

اثر سن برداشت کنف بر کیفیت خمیر کاغذسازی و کاغذ کنگره‌ای ساخته شده از مغز آن

سعید مهدوی*

دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵

چکیده

کنف از گیاهان صنعتی موفق برای کشت در ایران است که به دلیل دارا بودن خواص منحصربه‌فرد برای ساخت کاغذ با توجه زیادی روبه‌روست. این تحقیق به منظور تأمین الیاف کاغذ کنگره‌ای مورد استفاده در صنایع بسته‌بندی کشور با توجه به کمبود الیاف بکر انجام گرفت. دوره برداشت کنف از جمله نکات مهم فنی-اقتصادی است، از این رو نمونه‌برداری از کنف تیپ کوبا طی سه سن برداشت پنج، شش و هفت ماه انجام گرفت و عملکرد کنف در هفت‌ماهگی تعیین شد. برای تهیه خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون از الیاف مغز کنف با استفاده از ۱۴ و ۱۶ درصد سدیم هیدروکسید، مدت زمان ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه، دمای ۱۵۵، ۱۶۵ و ۱۷۵ درجه سلسیوس، نسبت مایع پخت به مغز ۷/۱ و ۰/۲ درصد آنتراکینون و در مجموع ۱۸ تیمار استفاده شد. درجه روانی خمیر کاغذ به حدود 33°SR توسط کوبنده PFI mill تنظیم شد و کاغذهای دست‌ساز با جرم پایه 127 g/m^2 از شش تیمار بهینه خمیر کاغذ شامل سه سن برداشت، دو مقدار سدیم هیدروکسید (۱۴ و ۱۶ درصد)، زمان پخت ۱۲۰ دقیقه و دمای پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس ساخته شد. نتایج نشان داد که عملکرد سرپا و خشک تیپ کوبا به ترتیب ۳۲ و ۷۷ تن در هکتار است. برای شش تیمار بهینه، محدوده بازده بعد از الک از ۵۳/۷۱ تا ۴۸/۷۶ درصد، عدد کاپا از ۷۸/۷۳ تا ۱۱۸/۲۷ و وازده از ۱/۵۸ تا ۴/۴۱ درصد تعیین شد که خمیر کاغذ تهیه شده از مغز کنف با زمان برداشت پنج ماه پخت شده با ۱۶ درصد قلیایی (تیمار F4) تیمار بهینه است. سن برداشت کنف با افزایش عدد کاپا و وازده خمیر کاغذ رابطه مستقیمی دارد. نتایج مربوط به اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز نشان داد که بین میانگین همه این ویژگی‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز تهیه شده از تیمار بهینه، شامل شاخص‌های کشش Nm/g ۸۵/۷، ترکیدن kPam^2/g ۳/۸، پارگی mNm^2/g ۴/۷، لهیدگی در حالت حلقه Nm/g ۱۶/۸ و لهیدگی در حالت کنگره Nm^2/g ۱/۹ نسبت به ویژگی‌های استاندارد ملی کاغذ کنگره‌ای برتر است.

واژه‌های کلیدی: الیاف مغز، سن برداشت، عملکرد، کاغذ کنگره‌ای، کنف، ویژگی‌های کاغذ.

مقدمه

تأمین منابع لیفی جایگزین را طلب می‌کند. ویژگی‌های مناسب کنف از جمله وجود الیاف بلند در پوست و کوتاه در مغز آن، تحمل کم‌آبی و تا حدودی شوری خاک، زودبازدهی و نیز عملکرد شایان توجه آن، لزوم استفاده از الیاف این گیاه در تولید خمیر کاغذ مناسب برای ساخت انواع کاغذ را ایجاب می‌کند. متأسفانه به دلایل اقتصادی و

کاهش کیفیت کاغذهای مورد استفاده در صنایع بسته‌بندی کشور که ناشی از افزایش تعداد چرخه بازیافت کاغذ به دلیل کمبود الیاف بکر است، معرفی راهکارهای مناسب برای

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۳۱۷۳۰۹۶

Email: smahdavi@rifr-ac.ir

1. Virgin

باشد نیز می‌توان استفاده کرد [۶]. خمیر کاغذهای NSSC تهیه شده از مغز کنف، مقاومت به پارگی کمتری از خمیر کاغذ شیمیایی دارند، اما دیگر مقاومت‌های آنها به دلیل پیوندهای بین لیفی مستحکم‌تر، بیشتر است. توصیه می‌شود که از این خمیر کاغذ فقط برای تولید کاغذ کنگره‌ای استفاده شود، مگر اینکه با خمیرهای کاغذ مقاوم‌تر مخلوط شوند [۷]. ویژگی کاغذهای بسته‌بندی براساس نوع الیاف (رنگبری شده یا نشده، شیمیایی یا مکانیکی و بکر یا بازیافتی)، تیمارها و افزودنی‌ها در مرحله خمیر کاغذسازی متفاوت است. همچنین دامنه جرم پایه و ضخامت کاغذ و مقوا گسترده بوده و تیمارهای سطحی آنها با توجه به کاربردهای متفاوت است [۸]. یکی از متداول‌ترین شکل‌های بسته‌بندی با ورق کنگره‌ای، بسته‌بندی قالبی به صورت کارتن یا جعبه است. مقوای لاینر و کنگره‌ای اجزای اصلی سازنده این محصول هستند. قله‌های کنگره‌ها با اعمال گرما، رطوبت و فشار توسط چسب نشاسته به یک یا دو لایه صاف به نام لاینر می‌چسبند. هدف از این بررسی، مقایسه تولید کاغذ کنگره‌ای از الیاف مغز کنف با ویژگی‌های استاندارد این محصول به منظور جبران کمبود الیاف بکر پهن‌برگ در ایران است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

پس از کشت کنف در ایستگاه تحقیقاتی هاشم‌آباد گرگان، نمونه از کنف تیپ کوبا طی سه مرحله زمانی پنج، شش و هفت ماه تهیه شد. ساقه‌های کنف پس از هفت ماه از زمان کاشت، بلافاصله پس از قطع توزین شدند و براساس رطوبت آنها، مقدار عملکرد خشک محاسبه شد. سپس به منظور تولید خمیر کاغذ، ساقه‌های کنف پوست‌کنی شدند و پیت آنها (قسمت‌های سفیدرنگ سبک) از مغز کنف جدا شد.

نبود کاربری مناسب، کشت کنف در ایران منسوخ شده است. الیاف مغز این گیاه شبیه چوب پهن‌برگان و دارای طول کوتاه هستند [۱]. انتخاب سن برداشت کنف از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا تأثیر خوبی بر بهره‌وری عملکرد و کیفیت زیست توده آن دارد [۲]. از آنجا که سن بلوغ این گیاه و در نتیجه رسیدن به بیشترین طول الیاف از نظر کاغذسازی مهم است، اثر سن برداشت این گیاه بر ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل می‌تواند در کنار عملکرد آن اهمیت زیادی در ملاحظات اقتصادی- فنی سرمایه‌گذاری داشته باشد. ساقه کنف به‌عنوان گیاهی دولپه‌ای، شامل ۳۵ درصد الیاف پوست و ۶۵ درصد الیاف مغز است که از نظر خواص شیمیایی و مورفولوژیکی تفاوت زیادی دارند [۳]. با افزایش طول عمر گیاه کنف، طول الیاف آن افزایش و قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده شده که اثر سن برداشت، منطقه جغرافیایی و موقعیت نمونه تهیه شده در طول ساقه گیاه بسیار معنی‌دار است [۴]. Roy و Pande (۱۹۹۶) بیشترین انرژی مصرفی و اکشن لیگنین‌زدایی را برای مغز کنف (91 kJ/g-mole) در مقایسه با پوست (68 kJ/g-mole) گزارش کرده و علت این اختلاف را تفاوت در ترکیب شیمیایی این دو قسمت کنف ذکر کرده‌اند. از این رو به‌صراحت پیشنهاد کرده‌اند که تولید خمیر کاغذ از پوست و مغز کنف به‌طور مجزا انجام گیرد و بعداً خمیر کاغذها برای ساخت کاغذهای مختلف باهم مخلوط شوند [۵]. الیاف مغز کنف کوتاه و پهن با دیواره نازک است، به‌طوری که خوب فشرده می‌شوند و با پالایش کم، ورقه‌ای متراکم، بسیار صاف و سفت با پیوندهای بین لیفی و نیز خواص نوری خوب تولید می‌کنند. خمیر کاغذ تهیه شده از مغز کنف در برابر پاره شدن، مقاومت به نسبت کمی دارد. افزون‌بر این، خمیر کاغذ مغز نسبت به خمیر کاغذ چوب تولید شده با یک فرایند و پالایش مشابه، از قابلیت زهکشی کمتری برخوردار است. از خمیر کاغذ مغز در شرایطی که نیاز به پالایش کم و صافی خوب برای کاغذ

1. Corrugated medium board
2. Pick
3. Yield

تهیه خمیر کاغذ و پالایش آن

برای تهیه خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون از متغیرهای سن برداشت کنف (پنج، شش و هفت ماه)، دو سطح سدیم هیدروکسید (۱۴ و ۱۶ درصد)، سه سطح دمای پخت (۱۵۵، ۱۶۵ و ۱۷۵ درجه سلسیوس) و سه سطح زمان پخت (۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه) در مجموع هجده تیمار استفاده شد. شرایط ثابت پخت شامل نسبت مایع پخت ۷/۱ و ۰/۲ درصد آنتراکینون نسبت به وزن خشک مغز کنف بود. به منظور پخت از دیگ پخت آزمایشگاهی گردشی با چهار محفظه یک لیتری مجهز به ترموکوپل مجزا استفاده شد. سپس الیاف مغز کنف حاصل از هر تیمار، توسط یک دفیبراتور آزمایشگاهی جدا شدند و پس از توزین و اندازه‌گیری درصد رطوبت، بازده پخت پس از الک با استفاده از الیاف قابل قبول (R200) و جداسازی وازده (R18) محاسبه شد. مقدار عدد کاپا نیز که معرف مقدار لیگنین باقی مانده در خمیر کاغذ است به روش استاندارد ملی ایران ۱۴۱۴ اندازه‌گیری شد [۹].

بر اساس بازده بعد از الک، عدد کاپا و مقدار وازده، شش تیمار منتخب پخت برای ساخت کاغذ دست‌ساز انتخاب شدند. قابلیت آبیگری اولیه خمیر کاغذهای بهینه مغز کنف بر اساس استاندارد ملی ایران ۱-۳۷۸۹ تعیین شد. سپس خمیرهای کاغذ برای رسیدن به قابلیت آبیگری حدود $SR = 33$ (معادل ۴۰۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی) با دستگاه کوبنده آزمایشگاهی PFI بر اساس استاندارد ملی ایران ۲-۳۷۹۰ پالایش شدند.

ساخت و اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز

کاغذهای دست‌ساز آزمایشگاهی با جرم پایه حدود g/m^2 ۱۲۷ از شش نوع خمیر کاغذ انتخاب شده مغز کنف توسط ورق‌ساز نوع KCL ساخت فنلاند بر اساس استاندارد ملی ایران ۱-۳۷۸۸ ساخته شدند [۹]. برای اندازه‌گیری خواص مختلف کاغذهای دست‌ساز، از روش‌های آزمون استاندارد مشخص شده در جدول ۱ استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از ثبت داده‌ها در نرم‌افزار SPSS، مقایسه بین میانگین‌های خواص کاغذهای دست‌ساز با استفاده از آزمون تجزیه واریانس و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. در صورت وجود اختلاف آماری بین میانگین‌ها، برای گروه‌بندی آنها از آزمون دانکن با سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱. عنوان و روش آزمون‌های استاندارد به کاررفته

برای کاغذهای دست‌ساز

| روش آزمون استاندارد ملی | عنوان آزمون |
|-------------------------|---|
| ISIRI 133 | روش نمونه‌برداری از کاغذ و مقوا برای آزمون |
| ISIRI 559 | تعیین مقدار رطوبت موجود در یک بهر-روش خشک کردن در گرمخانه |
| ISIRI 471 | اندازه‌گیری جرم پایه (گراماژ) |
| ISIRI 151 | تعیین ضخامت، چگالی و حجم مخصوص |
| ISIRI 7880-2 | تعیین سفتی خمشی |
| ISIRI 1821 | تعیین مقاومت به ترکیدن |
| ISIRI 8273-2 | اندازه‌گیری مقاومت کششی |
| ISIRI 1297 | مقاومت در برابر پاره شدن |
| ISIRI 18051 | تعیین مقاومت به لهیدگی حلقوی (RCT) |
| ISIRI 19572 | تعیین مقاومت به لهیدگی عمود بر فلوت (CMT) |

نتایج و بحث

رشد کنف

نتایج بررسی‌ها در خصوص عملکرد کنف تیپ کوبا نشان داد که مقدار کنف سرپا (سبز) پس از هفت ماه ۳۳/۱ تن در هکتار است که با احتساب رطوبت آن، مقدار عملکرد خشک ۷/۷۷ تن در هکتار محاسبه شده است. میزان محاسبه شده در این مقاله از دو مقاله دیگر کمتر است [۱]، [۱۰]. از جمله دلایل این موضوع، تفاوت رشد کنف در رویشگاه‌های مختلف با شرایط آب‌وهوایی متفاوت (گرمسیری و مدیترانه‌ای) و نیز تفاوت رقم کنف است. دستیابی به عملکرد بیشتر در مدت زمان کوتاه‌تر نسبت به

رقم کنف بررسی شده باشد [۴]. با افزایش سن برداشت کنف، عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ افزایش یافته است که ممکن است به دلیل تغییرات در ترکیب شیمیایی کنف به خصوص افزایش مقدار لیگنین باشد، اما برعکس با افزایش مقدار قلیایی، عدد کاپا و وازده خمیرکاغذ کاهش یافت که در نتیجه لیگنین‌زدایی بیشتر خمیرکاغذ است. بررسی در مورد تغییرات ترکیب شیمیایی کنف با افزایش سن کنف نشان داد که از ۱۴۷ تا ۲۴۴ روز، مقدار لیگنین حدود ۵۸ درصد افزایش و مواد استخراجی حدود ۵۹/۵ درصد در ساقه کنف کاهش یافت. مقدار خاکستر نیز با افزایش سن کنف در مغز آن حدود ۳۸ درصد کاهش و پروتئین حدود ۹ درصد افزایش داشته است [۱۱]. Kamal و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات ترکیب شیمیایی کنف به خصوص لیگنین را در پنج سن برداشت (از ۷۶ تا ۲۲۶ روز پس از کشت) عامل مهم در خمیرکاغذسازی و رنگبری کنف دانسته و دوره برداشت ۱۵۲ روز را بهترین زمان برداشت کنف معرفی کرده‌اند [۱۲].

زراعت چوب با درختان تندرشد نکته حائز اهمیت درخصوص کشت این گیاه است.

ویژگی‌های خمیرکاغذ

خواص خمیرکاغذ سودا- آنتراکینون تهیه‌شده از مغز کنف برای تیمارهای مختلف به شرح جدول ۲ است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دامنه وازده خمیرکاغذ از ۵۳/۷۱ تا ۴۸/۷۶ درصد، عدد کاپا از ۷۸/۷۳ تا ۱۱۸/۲۷ و وازده خمیرکاغذ از ۱/۵۸ تا ۴/۴۱ درصد نوسان دارد. با افزایش مقدار قلیایی، تغییراتی در بازده بعد از الک و به خصوص عدد کاپای خمیرکاغذ ایجاد شده است که به ترتیب افزایش و کاهش یافته‌اند. بیشترین بازده بعد از الک خمیرکاغذ مربوط به سن برداشت کنف پس از ۵ ماه است که دارای کمترین عدد کاپا است. بازده بعد از الک خمیرکاغذ سودا- آنتراکینون مغز کنف با استفاده از ۱۶ درصد قلیایی از نتایج Faezipour و همکاران (۱۳۷۹) بیشتر است (۵۱/۸۲ درصد در مقایسه با ۴۸/۶۲ درصد)، اما عدد کاپا کمتر است (۹۰/۵۱ نسبت به ۱۰۶/۲۵) که ممکن است به دلیل تفاوت رویشگاه (گرگان با ورامین) و

جدول ۲. خواص خمیرکاغذ سودا- آنتراکینون حاصل از تیمارهای منتخب برای مغز کنف

| تیمار پخت | سن (ماه) | قلیایی (%) | بازده بعد از الک (%) | عدد کاپا | وازده (%) | قابلیت آبگیری اولیه (°SR) | تعداد دور نهایی پالایش | قابلیت آبگیری نهایی (°SR) |
|----------------|----------|------------|----------------------|----------|-----------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| F ₁ | ۵ | ۱۴ | ۵۱/۰۱ | ۸۴ | ۳/۱۰ | ۲۷ | ۱۲۰۰ | ۳۳ |
| F ₂ | ۶ | ۱۴ | ۴۹/۹۵ | ۹۹/۶۸ | ۳/۱۵ | ۲۷ | ۱۲۵۰ | ۳۴ |
| F ₃ | ۷ | ۱۴ | ۴۹/۷۰ | ۱۱۸/۲۷ | ۴/۴۱ | ۱۴ | ۱۸۵۰ | ۳۵ |
| F ₄ | ۵ | ۱۶ | ۵۳/۷۱ | ۷۸/۷۳ | ۱/۵۸ | ۳۱ | ۱۲۰۰ | ۳۳ |
| F ₅ | ۶ | ۱۶ | ۴۸/۷۶ | ۹۱/۲۴ | ۱/۶۰ | ۳۰ | ۱۲۵۰ | ۳۵ |
| F ₆ | ۷ | ۱۶ | ۵۲/۹۸ | ۱۰۱/۵۷ | ۲/۹۴ | ۱۳ | ۱۸۵۰ | ۳۳ |

شرایط ثابت پخت شامل دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۱۲۰ دقیقه و آنتراکینون ۰/۲ درصد بود.

پالایش پذیری خمیر کاغذ

اولیه خمیرکاغذ به خصوص برای کنف هفت‌ماهه، کاهش یافت که ممکن است ناشی از تغییراتی در مغز کنف با افزایش سن برداشت آن به شرح بالا باشد (جدول ۳).

رفتار پالایش‌پذیری خمیرکاغذ تهیه‌شده از مغز کنف نشان داد که مقدار انرژی لازم برای کوبیدن خمیرکاغذ برای رسیدن به درجه روانی حدود ۴۰۰ ml.csf (SR= ۳۳) در سنین برداشت ۵ تا ۷ ماه افزایش یافت و درجه روانی

ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز

واریانس میانگین این ویژگی‌ها نشان داد که بین آنها اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۴).

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز آزمایشگاهی ساخته شده از شش نوع خمیر کاغذ منتخب مغز کنف، حداقل در پنج تکرار اندازه‌گیری شد. تجزیه

جدول ۳. پالایش‌پذیری خمیر کاغذ سودا- آنتراکینون تیمارهای منتخب برای مغز کنف

| قابلیت آگیری اولیه (°SR) | تعداد دور نهایی پالایش | قابلیت آگیری نهایی (°SR) |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| ۲۷ | ۱۲۰۰ | ۳۳ |
| ۲۷ | ۱۲۵۰ | ۳۴ |
| ۱۴ | ۱۸۵۰ | ۳۵ |
| ۳۱ | ۱۲۰۰ | ۳۳ |
| ۳۰ | ۱۳۵۰ | ۳۵ |
| ۱۳ | ۱۸۵۰ | ۳۳ |

جدول ۴. تجزیه واریانس میانگین ویژگی‌های شش نوع کاغذ دست‌ساز کنگره‌ای

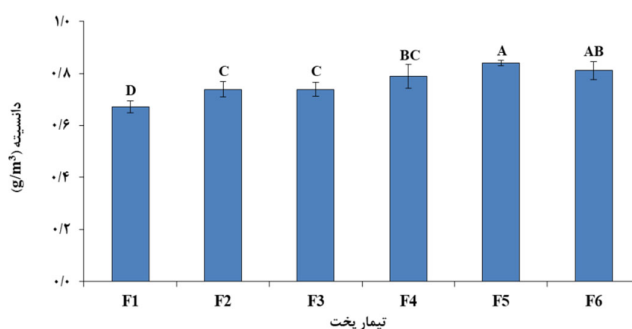
| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی‌داری |
|------------------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| دانسیته | ۵ | ۰/۱۴۹ | ۰/۰۱۱ | ۱۵/۸۳۵ | ۰/۰۰۰** |
| شاخص مقاومت کششی | ۵ | ۶۵۴۷/۵۸۲ | ۵۰۳/۶۶۰ | ۹/۸۱۹ | ۰/۰۰۰** |
| شاخص مقاومت به ترکیبگی | ۵ | ۱۶/۳۴۸ | ۱/۲۵۰ | ۳۷/۰۵۱ | ۰/۰۰۰** |
| شاخص مقاومت به پارگی | ۵ | ۴۴/۷۰۹ | ۳/۴۳۹ | ۱۷/۵۱۱ | ۰/۰۰۰* |
| شاخص CMT ₀ | ۵ | ۶/۰۶۲ | ۰/۴۶۶ | ۲۶/۴۹۵ | ۰/۰۰۰* |
| شاخص RCT | ۵ | ۳۳۴/۹۳۰ | ۲۴/۹۹۵ | ۳۲/۰۰۴ | ۰/۰۰۰* |
| شاخص مقاومت به سفتی | ۵ | ۳۳/۸۱۲ | ۲/۶۰۱ | ۴/۵۹۵ | ۰/۰۰۰** |

** اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد

دانسیته کاغذ

افزایش سن برداشت کنف از پنج تا شش ماه [۱۱] می‌تواند از جمله دلایل افزایش دانسیته کاغذ به علت افزایش قابلیت تراکم ورقه باشد. با افزایش حالت قلیایی از ۱۴ به ۱۶ درصد، میانگین‌های دانسیته کاغذها افزایش معنی‌داری یافته که در گروه‌های مستقل آماری قرار می‌گیرند. مقایسه دانسیته کاغذ نشان می‌دهد که خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون مغز کنف برداشت شده پس از پنج ماه (تیمار F4) در مقایسه با دیگر سوابق تحقیقاتی [۴، ۶، ۱۳] بیشتر است.

در شکل ۱ روند تغییرات دانسیته کاغذهای دست‌ساز ساخته شده از خمیر کاغذ مغز کنف در سه سن برداشت با تغییر مقدار قلیایی پخت مشاهده می‌شود. براساس گروه‌بندی دانکن، بین میانگین‌های دانسیته کاغذ مربوط به سن برداشت شش و هفت ماهه کنف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (گروه C) و کمترین دانسیته مربوط به سن برداشت پنج ماه است. کاهش ضخامت دیواره سلولی با

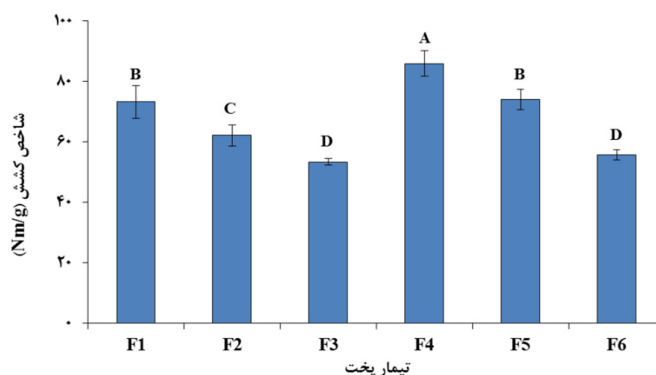


شکل ۱. اثر سن برداشت کنف و قلیایی بودن پخت بر دانشسته کاغذ دست‌ساز

شاخص کشش کاغذ

۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت ۱۲۰ دقیقه تعلق دارد. مقایسه شاخص مقاومت کششی خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون مغز کنف برداشت شده پس از پنج ماه (تیمار F4) در مقایسه با دیگر سوابق تحقیقاتی [۴، ۶، ۱۳] بیشتر است. Rowell و Han (۲۰۰۷) کاهش طول الیاف مغز کنف را با افزایش سن کنف از پنج تا شش ماه حدود ۲۰ درصد گزارش کرده‌اند، درحالی که در پوست کنف ۱۲ درصد افزایش یافته است [۱۱] بنابراین کاهش مقاومت‌های مرتبط با طول الیاف توجیه‌پذیر است.

اثر سن برداشت کنف بر میانگین شاخص کشش کاغذهای دست‌ساز تهیه شده از مغز کنف نیز معنی‌دار است و براساس گروه‌بندی دانکن، میانگین‌ها در گروه‌های آماری مستقل قرار می‌گیرند (شکل ۲). با افزایش سن برداشت کنف، این شاخص کاهش پیدا می‌کند، اما با افزایش حالت قلیایی از ۱۴ به ۱۶ درصد افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار شاخص کشش کاغذ تهیه شده از مغز کنف به تیمار F4 یعنی سن برداشت پنج ماه، قلیایی بودن ۱۶ درصد، دمای

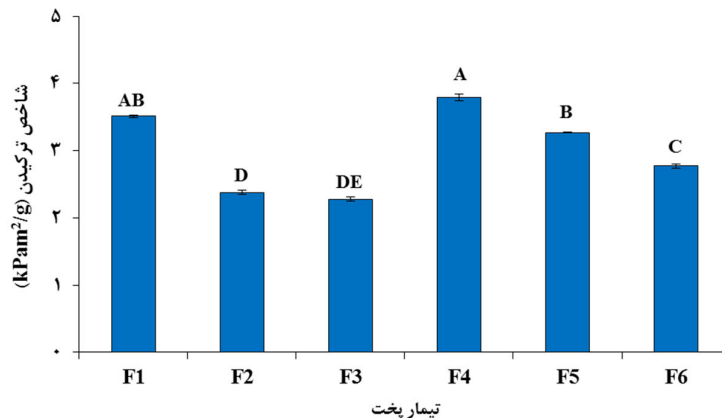


شکل ۲. اثر سن برداشت کنف و قلیایی بودن پخت بر شاخص کشش کاغذ دست‌ساز

شاخص ترکیدن کاغذ

افزایش یافته است. بیشترین شاخص ترکیدن نیز مربوط به تیمار F4 است و روند تغییرات مشابه شاخص کشش است. شاخص مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون مغز کنف (تیمار F4) نیز از سوابق تحقیقاتی [۴، ۱۳] بیشتر و از یک تحقیق دیگر [۶] احتمالاً به دلیل عدد کاپای کمتر خمیرکاغذ (۲۹/۵) و درجه روانی، کمتر است.

شکل ۳ روند تغییرات شاخص ترکیدن کاغذهای دست‌ساز ساخته شده از خمیرکاغذ مغز کنف را در سه سن برداشت کنف با افزایش درصد قلیایی پخت نشان می‌دهد. با افزایش سن برداشت کنف، این شاخص نیز کاهش و با افزایش درصد قلیایی پخت، شاخص ترکیدن

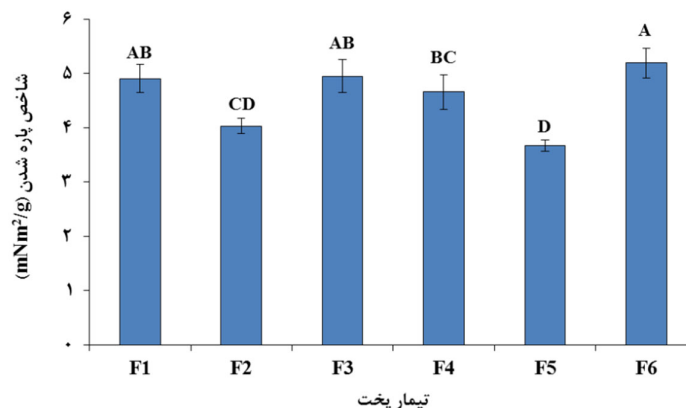


شکل ۳. اثر سن برداشت کنف و قلیایی پخت بر شاخص ترکیب کاغذ دست‌ساز

شاخص از نظر آماری معنی‌دار نیست. بیشترین شاخص پاره شدن مربوط به تیمار F6 است که البته با تیمارهای F1 و F3 اختلاف معنی‌داری ندارد. کاهش طول الیاف مغز کنف با افزایش سن کنف از پنج تا شش ماه [۱۴] نیز می‌تواند کاهش این شاخص را در سنین مذکور توجیه کند. میانگین این شاخص نسبت به دیگر سوابق تحقیقاتی [۴، ۶] نیز کمتر است.

شاخص پاره شدن

گروه‌بندی آماری میانگین‌های شاخص پاره شدن کاغذهای دست‌ساز ساخته‌شده از خمیر کاغذ مغز کنف در سه سن برداشت کنف با افزایش قلیایی پخت در شکل ۴ مشاهده می‌شود. با افزایش سن برداشت کنف از پنج تا هفت ماه، این شاخص ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. با افزایش مقدار قلیایی پخت، تغییرات این

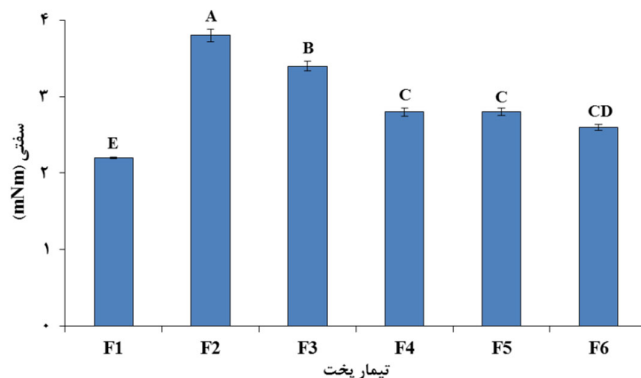


شکل ۴. اثر سن برداشت کنف و قلیایی پخت بر شاخص پاره شدن کاغذ دست‌ساز

افزایش سن برداشت کنف در مقدار قلیایی پخت ۱۴ درصد، تغییرات سفتی از نظر آماری معنی‌دار است، اما در مقدار قلیایی ۱۶ درصد، با افزایش سن برداشت کنف تغییرات سفتی کاغذ معنی‌دار نیست. بیشترین و کمترین سفتی به ترتیب مربوط به تیمارهای F2 و F1 است.

سفتی

گروه‌بندی آماری دانکن، میانگین‌های سفتی خمشی کاغذهای دست‌ساز ساخته‌شده از خمیر کاغذ مغز کنف در سه سن برداشت کنف با افزایش مقدار قلیایی پخت را در گروه‌های مختلف آماری قرار داده است (شکل ۵). با

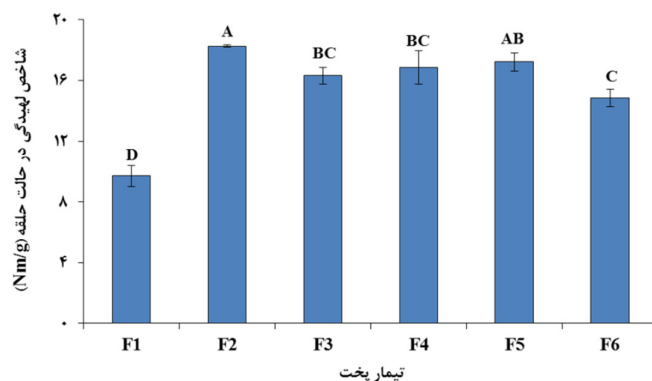


شکل ۵. اثر سن برداشت کنف و قلیایی پخت بر سفتی کاغذ دست‌ساز

این شاخص در سنین برداشت شش و هفت ماه وقتی از ۱۶ درصد قلیایی استفاده می‌شود (تیمارهای F4 و F5) وجود ندارد و از این رو تیمار F4 به دلیل مدت کمتر زمان برداشت در اولویت است. این شاخص نیز برای تیمار F4 در مقایسه با نتایج Azizi Mossello و همکاران (۲۰۱۰) حدود ۱۲ درصد کمتر است که ممکن است به دلیل عدد کاپا و درجه روانی کمتر خمیرکاغذ در تحقیق مذکور [۶] باشد.

شاخص لهیدگی کاغذ در حالت حلقه (RCT)

مقایسه میانگین‌های شاخص لهیدگی کاغذهای دست‌ساز در حالت حلقه (RCT) نشان می‌دهد که بیشترین شاخص برای سن کنف پس از شش ماه قابل دستیابی است (شکل ۶). گروه‌بندی دانکن نشان داد که تأثیر افزایش مقدار قلیایی پخت فقط برای سن برداشت کنف پنج‌ماهه معنی‌دار است و روند تغییرات این شاخص مشابه سفتی کاغذ است. تفاوت معنی‌داری بین میانگین

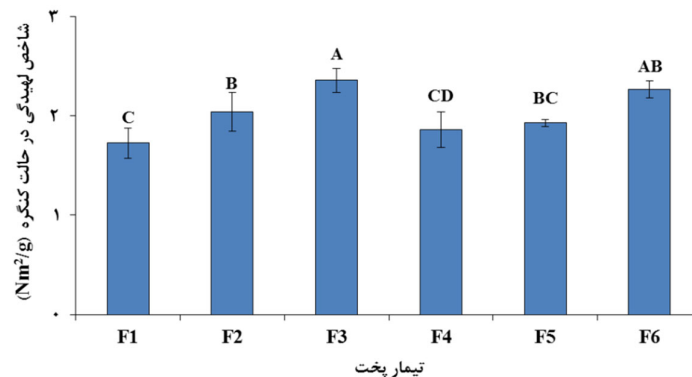


شکل ۶. اثر سن برداشت کنف و مقدار قلیایی پخت بر شاخص لهیدگی در حالت حلقه کاغذ دست‌ساز

می‌شود. با افزایش سن برداشت کنف، این شاخص برخلاف شاخص‌های کشش و ترکیب کاغذ افزایش یافت، اما با افزایش مقدار قلیایی پخت، تغییر معنی‌داری نداشت. بیشترین و کمترین شاخص لهیدگی در حالت کنگره کاغذهای دست‌ساز کنگره‌ای نیز مربوط به ترتیب مربوط به تیمارهای F1 و F3 است.

شاخص لهیدگی کاغذ بلافاصله پس از کنگره شدن (CMT₀)

در شکل ۷ روند تغییرات شاخص لهیدگی عمود بر کنگره‌ها بلافاصله پس از کنگره شدن (CMT₀) کاغذهای دست‌ساز ساخته‌شده از خمیرکاغذ مغز کنف در سه سن برداشت کنف با افزایش مقدار قلیایی پخت مشاهده



شکل ۷. اثر سن برداشت کنف و مقدار قلیایی پخت بر شاخص لهدگی در حالت کنگره کاغذ دست‌ساز

نتیجه‌گیری

این تحقیق به بررسی قابلیت استفاده از مغز کنف طی سه سن برداشت کنف (پنج، شش و هفت ماه) به‌منظور تولید کاغذ کنگره‌ای کارتن (فلوتینگ) در شرایط مختلف پخت پرداخته است. نتایج مربوط به رشد کنف نشان داد که عملکرد تولید این گیاه با توجه به مدت زمان کوتاه‌تر نسبت به زراعت چوب با درختان تندرشد، حائز اهمیت است. از نظر بازده بعد از الک، عدد کاپا و انرژی لازم برای پالایش خمیرکاغذ، برداشت کنف پس از پنج ماه بهترین زمان است. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده برای دانسیته، شاخص‌های مقاومت کششی و ترکیدن نشان می‌دهد که خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون مغز کنف برداشت‌شده پس از پنج ماه (تیمار F4) بیشتر است و از این‌رو برای تولید لاینر مناسب است. اما نکته حائز اهمیت برای تولید کاغذ کنگره‌ای، مقاومت به لهدگی لبه کاغذ در حالت حلقه (RCT)، لهدگی عمود بر فلوت‌های کاغذ (CMT) و نیز سفتی است که در تلفیق با لاینرهای چسبیده به آن باید بتواند نقش

استحکامی خود در بسته‌بندی کالا را ایفا کند. با انتخاب صحیح کاغذ کنگره‌ای، نوع فلوت و لاینر کارتن می‌توان مقاومت و ویژگی‌های بهتری از آن انتظار داشت. با توجه به مصرف قلیای کمتر، مناسب‌ترین تیمارها صرفاً از نظر مقاومت به لهدگی مربوط به سن برداشت شش و هفت ماه (تیمارهای F2 و F3) است. مقایسه ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز تهیه‌شده از مغز کنف با این تیمارها، نسبت به ویژگی‌های استاندارد کاغذ فلوتینگ (استاندارد ملی ۳۴۸۸)، با همین جرم پایه نیز حاکی از بهتر بودن ویژگی‌های تحقیق حاضر است. ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز مغز کنف برای تیمار F3 (سن برداشت هفت ماه و قلیایی ۱۴ درصد) مشابه ویژگی‌های کاغذهای کنگره‌ای شرکت‌های کاغذسازی مازندران (SMF) و کاغذسازی پارس است که پیش‌بینی می‌شود در تولید تجاری کاغذ کنگره‌ای از مغز کنف با جهت‌دهی الیاف و آهارزنی با نشاسته بتوان به ویژگی‌های برتری هم دست یافت.

References

- [1]. Mahdavi, S., and Habibi, M.R. (2013). The effect of mixing kenaf core and bast on soda pulping and paper strengths. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28(4): 642-653.
- [2]. Monti, A., and Alexopoulou, E. (2013). Kenaf: A Multi-Purpose Crop for Several Industrial Applications: New insights from the Biokenaf Project. *Green Energy and Technology*, Springer, 212 P.
- [3]. Ashori, A., Jalaluddin, H., Raverty, W.D., Mohd Nor, M.Y. (2006). Chemical and morphological characteristics of Malaysian cultivated kenaf (*Hibiscus cannabinus*) fiber. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 45: 131-134.

- [4]. Faezipour, M., Hamzeh, Y., and Mirshokraei, S. (2000). Evaluation of kenaf as a raw material in paper manufacturing pulp. *Iranian Journal of Natural Resources*, 53(3): 239-250.
- [5]. Pande, H., and Roy, D.N. (1996). Delignification kinetics of soda pulping of kenaf. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 16(3): 311-325.
- [6]. Azizi Mossello, A., Harun, J., Ibrahim, R., Resalati, H., Fallah Shamsi, S.R., Md Tahir, P., and Mohad Yusoff, M.N. (2010). Evaluation of linerboard properties from Malaysian cultivated kenaf soda-anthraquinone. *BioResources*, 5(3): 1595-1604.
- [7]. Lips, S.J.J., Van Dam, J.E.G., and Snijder, M. (2007). Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) as a raw material for industrial applications: Final report. (Rapport; No. 795). Agrotechnology and Food Innovations, Wageningen.
- [8]. Pankratov, A., Romanova, T., and Litvinchev, I.S. (2020). Packing ellipses in an optimized rectangular container. *Wireless Networks*, 26(7): 4869-4879.
- [9]. ISON standards, Specifications and test methods, Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- [10]. Alifragis, D., Grigoriou, A., Passialis, C., and Voulgaridis, E. (1997). Kenaf as a secondary crop in sandy soils under mediterranean climate conditions. In: *Proceedings of ICFWST' 97*, 29 Sept. to 3 Oct., Yugoslavia. pp. 1-8.
- [11]. Rowell, R., and Stout, H.P. (2007). *Handbook of Fiber Chemistry, Chapter 7, Jute and Kenaf*, CRC press, Taylor and Francis Group, LLC, United Kingdom.
- [12]. Kamal, I., Zharif Thirmizir, M., Beyer, G., Jani Saad, M., Abdul Rashid, N.Z., and Abdul Kadir, Y. (2014). Kenaf for biocomposite: An overview. *Journal of Science and Technology*, 6(2): 42-66.
- [13]. Villar, J.C., Revilla, E., Go'mez, N., Carbajo, J.M., and Simo'n, J.L. (2009). Improving the use of kenaf for kraft pulping by using mixtures of bast and core fibers. *Industrial Crops and Products*, 29: 301-307.
- [14]. Columbus, E.P. and Fuller, M.J. (1999). *Kenaf Properties, Processing and Products*, Mississippi State University Press, Mississippi State, 83-89.

The effect of harvest age on the quality of pulping and fluting paper made from kenaf core

S. Mahdavi*; Assoc., Prof., Wood and Forest Products Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO). Tehran, I.R. Iran.

(Received: 20 January 2020, Accepted: 04 April 2021)

ABSTRACT

Kenaf is one of the most successful industrial plants for cultivation in Iran due to its unique properties for papermaking. The present research was conducted in order to supply virgin fiber for corrugated board to compensate shortage of wood in Iran. Harvest age is one of the important technical-economic aspects, so sampling was done from Cuban type of kenaf at three harvest ages of 5, 6 and 7 months and biomass was determined at 7 months of age. Soda-anthraquinone (AQ) pulping trials of kenaf core was carried out by 18 combinations using 14% and 16% alkali charges, 0.2% AQ, three cooking time (60, 90, and 120 min.), three cooking temperatures (155, 165, and 175 °C) and 7:1 liquor to core ratio. Pulp freeness was increased to 33 °SR by PFI mill beater and 127 g/m² handsheets were made from the selected pulps including three harvest ages, two alkali charges (14% and 16%), cooking time of 120 min. and cooking temperature of 165 °C. The results showed that the green and dry biomass of kenaf was 32 and 7.7 ton/ ha, respectively. Screen yield, kappa number, and reject contents of optimal cooking combinations were measured in range of 53.71% to 48.76%, 78.73 to 118.27, and 1.58% to 4.41%, respectively. These results indicated that kenaf harvest age of 5 months that cooked by 16% alkali (F4 treatment) is the optimal treatment. It was found a direct relationship between harvest age with increasing of kappa number and screen yield of pulp. The results of physical properties of hand sheet showed that there are significant differences among the means of all these properties. Handsheet properties made from the optimal treatment, including tensile index of 85.7 Nm/g, burst index of 3.8 kPam²/g, tear index of 4.7 mNm²/g, RCT index of 16.8 Nm/g and CMT index of 1.9 Nm²/g are superior compare to the national standard specification of fluting paper.

Keywords: Core fiber, harvest age, biomass, medium corrugated, kenaf, paper properties.

* Corresponding Author, Email: smahdavi@rifr-ac.ir, Tel: +98 9153173096