بررسی اثر استفاده از خمیرکاغذ پوست و کل ساقه کنف در اختلاط با خمیرکاغذ بسته‌بندی بازیافتی بر ویژگی‌های کاغذ حاصله

فرهاد زینلی[1*] و علی کاظمی تبریزی[2]

۱) گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: farhad.zeinaly@yahoo.com
۲) باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۰۱

چکیده

در این پژوهش اثر استفاده از خمیرکاغذ سودا و کرافت پوست و ساقه کنف (رقم کوبا از گونه *Hibiscus cannabinus*) در امکان بهبود خواص کاغذ بسته‌بندی بازیافتی مورد بررسی قرار گرفت. خمیرکاغذسازی از پوست و کل ساقه کنف به دو روش کرافت و سودا آماده گردید. شرایط خمیرکاغذسازی شامل نسبت مایع پخت به وزن خشک کنف ۸ به ۱، دمای پخت ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، قلیاییت فعال ۲۸ درصد، سولفیدیته ۲۵ درصد و زمان پخت برای رسیدن به عدد کاپای حدود ۲۵ متفاوت بود. نتایج نشان داد که زمان پخت برای خمیرکاغذسازی از پوست کنف به مراتب کمتر از کل ساقه بوده و برای خمیرکاغذسازی به روش کرافت و سودا به ترتیب ۲۵ و ۳۵ دقیقه بود. این در حالی است که زمان خمیرکاغذسازی ساقه کنف تا رسیدن به عدد کاپای مشخص ۲۵، به ترتیب برای پخت‌های کرافت و سودا ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه بود. با توجه به اینکه نسبت پوست به مغز در ساقه کنف ۴۰ به ۶۰ بود، اختلاط خمیرکاغذهای تهیه شده از کنف طوری صورت گرفت که تمامی اختلاط‌ها دارای حدود ۲۰ درصد الیاف پوست کنف باشند. نتایج نشان داد که خمیرکاغذ پوست کنف در هر دو فرآیند سودا و کرافت دارای بیشترین مقاومت‌ها بود، اما خمیرکاغذ سودای کل ساقه مقاومت کمتری نسبت به خمیرکاغذ کرافت کل ساقه داشت. همچنین در بین اختلاط‌ها، بیشترین مقاومت‌ها مربوط به اختلاط خمیرکاغذ کرافت کل ساقه با الیاف بازیافتی بود.

واژه‌های کلیدی: پوست کنف، ساقه کنف، خمیرکاغذ بازیافتی، بازده، عدد کاپا.

مقدمه

فرآیندهای خمیرکاغذسازی در مورد سوزنی‌برگان و پهن‌برگان برای سال‌ها است که مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و این فرآیندها جهت تولید کاغذهایی با کیفیت بالا و با حداقل قیمت تمام‌شده بهینه‌سازی گردیده است. کمبود منابع چوبی محققان را بر آن داشته که الیاف سلولزی غیرچوبی را برای ساخت کاغذ مورد بررسی قرار دهند. گیاه کنف (*Hibiscus cannabinus*) گیاهی یک‌ساله می‌باشد که توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده به عنوان جایگزین مناسبی برای چوب جهت تولید خمیر و کاغذ تشخیص داده شد (Han & Rymsza, 1999). ساقه کنف از دو بخش پوست و مغز به ترتیب با نسبت تقریبی ۱ به ۲ تشکیل شده است. پوست کنف با الیاف بلند (۲ تا ٦ میلی‌متر) با ضریب لاغری زیاد

برای کاغذسازی بسیار مناسب می‌باشد. الیاف مغز قسمت بیشتر ساقه را با طولی بین ۰/٦ تا ۰/۸ میلی‌متر به مراتب کمتر از الیاف پوست تشکیل می‌دهد (Ververis *et al*, 2003 ؛Ohtani *et al*, 2001).

Clark و همکاران (۱۹۷۱) پوست و مغز کنف را در شرایط مشابه پخت با فرآیندهای سودا و کرافت به خمیر تبدیل نمودند. کنف عدد کاپای فرآیند کرافت بر اساس نتایج این پژوهشگران برای هر دو خمیر حاصل از پوست و مغز کمتر از سودا و بازده خمیرهای حاصل از الیاف پوست به مراتب بیشتر از مغز بوده است. همچنین نتایج آنها نشان داد که بازده خمیر پوست برای دو فرآیند کرافت و سودا بسیار مشابه می‌باشد. Hart و Hsieh (۱۹۹۱) در بررسی خمیرکاغذسازی آنتراکینون گونه‌های غیرچوبی به این نتیجه رسیدند که الیاف پوست کنف پخته شده به‌روش کرافت، سودا/آنتراکینون و کرافت/آنتراکینون، خمیرکاغذهایی با بازده بین ۵۱-٦۰ درصد تولید می‌نمایند و الیاف مغز که با تیمارهای شیمیایی مشابه تولید شدند، بازده‌هایی بین ٤۰-٥٤ درصد دارند. آنها همچنین اعلام نمودند که خمیرکاغذهای سودا و کرافت کنف خصوصیات نسبتاً مشابهی دارند.

Harsnal (۱۹۹۷) ضمن تهیه خمیرکاغذ سودا از کنف در سه دمای ۱٤۰، ۱۵۰ و ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد، انرژی فعال‌سازی را برای تولید خمیرکاغذ از پوست، مغز و کل ساقه کنف به ترتیب ٦۸، ۹۲ و ۷۵ کیلوژول بر مول محاسبه و اعلام نمود که انرژی فعال‌سازی کنف در مقایسه با سوزنی‌برگان بسیار کمتر است. همزه (۱۳۷۸) پس از بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذهای ساخته‌شده از ساقه کنف به روش‌های سودا، سودا/آنتراکینون و کرافت در سه سطح قلیای ۱٦، ۱۸ و ۲۰ درصد نتیجه‌گیری نمود که در عدد کاپای مشابه، بازده خمیر سودا در هر یک از سه حالت پوست، مغز و کل ساقه کمتر از کرافت و سودا آنتراکینون است.

Khristova و همکاران (۲۰۰۱) در تهیه خمیرکاغذ از کنف به روش‌های سودا/آنتراکینون، سولفیت/آنتراکینون و کرافت/آنتراکینون به این نتیجه رسیدند که پوست کنف بسیار ساده پخت شده، بازده بهتری دارد و مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از آن بیشتر است، در حالی که پخت مغز سخت‌تر و بازده آن در عدد کاپای مشابه کمتر خواهد بود. خمیرکاغذ مغز کنف قابلیت اتصال الیاف بهتری داشته و در نتیجه مقاومت کششی آن بیشتر است. این پژوهشگران اعلام کردند اگر چه پوست کنف بهترین بخش گیاه جهت کاغذسازی می‌باشد، اما می‌توان از کل ساقه کنف نیز خمیرکاغذ نسبتاً مناسبی تهیه نمود.

خمیرکاغذ بازیافتی جعبه‌های مقوایی کنگره‌ای (Old Corrugated Containerboard یا OCC) در پژوهشی با خمیرکاغذ دست اول پوست کنف مخلوط شدند. میزان اختلاط از ۰ تا ۱۰۰ درصد با فاصله‌های ۱۰ درصدی بود. همچنین برای مقایسه، از اختلاط خمیرکاغذ OCC با خمیرکاغذ حاصل از نخل روغنی بدون میوه استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ بازیافتی با افزودن خمیرکاغذ پوست کنف به میزان قابل توجهی بهبود یافت. همچنین، در مقایسه با خمیرکاغذ حاصل از نخل روغنی، خمیرکاغذ پوست کنف ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ بازیافتی را به میزان بیشتری ارتقا داد (Latifah *et al*, 2009).

Shakhes و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر نوع رقم گیاه کنف و زمان برداشت بر روی ویژگی‌های خمیرکاغذ حاصل پرداختند. رقم‌های مورد بررسی شامل شش رقم نیجر، کوبا، کوبا ۲۰۳۲، ۹۲۷۷، ۷۵۵۱ و ۷۵٦٦ بودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که رقم نیجر در میان این شش رقم گیاه کنف دارای بیشترین بازده الیاف بود، اما رقم کوبا

۲۰۳۲ از لحاظ ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ حاصله در صدر قرار داشت هر چند که میزان بازده الیاف این رقم کم بود. همچنین رقم کوبا بازده الیاف بیشتری نسبت به رقم کوبا ۲۰۳۲ داشت و از لحاظ ویژگی‌های مقاومتی در رتبه دوم قرار گرفت.

پژوهش دیگری تاثیر زمان پخت سودا بر روی ویژگی‌های خمیرکاغذ حاصل از ساقه کنف مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفت که درجه روانی و میزان پالایش برای رسیدن به درجه روانی مشخص با افزایش زمان پخت کاهش می‌یابد. ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ نیز با افزایش زمان پخت بهبود یافت، اما روند این افزایش به تدریج کمتر شد، به طوری که مقاومت به کشش و ترکیدن در زمان پخت بیشتر از ۱۵۰ دقیقه ثابت ماند و مقاومت به پارگی کاهش یافت (زینلی و همکاران، ۱۳۸۷).

در این تحقیق پس از تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ تهیه شده از پوست و ساقه کنف به روش‌های کرافت و سودا، تاثیر استفاده از این خمیرکاغذها در اختلاط با خمیرکاغذ بازیافتی بسته‌بندی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کنف مورد استفاده در این تحقیق از ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در کیلومتر پنج جاده گرگان به ساری تهیه شد. ساقه‌های کنف پس از جداسازی برگ و میوه‌ها به قطعاتی با طول ۲/۵ سانتی‌متر تبدیل و سپس خشک گردید. ساقه‌های خشک شده پس از محاسبه درصد رطوبت داخل نایلون بسته‌بندی گردیدند. دایجستر مورد استفاده برای خمیرکاغذسازی با مارک PTI ساخت کشور اتریش و مجهز به ٦ محفظه ۲/۵ لیتری، حرارت‌سنج دیجیتال از نوع دورانی در روغن گلیسیرین بود. خمیرکاغذسازی کرافت و سودا با قلیایت فعال ۲۸ درصد بر مبنای هیدروکسید سدیم، نسبت به وزن خشک کنف، نسبت مایع پخت به وزن خشک ۸ به ۱، در دمای ١٦٥ درجه سانتی‌گراد و در زمآنهای متفاوت برای رسیدن به عدد کاپای حدود ۰/۵±۲۵/۰ انجام گرفت. سپس بازده خمیرکاغذ محاسبه و عدد کاپای خمیرکاغذ بر اساس استاندارد تاپی T236 om-99 اندازه‌گیری شد.

کاغذ بازیافتی بسته‌بندی از مقواهای مخصوص نگهداری مواد غذایی متفاوت از مغازه‌های موجود در شهر گرگان به شکل تصادفی تهیه شد. کاغذهای بازیافتی داخل سطل‌هایی ریخته شد و سپس به آنها آب اضافه گردید. الیاف در خمیرکاغذ پس از گذشت ٢٤ ساعت خیس خوردن کاغذ با استفاده از یک همزن متصل به دریل به شکل سوسپانسیون درآمدند.

خمیرکاغذهای تهیه شده برای رسیدن به درجه روانی مشخص ۱۰±٤۰۰ میلی‌لیتر مطابق استاندارد T248 sp-00 آیین‌نامه تاپی پالایش شدند. سپس خمیرکاغذهای تولید شده با درجه روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر مطابق جدول ۱ با هم مخلوط شده و تیمارها بر این اساس به ترتیب اسامی A تا I را گرفتند. میزان اختلاط خمیرکاغذهای پوست و ساقه کنف با خمیرکاغذ بازیافتی به شکلی بود که ۲۰ درصد الیاف پوست در تمام اختلاط‌های نهایی وجود داشت. بنابراین از آنجایی که نسبت پوست به مغز در گیاه کنف مورد بررسی تقریباً ٤۰ به ٦۰ (۳۹/۹ به ٦۰/۱) به دست آمده بود، در اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه کنف با خمیرکاغذ بازیافتی، ۲۰ درصد الیاف پوست و ۳۰ درصد الیاف مغز کنف در ترکیب نهایی خمیرکاغذ اختلاطی وجود داشت.

ویژگی‌های مقاومتی شامل مقاومت به کشش، مقاومت به پارگی و مقاومت به ترکیدن پس از تهیه کاغذهای دست‌ساز از نمونه‌های خمیرکاغذ (از هر نمونه ۱۰ عدد به ترتیب مطابق با استانداردهای T495 om-96،

om-98 T414 و om-97 T403 آیین‌نامه تاپی اندازه‌گیری شد. تعداد تکرار برای هر یک از آزمون‌ها ٤ بار بود. به منظور تجزیه و تحلیل ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شده و سپس گروه‌بندی میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد صورت پذیرفت.

جدول ۱. درصد اختلاط خمیرکاغذ در تیمارهای آزمایشی

	A*	B	C	D	E	F	G	H	I
سودای ساقه کنف (درصد)	۰	۵۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰
کرافت ساقه کنف (درصد)	۰	۰	۵۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰
سودای پوست کنف (درصد)	۰	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰
کرافت پوست کنف (درصد)	۰	۰	۰	۰	۲۰	۰	۰	۰	۱۰۰
خمیرکاغذ بازیافتی (درصد)	۱۰۰	۵۰	۵۰	۸۰	۸۰	۰	۰	۰	۰
مجموع (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

*حروف A تا I نمادهای هر یک از تیمارهای اختلاطی خمیرکاغذها می‌باشد

نتایج

مقدار ترکیبات شیمیایی پوست و مغز کنف و مقدار محاسبه شده برای ساقه کنف بر اساس درصد پوست و مغز در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس این یافته‌ها مشخص گردید که پوست کنف در مقایسه با مغز دارای سلولز بیشتر و لیگنین کمتر می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که مقدار خاکستر در پوست کنف بیشتر بوده اما میزان مواد استخراجی آن کمتر از مغز است.

نتایج حاصل از عملیات خمیرکاغذسازی به روش سودا و کرافت با زمآنهای مختلف پخت جهت تولید خمیرکاغذی با عدد کاپای ۰/۵±۲۵ نشان داد که زمان پخت برای تهیه خمیرکاغذ از پوست کنف در مقایسه با کل ساقه، در شرایط یکسان پخت، بسیار کمتر است (جدول ۳). همچنین زمان پخت فرآیند کرافت در مقایسه با سودا، برای رسیدن به عدد کاپای یکسان در خمیرکاغذ، کمتر بود. بازده پخت‌های کرافت نیز در هر دو مورد پوست و ساقه کنف بیشتر از پخت‌های سودا بود. بازده خمیرکاغذ حاصل از پوست کنف نیز به مقدار قابل معنی‌داری بیشتر از خمیرکاغذ کل ساقه کنف است. همچنین درجه روانی اولیه خمیرکاغذ حاصل از پوست بیشتر از خمیرکاغذ ساقه کنف می‌باشد.

جدول ۲. درصد ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده بخش‌های مختلف گیاه کنف

	مواد استخراجی (درصد)	سلولز (درصد)	لیگنین (درصد)	خاکستر (درصد)
پوست	۷/۹۸^{c}	٥٤/۷۷^{a}	۱۱/۸٦^{c}	٦/۱۲^{a}
مغز	۹/۷٦^{a}	۳٥/۹٥^{c}	۲۲/۳۲^{a}	٤/۰۸^{c}
ساقه	۹/۰٥^{b}	٤۳/٤۸^{b}	۱۸/۱٤^{b}	٤/۹۰^{b}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است.

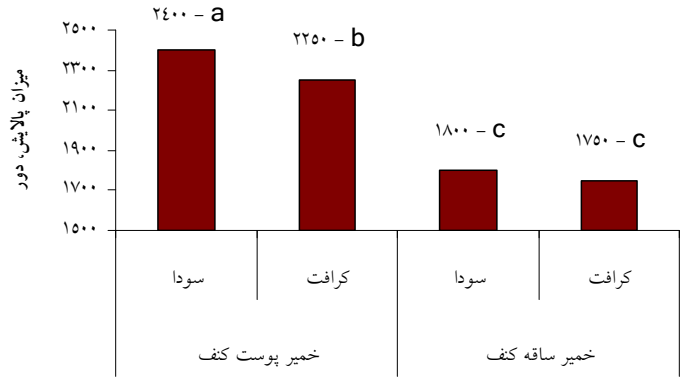
جدول ۳. تاثیر نوع پخت و ماده اولیه بر روی زمان پخت و بازده خمیرکاغذ

	نوع ماده اولیه	زمان پخت (دقیقه)	بازده (درصد)	عدد کاپا	درجه روانی اولیه (میلی لیتر)
سودا	پوست	۳۵	٥٤/١	٢٤/٧	٦٧١[a]
	ساقه	۱۸۰	٤١/٢	٢٥/١	٦٣٨[b]
کرافت	پوست	٢٥	٥٥/٠	٢٤/٨	٦٦٢[a]
	ساقه	١٢٠	٤٨/٢	٢٥/٥	٦٢٠[c]

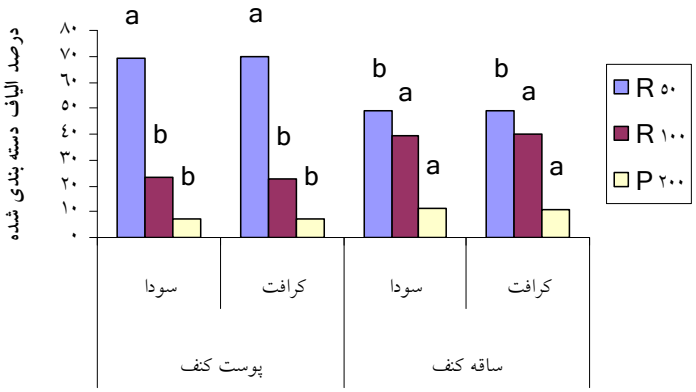
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است.

مقادیر پالایش خمیرکاغذهای تولید شده از فرآیندهای متفاوت، در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان پالایش برای رسیدن به درجه روانی مشخص ٤٠٠ میلی‌لیتر برای خمیرکاغذهای تولید شده از پوست کنف به میزان قابل توجهی بیشتر از خمیرکاغذهای کل ساقه کنف بود. میزان پالایش نیز برای خمیرکاغذهای کرافت و سودای ساقه کنف تقریباً برابر بود، اما میزان پالایش برای خمیرکاغذ کرافت و سودای پوست کنف دارای اختلاف قابل ملاحظه‌ای بوده و خمیرکاغذ کرافت نیازمند میزان پالایش کمتری نسبت به خمیرکاغذ سودا می‌باشد. لازم به ذکر است که میزان درجه روانی اولیه خمیرکاغذ بازیافتی ٤٦٧ میلی‌لیتر بود، لذا جهت رسیدن به درجه روانی ٤٠٠ میلی‌لیتر، خمیرکاغذ بازیافتی به میزان کمی (۲۵۰ دور) پالایش شد.

نتایج دسته‌بندی الیاف خمیرکاغذ پالایش شده کنف با درجه روانی ثابت حدود ٤٠٠ میلی‌لیتر در شکل ۲ نشان داده شد. مقدار زیادی الیاف بلند (R۵۰) و مقدار کمی الیاف متوسط (P۵۰/R۲۰۰) همراه با نرمه‌ها و ریز الیاف (P۲۰۰) در خمیرکاغذ پوست کنف وجود داشت، در حالی که در خمیرکاغذ ساقه کنف مقادیر الیاف بلند و الیاف متوسط به یکدیگر نزدیکتر بودند. اختلاف معنی‌داری بین پراکنش ابعادی الیاف خمیر سودا و کرافت نیز دیده نشد، که علت آن تاثیر ناچیز پخت‌های شیمیایی روی ابعاد الیاف می‌باشد. در رابطه با دسته‌بندی الیاف خمیرکاغذ بازیافتی، میزان اندک ١٧/٥٦ درصد مربوط به الیاف بلند (R۵۰) و مقادیر ٤٥/١٩ و ٣٧/٢٥ درصد به ترتیب در الیاف متوسط (P۵۰/R۲۰۰) و نرمه الیاف (P۲۰۰) به دست آمد.



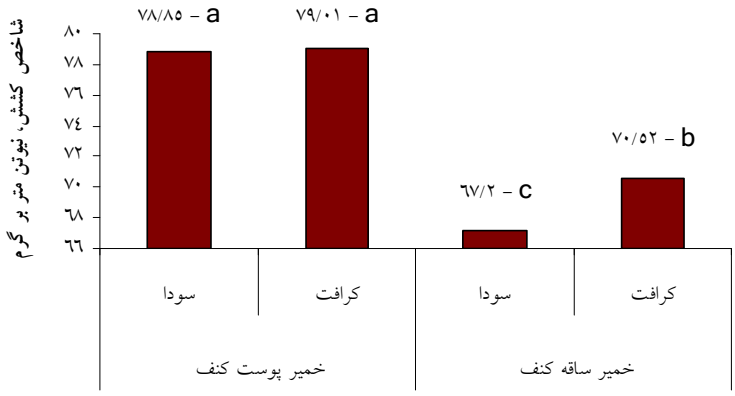
شکل ۱. میزان پالایش خمیرکاغذهای کنف برای رسیدن به درجه روانی ٤٠٠ میلی‌لیتر (حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)



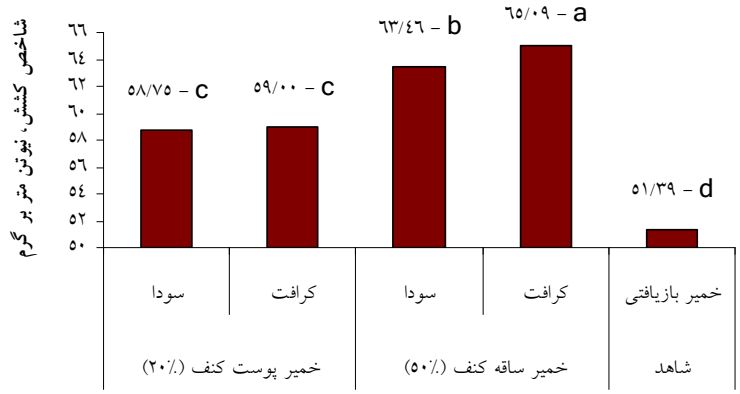
شکل ۲. دسته‌بندی ابعادی الیاف خمیرکاغذهای آزمایشی در سه دسته الیاف بلند، الیاف متوسط و نرمه
(حروف مشابه در هر دسته بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

خمیرکاغذ حاصل از پوست کنف در مقایسه با خمیرکاغذ کل ساقه، شاخص مقاومت به کشش بالاتری داشت (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که خمیرکاغذ کرافت ساقه مقاومت کششی بیشتری نسبت به خمیرکاغذ سودا دارد، اما اختلاف معنی‌داری در رابطه با خمیرکاغذهای حاصل از پوست کنف بین مقاومت کششی خمیرکاغذهای سودا و کرافت وجود نداشت.

نتایج نشان داد که کاغذ ساخته شده از ۱۰۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی در بین خمیرکاغذهای اختلاطی دارای کمترین مقاومت کششی بود (شکل ٤). همچنین کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه کنف با ۵۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی دارای شاخص کششی بیشتری نسبت به اختلاط ۲۰ درصد خمیرکاغذ پوست کنف با ۸۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی می‌باشد.

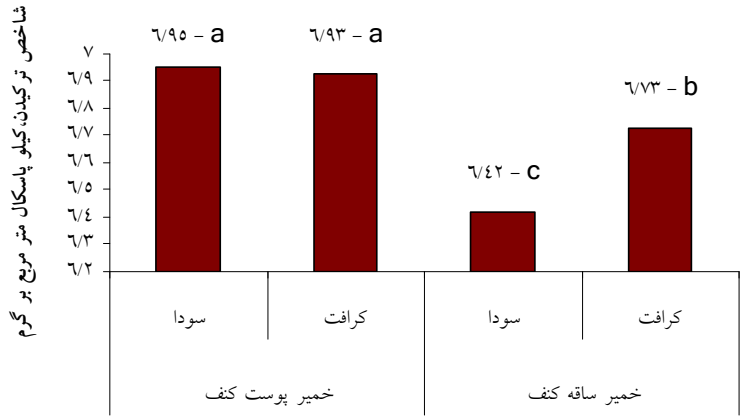


شکل ۳. شاخص کششی کاغذهای حاصل از خمیرکاغذهای آزمایشی (حروف مشابه در هر ستون
نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

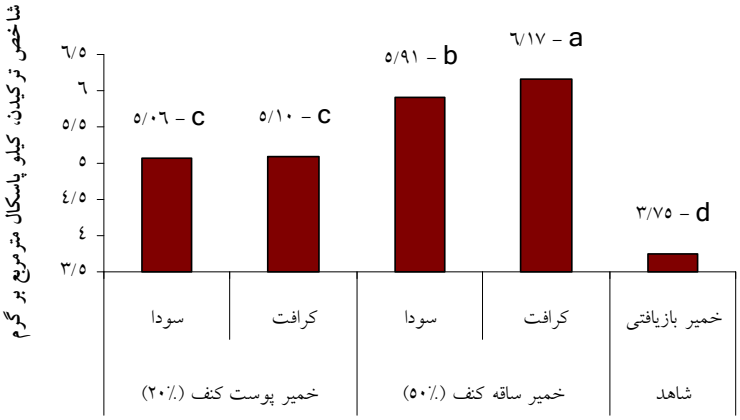


شکل ۴. شاخص کششی کاغذهای حاصل از اختلاط خمیرکاغذهای کنف با خمیرکاغذ بازیافتی (حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

بیشترین شاخص ترکیدن همان‌طور که شکل ۵ نشان داده شده مربوط به کاغذهای ساخته شده از پوست کنف است و اختلاف معنی‌داری بین دو نوع خمیرکاغذ سودا و کرافت پوست وجود ندارد. اما در مورد خمیرکاغذهای ساقه کنف وضعیت به گونه دیگری است و اختلاف معنی‌داری بین شاخص ترکیدن خمیرکاغذ سودا و کرافت وجود دارد. دربین خمیرکاغذهای اختلاطی، کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه با ۵۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی دارای بیشترین شاخص ترکیدن بود و اختلاط خمیرکاغذ ساقه کرافت، مقاومت به ترکیدن بیشتری تولید کرد (شکل ٦).

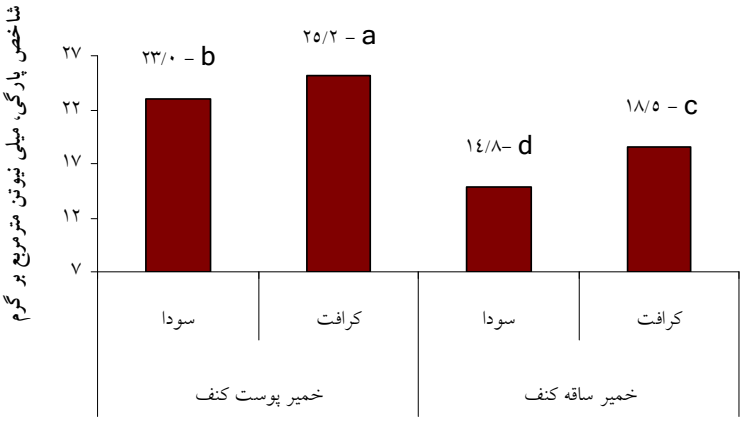


شکل ۵. شاخص ترکیدن کاغذهای حاصل از خمیرکاغذهای کرافت و سودای پوست و ساقه کنف (حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

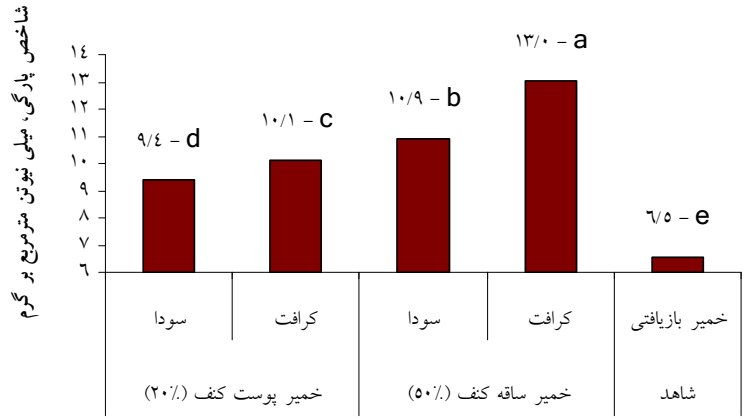


شکل ۶. شاخص ترکیدن کاغذهای حاصل از اختلاط خمیرکاغذهای کنف با خمیرکاغذ بازیافتی (حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

بیشترین شاخص پارگی مربوط به کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ پوست کنف بود (شکل ۷). همچنین در بین خمیرکاغذهای سودا و کرافت پوست، شاخص مقاومت به پارگی خمیرکاغذ کرافت اندکی بیشتر از خمیرکاغذ سودا است. شاخص پارگی خمیرکاغذ ساقه کنف در رتبه پایین‌تری قرار داشته و بین خمیرکاغذهای سودا و کرافت این گروه نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. کمترین میزان شاخص پارگی نیز مربوط به خمیرکاغذ بازیافتی بود (شکل ۸). در بین اختلاط‌های خمیرکاغذ کنف با خمیرکاغذ بازیافتی، کاغذ حاصل از اختلاط ۵۰ درصدی خمیرکاغذ ساقه در مقایسه با اختلاط ۲۰ درصدی خمیرکاغذ پوست از شاخص پارگی بیشتری برخوردار بود.



شکل ۷. شاخص پارگی کاغذهای حاصل از خمیرکاغذهای آزمایشی (حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)



شکل ۸. شاخص پارگی کاغذهای حاصل از اختلاط خمیرکاغذهای کنف با خمیرکاغذ بازیافتی (حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

بحث و نتیجه‌گیری

زمان پخت برای تهیه خمیرکاغذ از پوست کنف در مقایسه با کل ساقه در شرایط یکسان پخت بسیار کمتر است (جدول ۳). یکی از دلایل زمان کمتر پخت برای پوست کنف می‌تواند مقدار لیگنین کمتر موجود در الیاف پوست باشد (جدول ۲). هرچه مقدار لیگنین کمتر باشد، لیگنین‌زدایی سریع‌تر انجام شده و خمیرکاغذ با هیدرولیز مقدار کمتری از لیگنین به عدد کاپای مورد نظر می‌رسد (Ohtani *et al*, 2001). دلیل دیگر درجه کریستالیته بالای سلولز و میزان کم همی‌سلولزها در دیواره الیاف پوست می‌باشد (Han *et al*, 1994). اتصالات لیگنین به سلولز توسط همی‌سلولز و در مناطق بی‌شکل سلولز بوده و این مسئله سبب اتصالات ضعیفتر لیگنین در دیواره سلولزی شده و در نتیجه لیگنین‌زدایی در هنگام پخت سریع‌تر انجام می‌گیرد (Dadswell *et al*, 1958؛ Scaramuzzi & Vecchi, 1968). برخی محققان نیز معتقدند که زمان زیاد پخت کل ساقه کنف در حالت تر به دلیل مواد نامربوط و شیره گیاهی (مواد استخراجی بیشتر) در قسمت مغز کنف و با توجه به عبور ساقه‌های کنف از میان یک پرس فشرده‌ساز برای آنها مفیدتر است (فائزی‌پور و همکاران، ۱۳۸۱). این عمل باعث کاهش مصرف مواد شیمیایی و همچنین کاهش زمان پخت کل ساقه کنف می‌گردد.

همچنین زمان کمتر پخت در فرآیند کرافت در مقایسه با سودا (جدول ۳) به دلیل عمل انتخابی‌تر لیگنین‌زدایی در فرآیند کرافت و در نتیجه نرخ لیگنین‌زدایی بیشتر، به دلیل وجود سولفید سدیم در مایع پخت کرافت می‌باشد (Vroom, 1957). اختلاف زمان پخت در بین فرآیندها برای پخت ساقه بیشتر بوده که دلیل آن به مقدار لیگنین و زمان پخت بیشتر برای لیگنین‌زدایی ساقه کنف بر می‌گردد (Harsnal, 1997؛ Khristova et al, 2001).

به‌علاوه، افزایش بازده در پخت کرافت (جدول ۳) می‌تواند به دلیل افزایش سرعت پخت و نرخ بالای لیگنین‌زدایی به دلیل وجود سولفید سدیم در مایع پخت کرافت باشد. این موضوع باعث عمل انتخابی مایع پخت کرافت برای خروج لیگنین و کاهش هیدرولیز پلی‌ساکاریدها به ویژه همی‌سلولزها طی

لیگنین‌زدایی شده و دستیابی به خمیرکاغذی با بازده بالاتر و عدد کاپای دلخواه در مدت زمان کوتاه‌تری گردد (Vroom, 1957).

علت بازده بیشتر خمیرکاغذ حاصل از پوست کنف نسبت به خمیرکاغذ کل ساقه به میزان زیاد لیگنین در مغز کنف بر می‌گردد (جدول ۲). این موضوع باعث کاهش بازده شده و زمان پخت برای خمیرکاغذسازی از کل ساقه کنف را افزایش می‌دهد (Harsnal, 1997؛ Khristova *et al*, 2001). همچنین میزان مواد استخراجی در ساقه بیشتر از پوست است (جدول ۲)، این مواد نیز در هنگام پخت و غربال‌سازی از خمیرکاغذ جدا شده و باعث کاهش بازده می‌شود (فائزی‌پور و همکاران، ۱۳۸۱).

میزان پالایش خمیرکاغذهای تولید شده از پوست کنف همان‌طورکه در شکل ۱ نشان داده شده بیشتر از خمیرکاغذهای کل ساقه کنف بود. خمیرکاغذ پوست کنف به دلیل سطح ویژه پایین (میانگین بیشتر ابعاد الیاف) و همچنین ترکیبات آب‌دوست کمتر (احتمالاً همی‌سلولز کمتر) به میزان کمتری در آب واکشیده شده و پالایش‌پذیری کمتری داشته و در نتیجه عملیات پالایش برای رسیدن به درجه روانی مناسب کاغذسازی در مدت زمان طولانی‌تر و توسط انرژی بیشتری انجام می‌شود (Lumiainen, 2000). خمیرکاغذ ساقه کنف به دلیل دارا بودن الیاف و سلول‌های آوندی کوتاه مربوط به مغز ساقه کنف (شکل ۲) و ترکیبات آب‌دوست (احتمالاً همی‌سلولز بیشتر) به خوبی در آب واکشیده شده و پالایش‌پذیری بهتری دارند (شکل ۱). خمیرکاغذ کرافت پوست کنف نیازمند میزان پالایش کمتری نسبت به خمیرکاغذ سودا داشت که ممکن است به دلیل بازده بیشتر فرآیند خمیرکاغذسازی کرافت و درنتیجه حفظ بیشتر پلی ساکاریدها در خمیرکاغذ باشد.

در ارتباط با درجه روانی اولیه کم خمیرکاغذ بازیافتی (٤٦٧ میلی‌لیتر) می‌توان چنین گفت که به دلیل اینکه این خمیرکاغذها چندین بار (حداقل یک‌بار) برای ساخت کاغذ پالایش شده‌اند و الیاف موجود در آن کوتاه و فیبریله گردیده‌اند (درصد بالای الیاف متوسط P۵۰/R۲۰۰ و نرمه الیاف P۲۰۰) دارای درجه روانی کمی می‌باشند (Clark *et al*, 1971). برای بهبود جداسازی الیاف موجود در دستجات جدانشده فیبری، بهبود شکل‌گیری و انعطاف الیاف خمیرکاغذ بازیافتی برای ساخت کاغذ (Clark *et al*, 1962) و همچنین رسیدن به درجه روانی ٤۰۰ میلی‌لیتر، خمیرکاغذ بازیافتی به میزان کمی (۲۵۰ دور) پالایش شد.

مقاومت کششی تحت تاثیر دو عامل عمده طول الیاف و میزان اتصال بین الیاف است. الیاف بلند مقاومت ذاتی بالایی دارند و همچنین طول زیاد الیاف باعث افزایش ناحیه اتصال بین دو فیبر می‌گردند. گسیخته شدن کاغذ با افزایش طول الیاف نیز کاهش می‌یابد که دلیل این امر کاهش تعداد الیاف در سطح معینی از کاغذ می‌باشد. میزان اتصال بین الیاف نیز تاثیر مستقیمی بر مقاومت کششی کاغذ دارد، به طوری که همیشه در هنگام گسیختگی کاغذ تحت تاثیر نیروی کششی (به جز آزمون کشش دهانه صفر)، اتصالات بین الیاف از یکدیگر جدا می‌شوند (میرشکرایی، ۱۳۸۲).

شاخص مقاومت به کشش بیشتر خمیرکاغذ حاصل از پوست کنف در مقایسه با خمیرکاغذ کل ساقه به دلیل درصد بیشتر الیاف بلند در خمیرکاغذ پوست می‌باشد (شکل ۲). این خمیرکاغذ تحت تاثیر پالایش به مقدار مناسبی فیبریله شده و در نتیجه دارای اتصالات قوی بین الیاف است (شکل ۳). همچنین مقاومت کششی بیشتر خمیرکاغذ کرافت ساقه نسبت به خمیرکاغذ سودا ممکن است به دلیل مقدار بیشتر پلی‌ساکاریدهای دارای وزن مولکولی کم در

خمیرکاغذ کرافت باشد که سبب پیوندهای هیدروژنی بیشتر در کاغذ تولیدی می‌گردند (میرشکرایی، ۱۳۸۲). اختلاف معنی‌داری بین مقاومت کششی خمیرکاغذهای سودا و کرافت پوست کنف به دلیل زمان پخت کم پوست وجود نداشت.

کاغذ ساخته شده از ۱۰۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی در بین خمیرکاغذهای اختلاطی دارای کمترین مقاومت کششی بود. این مقاومت کم در نتیجه طول کم الیاف بازیافتی و اتصالات ضعیف بین آنها می‌باشد (شکل ٤). الیاف بازیافتی به دلیل اینکه قبلاً تحت تاثیر پالایش بوده و همچنین در قسمت خشک‌کن ماشین کاغذ تحت تاثیر تنش‌های خشک شدن قرار گرفته‌اند، دارای درصد بالایی از الیاف صدمه دیده و کوتاه می‌باشند. میانگین طول الیاف آنها نیز در هنگام تبدیل به خمیرکاغذ و پالایش مجدد باز کاهش می‌یابد. همچنین جایگاه‌های پیوند هیدروژنی آنها در اثر پدیده استخوانی شدن کاهش پیدا می‌کند. بنابراین کاغذ حاصل از چنین خمیرکاغذی علاوه بر میانگین طول کم الیاف، اتصالات بین فیبری کمتری دارد، در نتیجه، مقاومت به کشش پایینی خواهد داشت (میرشکرایی، ۱۳۸۰).

کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه کنف با ۵۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی دارای شاخص کششی بیشتری نسبت به اختلاط ۲۰ درصد خمیرکاغذ پوست کنف با ۸۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی بود (شکل ٤). با توجه به نسبت ۲ به ۳ پوست به مغز در ساقه کنف، خمیرکاغذ اختلاطی در اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه با الیاف بازیافتی دارای ۲۰ درصد الیاف پوست و ۳۰ درصد الیاف مغز کنف بود. تفاوت این خمیرکاغذ (خمیرکاغذ ۵۰ درصد ساقه) با خمیرکاغذ حاصل از اختلاط ۲۰ درصد خمیرکاغذ پوست با ۸۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی، جایگزینی ۳۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی توسط الیاف مغز کنف بود. بنابراین، جایگزینی ۳۰ درصد از خمیرکاغذ بازیافتی توسط خمیرکاغذ حاصل از الیاف مغز کنف، نواحی تشکیل پیوند هیدروژنی را بیشتر کرده و مقاومت کششی بالاتر کاغذها را سبب شده است.

مقاومت به ترکیدن نیز مانند مقاومت کششی تحت تاثیر طول الیاف و چگونگی پیوندهای بین فیبری می‌باشد. بیشترین شاخص ترکیدن مربوط به کاغذهای ساخته شده از پوست کنف است و اختلاف عمده‌ای بین دو نوع خمیرکاغذ سودا و کرافت پوست وجود نداشت (شکل ۵). دلیل این شرایط می‌تواند به کمی اختلاف بین بازده این دو خمیرکاغذ و همچنین پالایش بیشتر خمیرکاغذ سودای پوست برگردد که سبب شده است تا شاخص ترکیدن خمیرکاغذ سودا افزایش یافته و مشابه خمیرکاغذ کرافت شود. اما در مورد خمیرکاغذهای ساقه کنف وضعیت به گونه دیگری است و اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین شاخص ترکیدن خمیرکاغذ سودا و کرافت وجود دارد. خمیرکاغذ کرافت ساقه به دلیل بازده بالاتر دارای زنجیرهای همی‌سلولزی بیشتری است و کاغذهای تولید شده از آن پیوندهای بین فیبری بیشتر و بنابراین شاخص ترکیدن بیشتری دارد.

کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه با ۵۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی دارای بیشترین شاخص ترکیدن بود و اختلاط خمیرکاغذ ساقه کرافت، مقاومت به ترکیدن بیشتری تولید کرد (شکل ٦). این موضوع با توجه به اینکه کاغذ حاصل از ۱۰۰ درصد خمیرکاغذ کرافت ساقه دارای شاخص ترکیدن بیشتری نسبت به خمیرکاغذ سودا بود، قابل توجیه است.

مقاومت کاغذ در برابر پاره‌شدن، بیشتر وابسته به دو عامل اصلی اتصال بین الیاف و مقاومت ذاتی الیاف می‌باشد (میرشکرایی، ۱۳۸۲). بیشترین شاخص پارگی

مربوط به کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ پوست کنف بود (شکل ۷) که دلیل آن مقاومت ذاتی بالای الیاف پوست نسبت به الیاف مغز می‌باشد. خمیرکاغذ پوست در مقایسه با مغز دارای الیافی با قطر کمتر و دیواره ضخیم‌تر هستند (Villar *et al*, 2008). همچنین در بین خمیرکاغذهای سودا و کرافت پوست، شاخص پارگی خمیرکاغذ کرافت اندکی بیشتر از خمیرکاغذ سودا است. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که برای رسیدن به درجه روانی یکسان، پالایش بیشتری بر روی خمیرکاغذ سودا (Lumiainen, 2000) صورت گرفته و بنابراین شاخص پارگی در خمیرکاغذ سودای پوست کمتر شده است.

خمیرکاغذ بازیافتی به دلیل چندین بار پالایش و خشک شدن در بخش خشک‌کن ماشین کاغذ دارای الیاف بسیار صدمه دیده بوده و مقاومت ذاتی الیاف آنها به‌شدت کم است (شکل ۸). بنابراین شاخص پارگی کاغذهای بازیافتی خیلی کم می‌باشد. همچنین الیاف بازیافتی به‌سبب این که چندین مرتبه برای ساخت کاغذ خشک گردیده‌اند، تحت تاثیر پدیده استخوانی شدن قرار گرفته و بخشی از جایگاه‌های پیوند هیدروژنی خود را از دست داده‌اند، که این موضوع نیز باعث کاهش مقاومت به پارگی در کاغذهای بازیافتی می‌شود (میرشکرایی، ۱۳۸۰).

کاغذ حاصل از اختلاط ۵۰ درصدی خمیرکاغذ ساقه در مقایسه با اختلاط ۲۰ درصدی خمیرکاغذ پوست در میان خمیرکاغذهای اختلاطی دارای شاخص پارگی بیشتری بود (شکل ۸). علت این شرایط می‌تواند به این صورت بیان گردد که فقط ۲۰ درصد از خمیرکاغذ بازیافتی توسط الیاف پوست در اختلاط خمیرکاغذ پوست جایگزین شده و ۸۰ درصد باقیمانده خمیرکاغذ بازیافتی است، در حالی که ۵۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی در اختلاط خمیرکاغذ ساقه که حاوی ٤٠ درصد الیاف پوست و ٦٠ درصد الیاف مغز کنف توسط خمیرکاغذ ساقه کنف جایگزین می‌گردد و خمیرکاغذی تولید می‌شود که حاوی ۲۰ درصد الیاف پوست، ۳۰ درصد الیاف مغز و ۵۰ درصد الیاف بازیافتی است. از آنجا که الیاف مغز دارای خواص اتصال‌پذیری بالایی بوده و نسبت به الیاف بازیافتی مقاومت ذاتی بیشتری دارند جایگزینی ۳۰ درصد از الیاف بازیافتی توسط الیاف مغز، کیفیت مقاومتی خمیرکاغذ را افزایش داده و سبب شده است که این اختلاط شاخص پارگی بالاتری داشته باشد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پوست کنف در رابطه با تولید کاغذ از ماده غیرچوبی کنف برای خمیرکاغذسازی نیازمند ماده شیمیایی و زمان پخت کمتری است، اما برای رسیدن به درجه روانی مناسب نیاز به پالایش بیشتری دارد. همچنین کاغذهای ساخته شده از پوست کنف در مقایسه با کاغذهای ساقه دارای خواص مقاومتی بهتری می‌باشند. در رابطه با فرآیند خمیرکاغذسازی می‌توان بیان نمود که فرآیند کرافت نسبت به سودا خمیرکاغذ پالایش‌پذیرتری در زمان پخت کمتر تولید نموده و خصوصیات کاغذ حاصل از خمیرکاغذ کرافت نیز بهتر می‌باشد. اما با توجه به اینکه تفاوت معنی‌داری بین ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذهای سودا و کرافت پوست کنف مشاهده نگردید (بجز مقاومت به پارگی) می‌توان گفت که هر دو فرآیند در تولید خمیرکاغذ از پوست کنف تقریباً نتایج مشابهی خواهند داشت.

با توجه به اینکه هدف از اختلاط خمیرکاغذهای حاصل از کنف با خمیرکاغذ بازیافتی بسته‌بندی بهبود ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای نهایی بود، می‌توان بیان نمود که در تمام اختلاط‌ها ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ اختلاطی افزایش یافت، اما میزان این افزایش متفاوت بود. اختلاط‌های ۵۰ درصدی خمیرکاغذ ساقه با الیاف بازیافتی خواص کاغذ حاصله

را در تمامی موارد در بیشترین مقدار بهبود بخشید. در اختلاط ۵۰ درصدی خمیرکاغذ ساقه موارد دیگری نیز مدنظر بوده که حذف عمل پوست‌کنی کنف و مصرف مغزچوبی کنف از آن جمله هستند. همان‌طور که بیان شد در این اختلاط همانند اختلاط ۲۰ درصدی خمیرکاغذ پوست، میزان ۲۰ درصد از خمیرکاغذ بازیافتی توسط الیاف پوستی موجود در خمیرکاغذ ساقه جایگزین می‌گردد. همچنین ۳۰ درصد دیگر خمیرکاغذ بازیافتی توسط الیاف مغز موجود در خمیرکاغذ ساقه جایگزین می‌شود. بنابراین می‌توان بیان نمود که اگر هدف از تهیه خمیرکاغذ کنف، اختلاط آن با خمیرکاغذ بازیافتی برای بهبود خواص کاغذ حاصله، حذف مرحله پوست‌کنی کنف و همچنین مصرف مغز چوبی موجود در ساقه باشد، بهترین خمیرکاغذ، خمیرکاغذ کرافت ساقه است.

منابع

زینلی، ف. دهقانی، م.ر. و شاخص، ج. (۱۳۸۷) بررسی تاثیر زمان پخت بر ویژگی‌های خمیرکاغذ سودای ساقه کنف. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تأمین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور. گرگان، آذر: ۱۱۳-۱۱۸.

فائزی‌پور، م.، کبورانی، ع. و پارساپژوه، د. (۱۳۸۱) کاغذ و منابع چندسازه از منابع زراعی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ۵۷۳ صفحه.

میرشکرایی، س.ا. (۱۳۸۰) راهنمای بازیافت کاغذهای باطله. انتشارات آییژ. تهران، ۱۴۰ صفحه.

میرشکرایی، س.ا. (۱۳۸۲) تکنولوژی خمیر و کاغذ. انتشارات آییژ. تهران، ۴۹۹ صفحه.

همزه، ی. (۱۳۷۸) بررسی گیاه کنف از نظر خواص آن در تهیه خمیرکاغذ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد صنایع چوبو کاغذ. دانشگاه تهران، ۷۶ صفحه.

Clark, T.F., Nelson, G.H., Nieschlag, H.J. and Wolf, I.A. (1962) A search for new fiber crops, Part V, Pulping studies on kenaf. TAPPI Journal, 45(10): 71-80.

Clark, T.F., Cunningham, R.L. and Wolf, I.A. (1971) A search for new fiber crops, Part XIV, Bund paper containing continuously Pulped kenaf. TAPPI Journal, 54(1): 63-67.

Dadswell, H.E., Wardrop, A.B. and Watson, A.J. (1958) Fundamentals of papermaking fibers. In: . Bolam, F. (Eds.) Technology Section. British Paper and Board Makers Association, London, UK, pp187-219.

Han, J.S. and Rymsza, T.A. (1999) Determination the minimum conditions for soda-AQ pulping of kenaf bast, core, and whole stalk fibers. American Kenaf Society, 1(5): 1-7.

Han, J.S., Kim, W. and Rowell, R.M. (1994) Chmical and physical of kenaf as a function of growth. Proceedings of The International Kenaf Association Cnference. Irving, March: 19-37.

Harsnal, P. (1997) Delignification kinetics of soda pulping of kenaf. Journal of Wood Chemistry and Technology, 16(3): 311-325.

Hart, P.W. and Hsieh, B.N. (1991) Anthraquinone pulping of non-wood species, Non wood plant fibers. Progress Report, 21: 183-191.

Khristova, P., Kordsachia, O., Patt, R., Khider, T. and Karrar, I. (2001) Alkaline pulping with additives of kenaf from Sudan. Industrial Crops and Products, 15: 29-235.

Latifah,J., Ainun, Z.M.A., Rushdan I. and Mahmudin, S, (2009) Restoring Strength to Recycled Fibres by Blending with Kenaf Pulp. Malaysian Journal of Science, 28(1): 79-87.

Lumiainen, J. (2000) Refining of chemical pulp. In: Gullichsen, J. and Paulapuro, H. (Eds.). Papermaking Science and Technology. Gummerus Printing. Jyvaskyla, Finland, pp: 87-121.

Ohtani, Y., Mazumder, B.B. and Sameshima, K. (2001) Influence of the chemical composition of kenaf bast and core on the alkaline pulping response. Journal of Wood Science, 47(1): 30-35.

Scaramuzzi, G. and Vecchi, E. (1968) Characteristics of mechanical pulp from poplar tension wood. Cellulosa Carta, 19(2): 3-12.

Shakhes, J., Dehghani-Firouzabadi, M., Rezayati, P. and Zeinaly, F. (2010) Evaluation of harvesting time effects and cultivars of kenaf on papermaking. Bioresources, 5(2): 1268-1280.

Ververis, C., Georghious, K., Christodoulakis, N. and Santos, R. (2003) Fiber, dimension, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. Industrial Crops and Products, 19(3): 245-254.

Villar, J.C., Revilla, E., Gomez, N., Carbajo, J.M. and Simon, J.L. (2008) Improving the use of kenaf for kraft pulping by using mixtures of bast and core fibers. Industrial Crops and Products, 29(2-3): 301-307.

Vroom, K.E. (1957) The H-factor: the means of expressing cooking times and temperatures as a single variable. Pulp and Paper Magazine of Canada, 58(3): 228-231.

Effect of kenaf bast and whole stalk pulp use in combination with recycled packaging pulp on produced paper properties

Farhad Zeinaly[1*] and Ali Kazemi Tabrizi[2]

1) Department of Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. *Corresponding author Email: farhad.zeinaly@yahoo.com

2) Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Date of Submission: 2014/08/20 Date of Acceptance: 2015/01/21

Abstract

In this study, the effect of soda and kraft pulp of kenaf bast and whole stalk (Cubana cultivar from *Hibiscus cannabinus*) application on the possibility of improving in recycled packaging paper was investigated. Kenaf bast and whole stalk pulping was conducted by both soda and kraft processes. Pulping conditions included of liquor to kenaf chips ratio of 8:1, cooking temperature of 165 °C, active alkali of 28%, sulfidity of 25% and different cooking time to achieve the target kappa number of 25. Results showed that cooking time in the bast pulping was much lower than that in the whole stalk (25 and 35 in kraft and soda processes, respectively). However, the cooking times in the whole stalk pulping, to achieve the kappa number of 25, were 120 and 180 in kraft and soda processes, respectively. Because the bast to core ratio was 40-60, the combination of kenaf Pulps was conducted about 20% with the constant content of kenaf bast fiber. The findings indicated that kenaf bast pulps had the most strength properties in both of soda and kraft processes, but strength properties of soda whole stalk pulp were lower than kraft whole stalk pulp. In these pulp mixtures, the mixture of kraft pulp of kenaf whole stalk with recycled pulp had the most strength properties.

Keywords: kenaf bast, kenaf stalk, recycled pulp, yield, kappa number.