

تأثیر اختلاط پوست و مغز کنف بر خمیر کاغذسازی به روش سودا و مقاومت‌های کاغذ

سعید مهدوی^{۱*} و مسعود رضا حبیبی^۲

*- نویسنده مسئول، استادیار، عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، پست الکترونیک: smahdavi@rifr.ir

۲- دانشجوی دکتری، عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

چکیده

صنایع کاغذسازی در دهه‌های گذشته با کمبود ماده اولیه سلولزی مواجه بوده است. با توجه به سابقه کشت کنف در ایران، کنف به‌عنوان یک گیاه سریع‌الرشد از قابلیت خوبی برای جبران کمبود چوب برخوردار می‌باشد. ساقه کنف از رقم ۴۳۲ کشت شده در ایستگاه تحقیقات پنبه ورامین تهیه شد. مقدار ساقه هوا خشک این رقم کنف در حدود ۱۰/۵ تن در هکتار اندازه‌گیری گردید. خمیر کاغذ سودا از مغز، پوست و اختلاط آنها به ترتیب با سه نسبت وزنی ۵۰ به ۵۰، ۵۰ به ۶۰ و ۳۰ به ۷۰ درصد انجام شد. برای لیگنین‌زدایی از فاکتور H در حدود ۸۰۰ و با استفاده از شرایط پخت شامل زمان پخت ۳۰ دقیقه، هیدروکسید سدیم ۱۸ درصد، دمای پخت ۱۷۵ °C و نسبت ۵ به ۱ مایع پخت به ماده سلولزی استفاده شد. در شرایط مشابه پخت، خمیر کاغذ تهیه شده از مخلوط پوست و مغز کنف، دارای بازده و عدد کاپایی بین خمیر کاغذ تهیه شده از پوست و مغز به تنهایی بود. با افزایش درصد پوست، عدد کاپایی خمیر کاغذ کاهش و تعداد دور کوپیدن برای دستیابی به درجه روانی معینی افزایش یافت. ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز شامل ضخامت، طول پاره‌شدن، مقاومت به ترکیدن و به‌ویژه مقاومت به پاره‌شدن با افزایش نسبت پوست افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پوست کنف، مغز کنف، ابعاد الیاف، خمیر کاغذ سودا، مقاومت خمیر کاغذ.

مقدمه

راهکارهای مختلفی در خصوص حل این چالش مطرح شده است که هر یک دارای محدودیت‌های اجرایی مخصوص به خود هستند. این راهکارها شامل زراعت چوب، واردات چوب، بازیافت، افزایش بهره‌وری تولید، استفاده از پسماندهای سلولزی و گیاهان غیر چوبی می‌باشد. استفاده از گیاهان غیر چوبی پربازده نظیر کنف که

محدودیت ظرفیت تولید واحدهای صنعتی چوب و کاغذ کشور عمدتاً از کمبود مواد اولیه سلولزی منشأ می‌گیرد. با کاهش بهره‌برداری از چوب جنگل‌های شمال، این کمبود تشدید شده و به ناچار تولید کاغذ در کشور کاهش و واردات آن افزایش خواهد یافت. امروزه،

(فائزی‌پور، ۱۳۷۹). در کشورهایی که با کمبود منابع چوبی مواجه می‌باشند، تولید خمیر و کاغذ می‌تواند یکی از کاربردهای مهم استفاده از کنف باشد. گیاه کنف دارای دو نوع فیبر می‌باشد: الیاف پوست^۲ که حدود ۳۵ درصد وزن و مغز^۳ و حدود ۶۵ درصد وزن گیاه را تشکیل می‌دهد؛ الیاف این دو بخش از نظر مورفولوژی و شیمیایی متفاوت است.

Clark و همکاران (۱۹۷۱) معتقدند که الیاف پوست خصوصیات فوق‌العاده‌ای در تولید کاغذ داشته و با الیاف سوزنی‌برگان شباهت دارد، درحالی‌که الیاف مغز خصوصیاتی مشابه با ویژگی‌های الیاف پهن‌برگان دارد و کوتاه‌تر است.

Bagby و همکاران (۱۹۷۵) تهیه خمیر کاغذ از کنف به روش سودا را نسبت به کرافت، به دلیل مقاومت‌های مشابه، قابلیت بهتر آب‌گیری (درجه روانی اولیه) و آلودگی کمتر ارجح می‌دانند.

Kaldor و همکاران (۱۹۹۰) در بررسی که بر روی تولید خمیر کاغذ از پوست و مغز کنف انجام داده‌اند، استفاده از هر دو سیستم پخت پیوسته و غیر پیوسته برای تولید خمیر شیمیایی را امکان‌پذیر می‌دانند. همچنین تولید خمیر کاغذ سودا، سودا-آنتراکینون و سولفات از این گیاه برای تولید خمیری با بازده و کیفیت زیاد، مناسب تشخیص داده شد. با توجه به ساختمان کاملاً متفاوت الیاف در پوست و مغز این گیاه، توصیه آنها تولید خمیر کاغذ به طور مجزا از این دو قسمت و اختلاط آنها به نسبت‌های مناسب برای تولید فرآورده‌های کاغذی است.

متأسفانه کشت آن در کشور منسوخ شده است، به‌عنوان یکی از این راهکارها، می‌تواند راهگشای مشکلات تأمین خوراک صنایع کاغذ کشور باشد.

کنف گیاهیست یکساله و دو لپه از تیره *Malvaceae* با نام علمی *Hibiscus cannabinus* که دارای بیش از ۲۰۰ رقم می‌باشد. محل رویش آن بیشتر در مناطق حاره‌ای و نیمه حاره‌ای است و ارتفاع آن عمدتاً بین ۲ تا ۴ متر متغیر است. برخی از محققان مثل Romanoschi و همکاران (۱۹۹۷) ارقامی از کنف که قابلیت سازگاری خوبی در مناطق معتدل جهان داشته، به کود و آبیاری نیاز کم و به آفت‌کش‌ها نیازی ندارد، را معرفی کرده‌اند. آنها کاربرد گسترده‌ای برای کنف شامل: محصولات کاغذی، تخته‌خرده‌چوب و فیبر، صافی‌های جمع‌آوری لجن فاضلاب، غذای حیوانات، بستر جاذب جوجه‌کشی، ماده افزودنی پلاستیک، خاک گلدان و بستر رشد بذر، پارچه، پوشش برای زمین^۱ و منسوج نبافته را بیان کرده‌اند.

Pahkala (2001) عملکرد کنف را ۱۵ تن در هکتار ماده خشک گزارش نموده که از آن ۶/۵ تن خمیر کاغذ در هکتار حاصل می‌شود.

کشت کنف از سال‌های دور برای تهیه محصولات سنتی مثل ریسمان، طناب و گونی‌بافی در استان‌های شمالی کشورمان رایج بود. به‌طوری‌که در یک مقطع زمانی در گذشته، بیش از ۱۰ هزار هکتار از زمین‌های کشور به کشت آن اختصاص داشت (ناصری، ۱۳۸۴). براساس مطالعات مؤسسه تحقیقات کشاورزی آمریکا وابسته به USDA، برای ارزیابی قابلیت گونه‌های مختلف گیاهی از نظر کاغذسازی، کنف بین ۵۰۰ گونه به‌عنوان انتخاب اول برای تحقیقات کاربردی گسترده در نظر گرفته شد

2- Bast
3- Core

1- Geotextile

دقیقه)، روند کاهش و مقاومت‌های خمیرکاغذ با افزایش زمان پخت تا ۱۵۰ دقیقه، روند افزایشی داشت. با توجه به ویژگی‌های خمیرکاغذ، بهترین زمان پخت ۱۵۰ دقیقه معرفی شد.

Ang و همکاران (۲۰۱۰) اثر پیش‌خیساندن کف در سود را بر روی گرانروی و مقاومت‌های کاغذ دست‌ساز قابل توجه می‌دانند.

هدف از این مطالعه، تولید خمیرکاغذ سودا با پخت کوتاه مدت و همزمان پوست و مغز کف با فاکتور H کم برای ساخت کاغذ لاینر قهوه‌ای به‌منظور بسته‌بندی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

با توجه به توصیه کارشناسان بخش زراعت ایستگاه تحقیقات پنبه ورامین، کف مورد نیاز در این تحقیق از رقم ۴۳۲ و براساس سازگاری و میزان تولید در واحد سطح تهیه شد. میزان تولید ساقه کف (هواخشک) در هکتار، با توزین ساقه‌های قطع شده تعیین شد. به دلیل آن که نسبت پوست و مغز در کف حدود ۶۷ به ۳۳ درصد است (۲) و (۱۶). در این بررسی پوست و مغز از ساقه کف جدا شده و طول آنها تا ۳ حدود سانتی‌متر کوتاه شده و هواخشک شدند. ابتدا پخت‌های آزمایشی بر روی پوست، مغز و اختلاط آنها (با نسبت‌های ۶۰، ۵۰ و ۷۰ درصد پوست) با استفاده از شرایط پخت شامل: زمان پخت ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه، هیدروکسید سدیم ۱۴، ۱۷ و ۲۰ درصد، دمای پخت ۱۷۵°C و نسبت مایع پخت به ماده اولیه^۱ ۵ به ۱ به وسیله یک دستگاه دیگ پخت گردشی با چهار محفظه یک لیتری^۲ انجام شد. سپس شرایط نهایی پخت با یک دیگ ۱۰ لیتری

Romanoschi و همکاران (۱۹۹۶) طول الیاف مغز و پوست کف را به ترتیب ۰/۶ و ۲/۶ میلی‌متر گزارش کرده‌اند و الیاف پوست را از نظر مقاومت‌ها (مثل مقاومت به ترکیدن کاغذ) شبیه سوزنی‌برگان می‌دانند.

ضخامت دیواره الیاف مغز دو برابر الیاف پوست است و ابعاد هر دو با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. تولید مناسب ساقه کف (حدود ۱۰/۱۶ تن در هکتار)، ویژگی‌های مناسب الیاف و دوره رشد نسبتاً کوتاه آن موجب خواهد شد که در آینده نزدیک برای تأمین مواد اولیه سلولزی مورد نیاز صنایع خمیر و کاغذ، توسعه کشت آن در کشورهای مختلف گسترش یابد (دهقانی و شاخص، ۱۳۸۷).

Khristova (۲۰۰۱) تولید خمیر سودا-آنتراکینون از پوست کف را دارای بازده بیشتری (۶۳٪) نسبت به خمیرکاغذ مشابه از مغز آن می‌داند. وی در این بررسی، به این نتیجه رسید که در مقایسه قسمت‌های مختلف، پوست کف بسیار ساده‌تر پخت می‌شود، و بازده بهتری دارد و مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از آن بیشتر است. درحالی‌که پخت مغز کف سخت‌تر و بازده آن در عدد کاپای مشابه، کمتر است. خمیرکاغذ مغز کف قابلیت اتصال الیاف بهتری دارد و در نتیجه مقاومت کششی آن بیشتر است. آنها اعلام نمودند اگرچه پوست کف بهترین بخش گیاه جهت کاغذ سازی می‌باشد، اما می‌توان از کل ساقه کف نیز خمیر نسبتاً مناسبی تهیه نمود.

زینلی و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر زمان پخت را بر روی خمیرکاغذ سودای ساقه کف بررسی نمودند. دامنه بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها به ترتیب از ۴۵ تا ۵۰ درصد و ۲۹ تا ۳۶ نوسان داشت. بازده، عدد کاپا و درجه‌روانی خمیرکاغذ با افزایش ۱۵ دقیقه زمان پخت (از ۹۰ تا ۱۸۰

1- Liquor to raw material

2- Four vessels rotary digester

- جرم پایه ورق کاغذ: دستورالعمل-T410 om-88
 88 آیین نامه تاپی

- آماده سازی ورق ها برای آزمون: دستورالعمل-88
 220 om آیین نامه تاپی

- تعیین ضخامت و دانسیته حجمی یا دانسیته ظاهری ورق کاغذ و مقوا: استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۱

- اندازه گیری شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ: استاندارد ملی ایران شماره ۷۰۶۵

- اندازه گیری شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ: استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۹۷

- اندازه گیری شاخص مقاومت به کشش کاغذ: استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۷۳

برای مقایسه ویژگی های مورد بررسی بین دو قسمت پوست و مغز کنف از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد.

نتایج

عملکرد ساقه

نتایج نشان داد که از رقم ۴۳۲ کنف، حدود ۱۰/۵ تن ساقه هوا خشک با رطوبت ۱۰٪ به دست می آید. با احتساب این رطوبت می توان در هر ۶ ماه حدود ۹/۴۵ تن ساقه خشک در هکتار و ۴/۲ تن خمیر کاغذ رنگ بری نشده (با حداقل بازده ۴۵٪) از این رقم استحصال نمود. Kaldor و همکاران (۱۹۹۰) میزان تولید خمیر کاغذ رنگ بری شده کنف طی ۵ تا ۶ ماه رشد را به ازای هر هکتار دو برابر کاج جنوبی (سن ۱۵ تا ۲۰ ساله) گزارش نموده اند.

با گردش مایع پخت^۱ و در نظر گرفتن فاکتور H حدود ۸۰۰ (با توجه به هدف تحقیق) و لیگنین باقیمانده حدود ۷/۵ درصد تعیین شد. این مقدار لیگنین در خمیر کاغذ، شقی کششی^۲ مناسبی را برای ورق در بسته بندی تأمین خواهد نمود (Antonsson, ۲۰۰۸). شرایط پخت شامل: زمان خیساندن ماده اولیه در مایع پخت^۳: ۲۰ دقیقه، زمان رسیدن به دمای پخت: ۳۵ تا ۴۰ دقیقه، زمان پخت ۳۰ دقیقه، هیدروکسید سدیم ۱۸٪، دمای ۱۷۵°C و نسبت ۵ به ۱ مایع پخت به ماده اولیه بودند. در زمان هر پخت، با ثابت دما و زمان و محاسبه سرعت نسبی واکنش، فاکتور H محاسبه شد و پس از اتمام پخت pH مایع سیاه پخت اندازه گیری شد. پس از شستشو، جداسازی الیاف توسط یک دستگاه جداکننده الیاف از نوع تک دیسک متحرک^۴ با فاصله ی دیسک ۰/۵ میلی متر انجام شد. اندازه گیری بازده، عدد کاپا و درجه روانی اولیه خمیر کاغذها به ترتیب طبق دستورالعمل UM246 استاندارد تاپی^۵ و Scan-C19:65 انجام شد. خمیر کاغذ توسط یک دستگاه کوبنده آزمایشگاهی^۶ و براساس دستورالعمل T248 sp-00 استاندارد تاپی به درجه ی SR حدود ۳۲ (۴۰۰ میلی لیتر استاندارد کانادا) رسانده شد و ورق های دست ساز با استفاده از استاندارد SCAN-M 5:67 تهیه شد. ویژگی های فیزیکی و مکانیکی کاغذها براساس دستورالعمل های استاندارد زیر مورد اندازه گیری قرار گرفت.

- مشروط کردن ورق ها (متعادل سازی):

دستورالعمل T402 sp-03 آیین نامه تاپی

- 1- Circulation digester
- 2- Tensile stiffness
- 3- Alkaline pre-impregnation
- 4- Single disk refiner- L&W
- 5- Tappi usefull test method, 1991
- 6 -PFI-mill beater

(۱۳۷۹) مطابقت دارد. شباهت ترکیب شیمیایی مغز کنف به چوب پهن برگان می تواند یکی از دلایل این تغییرات باشد (Clark *et al.*, 1971). Ang و همکاران (۲۰۱۰) استفاده از فرایند سودا-آنتراکینون را با شرایط پخت ۱۹/۴٪ قلیائیت فعال، ۰/۱ درصد آنتراکینون، زمان پخت ۲ ساعت، درجه حرارت ۱۶۰°C و نسبت ماده به مایع پخت ۷/۱ برتر اعلام نموده‌اند. درجه‌روانی اولیه خمیرکاغذهای سودا که از پوست و مغز تهیه شده‌اند نسبت به نتایج فائزی پور و همکاران به ترتیب حدود ۱۰٪ کمتر و ۶۲٪ بیشتر است که با وجود یکسان بودن رویشگاه می تواند حکایت از تفاوت‌های بارز شیمیایی و آناتومیکی بین مغز دو رقم کنف مورد مطالعه باشد. نتایج مربوط به پخت سه نسبت اختلاط پوست با مغز کنف با استفاده از دیگ پخت با چرخش مایع پخت در جدول ۲ قابل مشاهده است. با تغییر دیگ پخت و کاهش قلیائیت از ۲۰ به ۱۸ درصد، افزایش در بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ نسبت به جدول ۲ قابل مشاهده است. بخشی از این تغییرات می تواند ناشی از جریان مایع پخت و نوسانهای کمتر دما در دیگ پخت با چرخش مایع پخت و حفظ بهتر کربوهیدرات‌ها نیز باشد (Gullichsen *et al.*, 2000). درجه‌روانی SR اولیه و زمان زهکش آب خمیرکاغذ تهیه شده از مغز کنف نسبت به پوست بیشتر است (جدول ۲). El Hosseini و Yan (۱۹۸۰) علت این پدیده را وجود نرمه زیاد و سلول‌های پارانشیمی در خمیرکاغذ تهیه شده از مغز کنف و افزایش سطح ویژه می‌دانند. با افزایش نسبت پوست درجه‌روانی SR کاهش یافته و تعداد دور لازم برای پالایش خمیرکاغذ تا رسیدن به درجه‌ی مورد نظر (حدود ۳۳) افزایش می‌یابد (جدول ۳).

میزان عملکرد رقم ۴۳۲ کنف نسبت به گزارش‌های Pakkala (۲۰۰۱) و دهقانی (۱۳۸۷) به ترتیب ۴ و ۳/۴ تن بیشتر است که تفاوت شرایط آب و هوایی و گونه می‌تواند از دلایل اصلی این اختلافات باشد (۲ و ۱۶).

خمیرکاغذسازی

شرایط پخت، بازده، عدد کاپا و درجه‌ی روانی اولیه خمیرکاغذ سودای پوست، مغز و اختلاط آنها در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، برای پخت کنف با این شرایط از دیگ پخت گردشی استفاده شده است. با افزایش زمان پخت و کاهش درصد سود مورد استفاده (تیمارهای ۱ تا ۶)، بازده، عدد کاپا و درجه‌ی SR اولیه خمیرکاغذها افزایش یافته است که با نتایج سایر محققان (Bagby و همکاران، ۱۹۷۵) مطابقت دارد. در خمیرکاغذهایی که از اختلاط پوست و مغز بدست آمده‌اند با افزایش نسبت پوست (تیمارهای ۷ تا ۹)، بازده افزایش و درجه‌ی روانی اولیه و عدد کاپای خمیرکاغذ کاهش یافته است. فائزی پور و همکاران (۱۳۷۹) علت موضوع را کمتر بودن لیگنین و مواد استخراجی پوست ذکر کرده‌اند. مقایسه پخت پوست با مغز کنف نشان می‌دهد که در بازده تقریباً مشابه، عدد کاپای خمیرکاغذ مغز حدود ۴ برابر خمیرکاغذ پوست می‌باشد. Hart و همکاران (۱۹۹۳) معتقدند که برای تولید خمیرکاغذ از بخش‌هایی که شباهت به چوب دارند (مثل مغز کنف) نیاز به مواد شیمیایی بیشتری است. از طرف دیگر، کاهش عدد کاپای خمیرکاغذ تهیه شده از مغز کنف، با افزایش قلیائیت فعال از ۱۴ به ۱۷ درصد نسبت به پوست قابل توجه است که با نتایج فائزی پور و همکاران

جدول ۱- شرایط پخت و ویژگی‌های خمیر کاغذ سودای تهیه شده با دیگ پخت گردشی

| شماره‌ی تیمار | کد تیمار | نمونه | دما (°C) | زمان پخت (دقیقه) | سود (%) | L/M | بازده کل (%) | عدد کاپا | درجه‌ی روانی (SR) |
|---------------|-----------------|---------------------|----------|------------------|---------|-----|--------------|----------|-------------------|
| ۱ | B ₁ | پوست | ۱۷۵ | ۶۰ | ۱۴ | ۷/۱ | ۵۴/۳۲ | ۴۰/۵۳ | ۲۱ |
| ۲ | B ₂ | // | // | ۴۵ | ۱۷ | // | ۵۳/۹۲ | ۲۷/۱۹ | ۲۰ |
| ۳ | B ₃ | // | // | ۳۰ | ۲۰ | // | ۵۲/۴۴ | ۱۸/۶ | ۱۹ |
| ۴ | C ₁ | مغز | // | ۶۰ | ۱۴ | // | ۵۴/۸ | ۱۶۰/۹۷ | ۲۷ |
| ۵ | C ₂ | // | // | ۴۵ | ۱۷ | // | ۵۳/۶۶ | ۱۴۲/۱۷ | ۲۵ |
| ۶ | C ₃ | // | // | ۳۰ | ۲۰ | // | ۴۸/۴۸ | ۸۸/۳۶ | ۲۳ |
| ۷ | BC ₁ | ۵۰٪ پوست ۵۰٪ مغز | // | ۳۰ | ۲۰ | // | ۴۹/۴۸ | ۴۲/۷۵ | ۲۲ |
| ۸ | BC ₂ | ۶۰٪ پوست ۴۰٪ مغز | // | ۳۰ | ۲۰ | // | ۵۱/۳۷ | ۳۵/۶۶ | ۲۰ |
| ۹ | BC ₃ | ۷۰٪ پوست ۳۰٪ مغز | // | ۳۰ | ۲۰ | // | ۵۱/۸۸ | ۳۴/۱۹ | ۲۰ |

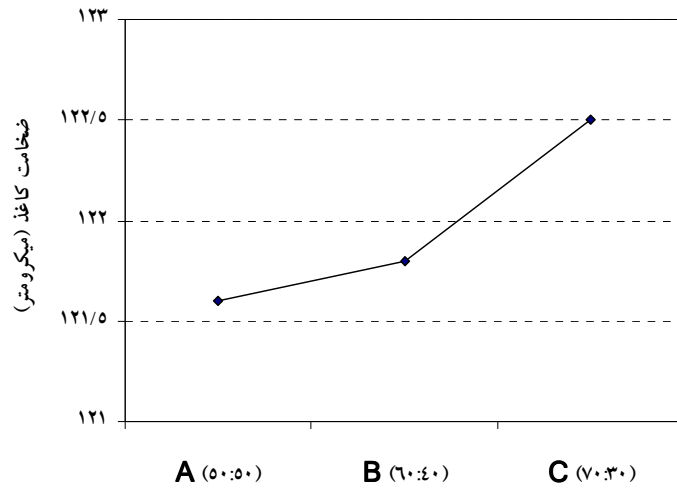
کنف دست یافتند که نسبت به نتایج این تحقیق (تیمار B) به ترتیب حدود ۳٪ کمتر و ۴/۵٪ بیشتر است. Ang و همکاران (۲۰۱۰) بر وجود تغییرات زیاد در شرایط پخت و ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل با توجه به رویشگاه کنف تأکید زیادی دارند.

برای عدد کاپا (از A به C) این روند به صورت تغییرات نزولی دیده می‌شود و بازده فقط با افزایش درصد پوست از ۵۰ به ۶۰ درصد افزایش نشان داده است. فائزی‌پور و همکاران (۱۳۷۹) با اعمال ۱۸٪ سود، زمان پخت ۲ ساعت، درجه‌حرارت ۱۷۰°C، نسبت ماده به مایع پخت ۱/۸ به بازده ۵۰/۳۳ درصد و عدد کاپای ۵۷/۳۷ از ساقه

جدول ۲- ویژگی‌های خمیر کاغذ سودای تهیه شده با دیگ چرخش مایع پخت

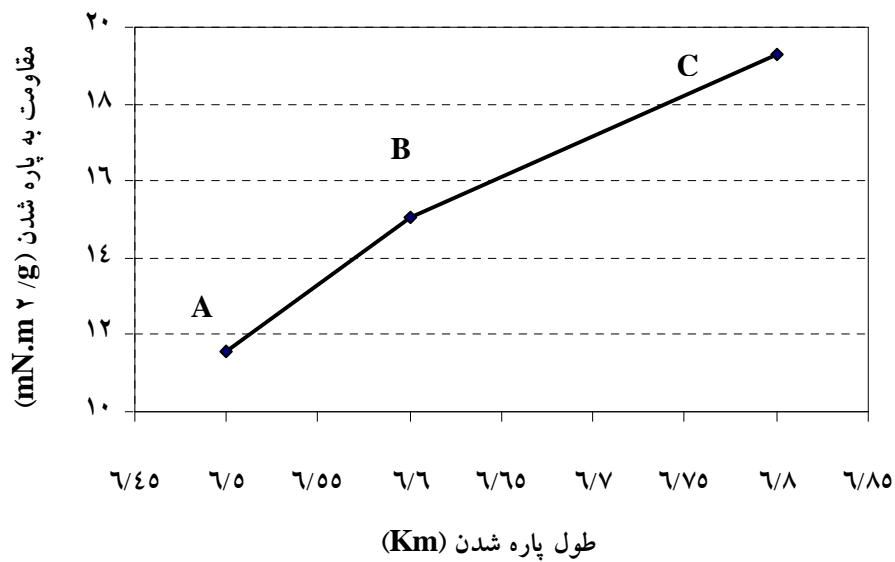
| کد خمیر کاغذ | میزان اختلاط | فاکتور H | pH مایع سیاه پخت | بازده (%) | عدد کاپا | تعداد دور کوپیدن | درجه SR نهایی |
|--------------|--------------|----------|------------------|-----------|----------|------------------|---------------|
| A | ۵۰٪ پوست | ۷۸۹ | ۱۲/۲۲ | ۵۵/۸۵ | ۵۶/۷۳ | ۳۵۰ | ۳۳ |
| B | ۶۰٪ پوست | ۷۸۲ | ۱۱/۰۱ | ۵۴/۵۱ | ۵۲/۹۵ | ۱۰۰۰ | ۳۲ |
| C | ۷۰٪ پوست | ۸۰۴ | ۱۰/۸۹ | ۵۴/۵۳ | ۴۵/۷۹ | ۱۳۰۰ | ۳۳ |

ویژگی‌های ورق‌های دست‌ساز تهیه شده از اختلاط پوست و مغز کنف در شکل‌های ۱ تا ۳ قابل مقایسه می‌باشد. البته ضخامت و مقاومت‌های کاغذ با افزایش مقدار پوست کنف از ۵۰ تا ۷۰ درصد (از A به C) همواره افزایش می‌یابد.

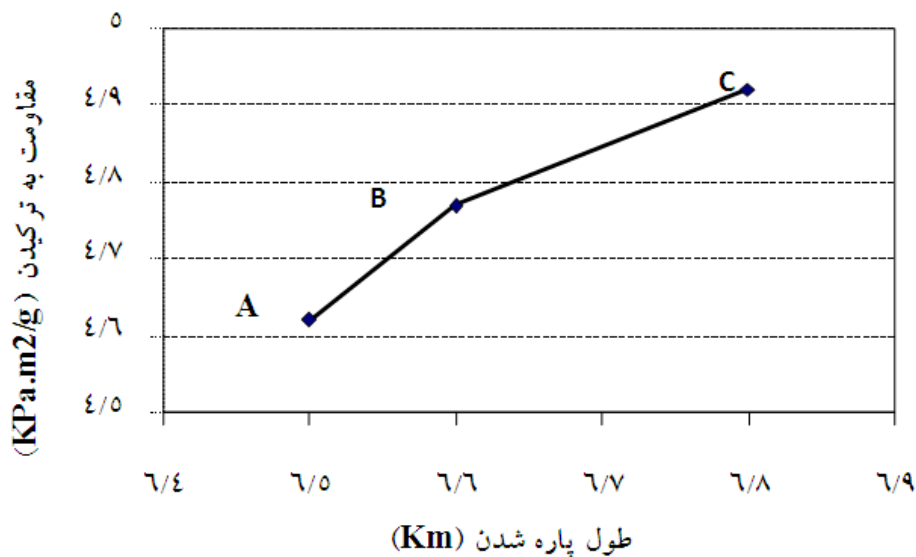


افزایش درصد پوست به مغز کنف

شکل ۱- روند تغییرات ضخامت کاغذهای دست‌ساز تهیه شده از اختلاط پوست و مغز کنف



شکل ۲- نمودار روند تغییرات مقاومت به پاره شدن در مقابل طول پاره شدن خمیر کاغذ با افزایش درصد پوست



شکل ۳- نمودار روند تغییرات مقاومت به ترکیدن در مقابل طول پاره شدن خمیر کاغذ با افزایش درصد پوست

بحث

مقدار عملکرد (تن در هکتار بر سال) ماده سلولزی نقش بسزایی در هزینه‌های تولید خمیر و کاغذ و به عبارت بهتر، اقتصادی بودن سرمایه‌گذاری تولید دارد. مقایسه عملکرد کنف با سایر منابع تحقیقاتی نشان می‌دهد که میزان این ویژگی با توجه به محل رویش و رقم کنف می‌تواند دامنه نسبتاً گسترده‌ای داشته باشد. همچنین مقایسه عملکرد بدست آمده کنف با عملکرد چوب تولید شده توسط یک درخت سریع‌الرشد مثل صنوبر در بهترین شرایط رشد حکایت از مشابه بودن عملکرد تولید کنف در مقایسه با چوب صنوبر دارد. این در حالیست که حداقل مدت لازم برای قطع گونه‌های سریع‌الرشد صنوبر حدود ۸ تا ۱۰ سال و برای کنف ۵ تا ۶ ماه است. Kaldor و همکاران (۱۹۹۰) عملکرد کنف را حدود ۲ برابر کاج

جنوبی (گونه سریع‌الرشد) با بازده مشابه تولید خمیر کاغذ ذکر کرده‌اند. آنها سرمایه‌گذاری تولید خمیر کاغذ کرافت از ساقه کنف را در مقایسه با چوب به دلیل مقیاس کوچک‌تر، کاملاً اقتصادی می‌دانند. همچنین هزینه تأمین الیاف از کنف را در مقایسه با کاج جنوبی ۸۶ تا ۹۰ درصد کمتر می‌دانند و آتیه تولید خمیر و کاغذ با کیفیت بالا را از کنف در نقاط مختلف دنیا، به‌ویژه مناطقی که دارای مصرف رو به رشد کاغذ، منابع جنگلی تخریب شده، هزینه زیاد تأمین انرژی و اعتبارات محدود برای سرمایه‌گذاری هستند بسیار خوب می‌بینند.

ابعاد الیاف به‌ویژه طول آنها از خصوصیات مهم در فرایندهای تهیه و تولید خمیر کاغذ می‌باشد. طول الیاف بر روی ساختار شبکه و شکل‌گیری آن اثرگذار می‌باشد. الیاف بلندتر، صفحات زبرتر و بازتری تولید می‌کند و

در شرایط یکسان پخت، عدد کپای خمیرکاغذ سودا با افزایش پوست کنف به میزان ۷ تا ۱۹ درصد نسبت به مغز کاهش می‌یابد. بازده پخت نیز با افزایش نسبت پوست از ۵۰٪ به ۶۰٪ افزایش یافته و بعد بدون تغییر باقی می‌ماند؛ از جمله دلایل آن می‌توان به درصد سلولز بیشتر پوست کنف اشاره نمود (Antonsson, 2008).

بدیهی است با توجه به تفاوت این ویژگی‌های بنیادی تأثیرگذار بر ویژگی‌های کاغذ ساخته شده از پوست و مغز کنف، نوع محصول کاغذی می‌تواند کاملاً متفاوت باشد. همچنین با توجه به این ویژگی‌ها، مقدار اختلاط این دو ماده سلولزی نیز متفاوت خواهد بود.

ویژگی‌های الیاف خمیرکاغذ برای ساخت کاغذی با خواص کیفی خوب معمولاً از طریق پالایش بهبود می‌یابد. از طرف دیگر، مصرف انرژی برای پالایش خمیرکاغذ از جمله نکات حائز اهمیت می‌باشد که با توجه به افزایش نسبت پوست کنف افزایش می‌یابد (جدول ۳). البته بیشترین تعداد دور کوبیدن به خمیرکاغذ سودای کنف با نسبت ۷۰٪ پوست و ۳۰٪ مغز (کد C) تعلق دارد که فقط حدود ۱۰٪ تعداد دور مورد نیاز برای خمیرکاغذ کرافت صنوبر (مولوی و همکاران-۱۳۸۹) می‌باشد و حکایت از مزیت نسبی کنف در مقایسه با صنوبر، از نظر میزان مصرف انرژی لازم برای پالایش خمیرکاغذ دارد.

مقایسه ضخامت کاغذهای دست‌ساز تهیه شده نشان می‌دهد که با افزایش مقدار پوست، افزایش ناچیزی در این ویژگی بوجود می‌آید. زیاد بودن نسبی ضخامت این کاغذها نسبت به کاغذهای دست‌ساز تهیه شده از خمیر الیاف بلند سوزنی‌برگ و باگاس (توسلی-۱۳۸۵)، امکان بهتری را برای عملیات اتوزنی در کاغذ کنف و رسیدن به ویژگی‌های سطحی بهتر کاغذ را فراهم می‌کند. با افزایش

همچنین امکان اتصال آنها به یکدیگر بیشتر بوده و در نتیجه اتصال بهتری ایجاد می‌نمایند (Kellomäki *et al.*, 2000). به‌طور کلی الیاف بلندتر حاصل از خمیرکاغذهای شیمیایی، شبکه‌هایی با مقاومت به پارگی و تاشدگی بیشتر تولید می‌کنند. حجیمی، ماتی و تخلخل نیز با افزایش طول الیاف بیشتر می‌شود اما نرمی، صافی سطح و قابلیت چاپ‌پذیری ممکن است کمتر شود. برخی از محققان معتقدند که خصوصیات مقاومتی کاغذ بیشتر تحت تأثیر طول الیاف است تا وزن الیاف و در حقیقت اثر ذرات مختلف الیاف بر روی مقاومت نهایی کاغذ، خود متأثر از طول الیاف فرایند خمیرکاغذسازی و بازده است (Fogelholm & Gullichsen, 2000). با مشاهده جدول ۱ تفاوت زیادی بین طول الیاف پوست و مغز کنف مشاهده می‌شود که موجب بروز تفاوت معنی‌داری در ضرایب لاغری و انعطاف‌پذیری پوست نسبت به مغز شده است. از طرف دیگر، به دلیل بیشتر بودن سایر ابعاد سلول در مغز نسبت به پوست کنف (قطر، حفره و ضخامت)، ضریب رانکل الیاف مغز بیشتر بوده و تفاوت معنی‌داری با پوست دارد. البته میانگین طول الیاف پوست و مغز کنف در مقایسه با سایر منابع تحقیقاتی (Romanoschi *et al.*, 1997) به ترتیب کمتر و بیشتر می‌باشد که می‌تواند بر ویژگی‌های کاغذ تهیه شده از اختلاط این دو قسمت کنف تأثیرگذار باشد.

مقایسه ترکیب شیمیایی پوست و مغز کنف نشان می‌دهد که در سطح اعتماد آماری ۹۹٪، بین ترکیب شیمیایی پوست و مغز کنف اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). پوست کنف از لحاظ میزان سلولز نسبت به مغز آن ارجحیت داشته ولی از نظر میزان خاکستر و مواد استخراجی پست‌تر است.

- درصد پوست، همه ویژگی‌های مقاومتی کاغذها افزایش نشان می‌دهد. البته میزان این افزایش برای مقاومت به پاره شدن کاغذ در مقایسه با مقاومت به ترکیدن و طول پاره شدن بسیار قابل توجه است. مقایسه مقاومت‌های کاغذهای تهیه شده از اختلاط پوست و مغز کنف در مقایسه با باگاس، ارجحیت کامل کنف و در مقایسه با چوب صنوبر، ارجحیت در مقاومت به پاره شدن و طول پاره شدن کاغذ کنف را گویاست. همچنین مقایسه نتایج بدست آمده با Kaldor (۱۹۹۰) نشان می‌دهد که مقاومت‌های کاغذ ساخته شده از اختلاط پوست و مغز کنف به طور میانگین حدود ۲۰٪ کمتر است که این موضوع می‌تواند از کمتر بودن طول الیاف، پخت پوست و مغز به صورت جداگانه و افزودن آنتراکینون توسط وی باشد. در مجموع، با توجه به نتایج بدست آمده و سوابق تحقیقاتی (توسلی و همکاران، ۱۳۸۵)، (ناصری و همکاران، ۱۳۸۴) و (Ang Lin et al., 2010) می‌توان گفت که از خمیر کاغذ مخلوط پوست و مغز کنف می‌توان به‌عنوان افزودنی در انواع خمیر کاغذهای شیمیایی و مکانیکی برای تولید طیف گسترده‌ای از انواع کاغذها نظیر کاغذهای با اندود کم (LWC)، فوق اتوزنی شده (SC)، روزنامه و انواع کاغذهای بهداشتی استفاده نمود.
- بنابراین با استفاده از پخت کوتاه مدت و همزمان پوست و مغز کنف، می‌توان با استفاده از یک خط خمیر کاغذسازی، افزایش قابل توجهی در میزان تولید خمیر کاغذ بسته بندی با ویژگی‌های قابل قبول در واحد زمان ایجاد نمود که به لحاظ اقتصادی قابل توجه باشد.
- منابع مورد استفاده**
- توسلی، ا. دهقانی، م. و مهدوی، س.، ۱۳۸۵. بررسی امکان جایگزینی خمیر سودای پوست کنف با خمیر الیاف بلند وارداتی در بهبود
- کیفیت کاغذ حاصل از خمیر سودای باگاس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۶ صفحه.
- دهقانی، م. شاخص، ج و نمکیان، ر.، ۱۳۸۷. اثر زمان برداشت بر ویژگی‌های مورفولوژی و عملکرد الیاف ساقه کنف، اولین همایش تأمین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۴ صفحه.
- زینلی، ف. دهقانی، م. و شاخص، ج.، ۱۳۸۷. بررسی تأثیر زمان پخت بر ویژگی‌های خمیر کاغذ سودای ساقه کنف، اولین همایش تأمین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۱ صفحه.
- فائزی پور، م. همزه، ی. و میرشکرایی، ا.، ۱۳۷۹. بررسی گیاه کنف از نظر خواص آن در تهیه خمیر کاغذ، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۳، شماره ۳، صفحه ۲۴۱ تا ۲۴۹.
- مولوی، ص. مهدوی، س. و کرمانیان، ح.، ۱۳۸۹. بررسی مقایسه ای ویژگی‌های خمیر کاغذ کرافت تهیه شده از چوب پنج کلن موفق صنوبر در کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۹۱ صفحه.
- ناصری، ن. و رسالتی، ح.، ۱۳۸۴. بررسی امکان جایگزینی خمیر کرافت حاصل از پوست کنف با الیاف بلند وارداتی در بهبود کاغذ حاصل از خمیر CMP. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۲ صفحه.
- Ang Lin S., Leh Cheu P., and Lee Chong C., 2010. Alkaline pretreated kenaf, *BioResources* 5(3):1446-1462.
- Antonsson, S., 2008. Strategies for improving kraft liner pulp properties, Doctoral thesis, Royal institute of technology, School of chemical science and engineering, Department of fibre and polymer technology, Division of wood chemistry and pulp technology, 43 p.
- Bagby, M. O., Cunningham, R. L., and T. F. Clark, 1975. Kenaf pulp-soda vs. sulfate, *Tappi J.* 58(7): 121-123.
- Clark, T.F., Cunningham, R.L. and Wolff, I.A., 1971. A search for new fiber crops. *Tappi*, 54(1):63-65.
- Fengel, D., and Wegener, G., 1989. *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 566 p.
- Gullichsen, J., and Fogelholm C.J., 2000. *Chemical pulping*, Book 6, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 475 p.
- Hart, P., and Brogdon, B., 1993. Anthraquinone pulping of non-wood species, *TAPPI proceeding, pulping conference*, pp 585-593.

- Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Finland, 101 p.
- Romanoschi, S., Collier, J. and Collier, B., 1997. Kenaf Alkali Processing. Chemical Engineering Department, Louisiana State University, Cellulose Chemistry and Technology, 31(5-6): 347-359.
- Rowell, R.M. and J.S Han, 1999. Changes in kenaf properties and chemistry as a function of growing time. Kenaf properties, Processing and products, Chapter 3, Mississippi State University, 32-57.
- Kaldor, F., Karlgren, C., and Verwest, H.,1990. Kenaf- A Fast Growing Fiber Source for Papermaking Tappi, 73(11): 205-209.
- Kellomäki, S., 2000. Forest resources and sustainable management. Book 2, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 181 p.
- Khristova, P., Kordsachia, O., Patt, R., Khider, T. and Karrar, I., 2002. Alkaline Pulping with Additives of Kenaf from Sudan, Industrial Crops & Products 15(3): 229-235.
- Pahkala, K., 2001. Non-wood Plants as Raw material for pulp and paper, Doctoral Thesis, MTT

The effect of mixing kenaf core and bast on soda pulping and paper strengths

Mahdevi, S.^{1*} and Habibi, M.R.²

^{1*}-Corresponding Author: Assistant Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. E-mail: smahdavi@rifr.ir

²-Research Faculty, Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

Received: Sep., 2012

Accepted: Nov., 2013

Abstract

Paper industry has been experiencing growing shortage of cellulosic material over the last decades. As a fast-growing plant, Kenaf has good potential to compensate wood shortages taking into account its long historical record of cultivation in Iran. Kenaf variety of 432 was collected from Varamin research station. Kenaf stalk yield was determined roughly as 10.5 air-dried metric tonnes (ADMT) per hectare for a single crop rotation. Soda pulping of core, bast and their mixture were carried out at three weight percent ratios of 50:50, 40:60 and 30:70. H-factor for the delignification process was adjusted about 800 using cooking treatment combination of 175 °C, 30 min, 18% sodium hydroxide, and 5:1 liquor to raw material ratio. Under similar cooking condition, yield and kappa no. of soda pulp prepared from the mixture of kenaf core and bast showed highest yield and kappa number. Kappa no. decreased with increasing bast fiber percent from 50% to 70%, and required increased PFI revolution to achieve certain freeness. Handsheet properties including thickness, breaking length, burst and specially tear index increased at higher bast fiber content.

Key words: Kenaf bast, kenaf core, soda pulping, pulp strength.