

بررسی اثر استفاده از خمیر کاغذ پوست و کل ساقه کنف در اختلاط با خمیر کاغذ بسته بندی بازیافتی بر ویژگی های کاغذ حاصله

فرهاد زینلی^{۱*} و علی کاظمی تبریزی^۲

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

واژه های کلیدی: پوست کنف، ساقه کنف، خمیر کاغذ بازیافتی، بازده، عدد کاپا.

مقدمه

فرآیندهای خمیر کاغذسازی در مورد سوزنی برگان و پهن برگان برای سالها است که مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و این فرآیندها جهت تولید کاغذهایی با کیفیت بالا و با حداقل قیمت تمام شده بهینه سازی گردیده است. کمبود منابع چوبی محققان را بر آن داشته که الیاف سلولزی غیر چوبی را برای ساخت کاغذ مورد بررسی قرار دهند. گیاه کنف

(*Hibiscus cannabinus*) گیاهی یک ساله می باشد 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 ۶ میلی متر) با ضریب لاغری زیاد

آنتراکینون است.

Khristova و همکاران (۲۰۰۱) در تهیه خمیر کاغذ 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. خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ نسبتاً مناسبی تهیه نمود.

خمیر کاغذ بازیافتی جعبه‌های مقوایی کنگره‌ای (Old Corrugated Containerboard یا OCC) در پژوهشی با خمیر کاغذ دست اول پوست کنف مخلوط شدند. میزان اختلاط از ۰ تا ۱۰۰ درصد با فاصله‌های ۱۰ درصدی بود. همچنین برای مقایسه، از اختلاط خمیر کاغذ OCC با خمیر کاغذ حاصل از نخل روغنی بدون میوه استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ بازیافتی با افزودن خمیر کاغذ پوست کنف به میزان قابل توجهی بهبود یافت. همچنین، در مقایسه با خمیر کاغذ حاصل از نخل روغنی، خمیر کاغذ پوست کنف ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ حاصل پرداختند. رقم‌های مورد بررسی شامل شش رقم نیجر، کوبا، کوبا ۲۰۳۲، ۹۲۷۷، ۷۵۵۱ و ۷۵۶۶ 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

برای کاغذسازی بسیار مناسب می‌باشد. الیاف مغز قسمت بیشتر ساقه را با طولی بین ۰/۶ تا ۰/۸ میلی‌متر به مراتب کمتر از الیاف پوست تشکیل می‌دهد (Ohtani et al, 2001; Ververis et al, 2003).

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 خمیر کاغذسازی آنتراکینون گونه‌های غیرچوبی به این نتیجه رسیدند که الیاف پوست کنف پخته شده به-روش کرافت، سودا/آنتراکینون و کرافت/آنتراکینون، خمیر کاغذهایی با بازده بین ۵۱-۶۰ درصد تولید می‌نمایند و الیاف مغز که با تیمارهای شیمیایی مشابه تولید شدند، بازده‌هایی بین ۴۰-۵۴ درصد دارند. آنها همچنین اعلام نمودند که خمیر کاغذهای سودا و کرافت کنف خصوصیات نسبتاً مشابهی دارند.

Harsnal (۱۹۹۷) ضمن تهیه خمیر کاغذ سودا از کنف در سه دمای ۱۴۰، ۱۵۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، انرژی فعال‌سازی را برای تولید خمیر کاغذ از پوست، مغز و کل ساقه کنف به ترتیب ۶۸، 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 خمیر کاغذهای ساخته شده از ساقه کنف به روش‌های سودا، سودا/آنتراکینون و کرافت در سه سطح قلیایی ۱۶، 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

قلیابیت فعال ۲۸ درصد بر مبنای هیدروکسید سدیم، نسبت به وزن خشک کنف، نسبت مایع پخت به وزن خشک ۸ به ۱، در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و در زمانهای متفاوت برای رسیدن به عدد کاپای حدود ۲۵/۰±۰/۵ انجام گرفت. سپس بازده خمیر کاغذ محاسبه و عدد کاپای خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ پس از گذشت ۲۴ ساعت خیس خوردن کاغذ با استفاده از یک همزن متصل به دریل به شکل سوسپانسیون درآمدند.

خمیر کاغذهای تهیه شده برای رسیدن به درجه روانی مشخص ۴۰۰±۱۰ میلی‌لیتر مطابق استاندارد T248 sp-00 آیین‌نامه تاپی پالایش شدند. سپس خمیر کاغذهای تولید شده با درجه روانی ۴۰۰ میلی‌لیتر مطابق جدول ۱ با هم مخلوط شده و تیمارها بر این اساس به ترتیب اسامی A تا I را گرفتند. میزان اختلاط خمیر کاغذهای پوست و ساقه کنف با خمیر کاغذ 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 ۴۰ به ۶۰ (۳۹/۹ به ۶۰/۱) به دست آمده بود، در اختلاط ۵۰ درصد خمیر کاغذ ساقه کنف با خمیر کاغذ بازیافتی، ۲۰ درصد الیاف پوست و ۳۰ درصد الیاف مغز کنف در ترکیب نهایی خمیر کاغذ اختلاطی وجود داشت.

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

۲۰۳۲ از لحاظ ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ تهیه شده از پوست و ساقه کنف به روش‌های کرافت و سودا، تاثیر استفاده از این خمیر کاغذها در اختلاط با خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذسازی با مارک PTI ساخت کشور اتریش و مجهز به ۶ محفظه ۲/۵ لیتری، حرارت‌سنج دیجیتال از نوع دورانی در روغن گلیسرین بود. خمیر کاغذسازی کرافت و سودا با

اندازه‌گیری شده از آزمون تجزیه واریانس استفاده شده و سپس گروه‌بندی میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد صورت پذیرفت.

اندازه‌گیری شد. تعداد تکرار برای هر یک از آزمون‌ها ۴ بار بود. به منظور تجزیه و تحلیل ویژگی‌های

جدول ۱. درصد اختلاط خمیر کاغذ در تیمارهای آزمایشی

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

*حروف A تا I نمادهای هر یک از تیمارهای اختلاطی خمیر کاغذها می‌باشد.

نتایج

پخت برای تهیه خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ، کمتر بود. بازده پخت‌های کرافت نیز در هر دو مورد پوست و ساقه کنف بیشتر از پخت‌های سودا بود. بازده خمیر کاغذ حاصل از پوست کنف نیز به مقدار قابل معنی‌داری بیشتر از خمیر کاغذ کل ساقه کنف است. همچنین درجه روانی اولیه خمیر کاغذ حاصل از پوست بیشتر از خمیر کاغذ ساقه کنف می‌باشد.

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 خمیر کاغذسازی به روش سودا و کرافت با زمانهای مختلف پخت جهت تولید خمیر کاغذی با عدد کاپای 25 ± 0.5 نشان داد که زمان

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

مواد استخراجی (درصد)	سلولز (درصد)	لیگنین (درصد)	خاکستر (درصد)	
۷/۹۸ ^c	۵۴/۷۷ ^a	۱۱/۸۶ ^c	۶/۱۲ ^a	پوست
۹/۷۶ ^a	۳۵/۹۵ ^c	۲۲/۳۲ ^a	۴/۰۸ ^c	مغز
۹/۰۵ ^b	۴۳/۴۸ ^b	۱۸/۱۴ ^b	۴/۹۰ ^b	ساقه

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

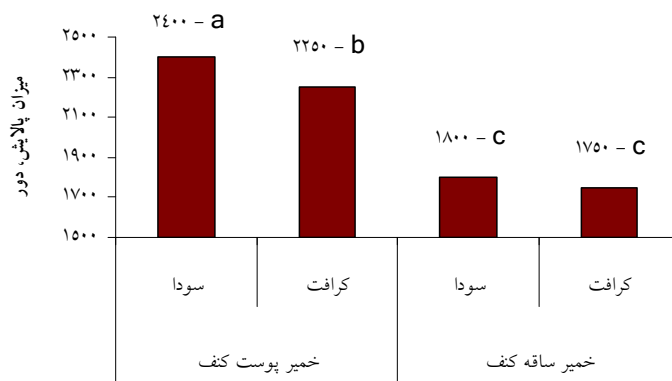
جدول ۳. تاثیر نوع پخت و ماده اولیه بر روی زمان پخت و بازده خمیر کاغذ

نوع ماده اولیه	زمان پخت (دقیقه)	بازده (درصد)	عدد کاپا	درجه روانی اولیه (میلی لیتر)
پوست	۳۵	۵۴/۱	۲۴/۷	۶۷۱ ^a
ساقه	۱۸۰	۴۱/۲	۲۵/۱	۶۳۸ ^b
پوست	۲۵	۵۵/۰	۲۴/۸	۶۶۲ ^a
ساقه	۱۲۰	۴۸/۲	۲۵/۵	۶۲۰ ^c

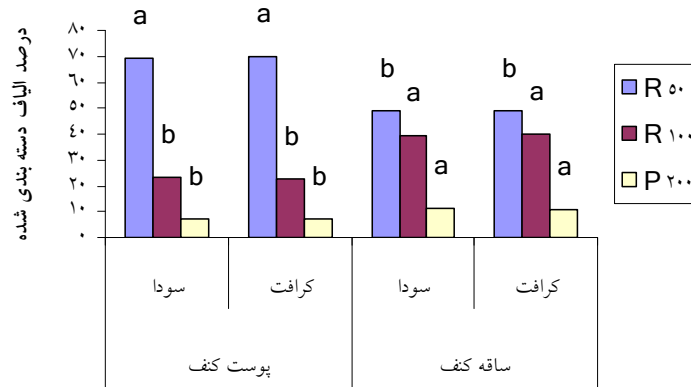
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است.

نتایج دسته‌بندی الیاف خمیر کاغذ پالایش شده کنف با درجه روانی ثابت حدود ۴۰۰ میلی لیتر 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 خمیر کاغذ پوست کنف وجود داشت، در حالی که در خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ بازیافتی، میزان اندک ۱۷/۵۶ درصد مربوط به الیاف بلند (R۵۰) و مقادیر ۴۵/۱۹ و ۳۷/۲۵ درصد به ترتیب در الیاف متوسط (P۵۰/R۲۰۰) و نرمه الیاف (P۲۰۰) به دست آمد.

مقادیر پالایش خمیر کاغذهای تولید شده از فرآیندهای متفاوت، در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان پالایش برای رسیدن به درجه روانی مشخص ۴۰۰ میلی لیتر برای خمیر کاغذهای تولید شده از پوست کنف به میزان قابل توجهی بیشتر از خمیر کاغذهای کل ساقه کنف بود. میزان پالایش نیز برای خمیر کاغذهای کرافت و سودای ساقه کنف تقریباً برابر بود، اما میزان پالایش برای خمیر کاغذ کرافت و سودای پوست کنف دارای اختلاف قابل ملاحظه‌ای بوده و خمیر کاغذ کرافت نیازمند میزان پالایش کمتری نسبت به خمیر کاغذ سودا می‌باشد. لازم به ذکر است که میزان درجه روانی اولیه خمیر کاغذ بازیافتی ۴۶۷ میلی لیتر بود، لذا جهت رسیدن به درجه روانی ۴۰۰ میلی لیتر، خمیر کاغذ بازیافتی به میزان کمی (۲۵۰ دور) پالایش شد.



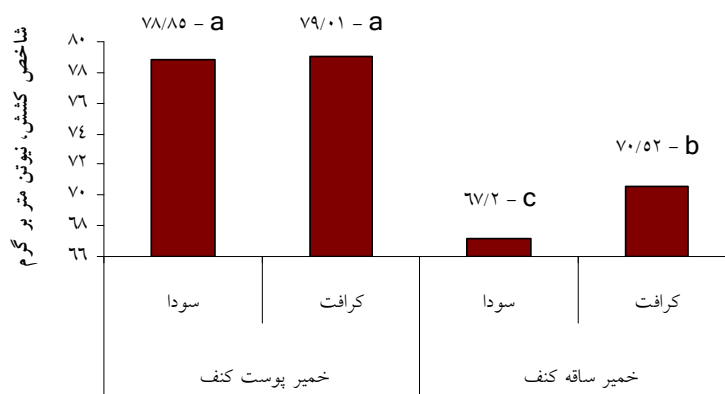
شکل ۱. میزان پالایش خمیر کاغذهای کنف برای رسیدن به درجه روانی ۴۰۰ میلی لیتر (حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)



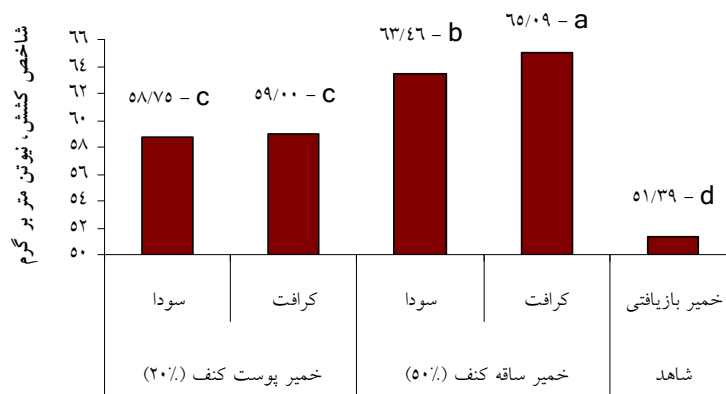
شکل ۲. دسته‌بندی ابعادی الیاف خمیرکاغذهای آزمایشی در سه دسته الیاف بلند، الیاف متوسط و نرمه (حروف مشابه در هر دسته بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

نتایج نشان داد که کاغذ ساخته شده از ۱۰۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی در بین خمیرکاغذهای اختلاطی دارای کمترین مقاومت کششی بود (شکل ۴). همچنین کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیرکاغذ ساقه کف با ۵۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی دارای شاخص کششی بیشتری نسبت به اختلاط ۲۰ درصد خمیرکاغذ پوست کف با ۸۰ درصد خمیرکاغذ بازیافتی می‌باشد.

خمیرکاغذ حاصل از پوست کف 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 کف بین مقاومت کششی خمیرکاغذهای سودا و کرافت وجود نداشت.



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)



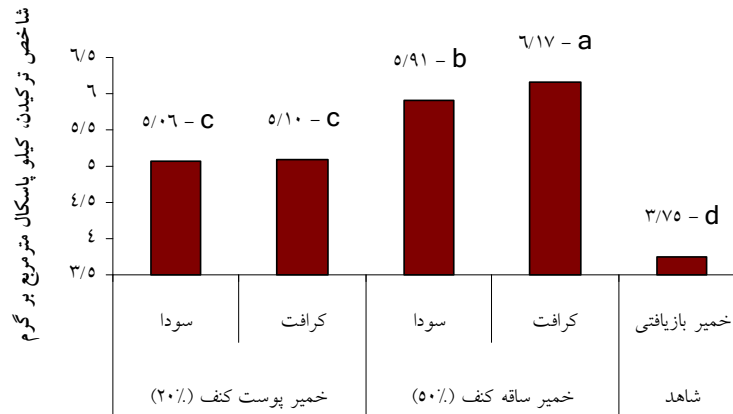
شکل ۴. شاخص کشتی کاغذهای حاصل از اختلاط خمیر کاغذهای کنف با خمیر کاغذ بازیافتی (حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

ترکیدن خمیر کاغذ سودا و کرافت وجود دارد. در بین خمیر کاغذهای اختلاطی، کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیر کاغذ ساقه با ۵۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی دارای بیشترین شاخص ترکیدن بود و اختلاط خمیر کاغذ ساقه کرافت، مقاومت به ترکیدن بیشتری تولید کرد (شکل ۶).

بیشترین شاخص ترکیدن همان طور که شکل ۵ نشان داده شده مربوط به کاغذهای ساخته شده از پوست کنف است و اختلاف معنی داری بین دو نوع خمیر کاغذ سودا و کرافت پوست وجود ندارد. اما در مورد خمیر کاغذهای ساقه کنف وضعیت به گونه دیگری است و اختلاف معنی داری بین شاخص



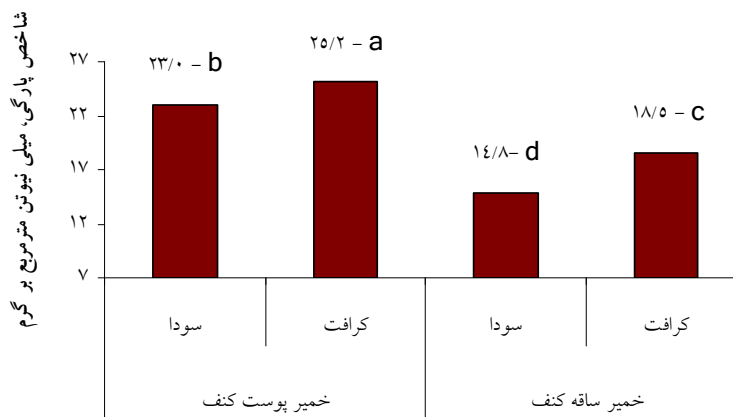
شکل ۵. شاخص ترکیدن کاغذهای حاصل از خمیر کاغذهای کرافت و سودای پوست و ساقه کنف (حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)



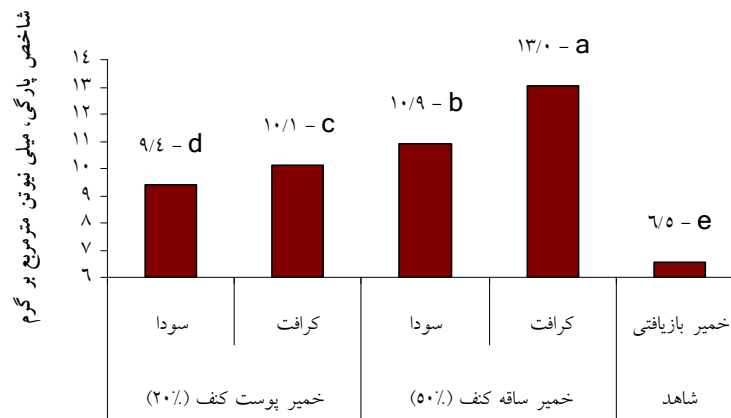
شکل ۶. شاخص ترکیب کاغذهای حاصل از اختلاط خمیر کاغذهای کف با خمیر کاغذ بازیافتی (حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)

اختلاف معنی داری وجود دارد. کمترین میزان شاخص پارگی نیز مربوط به خمیر کاغذ بازیافتی بود (شکل ۸). در بین اختلاطهای خمیر کاغذ کف با خمیر کاغذ بازیافتی، کاغذ حاصل از اختلاط ۵۰ درصدی خمیر کاغذ ساقه در مقایسه با اختلاط ۲۰ درصدی خمیر کاغذ پوست از شاخص پارگی بیشتری برخوردار بود.

بیشترین شاخص پارگی مربوط به کاغذهای ساخته شده از خمیر کاغذ پوست کف بود (شکل ۷). همچنین در بین خمیر کاغذهای سودا و کرافت پوست، شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذ کرافت اندکی بیشتر از خمیر کاغذ سودا است. شاخص پارگی خمیر کاغذ ساقه کف در رتبه پایین تری قرار داشته و بین خمیر کاغذهای سودا و کرافت این گروه نیز



شکل ۷. شاخص پارگی کاغذهای حاصل از خمیر کاغذهای آزمایشی (حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۱ درصد است)



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

بحث و نتیجه گیری

عبور ساقه‌های کنف از میان یک پرس فشرده‌ساز برای آنها مفیدتر است (فائزی پور 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 همی سلولزها طی

زمان پخت برای تهیه خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ با هیدرولیز مقدار کمتری از لیگنین به عدد کاپای مورد نظر می‌رسد (Ohtani et al, 2001). دلیل دیگر درجه کریستالیت به بالای سلولز و میزان کم همی سلولزها در دیواره الیاف پوست می‌باشد (Han et al, 1994). اتصالات لیگنین به سلولز توسط همی سلولز 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

لیگنین زدایی 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 همی سلولز 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 (Lumaiainen, 2000). خمیرکاغذ ساقه کنف به دلیل دارا بودن الیاف و سلول‌های آوندی کوتاه مربوط به مغز ساقه کنف (شکل ۲) و ترکیبات آب‌دوست (احتمالاً همی سلولز 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 در نتیجه حفظ بیشتر پلی ساکاریدها در خمیرکاغذ باشد.

در ارتباط با درجه روانی اولیه کم خمیرکاغذ

بازیافتی (۴۶۷ 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 ۴۰۰ 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 (میرشکرایبی، 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

توسط الیاف مغز کنف بود. بنابراین، جایگزینی ۳۰ درصد از خمیر کاغذ بازیافتی توسط خمیر کاغذ 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 می باشد. بیشترین شاخص ترکیدن مربوط به کاغذهای ساخته شده از پوست کنف است و اختلاف عمده‌ای بین دو نوع خمیر کاغذ سودا و کرافت پوست وجود نداشت (شکل ۵). دلیل این شرایط می تواند به کمی اختلاف بین بازده این دو خمیر کاغذ و همچنین پالایش بیشتر خمیر کاغذ سودای پوست برگردد که سبب شده است تا شاخص ترکیدن خمیر کاغذ سودا افزایش یافته و مشابه خمیر کاغذ کرافت شود. اما در مورد خمیر کاغذهای ساقه کنف وضعیت به گونه دیگری است و اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین شاخص ترکیدن خمیر کاغذ سودا و کرافت وجود دارد. خمیر کاغذ کرافت ساقه به دلیل بازده بالاتر دارای زنجیرهای همی سلولزی بیشتری است و کاغذهای تولید شده از آن پیوندهای بین فیبری بیشتر و بنابراین شاخص ترکیدن بیشتری دارد.

کاغذهای حاصل از اختلاط ۵۰ درصد خمیر کاغذ ساقه با ۵۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی دارای بیشترین شاخص ترکیدن بود و اختلاط خمیر کاغذ ساقه کرافت، مقاومت به ترکیدن بیشتری تولید کرد (شکل ۶). این موضوع با توجه به اینکه کاغذ حاصل از ۱۰۰ درصد خمیر کاغذ کرافت ساقه دارای شاخص ترکیدن بیشتری نسبت به خمیر کاغذ سودا بود، قابل توجه است.

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

خمیر کاغذ کرافت باشد که سبب پیوندهای هیدروژنی بیشتر در کاغذ تولیدی می گردند (میرشکرایی، ۱۳۸۲). اختلاف معنی داری بین مقاومت کششی خمیر کاغذهای سودا و کرافت پوست کنف به دلیل زمان پخت کم پوست وجود نداشت.

کاغذ ساخته شده از ۱۰۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی در بین خمیر کاغذهای اختلاطی دارای کمترین مقاومت کششی بود. این مقاومت کم در نتیجه طول کم الیاف بازیافتی و اتصالات ضعیف بین آنها می باشد (شکل ۴). الیاف بازیافتی به دلیل اینکه قبلاً تحت تاثیر پالایش بوده و همچنین در قسمت خشک کن ماشین کاغذ تحت تاثیر تنش های خشک شدن قرار گرفته اند، دارای درصد بالایی از الیاف صدمه دیده و کوتاه می باشند. میانگین طول الیاف آنها نیز در هنگام تبدیل به خمیر کاغذ و پالایش مجدد باز کاهش می یابد. همچنین جایگاه های پیوند هیدروژنی آنها در اثر پدیده استخوانی شدن کاهش پیدا می کند. بنابراین کاغذ حاصل از چنین خمیر کاغذی 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 خمیر کاغذ ساقه کنف با ۵۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی دارای شاخص کششی بیشتری نسبت به اختلاط ۲۰ درصد خمیر کاغذ پوست کنف با ۸۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی بود (شکل ۴). با توجه به نسبت ۲ به ۳ پوست به مغز در ساقه کنف، خمیر کاغذ اختلاطی در اختلاط ۵۰ درصد خمیر کاغذ ساقه با الیاف بازیافتی دارای ۲۰ درصد الیاف پوست و ۳۰ درصد الیاف مغز کنف بود. تفاوت این خمیر کاغذ (خمیر کاغذ ۵۰ درصد ساقه) با خمیر کاغذ حاصل از اختلاط ۲۰ درصد خمیر کاغذ پوست با ۸۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی، جایگزینی ۳۰ درصد خمیر کاغذ بازیافتی

مربوط به کاغذهای ساخته شده از خمیرکاغذ پوست کنف بود (شکل ۷) که دلیل آن مقاومت ذاتی بالای الیاف پوست نسبت به الیاف مغز می باشد. خمیرکاغذ پوست در مقایسه با مغز دارای الیافی با قطر کمتر و دیواره ضخیم تر 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 می تواند 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 خشک کن ماشین کاغذ دارای الیاف بسیار صدمه دیده بوده و مقاومت ذاتی الیاف آنها به شدت کم است (شکل ۸). بنابراین شاخص پارگی کاغذهای بازیافتی خیلی کم می باشد. همچنین الیاف بازیافتی به سبب این که چندین مرتبه برای ساخت کاغذ خشک گردیده اند، تحت تاثیر پدیده استخوانی شدن قرار گرفته و بخشی از جایگاه های پیوند هیدروژنی خود را از دست داده اند، که این موضوع نیز باعث کاهش مقاومت به پارگی در کاغذهای بازیافتی می شود (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 می تواند 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 ۴۰ درصد الیاف پوست و ۶۰ درصد الیاف

مغز کنف توسط خمیرکاغذ ساقه کنف جایگزین می - گردد و خمیرکاغذی تولید می شود که حاوی ۲۰ درصد الیاف پوست، ۳۰ درصد الیاف مغز و ۵۰ درصد الیاف بازیافتی است. از آنجا که الیاف مغز دارای خواص اتصال پذیری 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 می - باشند. در رابطه با فرآیند خمیرکاغذسازی می توان بیان نمود که فرآیند کرافت نسبت به سودا خمیرکاغذ پالایش پذیرتری در زمان پخت کمتر تولید نموده و خصوصیات کاغذ حاصل از خمیرکاغذ کرافت نیز بهتر می باشد. اما با توجه به اینکه تفاوت معنی داری بین ویژگی های مقاومتی خمیرکاغذهای سودا و کرافت پوست کنف مشاهده نگردید (بجز مقاومت به پارگی) می توان 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 بسته بندی بهبود ویژگی های مقاومتی کاغذهای نهایی بود، می توان بیان نمود که در تمام اختلاط ها ویژگی های مقاومتی خمیرکاغذ اختلاطی افزایش یافت، اما میزان این افزایش متفاوت بود. اختلاط های ۵۰ درصدی خمیرکاغذ ساقه با الیاف بازیافتی خواص کاغذ حاصله

- 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. Jyväskylä, 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.

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

منابع

- زینلی، ف. دهقانی، م.ر. و شاخص، ج. (۱۳۸۷) بررسی تاثیر زمان پخت بر ویژگی های خمیر کاغذ سودای ساقه کنف. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تأمین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور. گرگان، آذر: ۱۱۳-۱۱۸.
- فائزی پور، م.، کبورانی، ع. و پارسا پزوه، د. (۱۳۸۱) کاغذ و منابع چندسازه از منابع زراعی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ۵۷۳ صفحه.
- میرشکرایی، س.ا. (۱۳۸۰) راهنمای بازیافت کاغذهای باطله. انتشارات آبیژ. تهران، ۱۴۰ صفحه.
- میرشکرایی، س.ا. (۱۳۸۲) تکنولوژی خمیر و کاغذ. انتشارات آبیژ. تهران، ۴۹۹ صفحه.
- همزه، ی. (۱۳۷۸) بررسی گیاه کنف از نظر خواص آن در تهیه خمیر کاغذ. پایان نامه کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ. دانشگاه تهران، ۷۶ صفحه.
- Clark, T.F., Nelson, G.H., Nieschlag, H.J. and Wolf, I.A. (1962) A search for new fiber

- Ververis, C., Georghios, 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 Tabrizi²

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.

