

بررسی گیاه کنف در تهیه خمیر کاغذ^(۱)

مهدی فائزی پور^(۲) یحیی همزه^(۳) سید احمد میرشکرانی^(۴)

چکیده

در این تحقیق خصوصیات آناتومیکی، فیزیکی و شیمیایی پوست و مغز کنف و همچنین ویژگی‌های خمیر حاصل از پوست چوب و ساقه کامل کنف، طی فرآیندهای سودا، سودا-انتراکینون و کرافت در سه قلیائیت فعال ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که مغز گیاه کنف با توجه به ویژگیهای ذاتی، به تنهایی برای تهیه خمیر مناسب نیست ولی به دلیل جرم ویژه بسیار کم، می‌تواند در سایر صنایع، بویژه تخته‌های اکوستیک به کار رود. پوست ساقه کنف به دلیل داشتن مقدار زیادی سلولز (۵۴ درصد) و الیاف بلند (۲/۴ میلیمتر) و مقدار کم مواد استخراجی و لیگنین (۱۴ درصد) برای کاغذسازی بسیار مناسب است. نتایج خمیرسازی نشان می‌دهد که بهترین روش تهیه خمیر از کنف، فرآیند سودا-انتراکینون در قلیائیت ۱۸ درصد است. در این شرایط بازده خمیر حدود ۰/۵ درصد بیشتر از فرآیند کرافت و ۱/۲ درصد بیشتر از فرآیند سودا است. از نظر درجه روانی، خمیر سودا - انتراکینون، درجه روانی کمتری از خمیر سودا دارد. اما این اختلاف ناچیز است زیرا عامل اصلی در مقدار درجه روانی نوع ماده اولیه است و کمتر به نوع فرآیند بستگی دارد. همچنین بررسی مقاومت کاغذهای دست ساز نشان می‌دهد که مقاومت‌های کاغذ حاصل از خمیر کرافت پوست در حد مقاومت‌های کاغذ حاصل از خمیر کرافت سوزنی برگان است و فقط مقاومت به پارگی آنها کمی پائین است. مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از خمیر کرافت چوب ساقه کنف، بیشتر از مقاومت به ترکیدن خمیر کرافت پهن برگان است و در سایر مقاومت‌ها تقریباً قابل مقایسه‌اند. مقاومت کاغذهای حاصل از ساقه کامل نسبت به کاغذهای حاصل از مغز کنف، بهبود زیادی یافته است بطوریکه مقاومت به ترکیدن، پارگی، تاشدگی و کشش به ترتیب ۹۰، ۱۳۰، ۲۷ و ۱۸ درصد افزایش نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پوست، چوب، ساقه کامل کنف، کرافت، سودا، سودا-انتراکینون، قلیائیت

فعال، عدد کاپا، درجه روانی

۱- این تحقیق با استفاده از اعتبارات مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران در قالب طرحهای مصوب انجام شده است.

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ

۴- استادیار دانشگاه پیام نور

مقدمه

شده در مورد کنف، به عنوان یکی از منابع لیگنوسلولزی نشان می‌دهد که این گیاه در اکثر مناطق ایران قابل کشت است (شکل ۱). بطوریکه در صورت نیاز می‌توان مقدار زیادی از منابع ماده خام را در اغلب نقاط ایران تأمین کرد (۳).

علاوه بر خصوصیات گیاهی و بوم‌شناختی، بررسی‌های اقتصادی نیز نشان می‌دهد که گیاه کنف برای کاغذسازی بسیار مناسب است. در این مورد کالدور^(۱) (۱۹۹۰) مطالعاتی انجام داده است. در مطالعه وی خصوصیات گیاه کنف بعنوان یکی از منابع لیگنوسلولزی با کاج جنوبی مقایسه شده است. خلاصه این بررسی در جدول ۱ آمده است (۶).

طی این بررسی مشخص شده است که قیمت تمام شده ماده خام برای تولید هر تن خمیر کاغذ از کنف ۴۰-۲۰ درصد کمتر از کاج جنوبی است.

گسترش، تولید و مصرف کاغذ و فرآورده‌های آن از یک طرف، و ضرورت استفاده از منابع لیگنوسلولزی از طرف دیگر، انجام تحقیقات گسترده در زمینه روش‌های تولید کاغذ و فرآورده‌های آن و استفاده از منابع مختلف لیگنوسلولزی را اجتناب ناپذیر کرده است. در این راستا، کشورهای که معمولاً از جنگلهای تجاری وسیع و مواد اولیه چوبی نسبتاً مناسب و فراوان برخوردار نیستند، تلاش خود را در راستای استفاده از منابع غیرچوبی متمرکز کرده‌اند. اگرچه این منابع سهم اندکی از تولید جهانی کاغذ را به خود اختصاص داده‌اند، نرخ رشد مصرف این مواد به میزان ۶ درصد در مقابل نرخ رشد مصرف ۲ درصد از منابع چوبی در امر خمیرکاغذسازی، نشان دهنده علاقمندی به استفاده از این منابع است.

فراوانی و در دسترس بودن یکی از عوامل مهم در استفاده عملی از منابع خام در صنایع مختلف است. بررسی‌های انجام

جدول ۱- مقایسه ویژگیهای کنف و کاج جنوبی جهت تهیه خمیر شیمیایی

کنف	کاج جنوبی	نوع الیاف	خصوصیات
۵-۶ (ماه)	۱۵-۲۰ (سال)		دوره رویش
۱۵ (تن در هکتار در سال)	۷/۵ (تن در هکتار در سال)		متوسط بازده ماده خشک لیگنوسلولزی
۴۶٪	۴۳٪		بازده خمیر کاغذ رنگبری شده
۶/۹ تن	۳/۲۲۵ تن		میزان تولید خمیر کاغذ در هر هکتار در هر سال
۱۰۰-۱۲۰ (دلار)	۱۲۰-۱۸۰ (دلار)		قیمت تمام شده ماده لیگنوسلولزی برای هر تن خمیرکاغذ



شکل ۱- مناطق مساعد برای کشت کنف در ایران

از دیگر مزایای خمیرسازی از کنف، مصرف بسیار پائین انرژی در مرحله پالایش است، بطوری که خمیرهای حاصل از کنف، در مقایسه با سوزنی برگان و پهن برگان برای رسیدن به درجه روانی یکسان، به انرژی پالایش بسیار کمتر نیاز دارند و اصولاً خمیرهای حاصل از کنف برای بهبود خواص مقاومتی به پالایش کمتری نیاز دارند (۱۰). مجموع این خواص باعث شده است که خمیرسازی از کنف به دلیل خمیرسازی ساده‌تر و سریع‌تر، مصرف کمتر مواد شیمیایی در مرحله سفیدسازی و خمیرسازی به دلیل کوتاه بودن سیکل پخت، کم بودن مراحل سفیدسازی، نیاز به پالایش کمتر، پائین بودن انرژی در مرحله خمیرسازی و در نهایت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، بسیار مقرون به صرفه گردد و مورد توجه خاص قرار گیرد (۱۲). از طرف دیگر خصوصیات زراعی، آناتومیکی، شیمیایی و فیزیکی مناسب کنف نشان می‌دهند که از این گیاه می‌توان با اکثر فرآیندهای شیمیایی و مکانیکی تلفیقی خمیر تهیه کرد.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که گیاه کنف برای جبران کمبود چوب و جانیشینی آن در صنایع کاغذسازی، از تمامی گیاهان زراعی مناسب‌تر است. این امر عمدتاً به دلیل خصوصیات زراعی مناسب و عملکرد بالا از نظر تولید ماده خشک لیگنوسلولزی در واحد سطح (۱۲ تا ۱۵ تن ماده خشک در هکتار در سال) می‌باشد (۱۲). کشت کنف از دیرباز در ایران معمول بوده و به علت قابلیت سازگاری بالا، می‌توان آن را در بسیاری از مناطق ایران کشت داد و سالانه مقدار زیادی ماده خام موردنیاز صنایع کاغذسازی را بدست آورد. به علاوه در راستای استفاده از این گیاه ارزشمند در صنایع کاغذسازی، لازم است خصوصیات کاربردی و پایه‌ای آن جهت بهره‌گیری اصولی تعیین گردد. بدین منظور، در این تحقیق، علاوه بر ارزیابی ویژگیهای آناتومیکی، شیمیایی و فیزیکی گیاه کنف، خصوصیات خمیرکاغذ آن نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روشها

کنف مورد نیاز این تحقیق از ایستگاه تحقیقات موسسه اصلاح بذر ورامین تهیه شد. پس از قطع تصادفی گیاهان و انتقال آنها به آزمایشگاه نمونه‌های لازم جهت آزمونهای

مطالعه دیگری که در استرالیا انجام شده نشان می‌دهد که قیمت تمام شده ماده خام برای هر تن خمیر کاغذ سوزنی برگان، پهن برگان و کنف به ترتیب ۲۲۰، ۱۶۰ و ۱۳۰ دلار است. براین اساس قیمت تمام شده ماده خام لیگنوسلولزی برای تولید هر تن خمیر حاصل از کنف به ترتیب ۱۱۰ و ۶۰ درصد کمتر از قیمت تمام شده مواد خام حاصل از سوزنی برگان و پهن برگان است (۹).

طی مطالعه دیگری، ترکیبات شیمیایی کنف، افرا و نوئل در دو منطقه فلوریدا و ایلی نویز مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که اثر منطقه جغرافیایی بر روی مقدار هر یک از ترکیبات شیمیایی معنی‌دار است و به طور کلی، مشخص شده است که مقدار لیگنین کنف خیلی کمتر از لیگنین سوزنی برگان (۲۸ درصد) و پهن برگان (۲۳ درصد) است (۸).

یکی از مشکلات موجود در زمینه تهیه خمیر از کنف، مقدار زیاد سیلیس آن مطرح شده است (۱۱). در این زمینه طی مطالعات انجام شده، عنوان شده است که با شستشوی چپس‌ها قبل از خمیرسازی، مقدار سیلیس کاهش زیادی خواهد داشت و این مشکل تا حد زیادی رفع خواهد شد (۱۲).

از عوامل بسیار مهم و خصوصیات ویژه مواد خام لیگنوسلولزی برای تهیه خمیر و کاغذسازی، طول الیاف آن است. در مورد کنف مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که با افزایش طول عمر گیاه، طول الیاف افزایش می‌یابد و قطر الیاف و ضخامت دیواره سلولی آنها کاهش می‌یابد (۱۲). همچنین مشاهده شده است که اثر سال رویش، منطقه جغرافیایی و موقعیت نمونه در طول ساقه گیاه بسیار معنی‌دار است به طوری که طول الیاف موجود در ارتفاع میانی (حدود ۱/۷ متری) بیشتر از الیاف موجود در بخشهای پائینی است ولی با الیاف موجود در بخشهای بالائی اختلاف معنی‌داری ندارد (۱۲). کم بودن مواد استخراجی و لیگنین کنف، از نظر مصرف مواد شیمیایی بسیار حائز اهمیت است به طوری که مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که از گیاه کنف به روش سودا با غلظت ۱۰ درصد سودسوزآور، می‌توان خمیرهای قابل سفیدسازی تهیه کرد و آنرا طی سه مرحله سفیدسازی به سفیدی ۸۵-۸۰ درصد رسانید (۷).

شد. خمیرها از سه نوع ماده اولیه شامل پوست، چوب و ساقه کامل کنف، تحت سه فرآیند خمیرسازی سودا، سودا-انتراکینون و کرافت در سه سطح کلیائیت فعال ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد تهیه شدند.

دمای بیشینه پخت و زمان پخت، به ترتیب ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و ۲ ساعت در نظر گرفته شدند. نسبت مایع پخت به مواد خام ۸ به ۱ و در هر سیلندر ۱۰۰ گرم ماده خام بر مبنای وزن خشک به خمیر تبدیل شد. سپس خواص خمیرها شامل بازده، عدد کاپا، درجه روانی و براقیت خمیرها اندازه‌گیری شد.

جهت تعیین خواص مقاومتی کاغذ از خمیرهای مختلف، ابتدا خمیرهایی که عدد کاپای آنها در محدوده ۵۱-۴۵ بود، تا درجه روانی ۳۰۰ میلی لیتر کاندائیتی پالایش شدند. سپس کاغذهای دست ساز استاندارد تهیه شدند و خواص آنها شامل مقاومت به ۸۸-OM-۴۱۴ پارگی، ترکیدگی، تاخوردگی، مقاومت کششی و حجمی ویژه (Bulky) آنها براساس استانداردهای آئین‌نامه TAPPI شماره‌های ۸۹-OM-۴۲۲، ۷۴T ۲۲۱-OF ۸۸-OM-۴۱۴، ۸۰-OM-۳۲۰، ۹۱-OM-۲۴۰ مورد ارزیابی قرار گرفت.

به منظور مقایسه خواص ذاتی پوست و چوب از آزمون ۲ استفاده شد و برای مقایسه خصوصیات خمیرها طرح فاکتوریل سه عامله در قالب طرح کامل تصادفی به اجرا گذاشته شد. سه عامل عبارتند از: نوع ماده اولیه در سه نوع پوست، چوب و ساقه کامل کنف. نوع فرآیند در سه نوع سودا، سودا-انتراکینون و کرافت و کلیائیت فعال در سه سطح ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد. بعد از تشکیل جدول تجزیه واریانس با توجه به معنی‌دار بودن فاکتورهای مستقل و متقابل، گروه‌بندی آنها با آزمون دانکن صورت گرفت.

فیزیکی، شیمیایی و آناتومیکی و تعیین درصد پوست و مغز و همچنین خمیرسازی تهیه شد. تهیه قطعات آزمونی بدین ترتیب بود که برای حذف اثر ارتفاع، دیسک‌هایی به طول ۱۰ سانتی‌متر در سه ارتفاع ۱۰، ۸۰ و ۱۵۰ سانتی‌متری ساقه جدا شدند و هر دیسک به ۴ قطعه مساوی تبدیل شد. قطعات بریده شده به ترتیب از بالا به پائین برای انجام آزمونهای آنالیز شیمیایی، خصوصیات آناتومیکی و فیزیکی و تعیین درصد پوست و چوب اختصاص یافتند. بعد از تهیه مواد لازم برای آزمونهای فوق، ساقه‌های باقی مانده برای تهیه خمیر به قطعات ۲-۳ سانتی‌متری تبدیل شدند و سپس اقدام به جداسازی از چوب و بخش مرکزی چوب از وسط ساقه گردید. جهت تعیین درصد پوست و چوب، نمونه‌ها کاملاً خشک شدند و بعد از اندازه‌گیری وزن خشک پوست و چوب به طور جداگانه، درصد هر یک از آنها با تقسیم بر وزن کل نمونه‌ها تعیین شد. تعیین جرم ویژه خشک شده دراتو و جرم ویژه در حجم‌تر، براساس استاندارد شماره ۸۳-۲۳۹۵ D آئین‌نامه ASTM^(۱) صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف^(۲)، ابتدا الیاف با استفاده از روش فرنکلین از هم جدا شدند و سپس طول الیاف، قطر الیاف، ضخامت جدار الیاف و قطر حفره سلولی ۱۵۰ فیبرپوست و ۱۵۰ فیبر چوب، اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از ضرایب بزرگنمایی میکروسکوپ، ابعاد واقعی آنها بدست آمد.

به منظور تعیین میزان بعضی از ترکیبات شیمیایی پوست و چوب کنف، ابتدا اقدام به تهیه پودر نموده و پودر عاری از مواد استخراجی شد. سپس درصد سلولز طبق روش اسیدنیتریک، درصد لیگنین طبق روش استاندارد آئین‌نامه TAPPI^(۳)، درصد مواد استخراجی محلول در استن، الکل و آب داغ طبق آئین‌نامه TAPPI شماره ۸۸-OM-۲۰۴ و درصد سیلیس موجود در خاکستر طبق استاندارد شماره GO۳۲P آئین‌نامه CPPA^(۴) تعیین شد.

بعد از تعیین خواص ذاتی پوست و مغز، اقدام به تهیه خمیر شد. ابتدا ساقه‌های کنف با اهر نواری به قطعات ۲-۳ سانتیمتری تقسیم شدند و بعد از تهیه مواد اولیه، شامل پوست، چوب و ساقه کامل کنف، خمیرسازی از آنها شروع

۱- ASTM: American Society for Testing and Materials

۲- الیاف موجود در کنف عمدتاً از نوع اسکلرانثیم است.

۳- Technical Association of Pulp and Paper Industry

۴- Canadian Pulp and Paper Association

نتایج و بحث

شیمیائی پوست و چوب ساقه کنف در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از خصوصیات فیزیکی، آناتومیکی و

جدول ۲- میانگین نتایج حاصل از خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و آناتومیک پوست و چوب ساقه کنف

خصوصیات	پوست	چوب*	مقدار محاسبه شده	سطح و معنی دار بودن/نبودن
درصدوزنی	۳۵/۱۱	۶۵/۱۱	—	—
جرم ویژه در حجم تر	۰/۲۹۹	۰/۱۴۴	۱۹/۸۷	***۰/۰۰۰۰۰
جرم ویژه در شرایط خشک شده در اتو	۰/۳۹۹	۰/۱۹۶	۵۳/۳۳	***۰/۰۰۰۰۰
طول الیاف (mm)	۲/۰۴	۰/۷۲	۱۵/۵۰	***۰/۰۰۰۰۰
قطر الیاف (μm)	۱۵/۸۵	۶/۸۹	۹/۴۳	***۰/۰۰۰۰۰
ضخامت دیواره سلولی (μm)	۳/۸۵	۶/۸۹	۹/۴۳	***۰/۰۰۰۰۰
قطر حفره سلولی (μm)	۷/۱۳	۱۸/۸۱	۱۴/۴۰	***۰/۰۰۰۳۱
ضریب درهم رفتگی (d)	۱۸۴/۸۱	۳۴/۲۶	۱۴/۱۵	***۰/۰۰۰۰۰
ضریب انعطاف پذیری $\frac{c}{d} \times 100$	۵۵/۹۷	۷۶/۴۱	۳/۱	***۰/۰۰۰۳
ضریب مقاومت پارگی $\frac{yp}{c}$	۱۱۹/۰۸	۷۵/۷۰	۴۳	***۰/۰۰۰۰۰
سلولز (درصد)	۵۴/۰۹	۴۲/۴۳	۲۰/۵۴	***۰/۰۰۰۰۰۳
لیگنین (درصد)	۱۳/۷۹	۲۰/۰۲	۱۲/۵	***۰/۰۰۰۱
مواد استخراجی محلول در استن (درصد)	۲/۵۱	۳/۴۲	۲/۰۴	ns۰/۱۷۷
مواد استخراجی محلول در الکل (درصد)	۳/۶۶	۱/۷۲	۳/۲۵	***۰/۰۰۰۳۱
مواد استخراجی محلول در آب داغ (درصد)	۲/۴۹	۵/۶۵	۱۰/۵	***۰/۰۰۰۰۵
خاکستر (درصد)	۵/۳۵	۳/۸۶	۵/۷۷	***۰/۰۰۰۱
سیلیس (درصد)	۴/۲۹	۱/۱۰	۵/۵	***۰/۰۰۰۳۱
d: قطر الیاف (μm)	***: معنی دار در سطح ۱٪			
c: قطر حفره سلولی (μm)	*: معنی دار در سطح ۵٪			
p: ضخامت دیواره سلولی (μm)	ns: معنی دار نیست			

* منظور از چوب کلیه قسمت‌ها شامل پوست، ساقه و مغز می‌باشد.

درجه روانی و کاهش مقاومت‌های کاغذ حاصل شود. در صورتی که پوست ساقه کنف، به دلیل ویژگی‌های مناسب از جمله وجود الیاف بلند، مناسب بودن جرم ویژه آن برای هر نوع فرآیند خمیرسازی، سلولز بالا و درصد لیگنین پائین، برای کاغذ سازی بسیار مناسب است و در صورت خمیرسازی از کل ساقه کنف، خصوصیات نامطلوب مغز ساقه را جبران خواهد کرد.

با توجه به این اطلاعات می‌توان گفت که مغز ساقه کنف، به تنهایی جهت تهیه خمیر و کاغذ مناسب نیست. پائین بودن جرم ویژه و مواد استخراجی محلول در آب، پائین بودن سلولز و الیاف کوتاه آن، مجموعاً موجب خواهد شد که اشکالاتی در خصوصیات خمیر و کاغذ، نظیر کاهش بازده دایجست، بروز مشکلاتی در امر حمل و نقل و احتیاج به فضای بزرگ برای انبار کردن مواد خام، پائین بودن بازده خمیر و کاهش

نتایج خمیرسازی

جدول ۳ آمده است. ارزیابی خمیرها با اندازه‌گیری بازده،

نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات خمیرهای حاصل در عددکاپا، درجه روانی و براقیت خمیرها انجام شده است.

جدول ۳- نتایج حاصل از ارزیابی خمیرهای تولید شده در این تحقیق

نوع ماده خام	فرآیند خمیرسازی	قلیائیت فعال	بازده خمیر %	عددکاپا	درجه روانی (CSF)mm	براقیت %
مغز ساقه کنف	سودا	۱۶	۴۶/۲۷	۱۰۴/۲۸	۳۶۴	۲۰/۵۱
		۱۸	۴۳/۸۵	۶۶/۰۰	۳۱۵	۲۰/۷۶
		۲۰	۴۲/۸۶	۴۸/۲۶	۲۶۱	۲۱/۷۲
	سودا-انتراکینون	۱۶	۴۸/۶۲	۱۰۶/۲۵	۳۴۹	۲۰/۸۱
		۱۸	۴۵/۰۳	۶۲/۳۶	۲۹۰	۲۰/۹۸
		۲۰	۴۲/۳۹	۴۵/۴۳	۲۴۸	۲۱/۳۵
کرافت	۱۶	۴۷/۲۹	۸۵/۲۸	۳۴۳	۹۳/۲۰	
	۱۸	۴۳/۹۸	۵۷/۳۷	۲۸۰	۲۱/۲۸	
	۲۰	۴۲/۸۹	۴۵/۸۹	۲۴۴	۲۱/۹۸	
کل ساقه کنف	سودا	۱۶	۵۳/۰۹	۸۳/۱۷	۴۳۲	۱۸/۱۲
		۱۸	۵۰/۳۳	۵۷/۳۷	۴۱۴	۲۰/۰۵
		۲۰	۴۸/۸۶	۴۷/۰۳	۳۹۹	۲۱/۰۹
	سودا-انتراکینون	۱۶	۵۵/۲۶	۹۸/۱۳	۳۱۵	۲۰/۹۸
		۱۸	۵۰/۵۴	۴۶/۹۱	۴۱۰	۲۱/۵۶
		۲۰	۴۸/۸۶	۳۸/۷۸	۳۸۶	۲۲/۰۸
کرافت	۱۶	۵۴/۲۰	۸۲/۲۶	۴۲۱	۲۰/۱۲	
	۱۸	۵۰/۵۴	۴۵/۴۸	۳۸۳	۲۰/۴۲	
	۲۰	۴۸/۸۵	۳۵/۵۳	۳۶۹	۲۰/۹۶	
پوست ساقه کنف	سودا	۱۶	۵۷/۷۳	۶۵/۰۴	۷۰۳	۲۱/۲۳
		۱۸	۵۵/۰۰	۴۶/۶۷	۶۷۹	۲۱/۳۶
		۲۰	۵۲/۶۶	۳۵/۱۰	۶۶۸	۲۲/۱۸
	سودا-انتراکینون	۱۶	۵۹/۸۰	۵۰/۳۱	۰/۱۵	۲۰/۷۶
		۱۸	۵۵/۷۴	۳۱/۸۴	۶۷۲	۲۱/۰۵
		۲۰	۵۳/۵۲	۲۱/۳۹	۶۴۵	۲۱/۹۰
کرافت	۱۶	۵۹/۴۸	۴۵/۶۲	۶۷۹	۲۱/۴۸	
	۱۸	۵۵/۷۵	۲۲/۸۷	۶۵۲	۲۲/۸۳	
	۲۰	۵۳/۸۰	۱۸/۴۵	۶۲۴	۲۳/۳۵	

بازده خمیر

با بررسی آماری بازده خمیر کاغذ، مشخص شد که همه اثرات مستقل و اثر متقابل نوع فرآیند و درصد قلیائیت فعال در سطح ۵٪ معنی‌دار است. گروه‌بندی اثر مستقل نوع فرآیند بر روی بازده نشان می‌دهد که فرآیندهای سودا - انتراکینون، کرافت و سودا به ترتیب دارای بازده ۵۱/۲۰، ۵۰/۷۷ و ۵۰/۰۱ درصد می‌باشند و اختلاف بین آنها در سطح ۵٪ معنی‌دار است. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که بازده خمیر سودا-انتراکینون حدود ۱/۲ درصد بیشتر از فرآیند سودا و حدود ۰/۵ درصد بیشتر از فرآیند کرافت است. این موضوع به دلیل نقش شیمیائی انتراکینون در فرآیند سودا-انتراکینون و یون هیدروژن سولفید در فرآیند کرافت است که مانع اثرات تخریبی یونهای هیدروکسید بر زنجیرهای سلولز می‌شود.

گروه‌بندی اثر مستقل قلیائیت فعال بر روی بازده خمیر نشان می‌دهد که با افزایش قلیائیت فعال، بازده خمیر کاهش می‌یابد. کاهش بازده خمیر در مرحله اول افزایش قلیائیت فعال (از ۱۶ درصد به ۱۸ درصد) بیشتر از مرحله دوم قلیائیت فعال است. این موضوع نشان می‌دهد که احتمالاً در غلظت ۱۶ درصد، غلظت یون هیدروکسید برای لیگنین زدائی کافی نیست و احتمال تراکم مجدد لیگنین وجود دارد. در غلظت ۲۰ درصد، لیگنین زدائی تسریع شده و مرحله نهائی آن در زمانی کمتر از ۱ ساعت پخت شروع می‌شود. بنابراین در زمان پخت ۲ ساعت، بهترین غلظت قلیائیت فعال ۱۸ درصد است.

گروه‌بندی اثر مستقل نوع ماده اولیه نشان می‌دهد که بازده خمیرهای حاصل از پوست ۵۵/۹۴ درصد، ساقه ۵۱/۱۲ درصد و چوب ۴۴/۹۲ درصد است. بالا بودن بازده خمیرهای حاصل از پوست به دلیل خصوصیات ذاتی این ماده است.

اثر رابطه متقابل نوع فرآیند و درصد قلیائیت فعال بر روی بازده بدین صورت است که با افزایش درصد قلیائیت فعال، اثر نوع فرآیند کاهش می‌یابد. همچنین اختلاف بازده خمیرهای حاصل از فرآیندهای سه گانه کاهش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد که در قلیائیت ۲۰ درصد فرآیندهای کرافت و سودا-انتراکینون به مرحله نهائی لیگنین زدائی رسیده‌اند و به دلیل تخریب پلی ساکاریدها در این مرحله، بازده آنها به شدت

کاهش می‌یابد تا اینکه با بازده خمیر سودا مشابه شوند (شکل ۲).

عدد کاپا

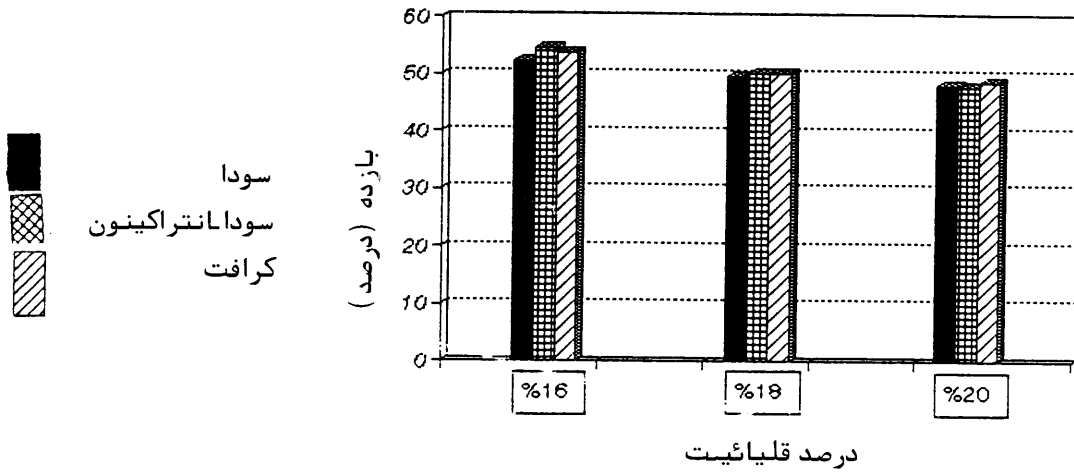
نتایج بررسی‌های آماری عدد کاپای خمیرهای بدست آمده نشان می‌دهد که همه اثرات مستقل و اثرات متقابل نوع فرآیند نوع ماده اولیه و اثر متقابل درصد قلیائیت فعال - نوع ماده اولیه بر روی عدد کاپا معنی‌دار است.

گروه‌بندی اثر مستقل نوع فرآیند بر عدد کاپا نشان می‌دهد که فرآیندهای سودا، سودا-انتراکینون و کرافت، تحت شرایط موجود به ترتیب خمیرهایی با عدد کاپای ۶۲/۴۹، ۵۲/۳۴ و ۴۴/۱۲ تولید می‌نمایند. کم بودن عدد کاپا در فرآیند کرافت به دلیل اثر سولفید سدیم در تسریع لیگنین زدائی است.

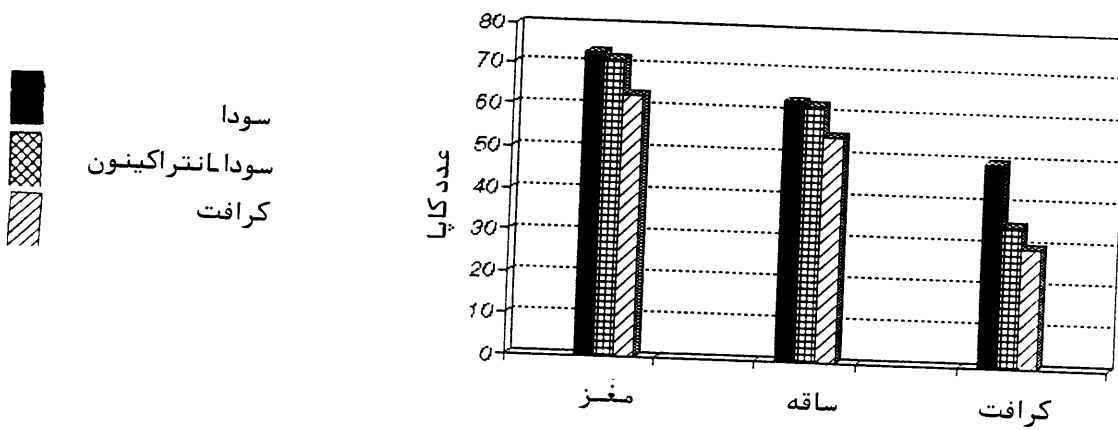
گروه‌بندی اثر مستقل درصد قلیائیت نشان می‌دهد که با افزایش قلیائیت فعال عدد کاپا کاهش می‌یابد و همانطور که در بررسی بازده خمیر ملاحظه شد، در این مورد هم کاهش عدد کاپا در مرحله افزایش قلیائیت فعال بیشتر از مرحله دوم است. این موضوع نشان می‌دهد که در غلظت ۱۶ درصد، غلظت یون هیدروکسید برای کامل سازی لیگنین زدائی کافی نبوده و به همین دلیل در بعضی از موارد تراکم مجدد لیگنین روی داده است.

گروه‌بندی اثر مستقل نوع ماده اولیه بر روی عدد کاپا نشان می‌دهد که خمیرهای حاصل از پوست دارای کمترین عدد کاپا هستند. این امر به کم بودن مقدار لیگنین و مواد استخراجی ماده اولیه مربوط می‌شود. رابطه متقابل نوع ماده اولیه و نوع فرآیند بدین ترتیب است که در یک فرآیند معین، تغییرات عدد کاپای خمیرهای حاصل از چوب، بیشتر از خمیرهای حاصل از ساقه و پوست است و عدد کاپای خمیرهای حاصل از ساقه کامل، حد واسط خمیرهای چوب و پوست است. این امر عمدتاً به ترکیبات شیمیائی مواد خام مربوط می‌شود به طوریکه به دلیل پائین بودن لیگنین پوست، تغییرات آن هم در حد پائینی قرار دارد (شکل ۳).

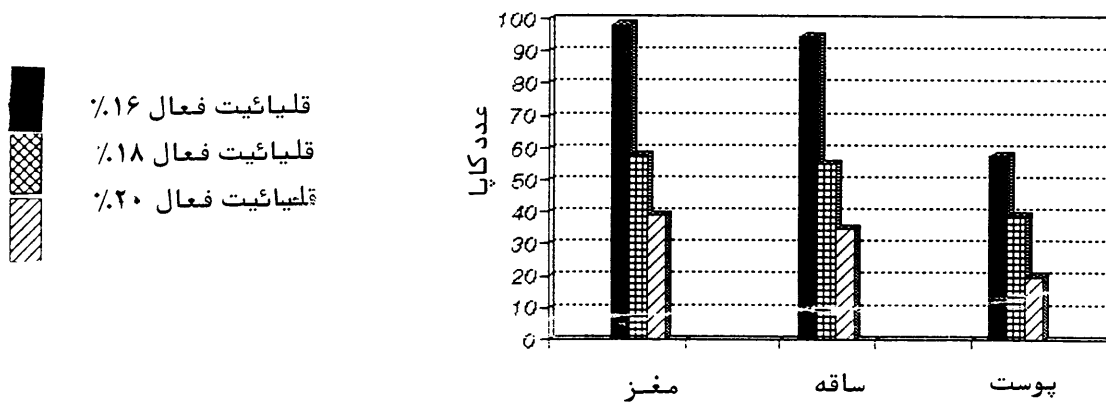
اثر متقابل نوع ماده اولیه و درصد قلیائیت فعال نشان می‌دهد که با افزایش قلیائیت فعال از ۱۸ درصد به ۲۰ درصد، عدد کاپا به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. این کاهش در خمیرهای حاصل از چوب بیشتر از ساقه و پوست است (شکل ۴).



شکل ۲- اثر متقابل نوع فرآیند و درصد قلیائیت فعال بر روی بازده خمیر



شکل ۳- اثر متقابل نوع ماده اولیه و نوع فرآیند روی عدد کاپای خمیر



شکل ۴- اثر متقابل درصد قلیائیت فعال و نوع ماده اولیه بر روی عدد کاپای خمیر

رابطه بازده و عدد کاپا

رابطه بازده و عدد کاپای خمیرهای حاصل از پوست، چوب و ساقه طی فرآیندهای مختلف، به ترتیب در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ دیده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که در یک کاپای معین، بازده خمیرهای حاصل از فرآیند کرافت بیشتر از فرآیندهای سودا-انتراکینون و سودا است ولی اختلاف آن با فرآیند سودا-انتراکینون بسیار ناچیز است. این موضوع، به دلیل اثرات حفاظتی و لیگنین‌زدائی یونهای سولفید ئیدروژن در فرآیند کرافت و انتراکینون در فرآیند سودا-انتراکینون است. هر سه موارد فوق به صورت مشابه دیده می‌شوند ولی به طور کلی در خمیرهای حاصل از پوست، بازده بیشتر و عدد کاپا کمتر از خمیرهای چوب و ساقه است.

درجه روانی خمیرها

در بررسی درجه روانی مشاهده می‌شود که خمیرهای حاصل از فرآیند سودا درجه روانی بیشتری دارند. درجه روانی خمیرهای سودا-انتراکینون و کرافت تفاوت ناچیزی با هم دارند و درجه روانی آنها بسیار کمتر از درجه روانی

خمیرهای سودا است. اثر قلیائیت فعال بدین ترتیب است که با افزایش قلیائیت فعال، درجه روانی خمیرها کاهش می‌یابد. اثر نوع ماده اولیه که مهمترین فاکتور در تعیین درجه روانی است، به این ترتیب است که خمیرهای حاصل از پوست، دارای درجه روانی بالائی هستند ولی درجه روانی خمیرهای حاصل از چوب بسیار پائین است. این موضوع باعث کاهش بازده ماشین کاغذ به دلیل کاهش سرعت ماشین کاغذسازی خواهد شد.

خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست ساز

نتایج حاصل از بررسی کاغذها در جدول ۴ آمده است. این نتایج نشان می‌دهد که کمترین حجم کاغذها مربوط به خمیر کرافت چوب ساقه کنف است. این امر به علت کم بودن طول الیاف، پائین بودن ضریب درهم‌رفتگی و زیاد بودن ضریب انعطاف‌پذیری الیاف آن است. ولی خمیرهای حاصل از پوست دارای تخلخل و حجم زیادی هستند که ناشی از خواص آناتومیکی و فیزیکی الیاف آن است.

جدول ۴- خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذ دست ساز حاصل (فرآیندهای مختلف خمیرسازی)

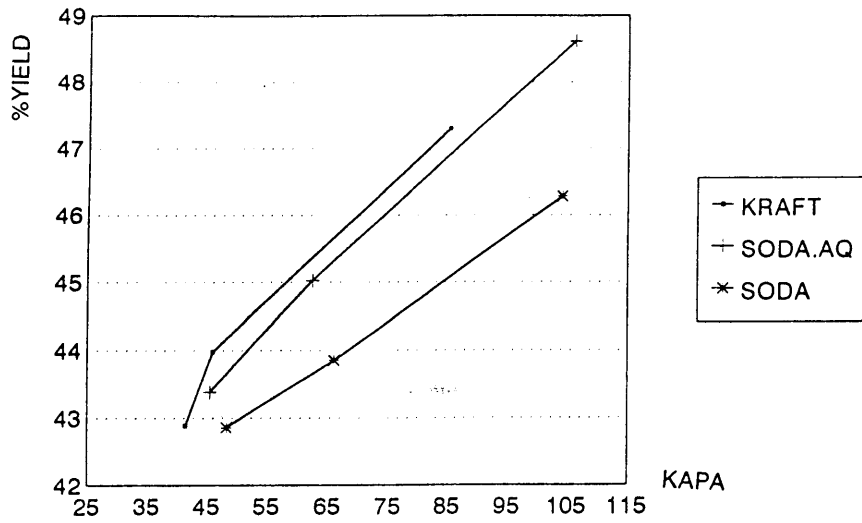
سودا			سودا-انتراکینون			کرافت			نوع فرآیند
پوست	ساقه	چوب	پوست	ساقه	چوب	پوست	ساقه	چوب	نوع ماده اولیه
۴۶/۶۴	۴۷/۰۳	۴۸/۲	۵۰/۳۱	۴۶/۹	۴۵/۴	۴۵/۶	۴۵/۴	۴۵/۸	خصوصیات خمیر و کاغذ
									عددکاپای خمیر
۲/۱۰	۱/۸۱	۱/۶۸	۱/۹۶	۱/۱۹	۱/۶۱	۱/۹۳	۱/۷۰	۱/۵۰	حجمی کاغذ (cm ³ /gr)
۵/۱	۳/۹	۳/۵۰	۵/۲	۵/۱	۳/۵۰	۶/۷	۵/۱	۳/۵۵	اندیس ترکیدن (kpa.m ² /gr)
۱۱/۱	۶/۴	۵/۱	۱۳/۴	۹/۱	۵/۶	۲۰/۵	۱۱/۴	۵/۶	اندیس پارگی (mN.m ² /gr)
۸۱/۴	۷۴/۲	۷۰/۲	۸۲/۳	۷۵/۳۶	۷۱/۲	۸۶/۰	۷۵/۸	۷۴/۳	اندیس مقاومت کششی (Nm/gr)
۱۹/۲	۱۰/۱	۷/۱	۸/۵	۱۱/۴	۷/۵	۳۴/۶	۲۴/۵	۷/۸	اندیس مقاومت به تاشدن (Nm ² /gr)

به ترکیدن خمیر چوب، به دلیل الیاف کوتاه آن است. مقاومت‌های پارگی، کششی و تا خوردگی کاغذهای حاصل از خمیر پوست بیشتر از خمیرهای حاصل از چوب است. این موضوع به دلیل جرم ویژه بیشتر الیاف پوست و وجود ماده چوبی بیشتری در دیواره الیاف آن است.

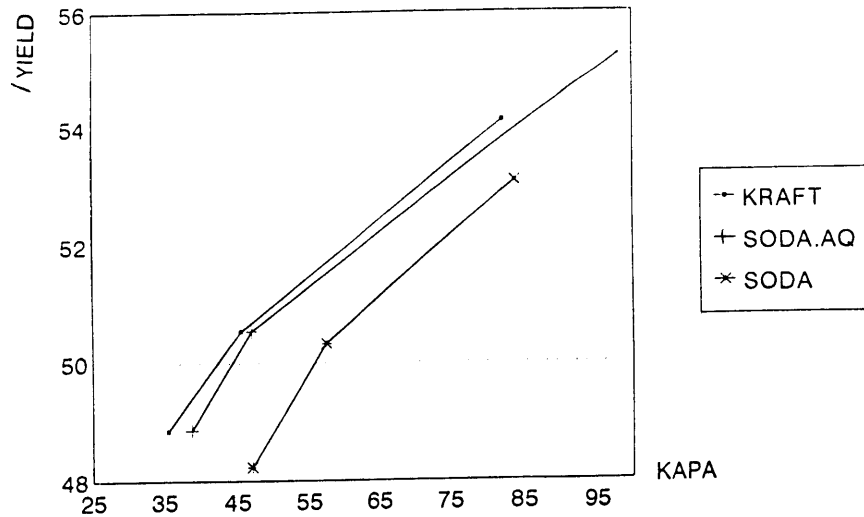
بررسی مقاومت به ترکیدن کاغذها نشان می‌دهد که حداکثر مقاومت مربوط به کاغذهای حاصل از خمیر پوست کرافت در قلیائیت ۲۰ درصد است. این امر به علت الیاف بلند پوست و اثر سولفید سدیم در فرآیند کرافت است که مجموعاً موجب افزایش مقاومت به ترکیدن می‌شوند. کم بودن مقاومت

زنجیره‌های سلولزی و لیگنین زدائی بیشتر می‌باشد.

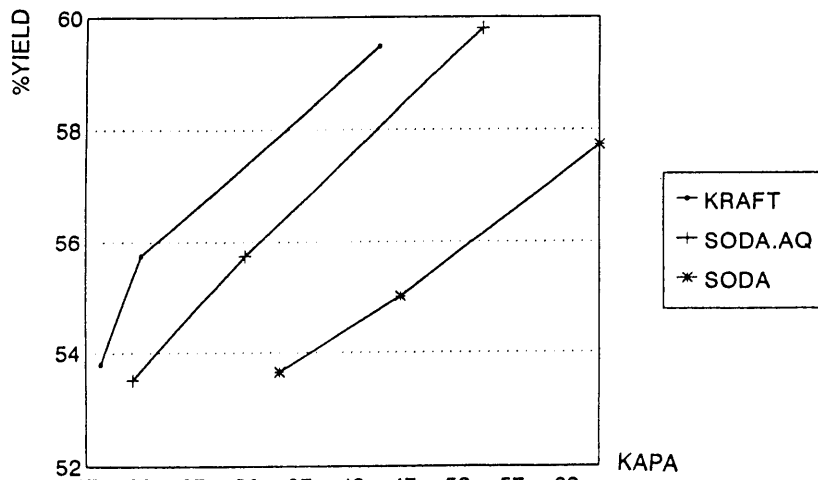
از نظر نوع فرآیند، خواص مقاومتی خمیرهای حاصل از فرآیند کرافت بیشتر است که به دلیل اثر سولفید سدیم در حفظ



شکل ۵- رابطه بین عدد کاپا و بازده خمیرهای حاصل از چوب طی فرآیندهای مختلف



شکل ۶- رابطه بین عدد کاپا و بازده خمیرهای حاصل از ساقه طی فرآیندهای مختلف



شکل ۷- رابطه بین عدد کاپا و بازده خمیرهای حاصل از پوست طی فرآیندهای مختلف خمیرسازی

نتیجه گیری

در بررسی‌های آماری و مقایسه بین خصوصیات پوست و مغز کنف مشاهده گردید که اختلاف بین خصوصیات فیزیکی، آناتومیکی و شیمیایی پوست و مغز - به غیر از درصد مواد استخراجی محلول در استون - معنی‌دار است. با توجه به نتایج، پوست ساقه کنف به دلیل داشتن خصوصیات بهتر مثل الیاف بلند، درصد سلولز بالا و لیگنین کمتر از مغز کنف برای کاغذسازی بسیار مناسب است و به دلیل دارا بودن سلولز و مواد استخراجی و لیگنین کمتر از پهن‌برگان و سوزنی‌برگان، بازده خمیر آن بسیار بالاتر بوده و کاپای آن کمتر است. از نظر خواص خمیرسازی، خمیرهای حاصل از پوست دارای بازده بیشتر و عدد کاپای کمتری هستند. در خمیرسازی

ساقه کامل هم خصوصیات خمیرکاغذ بهبود زیادی یافته است به طوری که بازده خمیر نسبت به مغز کنف حدود ۶ درصد افزایش و عدد کاپا حدود ۸ واحد کاهش یافته است. با توجه به نتایج بدست آمده، بهترین روش خمیرسازی از پوست و مغز ساقه کنف، فرآیند سودا-انتراکینون است زیرا در این فرآیند بازده خمیر نسبت به کرافت حدود ۰/۵ درصد و نسبت به سودا حدود ۱/۲ درصد بیشتر است.

بهترین غلظت قلیائیت فعال ۱۸ درصد است. در این غلظت یون هیدروکسید برای لیگنین زدائی کافی بوده و عمل لیگنین زدائی در ۲ ساعت کامل می‌شود و به مرحله نهائی لیگنین زدائی می‌رسد. بنابراین، فرایند سودا-انتراکینون در قلیائیت ۱۸ درصد مناسب‌ترین شرایط است.

منابع مورد استفاده

- ۱- پارسا پژوه، داوود، ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- جهان لئیاری، احمد، ۱۳۷۳. تکنولوژی تولید خمیر و کاغذ (فرآیند قلیائی)، انتشارات وزارت جهادسازندگی.
- ۳- دینویان، حمیدرضا، ۱۳۷۴. کنف، بررسی و پیشنهاداتی نو، نشریه گزارشی مرکز تحقیقات پنبه و گیاهان سیفی ورامین.
- ۴- میرشکرایی، سیداحمد، ۱۳۷۱. مبانی و کاربردهای شیمی چوب، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۲۵۷ صفحه.
- 5- American Society for Testing and Material, 1989. Standard Methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials. ASTM D1037-87. ASTM Philadelphia, Pa.
- 6- Cameron, D.M., 1990. Kenaf versus forestry plantations as sources of pulp, proceeding, Development of kenaf Industry in Australia, (9)52-59.
- 7- Clark. T.F & I.A. Woff., 1967. A search for new fiber crops, Tappi Journal 52:2106-2116.
- 8- Dempsey. Y., 1975. Finer crops, University of Florida press, 573 pp.
- 9- Kaddor, A.F., 1990. Kenaf, a fast growing fiber source for paper making, Tappi Journal, November, 205-209.
- 10- Maddern, K.N., 1990. Processing and utilization of kenaf, Research and Needs, Proceeding. No.9. Development of kenaf Industry in Australia.
- 11- Patel, J.P., 1984. Nonwood fiber plants for paper making a review, Tappi press, (15) P:77.
- 12- Ragerm, R., K. Rowell Juitu & A. Young Raymend, 1997. Paper and composites from agro-based resources, CRCP press Inc, Florida. 446 PP.
- 13- Tappi Test Methods,. 1992-1993. Tappi Press.

Evaluation of Kenaf as a Raw Material in Paper Manufacturing Pulp

by

M. Faezipour⁽¹⁾ Y. Hamzeh⁽²⁾ S.A. Mirshokraii⁽³⁾

Abstract

In this research the anatomical, physical and chemical characteristics of kenaf as well as pulp properties of Plant's bark and whole stem were evaluated through the processes of soda, Soda-anthraquinone and kraft in three alkali conditions of 16% , 18% and 20%. The results show that barkless kenaf is not suitable for paper manufacturing pulp, but because of its low density, can be used in composite board, especially acoustic board industries.

Kenaf bark is much more appropriate for paper manufacturing because of having a large amount of cellulose (54%), long fibers (2.4 mm), but little amount of extractives and lignin (14%).

Pulp characteristics show that the best method for producing pulp is the Soda - anthraquinone process with 18% effective alkali. In these conditions, the pulp yield is about 0.5% more than the kraft process and about 1.2% more than the Soda process.

Freeness of Soda-anthraquinone pulp was less than that of Soda pulp, the difference being insignificant because of the fact that the main factor effective in the amount of Freeness is the nature of the substance and not the nature of the process. Survey of hand made paper strength properties also revealed that strength values for papers produced from kraft pulp process are similar to those for the paper produced from kraft pulp process of softwoods, but they show a lower tear strength.

The burst strength of papers produced from kraft pulp process of kenaf without bark is more than that in kraft pulp process of hardwood, and their other strength properties are almost comparable.

The strength properties of papers produced from whole stems of kenaf as compared with those produced from barkless kenaf has been considerably improved, so that such properties as bursting, tearing, folding and tensile strength have had an increase of 90%, 130%, 72% and 18% respectively.

KeyWords: Bark, Stem without bark, Whole wood, Soda, Soda-anthraquinone, Effective alkali, Yield, Kappa number, Freeness.

1- Associate prof., Nat. Res. Fac of Tehran University

2- Senior expert in Wood and Paper industry

3- Assistant prof., University of Payam-e-Nour