱، ٥٤/۱۸ و ۸۳/۸۲ گزارش نمود. این اختلاف ها احتمالا" به دلیل تفاوت شرایط در کشتزارهای

دو استان (گلستان و مازندران) و نیز نوع رقم های مورد بررسی می‌باشد. در مورد دیگر مواد لیگنوسلولزی غیر چوبی، فخریان (۱۳۷۷) ضریب در هم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب مقاومت به پارگی کلش برنج را به ترتیب ۷۲/۴۶، ۳۹/۰۲ و ۱۶۱/۷۱ گزارش نمود. مهدوی(۱۳۷۳) ضریب در هم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب مقاومت به پارگی کاه گندم را به ترتیب ۷۰/۹۲، ۴۴/۵۱ و ۱۲۴/۷۹ گزارش نمود. در مقایسه با کلش برنج و کاه گندم ضریب انعطاف پذیری الیاف ساقه کلزا بیشتر می‌باشد. هر چه این ضریب بالاتر باشد مقاومت کاغذ در برابر گسیخته شدن، ترکیدن و تا خوردن بیشتر می شود[۷].

ترکیبات شیمیایی

میانگین مقادیر سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در استن و خاکستر کاه کلزا به ترتیب برابر با ۴۱/۶۶، ۱۶، ۱/۶۳، ۳/۴۶ درصد محاسبه گردید(جدول۳). سفیدگران (۱۳۸۲) میانگین سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل- استن و خاکسترکاه کلزا را به ترتیب ۴۱/۱، ۱۷/۶، ۸/۱۲ و ۶/۲۱ درصد گزارش نمود. همان طور که مشاهده می شود، مقدار میانگین سلولز بدست آمده تقریبا برابر با مقدار گزارش شده توسط سفیدگران بوده، اما مقادیر میانگین لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر بدست آمده کمتر از مقدار گزارش توسط نامبرده بوده است. این اختلاف ها احتمالا به دلیل تفاوت شرایط در کشتزارهای دو استان (گلستان و مازندران) و نیز نوع رقم‌های مورد بررسی می باشد. در مورد دیگر مواد لیگنوسلولزی غیر چوبی مهدوی(۱۳۷۳) مقدار میانگین سلولز، لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل- بنزن و خاکسترکاه گندم را به ترتیب ۵۳/۰۶، ۱۸/۲۹، ۳/۶ و ۵/۵ درصد گزارش نمود. لتیباری (۱۳۷۵) مقدار میانگین سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی محلول در آب گرم ذرت دانه ای را به ترتیب ۴۴/۶۶، ۲۱/۲۴، ۵/۵ و ۱۳/۴ درصد بیان نمود. در مقایسه با گیاهان غیرچوبی یاد شده، مقدار سلولز کلزا کمتر می باشد. همچنین مقادیر لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر کلزا نیز در حد کمتری قرار دارد.

ویژگی های خمیرکاغذ

بازده بعد از الک

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۴، با افزایش شدت تیمارشیمیایی، از مقدار بازده بعد از الک خمیرکاغذ کاسته شد. دامنه تغییرات بازده ۳۵/۳ تا ۴۰/۴۹ درصد بوده است. تاثیر مستقل درصد ماده شیمیایی پخت (A) در سطح اعتماد ۱٪ و اثر مستقل درجه حرارت پخت (B) در سطح اعتماد ۵٪ بر بازده بعد از الک خمیرکاغذ معنی دار می باشد(پیوست الف).

مقایسه میانگین ها نشان می دهد که بیشترین بازده بعد از الک در مقدار ماده شیمیایی ۱۶ و ۱۸ درصد بدست آمده است (گروه a) و کمترین بازده بعد از الک در مقدار ماده شیمیایی ۲۰ درصد بدست آمده است (گروهb) (جدول ۵). با افزایش مقدار ماده شیمیایی، غلظت ماده شیمیایی در مایع پخت افزایش یافته، در نتیجه مقدار نفوذ و جذب ماده شیمیایی در کاه افزایش می یابد. بنابراین میزان لیگنین زدایی و همچنین میزان تخریب پلی ساکاریدها به ویژه همی سلولزها افزایش یافته و باعث کاهش بازده خواهد شد[۹].

مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن، همچنین نشان می دهد که بیشترین بازده بعد از الک در درجه حرارت پخت برابر با ۱۷۵ درجه سانتیگراد بدست آمده است (گروه a) و کمترین بازده در درجه حرارت پخت برابر با ۱۸۵ درجه سانتیگراد بدست آمده است (گروه b) (جدول ۶). در درجه حرارت های بالاتر پخت، مقدار لیگنین زدایی افزایش می یابد که می تواند به دلیل افزایش سرعت و انتشار مواد شیمیایی به داخل ماده لیگنوسلولزی و بهتر و یکنواخت تر انجام گرفتن پراکنش

مواد شیمیایی در اثر افزایش دمای مایع پخت باشد که منجر به کاهش بازده می شود[۲].

عددکاپا

طبق نتایج خلاصه شده در جدول شماره ٤، با افزایش شدت تیمارشیمیایی از مقدار عددکاپا و لیگنین باقیمانده در خمیرکاغذ کاسته شد. دامنه تغییرات عددکاپا ۲٤/۲۹ تا ۷۳/۰۰ بوده است. اثر مستقل درصد ماده شیمیایی پخت در سطح اعتماد ۱٪ بر عدد کاپای خمیرکاغذ معنی دار می باشد(پیوست ب).

مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن نشان می دهد که بیشترین عدد کاپا در مقدار ماده شیمیایی برابر با ۱٦ درصد بدست آمده است (گروه a) و کمترین عدد کاپا در مقدار ماده شیمیایی برابر با ۲۰ درصد بدست آمده است(گروه c) (جدول ۷). با افزایش مقدار ماده شیمیایی در مایع پخت، غلظت ماده شیمیایی در مایع پخت و به تبع آن، مقدار نفوذ و جذب ماده شیمیایی در ماده لیگنوسلولزی افزایش پیدا کرده ، لیگنین زدایی بیشتر شده و در نتیجه باعث کاهش عددکاپای خمیرکاغذ حاصل می شود.

ویژگی های کاغذ دست ساز

کاغذ دست ساز از مناسب ترین خمیرکاغذ تهیه گردید. مبنای انتخاب تیمار مناسبتر(تیمار ۱۰) عاملهایی همچون عددکاپا و بازده بعد از الک و شرایط تیمار بوده است. به دلیل تولید خمیرکاغذ با روش شیمیایی، عددکاپای پایین تر و بازده بعد از الک بالاتر مد نظر قرار گرفت. در شرایط تقریبا مشابه و نزدیک بازده و عددکاپا، شرایط تیمار مثل درجه حرارت در نظر گرفته شد. در این حالت درجه حرارت پایین تر، مطلوب تر بوده است. مشخصات خمیرکاغذ انتخاب شده برای تولید کاغذ دست ساز در جدول ۸ آورده شده است.

خصوصیات فیزیکی اندازه گیری شده شامل ضخامت، دانسیته و حجیمی به ترتیب برابر با ۸٦/٤ میکرومتر،g/cm^3 ۰/٦۹ و $1/44\ cm^3/g$ بدست آمد.

میانگین اندیس مقاومت به پاره شدن mNm^2/gr ٤/٦ بدست آمد. مقایسه با مقادیر یاد شده توسط حجازی (۱۳۸٤) نشان می دهد که مقدار میانگین اندیس مقاومت به پاره شدن کاه کلزا از مقدار گزارش شده برای کاه گندم و کلش برنج بیشتر کمتر می باشد[٤].

میانگین اندیس مقاومت به ترکیدن $kpa.m^2/gr$ ۳/۵ محاسبه گردید. مقایسه با مقادیر یاد شده توسط حجازی (۱۳۸٤) نشان می دهد که مقدار میانگین اندیس مقاومت به ترکیدن کاه کلزا از مقدار گزارش شده برای کاه گندم و کلش برنج کمتر می باشد[٤].

میانگین طول پاره شدن ۷/٤ Km اندازه گیری شد. مقایسه با مقادیر یاد شده توسط حجازی(۱۳۸٤) نشان می دهد که مقدار میانگین طول پاره شدن کاه کلزا از مقدار گزارش شده برای کلش برنج بیشتر و از مقدار گزارش شده برای کاه گندم کمتر می باشد[٤].

میانگین اندیس مقاومت در برابر کشش Nm/g ۷۲/٦ بدست آمد. مقایسه با مقادیر یاد شده توسط حجازی (۱۳۸٤) نشان می دهد که مقدار میانگین مقاومت در برابر کشش کاه کلزا از مقدار گزارش شده برای کلش برنج بیشتر و از مقدار گزارش شده برای کاه گندم کمتر می باشد[٤].

ویژگیهای مقاومتی بدست آمده از کاغذ دست ساز تهیه شده به روش سودا-آنتراکینون ازکاه کلزا در مقایسه با گیاهان غیرچوبی یاد شده مانند کلش برنج از جایگاه مناسبی برخوردار می باشد. نتایج این بررسی نشان می دهد اگر چه بازده خمیرکاغذ در حد مطلوبی نبوده، اما با توجه به عددکاپای مناسب و ویژگیهای مقاومتی درحد مطلوب، می توان از این ماده لیگنوسلولزی برای تولید خمیرکاغذ و تامین بخشی از کمبود مواد اولیه مورد نیاز صنایع کاغذسازی استفاده نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله لازم می دانم از کارشناسان و کارکنان موسسه تحقیقاتی البرز به ویژه آقایان مهندس فخریان، مهندس صالحی و ابوذر صوری تقدیر و تشکر نمایم.

منابع مورد استفاده

اسموک، گ.، ١٣٧٤. تکنولوژی خمیر و کاغذ. ترجمه دکتر سید احمد میرشکرایی، انتشارات دانشگاه پیام نور، جلد ١ ،تهران، ٣٥٤ صفحه.

جهان لتیباری، ا. و حسین زاده، ع .، ١٣٧٣ . تکنولوژی تولید خمیر کاغذ، فرآیند قلیایی. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران،٢١٣ صفحه.

جهان لتیباری، ا.، ١٣٧٥. بررسی ویژگیهای کاغذسازی ساقه ذرت دانه ای. مجله پژوهش و سازندگی، ٣٢: ٤٥ – ٤٩.

حجازی، س.، ١٣٨٤. بررسی جایگزینی فرآیند سودا با فرآیند سولفیت قلیایی- آنتراکینون (AS/AQ). رساله دکتری ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

سفیدگران، ر.، ١٣٨٢. بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ سودا از کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ. پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه تربیت مدرس .

شکوهی، م.، ١٣٧٦ . بررسی مقایسه ای کاربرد دو فرایند سودا و کرافت در پخت ساقه پنبه ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب ،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

صالحی، ک.، ١٣٧٩. بررسی و تعیین ویژگی های خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی بازده زیاد از باگاس. مجله تحقیقات چوب و کاغذ شماره١٠، نشریه شماره ٢٣٢ موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. صفحه ١-٨٧.

فخریان، ع.، ١٣٧٧. بررسی قابلیت استفاده از کلش برنج در صنایع کاغذ، مجله تحقیقات چوب و کاغذ شماره ٦، نشریه شماره ١٨٣ موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. صفحه ١-٧٧.

کاشانی، پ.، ١٣٧٦ . بررسی مقاومت های کاغذ ساخته شده از کاه گندم و برنج به روش سودای سرد ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب ،دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان .

مظهری موسوی، س .م.، ١٣٨٥. بررسی بیومتری الیاف و ترکیبات شیمیایی ساقه کلزا (*Haylla401,PF*).سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

مهدوی، س.، ١٣٧٣. بررسی تولید خمیرکاغذ از کاه گندم به روش حلال آلی. پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان.

یوسفی، ح.، ١٣٨٥. بررسی پتانسیل ساقه کلزا برای استفاده در صنعت چوب و کاغذ. سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

Alaejos,J., Lopez, F., Eugenio, M.E. and Tapias, R., 2006.Soda-anthraquinone, kraft and organosolv pulping of holmoak trimmings. Bioresource Technology. 97: 2110-2116.

Finell,M. and Nilsson, C., 2004. kraft and Soda-AQ pulping of fractionated reed canary grass. Industrial Crops and Products.19:155-165.

Han, S. and Rymsza,T.A., 1999.Determining the minimum conditions for Soda–AQ pulping of Kenaf Bast , Core and whole stalk fiber. U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Rodriguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J. and Jimenez, L., 2007. Rice straw pulp obtained by using various methods. Bioresource Technology.

Sadawarte,NS., 1982.Soda-anthraquinone pulping of bagasse.Tappi peress,Nonwood plant fiber pulping series. Vol:12/13,32 pp.

پیوست الف

جدول تجزیه واریانس بازده بعد از الک

منبع تغییرات (s.o.v)	درجه آزادی (d.f)	مجموع مربعات (S.S)	میانگین مربعات (M.S)	F
درصد ماده شیمیایی(A)	۲	۷۸/۹۰۲	۳۹/٤٥۱	۲۲/۹۳**
درجه حرارت پخت(B)	۱	۱۰/۷٤۲	۱۰/۷٤۲	٦/۲٤٤*
زمان پخت (C)	۱	۲/۰٦۲	۲/۰٦۲	۱/۱۹۸ns
AB	۲	۸/۸٦۱	٤/٤۳۰	۲/٥۷٥ ns
AC	۲	۱/۲۱۳	۰/٦۰۷	۰/۳٥۳ ns
BC	۱	۱/٦۳٦	۱/٦۳٦	۰/۹٥۱ ns
ABC	۲	٦/۹۱۳	۳/٤٥۷	۲/۰۰۹ns
خطا	۲٤	٤۱/۲۹۲	۱/۷۲۱	
کل	۳٦	٥٤٥۸٤/۳۲۲		

ns:اختلاف معنی دار وجود ندارد.

**:معنی دار در سطح احتمال ۱٪

*: معنی دار در سطح احتمال ۵٪

پیوست ب

جدول تجزیه واریانس عدد کاپا

منبع تغییرات (s.o.v)	درجه آزادی (d.f)	مجموع مربعات (S.S)	میانگین مربعات (M.S)	F
درصد ماده شیمیایی(A)	۲	۱۱۲۰٤/٥۸۸	٥٦۰۲/۲۹٤	۳۱۰/۱٥٤**
درجه حرارت(B)	۱	۱۱/٥٦۳	۱۱/٥٦۳	۰/٦٤ns
زمان تیمار شیمیایی(C)	۱	۳/۲۳۹	۳/۲۳۹	۰/۱۷۹ ns
AB	۲	۲۸/۳۷۸	۱٤/۱۸۹	۰/۷۸٦ ns
AC	۲	۹۹/۱۱٥	٤۹/٥٥۸	۲/۷٤٤ ns
BC	۱	٥۰/۱٤۸	٥۰/۱٤۸	۲/۷۷٦ ns
ABC	۲	٥۷/٦۸۱	۲۸/۸٤۱	۱/٥۹۷ ns
خطا	۲٤	٤۳۳/٥۱۱	۱۸/۰٦۳	
کل	۳٦	۹٤۲٤٥/۸٤۰		

ns:اختلاف معنی دار وجود ندارد.

**:معنی دار در سطح احتمال ۱٪

Investigation on Soda-Anthraquinone Pulping of Rapeseed Straw

Mousavi, S.M.M.*[1] , Mahdavi, S.[2], Hosseini, S.Z.[3], Resalati, H.[4] and Yosefi, H.[5]

1-* Corresponding author, M.Sc. , Wood & Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources-Mousavi1360@gmail.com
2-Assistant prof., Wood and Forest product Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands.
3- Prof., Faculty of Forestry and Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
4-Associate prof., Faculty of Forestry and Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
5-Ph.D. Student at wood and paper science and technology, university of Tehran.
Received: Jan. 2008 Accepted: May, 2008

Abstract

This research is aimed to study the possibility of rapeseed straw (*Hayolla401*) pulping and its paper characteristics, using Soda-AQ process. The average fiber length was found 1.04 millimeter and the average fiber diameter, lumen and thickness were found 28.00, 19.09, and 4.91 micrometer, respectively. Cellulose, lignin, extractive material (acetone solved) and ash were measured 41.66, 16.00, 1.63, and 3.46 percent, respectively. Cooking condition was determined as follow: Soda as 16, 18, and 20 percent on the basis of rapeseed dry straw, temperature was set at 175 and 185 C^{o}, cooking time was set at 40 and 70 minutes, and straw to liquid ratio was set at 1/8. The amount of anthraquinone added to cooking liquor was 0.2%, based on rapeseed dry straw. Using severe cooking factors caused reduction of yield and Kappa number in both methods. Refining was performed on selected pulps in order to reach 350 ± 25 (ml,CSF) freeness. The 60 gr/m^2 hand sheets were made in order to determine mechanical strength and physical properties. Average thickness, density and bulk is measured at 86.4 µ, 0.69 gr/cm^3 and 1.44cm^3/gr respectively. Average tear index, burst index, breaking length and tensile index are measured at 4.6 $mN.m^2/gr$, 3.5 $kpa.m^2/gr$, 7.4 km and 72.6 Nm/g respectively. The results showed that however screen yield of rapeseed straw pulp is low but kappa number and mechanical properties of pulp is suitable, compared with the other agriculture residues, so Rapeseed pulp can be used in paper making industries.

Key words: Soda, Soda-Anthraquinone, Rapeseed straw, Kappa number, Pulp yield, Paper properties.