

مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ کرافت حاصل از تنه و شاخه ممرز

چکیده

استفاده از شاخه‌های درخت به عنوان یک منبع بالقوه فیبری، علاوه بر اینکه می‌تواند بخشی از مواد اولیه مورد نیاز صنایع خمیر و کاغذ تامین کند، راندمان هر درخت را نیز افزایش می‌دهد. این پژوهش با هدف مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ کرافت چوب تنه و شاخه ممرز و امکان استفاده از شاخه در صنایع خمیر کاغذ انجام گرفت. نمونه‌های چوب تنه و شاخه به قطر تقریبی ۱۵ سانتیمتر از جنگل آموزشی شصت کلاته (گرگان) تهیه گردید. اندازه‌گیری الیاف با استفاده از روش فرانکلین و میکروسکوپ نوری و ترکیبات شیمیایی چوب براساس دستورالعمل TAPPI صورت پذیرفت. خمیر کاغذ کرافت چوب تنه و شاخه تحت شرایط ثابت سولفیدیت ۲۰ درصد، دمای حداکثر ۱۷۰ درجه سانتیگراد و نسبت مایع پخت به چوب ۵ به ۱ و شرایط متغیر قلیائیت فعال ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درصد، زمان پخت ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه تهیه گردید، سپس در محدوده عدد کاپا ۲۰، ۲۵، ۳۰ اقدام به تهیه کاغذ دست‌ساز شد. در نهایت خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز براساس دستورالعمل TAPPI اندازه‌گیری شد. ارزیابی آماری نتایج نشان می‌دهد که اثر مستقل نوع چوب، زمان و قلیائیت فعال بر عدد کاپا و بازده خمیر معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین بازده و عدد کاپای خمیرها نیز نشان می‌دهد بازده خمیر کاغذ چوب تنه بیشتر از چوب شاخه و عدد کاپای آن کمتر می‌باشد. بررسی خواص مقاومتی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه نشان داد ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست‌ساز تنه بیشتر از شاخه می‌باشد. بین ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه در شرایط پخت سولفیدیت ۲۰٪، قلیائیت فعال ۱۸٪ و زمان پخت ۱۵۰ دقیقه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. این شرایط، برای پخت همزمان تنه و شاخه ممرز پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: ممرز، خمیر کاغذ کرافت، چوب تنه، چوب شاخه

ابراهیم پوریزدیان محمدآباد^{۱*}
احمدرضا سرائیان^۲
محمدرضا دهقانی فیروزآبادی^۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد و ^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مسئول مکاتبات:
eporyazdian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۴/۲۹

مقدمه

با افزایش جمعیت و توسعه صنعتی، فرهنگی و اقتصادی در مقیاس جهانی؛ کاغذ و فرآورده‌های آن به‌عنوان یک کالای استراتژیک اهمیت روزافزونی یافته‌اند. در این راستا، تامین مواد اولیه مورد نیاز صنایع خمیر کاغذ به یکی از معضلات اساسی تبدیل شده است. در گذشته بهره‌برداری از جنگل تنها به تنه اصلی درخت محدود می‌شد. اما با پیشرفت فناوری و نیاز برای تامین مواد اولیه صنایع خمیر کاغذ، ایده استفاده از کل درخت مطرح شد [۱]. بهینه‌سازی الگوی بهره‌برداری از جنگل و استفاده بهینه از قسمت‌های مختلف درخت می‌تواند در جبران بخشی از مواد اولیه مورد نیاز، موثر باشد. در هنگام بهره‌برداری جنگل، مقداری از بخش‌های مختلف درخت به صورت پسماند گرده‌بینه‌گیری باقی می‌ماند. مقدار این پسماندها در کشورهای مختلف بسته به فناوری مورد استفاده، متفاوت است. مقدار پسماندهای حاصل از برداشت چوب از جنگل در آسیا ۴۰ درصد گرده‌بینه خروجی برآورد شده است و حدود ۱۳/۴ درصد این پسماندها ناشی از چوب شاخه می‌باشد [۲]. شاخه‌ها و تنه‌های جوان نسبت به تنه‌های بالغ به عنوان چوب نرمال تفاوت‌های زیادی دارد. شاخه‌ها از نسبت پوست بیشتری برخوردارند. بعضی از انواع سلول‌ها در شاخه فراوان‌تر از تنه اصلی درختان هستند. شاخه‌های پهن‌برگان، آوندها و اشعه‌ها فراوان‌تر و میزان فیبر کمتری نسبت به تنه دارد [۳، ۴]. طول فیبر در چوب شاخه به طور متوسط ۳۵-۲۵ درصد کمتر از چوب تنه اصلی می‌باشد [۵، ۶]. از سوی دیگر شاخه‌ها و تنه‌های جوان پهن‌برگان دارای درصد بیشتری چوب کششی نسبت به تنه‌های بالغ می‌باشند [۷، ۸]. جوان چوب و چوب کششی دارای مقدار سلولز و مواد استخراجی بیشتر و لیگنین کمتر نسبت به تنه‌های بالغ و نرمال می‌باشد [۹] که این ترکیبات بازده خمیر کاغذ را تحت تاثیر قرار می‌دهد. Mahdavi و Habibi (۲۰۰۴) میانگین کلی طول، قطر، ضخامت دیواره و قطر حفره سلولی الیاف تنه ممرز سه درخت را به ترتیب ۱/۷۶ میلی‌متر، ۲۳/۲۴، ۶/۰۸، ۹/۷۸ میکرون و در شاخه را به ترتیب ۱/۴۲ میلی‌متر، ۱۹/۸۷، ۵/۱۶، ۷/۹۷ میکرون گزارش کرد [۱۰]. طول، قطر فیبر، قطر حفره و ضخامت

دیواره سلولی الیاف تنه عرعر^۱ به ترتیب ۲۲/۸، ۹۴۰، ۱۶/۱۶، ۳/۳۴ میکرون و الیاف شاخه به ترتیب ۵۹۴، ۱۷/۸۱، ۱۲/۷۸، ۲/۴۹ میکرون گزارش شد [۱۱]. مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر تنه عرعر به ترتیب ۴۷/۱۸، ۲۵/۱۹، ۳/۵، ۱/۲۵٪ و برای چوب شاخه ۴۴/۱۲، ۲۳/۸۶، ۳/۲، ۱/۷۵ درصد به دست آمد [۱۲]. مقادیر لیگنین، پلی‌ساکاریدهای احیاء‌کننده، خاکستر، مواد استخراجی چوب تنه درخت آکاسیا مولیسیکا^۲ به ترتیب ۱۶/۸۰، ۷۷/۲۰، ۰/۲۰، ۳/۸۰ درصد و چوب شاخه به ترتیب ۱۸/۱۰، ۶۷/۳۰، ۰/۵، ۳/۵ درصد و میزان بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت تنه درخت به ترتیب ۵۱/۵، ۱۲/۳ و شاخه‌های آن ۴۷/۵٪، ۱۳/۲ گزارش شد. پس از کلاسه‌بندی الیاف مشخص شد که میزان الیاف کوتاه و نرمه‌های خمیر کاغذ شاخه نسبت به خمیر کاغذ تنه بیشتر است. میان مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیبگی خمیر کاغذ تنه و شاخه تفاوت معنی‌داری نبود ولی مقاومت به پارگی خمیر کاغذ شاخه کمتر از تنه بود که به حضور الیاف با دیواره بسیار نازک موجود در چوب شاخه نسبت داده می‌شود [۱۳].

بازده خمیر کاغذ شاخه‌های با قطر بیشتر صنوبر لرزان^۳ ۸۵-۹۵٪ درصد بازده خمیر کاغذ تنه اصلی می‌باشد. مقاومت پارگی و طول پاره‌شدن خمیر کاغذ شاخه اندکی کمتر تنه می‌باشد ولی مقاومت به ترکیبگی به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از خمیر کاغذ تنه می‌باشد [۱۴].

در طی تحقیقی طول، قطر و قطر حفره سلولی الیاف شاخه‌های توس و افرا کمتر از تنه گزارش شد. مقدار وازد تولید خرده‌چوب از شاخه توس و افرا به ترتیب ۵۵/۴ و ۴۹/۹ درصد بود در حالی که برای تنه ۲۴/۸ و ۱۹/۱ درصد بود. بازده کلی خمیر کاغذ شاخه و تنه به ترتیب برای توس ۴۷/۸ و ۴۶/۲ و برای افرا ۴۸/۲ و ۴۹/۸ بیان شد. میان مقاومت به پارگی و ترکیبگی کاغذ تنه و شاخه توس تفاوت قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود اما طول پاره‌شدن شاخه توس کمتر از تنه می‌باشد. در مورد افرا هم مقاومت به پارگی خمیر کاغذ شاخه افرا بیشتر از خمیر کاغذ تنه می‌باشد و بین سایر ویژگی‌های مقاومتی تفاوت قابل

¹ *Ailanthus altissima*

² *Acacia mollissima* Wild.

³ Quaking aspen

شصت کلاته تهیه گردید. نحوه نمونه برداری به گونه‌ای است که چوب تنه و شاخه در مرحله جوان چوبی قرار دارند. چوب تنه از ارتفاع برابر سینه و چوب شاخه از فاصله حدود ۲۰ سانتی‌متری محل اتصال به تنه اصلی نمونه برداری شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی و بیومتری الیاف

آماده‌سازی سوسپانسیون الیاف به روش فرانکلین و اندازه‌گیری ابعاد الیاف و ابوری شده، با استفاده از میکروسکوپ تحقیقاتی IMT-2Olympus انجام گرفت. اندازه‌گیری مقادیر سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر چوب تنه و شاخه مطابق با دستورالعمل TAPPI انجام شد.

تهیه خمیر کاغذ کرافت

برای تهیه خمیر کاغذ ابتدا نمونه‌ها پوست‌کنی شد و سپس توسط خردکن نیمه صنعتی آزمایشگاه چوب و کاغذ مرکز تحقیقات البرز، وابسته به موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع؛ به خرده‌چوب تبدیل گردید. پس از تعیین درصد رطوبت خرده‌چوب‌ها، برای هر پخت از ۱۰۰ گرم خرده‌چوب (براساس وزن خشک) استفاده شد و آزمایشات در سه تکرار انجام گردید. عوامل ثابت هر پخت شامل سولفیدیت ۲۰ درصد، دمای حداکثر ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت مایع پخت به وزن چوب ۵ به ۱ و عوامل متغیر نیز شامل قلیائیت فعال (بر مبنای Na_2O) ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درصد و زمان ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه در نظر گرفته شد. با توجه به متغیر بودن سه عامل چوب، قلیائیت فعال و زمان پخت در مجموع ۵۴ پخت انجام گردید. در پایان هر پخت، پس از شستشو، هوا خشک شدن و تعیین درصد رطوبت خمیر کاغذ، وزن خمیر (بر مبنای خشک) تعیین و بازده آن محاسبه شد. عدد کاپای خمیر کاغذ مطابق با دستورالعمل TAPPI استاندارد شماره ۹۹ - T۲۳۶om تعیین گردید. به منظور مقایسه خواص کاغذسازی خمیر تنه و شاخه ممرز سه محدوده عدد کاپای ۲۰، ۲۵، ۳۰ مورد نظر قرار گرفت. در نتیجه از خمیر کاغذهای تهیه شده مطابق با جدول ۵ اقدام به تهیه

ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. عدم تفاوت معنی‌دار میان اکثر مقاومت‌های خمیر کاغذ تنه و شاخه؛ علیرغم طول کوتاه‌تر الیاف شاخه به تاثیر پالایش بر افزایش مقاومت خمیر کاغذ نسبت داده شد [۱۵]. در نهایت خمیر کاغذ حاصل از شاخه‌های افرا و توس معادل ۱۰ درصد خمیر کاغذ حاصل از تنه به حجم تولید خمیر کاغذ می‌افزاید [۱].

نتایج خمیر کاغذهای تنه و شاخه درخت گل ابریشم^۱ در شرایط قلیائیت فعال ۱۶٪ و فاکتور H ۱۶۰۰ قابل مقایسه بود. حتی میزان نرمه‌های خمیر کاغذ شاخه کمتر از تنه و میزان الیاف باقیمانده بر روی مش ۴۸ شاخه بیشتر از تنه بود. در همه سطوح فاکتور H بازده کلی چوب شاخه بیشتر از چوب تنه بوده که این یک مزیت محسوب می‌شود. مطالعه نشان داد که چوب شاخه با قلیائیت موثر ۱۶ درصد و فاکتور H و میزان پالایش کمتر، الیاف قابل قبولی حتی برای تولید کاغذ فراهم کند [۵]. از شاخه‌های اکالیپتوس^۲ در شرایط قلیائیت فعال ۱۸/۵ درصد، دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد و زمان پخت ۳ ساعت اقدام به تهیه خمیر کاغذ شد و بازده کلی خمیر کاغذ ۵۵/۸۵ درصد و بازده الک شده آن ۵۱/۰۴ درصد بدست آمد. سپس خمیر حاصل با ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ دور پالایش شد. بیشترین مقاومت به ترکیدن در ۱۰۰۰ دور پالایش، شاخص مقاومت به پارگی در ۵۰۰ دور، شاخص مقاومت کششی و دوام به تاخوردگی در ۲۰۰۰ دور به دست آمد [۱۶]. با توجه به تولید ۴۰۰ کیلوگرم چوب شاخه صنوبر در هر متر مکعب از جنگل‌های دست کاشت صنوبر چین، با استفاده از روش خمیرسازی مکانیکی ابداعی^۳ BECMP خمیر کاغذ شاخه‌های چوب صنوبر تهیه شد. ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ حاصل قابل مقایسه با خمیر کاغذ APMP بود حتی مقاومت کششی آن بیشتر از خمیر کاغذ APMP بود [۱۷]. در این بررسی گونه ممرز، با توجه به وسعت پراکنش آن در جنگل‌های ایران، مورد توجه قرار گرفت. این پژوهش با هدف مقایسه ویژگی‌های خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

سه عدد چوب تنه و شاخه درخت ممرز با قطر تقریبی ۱۵ سانتیمتر به‌طور تصادفی از جنگل آموزشی

^۱ *Paraserianthes falcataria* (L) Nilson

^۲ Bagras (*Eucalyptus deglupta*)

^۳ Bleached extruder chemical mechanical pulp

کاغذ دست‌ساز شد.

آماري فوق با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گرفت.

پالایش

برای خمیر کاغذ پالایش شده درجه روانی ۳۵۰ (CSF) در نظر گرفته شد. برای تعیین درجه روانی خمیر کاغذ و انجام پالایش به ترتیب استانداردهای شماره ۹۳-۲۲۴۰om- و T۲۴۸-SP۰۰ دستورالعمل TAPPI مورد استفاده گرفت. و در هر تیمار کاغذ دست‌ساز با وزن پایه 1 ± 60 گرم بر مترمربع مطابق با استاندارد شماره ۹۶ SP - ۲۲۲۰ دستورالعمل TAPPI ساخته شد.

اندازه‌گیری خواص مقاومتی و ارزیابی آماری

اندازه‌گیری خواص مقاومتی کاغذ براساس دستورالعمل TAPPI انجام شد. مقایسه ابعاد الیاف و ترکیبات شیمیایی چوب تنه و شاخه ممرز با استفاده از آزمون T و تجزیه و تحلیل آماری بازده و عدد کاپا و خواص مقاومتی خمیر کاغذ تنه و شاخه، توسط آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. مقایسه میانگین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. مراحل

نتایج و بحث

ویژگی‌های بیومتری الیاف

یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت چوب برای استفاده در صنایع خمیر و کاغذ ویژگی‌های الیاف آن است. مقایسه میانگین ابعاد الیاف با استفاده از آزمون T نشان داد میان طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف تنه و شاخه ممرز در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. نتایج موجود در جدول ۱ نشان می‌دهد که طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف تنه ممرز بیشتر از شاخه می‌باشد. مقادیر به‌دست آمده تفاوت چندانی با مقادیر گزارش شده توسط [۱۰] ندارد و اختلاف ناچیز موجود ناشی از روش متفاوت نمونه‌برداری می‌باشد. درمورد گونه‌های افرا، توس و عرعر نیز ابعاد الیاف شاخه‌ها کمتر از تنه می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف تنه و شاخه ممرز

شاخه	تنه	نوع ترکیب
۱/۴۶	۱/۷۵	طول فیبر (میلیمتر)
۲۲/۱۸	۲۴/۴۵	قطر فیبر (میکرون)
۵/۴۵	۵/۸۴	ضخامت دیواره سلولی (میکرون)
۱۰/۷۴	۱۲/۸۰	قطر حفره سلولی (میکرون)

خصوصیات شیمیایی

مقایسه میانگین ترکیب شیمیایی با استفاده از آزمون T نشان داد که بین ترکیبات شیمیایی چوب تنه و شاخه ممرز در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. نتایج موجود در جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان سلولز چوب تنه بیشتر از چوب شاخه می‌باشد. همچنین آزمون T نشان می‌دهد که چوب شاخه دارای مقدار لیگنین، خاکستر، مواد استخراجی بیشتری نسبت به چوب تنه می‌باشد. بررسی نتایج به دست آمده در مورد ترکیبات

شیمیایی چوب تنه و شاخه آکاسیا مولیسیکا و تنه و شاخه ممرز نشان می‌دهد که در هر دو گونه مورد مطالعه میزان پلی‌ساکاریدهای احیاءکننده تنه بیشتر از شاخه می‌باشد و مقدار لیگنین و مواد استخراجی شاخه بیشتر از تنه می‌باشد که بازده خمیر کاغذ را تحت تاثیر قرار می‌دهد. میزان لیگنین و مواد استخراجی چوب تنه عرعر در مقایسه با شاخه بیشتر است و با نتایج به‌دست آمده در مورد گونه ممرز متفاوت است اما میزان خاکستر چوب شاخه در هر دو گونه از تنه بیشتر است.

جدول ۲- مقایسه ترکیبات شیمیایی تنه و شاخه ممرز

شاخه	تنه	نوع ترکیب
۴۷/۷۷	۵۰/۷۱	سلولز (%)
۲۰/۶۰	۱۷/۸۶	لیگنین (%)
۱/۲	۰/۶	خاکستر (%)
۲/۲۵	۱/۴۲	درصد مواد استخراجی محلول در الکل - استون
۲۱/۸۷	۱۸/۰۸	هیدروکسید سدیم یک درصد

بازده و عدد کاپا

نتایج حاصل از ارزیابی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای حاصل از تنه و شاخه ممرز و تاثیر متغیرهای پخت بر روی آنها در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. بررسی آماری بازده خمیر کاغذ چوب تنه و شاخه ممرز در شرایط مختلف پخت توسط آزمون فاکتوریل، نشان داد که

میان بازده خمیر کاغذ چوب تنه و شاخه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری وجود دارد. مقایسه میانگین بازده خمیر کاغذ تنه و شاخه با استفاده از آزمون دانکن، نشان داد که در شرایط پخت مشابه، بازده خمیر کاغذ تنه بیشتر از شاخه می باشد (شکل ۱).

جدول ۳- میانگین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت چوب تنه ممرز

بازده (%)	عدد کاپا	زمان پخت (دقیقه)	قلیائیت فعال
۵۳/۴۴	۳۲/۰۴	۹۰	%۱۴
۵۳/۲۶	۲۹/۲۲	۱۲۰	
۵۳/۱۵	۲۷/۶۱	۱۵۰	
۵۰/۶۱	۲۴/۵۶	۹۰	%۱۶
۵۰/۲۴	۲۳/۵	۱۲۰	
۴۹/۹۸	۲۲/۲۱	۱۵۰	
۴۹/۴۶	۲۲/۳۳	۹۰	%۱۸
۴۹/۲۲	۲۱/۹	۱۲۰	
۴۸/۰۵	۲۰/۴۵	۱۵۰	

جدول ۴- میانگین بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت چوب شاخه ممرز

بازده (%)	عدد کاپا	زمان پخت (دقیقه)	قلیائیت فعال
۵۱/۱۷	۳۹/۴۶	۹۰	%۱۴
۵۰/۶۸	۳۴/۱۴	۱۲۰	
۴۹/۷۵	۳۱/۴۱	۱۵۰	
۴۹/۱۲	۲۸/۱۴	۹۰	%۱۶
۴۷/۷۶	۲۷/۴۹	۱۲۰	
۴۷/۴۵	۲۶/۶۴	۱۵۰	
۴۶/۸۵	۲۵/۷	۹۰	%۱۸
۴۵/۵	۲۴/۵۷	۱۲۰	
۴۵/۳۴	۲۲/۵۱	۱۵۰	

جدول ۵- شرایط تهیه کاغذ دست‌ساز منتخب

سولفیدیتته	قلیائیت فعال	درجه حرارت	زمان
۲۰ درصد	۱۴،۱۶،۱۸ درصد	۱۷۰ درجه سانتیگراد	۱۵۰ دقیقه

بازده خمیر کاغذ نشان داد که با افزایش درصد قلیائیت فعال، بازده خمیر کاغذ کاهش می‌یابد افزایش غلظت یون هیدروکسید، همزمان با افزایش قلیائیت فعال در مایع پخت باعث تجزیه و تخریب بیشتر لیگنین می‌شود. یون هیدروکسید با لیگنین واکنش داده و سبب انحلال آن می‌گردد و این یک واکنش مطلوب محسوب می‌شود. از جمله واکنش‌های دیگری که همزمان رخ می‌دهد می‌توان به واکنش‌های تخریب تدریجی زنجیره سلولز اشاره کرد که یک واکنش نامطلوب محسوب می‌شود و منجر به انحلال همی‌سلولزها، کوتاه شدن طول زنجیر سلولزی، کاهش بازده و کاهش مقاومت‌های مختلف کاغذ می‌گردد [۱۸] (شکل ۳).

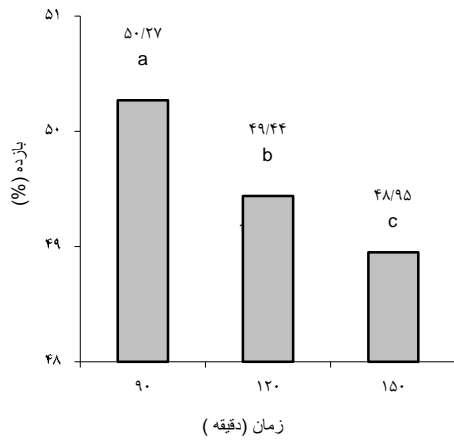
نتایج بررسی آماری عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز نشان داد که بین عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقایسه میانگین عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه با استفاده از آزمون دانکن، نشان می‌دهد که در شرایط یکسان پخت عدد کاپای خمیر کاغذ تنه در مقایسه با شاخه، کمتر می‌باشد (شکل ۴). در مورد درخت آکاسیا مولیسیکا نیز عدد کاپای شاخه از تنه بیشتر می‌باشد. همچنین اثر مستقل زمان پخت و قلیائیت فعال بر عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز در سطح یک درصد معنی‌دار است. گروه‌بندی میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز نشان می‌دهد که با افزایش درصد قلیائیت فعال، عدد کاپا کاهش می‌یابد که علت آن غلظت بیشتر یون هیدروکسید و در نتیجه افزایش سرعت واکنش‌های لیگنین‌زدایی است (شکل ۵). گروه‌بندی اثر مستقل زمان پخت بر عدد کاپا نشان می‌دهد که با افزایش زمان پخت، عدد کاپای خمیر کاغذ کاهش می‌یابد. افزایش زمان پخت و تداوم واکنش‌های لیگنین‌زدایی باعث کاهش عدد کاپای خمیر کاغذ می‌شود (شکل ۶).

مقایسه ترکیبات شیمیایی تنه و شاخه ممرز نشان می‌دهد که میزان سلولز چوب تنه بیشتر از چوب شاخه و میزان لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر چوب تنه کمتر از چوب شاخه می‌باشد. شاخه‌های پهن‌برگان به طور معمول دارای چوب واکنشی می‌باشد. چوب واکنشی در پهن‌برگان از نوع چوب کششی است [۷] و دارای مقدار سلولز بیشتر و لیگنین کمتر نسبت به چوب تنه نرمال می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود که میزان سلولز چوب شاخه نسبت به چوب تنه بیشتر باشد. از آنجا که در این پژوهش قطر تنه نمونه‌برداری شده در حدود ۱۵ سانتیمتر بوده در واقع جوان چوب محسوب می‌گردد و معمولاً درختانی پهن‌برگ که در مرحله جوان چوبی نمونه‌برداری می‌شوند نیز دارای چوب کششی می‌باشند [۶ و ۸]. بنابراین به همان اندازه که در شاخه چوب واکنشی وجود دارد، چوب تنه نیز دارای چوب واکنشی خواهد بود که به تناسب وجود چوب واکنشی در شاخه و تنه گونه مورد مطالعه بازده خمیر کاغذ حاصل را متاثر می‌سازد. در صورتی که از تنه‌های با قطرهای بیشتر برای خمیرسازی استفاده شود، انتظار می‌رود که از میزان چوب جوان و کششی تنه کاسته شود و در نتیجه بازده خمیر کاغذ شاخه با تنه قابل مقایسه شود.

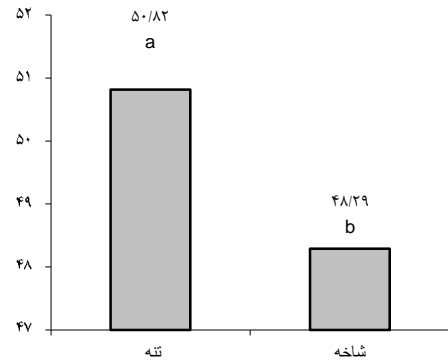
بازده خمیر کاغذ چوب تنه درخت آکاسیا مولیسیکا نسبت به شاخه‌های آن بیشتر است و مشابه گونه ممرز مورد مطالعه است. همچنین بازده خمیر کاغذ شاخه‌های صنوبر لرزان ۸۵-۹۵٪ تنه اصلی می‌باشد. اما برای گل ابریشم بازده خمیر کاغذ شاخه از خمیر کاغذ تنه بیشتر است.

اثر مستقل قلیائیت فعال و زمان پخت بر روی بازده خمیر کاغذ در سطح یک درصد معنی‌دار است ولی اثر متقابل آنها معنی‌دار نمی‌باشد. گروه‌بندی میانگین‌های اثر مستقل زمان پخت بر بازده خمیر کاغذ نشان داد که با افزایش زمان پخت، بازده خمیر کاغذ کاهش می‌یابد که علت این امر تداوم واکنش‌های پخت و تخریب بیشتر لیگنین و پلی‌ساکاریدها در زمان پخت بیشتر می‌باشد (شکل ۲).

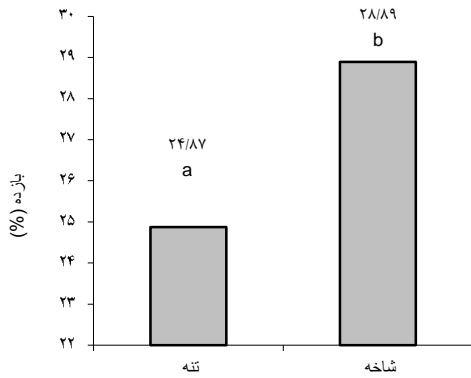
گروه‌بندی میانگین‌های اثر مستقل قلیائیت فعال بر روی



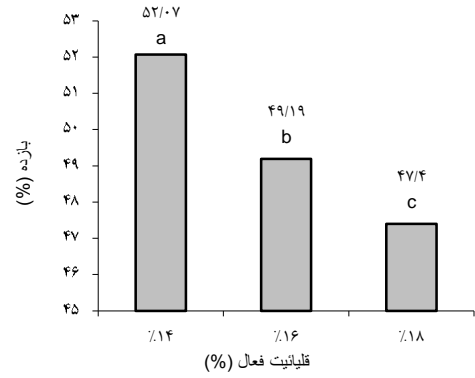
شکل ۲- اثر مستقل زمان بر بازده خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز



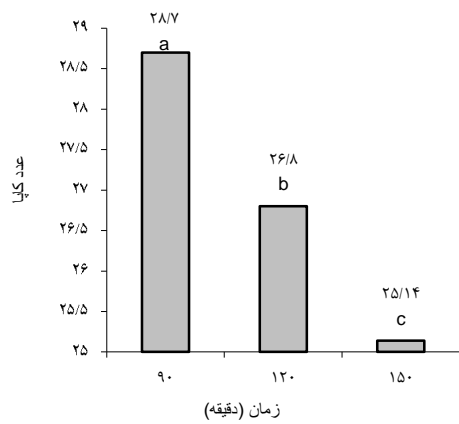
شکل ۱- مقایسه بازده خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز



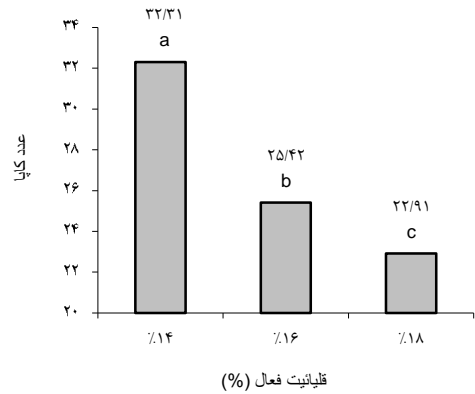
شکل ۴- مقایسه عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز



شکل ۳- اثر قلیائیت فعال بر بازده خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز



شکل ۶- تاثیر زمان بر عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز



شکل ۵- تاثیر قلیائیت فعال بر عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز

پخت قلیائیت فعال ۱۸ درصد و زمان ۹۰ دقیقه در یک گروه قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری بین عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه وجود ندارد.

خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذ

دانسیته

آزمون تجزیه واریانس دانسیته کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز نشان داد که بین مقادیر دانسیته کاغذ تنه و شاخه در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. آزمون دانکن، میانگین دانسیته کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز در دو گروه مجزا قرارداد، به گونه‌ای که کاغذ حاصل از چوب تنه دارای دانسیته بیشتری نسبت به کاغذ چوب شاخه می‌باشد (جدول ۶).

اثر متقابل نوع چوب، زمان و قلیائیت فعال نشان می‌دهد که خمیر کاغذ تنه ممرز تهیه شده در شرایط پخت قلیائیت فعال ۱۸ درصد و زمان‌های پخت ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه و قلیائیت فعال ۱۶ درصد و زمان پخت ۱۵۰ دقیقه با کمترین عدد کاپا در گروه A قرار گرفته است. خمیر کاغذ چوب شاخه با قلیائیت فعال ۱۴ درصد و زمان پخت ۹۰ دقیقه با بیشترین عدد کاپا در گروه G قرار گرفت که این تفاوت را می‌توان به مقادیر بیشتر لیگنین و مواد استخراجی چوب شاخه نسبت داد. همچنین بررسی این اثر نشان می‌دهد که عدد کاپای خمیر کاغذ تنه در شرایط پخت سولفیدته ۲۰ درصد، قلیائیت فعال ۱۸ درصد و زمان ۱۵۰ دقیقه و خمیر کاغذ شاخه در شرایط

جدول ۶- آزمون دانکن دانسیته خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز در سطح احتمال یک درصد

نوع چوب	دانسیته (g/cm ³)	گروه بندی
تنه	۰/۵۸۳	A
شاخه	۰/۵۳۲	B

همچنین اثر مستقل قلیائیت فعال بر مقاومت‌های نامبرده کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه در سطح یک درصد معنی‌داری می‌باشد.

آزمون دانکن، میانگین مقادیر مقاومت کششی، شاخص مقاومت به پارگی و طول پاره‌شدن کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز در دو گروه مجزا قرار داد، به گونه‌ای که کاغذ حاصل از چوب تنه دارای مقاومت کششی، مقاومت به پارگی و طول پاره‌شدن کاغذ بیشتری نسبت به کاغذ شاخه ممرز می‌باشد (جدول ۷ تا ۹).

خواص مکانیکی

ویژگی‌هایی از الیاف که به توسعه پیوند بین الیاف کمک می‌کند برای خمیر کاغذ پهن برگان بسیار مهم است [۱۹]. آزمون تجزیه واریانس مقاومت کششی، شاخص مقاومت به پارگی و طول پاره‌شدن کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز نشان داد که بین مقادیر مقاومت کششی و شاخص مقاومت به پارگی و طول پاره‌شدن کاغذ تنه و شاخه ممرز در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۷- آزمون دانکن شاخص مقاومت کششی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز

نوع چوب	شاخص مقاومت کششی (Nm/g)	گروه بندی
تنه	۸۱/۳۰	A
شاخه	۷۵/۵۶	B

جدول ۸- آزمون دانکن شاخص مقاومت به پارگی کاغذ دست ساز تنه و شاخه ممرز

نوع چوب	شاخص مقاومت به پارگی (mNm ² /g)	گروه بندی
تنه	۱۴/۲۲۲	A
شاخه	۱۲/۵۴۷	B

جدول ۹- آزمون دانکن طول پاره شدن کاغذ دست ساز تنه و شاخه ممرز

نوع چوب	میانگین شاخص طول پاره شدن (km)	گروه بندی
تنه	۸/۲۸	A
شاخه	۷/۷۰	B

کولپس شوند و انعطاف پذیری الیاف بیشتر شود و سطوح پیوند بین الیاف افزایش یابد [۱۹]. بازده بیشتر خمیر کاغذ تنه سبب افزایش خلل و فرج خمیر کاغذ و مقاومت کششی بیشتر می شود که ناشی از آسیب پذیری کمتر الیاف می باشد [۱۸]. نرمه ها نیز بر روی مقاومت کششی و مقاومت ترکیبگی خمیر کاغذ تاثیرگذار است و میزان بیشتر نرمه های خمیر کاغذ شاخه سبب کاهش مقاومت کششی و ترکیبگی می شود [۱۹].

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر مقاومت کششی، شاخص مقاومت به پارگی و طول پارگی کاغذ نشان داد که این مقادیر در دو گروه مجزا قرار دارند. همان طور که در جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ مشاهده می شود، مقاومت کششی و شاخص مقاومت به پارگی و طول پارگی کاغذ تنه و شاخه ممرز در سطح قلیائیت فعال ۱۸ و ۱۶ درصد در یک گروه قرار گرفته اند و تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

مقاومت به پارگی خمیر کاغذ به طور اولیه متاثر از طول الیاف است. طول بیشتر الیاف تنه ممرز دلیل مقاومت به پارگی بیشتر خمیر کاغذ نسبت به شاخه می باشد [۱۹]. از سوی دیگر ضخامت دیواره الیاف تنه ممرز نسبت به شاخه بیشتر است که منجر به افزایش خمیدگی^۱ و تغییر شکل^۲ بیشتر الیاف تنه نسبت به شاخه می شود و باعث افزایش مقاومت به پارگی خمیر کاغذ تنه می شود [۱۸]. همانگونه که در مورد اکاسیا مولیسیکا دیده می شود ضخامت کمتر الیاف شاخه نسبت به تنه دلیل کاهش مقاومت به پارگی خمیر کاغذ شاخه نسبت به تنه می باشد.

مقاومت کششی و ترکیبگی خمیر کاغذ دو ویژگی مهمی است که به مقدار زیادی به پیوند بین الیاف وابسته می باشد که متاثر از طول الیاف و ضخامت دیواره سلولی می باشد. افزایش نسبت طول به ضخامت دیواره سلولی الیاف سبب می شود که الیاف در حین پالایش بیشتر

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر شاخص مقاومت کششی خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز با استفاده از آزمون دانکن

قلیائیت فعال	شاخص مقاومت به کشش (Nm/g)	گروه بندی
٪۱۸	۸۱/۵۰	A
٪۱۶	۸۰/۰۱	A
٪۱۴	۷۳/۵۶	B

¹ Curl² Deformation

جدول ۱۱ - مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال با استفاده از آزمون دانکن بر شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز

گروه بندی	شاخص مقاومت به پارگی (mNm ² /g)	قلیائیت فعال
A	۱۳/۷۵۶	٪۱۸
A	۱۳/۷۲۵	٪۱۶
B	۱۲/۹۴۰	٪۱۴

جدول ۱۲ - مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر طول پاره شدن خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز با استفاده از آزمون دانکن

گروه بندی	طول پاره شدن (km)	قلیائیت فعال
A	۸/۳۰	٪۱۸
A	۸/۱	٪۱۶
B	۷/۵۰	٪۱۴

سطح یک درصد بین مقاومت به ترکیدن کاغذ تنه و شاخه ممرز اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین بین مقاومت به ترکیدن کاغذ تنه و شاخه در سطوح مختلف قلیائیت فعال اختلاف معنی داری وجود دارد که بیانگر تاثیر قلیائیت فعال بر روی مقاومت به ترکیدن می باشد (جدول ۱۳).

نتایج حاصل از شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز تنه و شاخه ممرز تحت تاثیر مستقل قلیائیت فعال نشان داد که این مقادیر در سه گروه مجزا قرار دارند (جدول ۱۴). همانند آن چیزی است که در ممرز مشاهده می شود در مورد صنوبر نیز بین مقاومت پارگی و طول پاره شدن خمیر کاغذ شاخه و تنه تفاوت اندکی وجود دارد، ولی مقاومت به ترکیدگی خمیر کاغذ شاخه ها به طور قابل ملاحظه ای کمتر از خمیر کاغذ تنه می باشد.

تحقیقات نشان داده است انعطاف پذیری الیاف تاثیر بیشتری از مقاومت فیبر بر روی مقاومت به پارگی دارد [۱۸]. با افزایش قلیائیت فعال مقدار لیگنین باقیمانده خمیر کاغذ کاهش می یابد و منجر به انعطاف پذیری بیشتر الیاف می شود در نتیجه الیاف در حین پالایش بیشتر فیبریله می شوند و سطوح تماس و پیوند بین الیاف افزایش می یابد و مقاومت خمیر کاغذ افزایش می یابد. به نظر می رسد که تاثیر پالایش با کاهش عدد کاپا بر روی افزایش مقاومت کششی و پارگی خمیر کاغذ شاخه بیشتر بوده است به گونه ای که در سطح قلیائیت فعال ۱۶ و ۱۸ درصد مقاومت کششی و پارگی خمیر کاغذ تنه و شاخه در یک گروه قرار می گیرد.

آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ دست ساز تنه و شاخه ممرز نشان می دهد که در

جدول ۱۳ - آزمون دانکن شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز

گروه بندی	شاخص مقاومت به ترکیدن (Kp m ² /g)	نوع چوب
A	۶/۵۹۰	تنه
B	۶/۳۱۹	شاخه

جدول ۱۴ - مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر شاخص مقاومت به ترکیدگی خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز با استفاده از آزمون دانکن

گروه بندی	شاخص مقاومت به ترکیدگی (Kp m ² /g)	قلیائیت فعال
A	۷/۵۱۲	٪۱۸
B	۶/۳۰۱	٪۱۶
C	۵/۵۵۰	٪۱۴

روشنی

تجزیه واریانس روشنی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز نشان داد در سطح احتمال یک درصد بین روشنی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین روشنی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز در سطوح مختلف قلیائیت فعال در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین روشنی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه، روشنی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه را در دو گروه مجزا قرار داد (جدول

۱۵). روشنی کاغذ دست‌ساز تنه بیشتر از روشنی کاغذ دست‌ساز شاخه می‌باشد. مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر روشنی با استفاده از آزمون دانکن (جدول ۱۶)، روشنی کاغذ دست‌ساز تهیه شده را در سه گروه مجزا قرار داد. به گونه‌ای که خمیر کاغذ تولید شده در سطح قلیائیت فعال ۱۸ درصد دارای بیشترین روشنی در گروه A و خمیر کاغذ تولید شده در سطح قلیائیت فعال ۱۴ درصد با کمترین روشنی در گروه C قرار گرفته است.

جدول ۱۵- آزمون دانکن روشنی خمیر کاغذ تنه و شاخه ممرز

نوع چوب	روشنی (%)	گروه بندی
تنه	۲۰/۴۱	A
شاخه	۱۹/۴۷	B

جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر مستقل قلیائیت فعال بر روشنی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز با استفاده از آزمون دانکن

قلیائیت فعال	روشنی (%)	گروه بندی
٪۱۸	۲۰/۹۰	A
٪۱۶	۱۹/۸۴	B
٪۱۴	۱۹/۰۷	C

نتیجه‌گیری

مقایسه بازده خمیر کاغذ چوب تنه و شاخه ممرز نشان داد که در شرایط خمیرسازی مشابه، میانگین بازده خمیر کاغذ تنه ممرز بیشتر از بازده خمیر کاغذ شاخه آن می‌باشد. بازده بیشتر چوب تنه را می‌توان به مقدار سلولز بیشتر آن نسبت داد، همچنین بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که میزان عناصر آوندی و اشعه‌ای چوب شاخه بیشتر از چوب تنه می‌باشد [۳ و ۱۳]. این سلول‌ها در طی مراحل خمیرسازی و شستشو از خمیر کاغذ حذف می‌شوند و می‌توان از آن به عنوان عامل تاثیرگذار بر کاهش بازده خمیر کاغذ شاخه نسبت به تنه نام برد.

مقایسه عدد کاپای خمیر کاغذ تنه و شاخه نشان داد که در شرایط یکسان پخت، عدد کاپای خمیر کاغذ تنه در مقایسه با خمیر کاغذ شاخه کمتر می‌باشد. که به دلیل مقدار لیگنین بیشتر چوب شاخه نسبت به چوب تنه

می‌باشد. از سوی دیگر مقدار بیشتر مواد استخراجی چوب شاخه نسبت به چوب تنه سبب مصرف بیشتر مواد شیمیایی فعال در مایع پخت در شروع فرایند خمیرسازی می‌شود و مقدار واکنش‌های لیگنین‌زدائی چوب شاخه ضعیف می‌شود و در پایان پخت مقدار لیگنین باقیمانده افزایش می‌یابد. مقایسه ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه ممرز نشان داد که مقاومت‌های مختلف کاغذ دست‌ساز چوب تنه نسبت به شاخه بیشتر است که می‌توان ناشی از طول بلندتر الیاف چوب تنه دانست اما با افزایش قلیائیت فعال و کاهش عدد کاپا مقاومت به پارگی و مقاومت کششی کاغذ دست‌ساز تنه و شاخه در یک گروه قرار می‌گیرد و تفاوت معنی‌داری بین مقاومت به پارگی و مقاومت کششی کاغذ تنه و شاخه وجود ندارد که می‌توان ناشی از اثرات متفاوت پالایش در افزایش مقاومت کاغذ دانست [۱۵ و ۱۶]. همچنین روشنی

شرایط خمیرسازی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و می‌توان از شاخه‌ها علیرغم طول کوتاه‌تر الیاف، با انتخاب شرایط مناسب پخت و پالایش تا حدی به عنوان جانشین ماده اولیه صنایع کاغذسازی استفاده کرد. در نهایت آنچه که در ارتباط با هدف این تحقیق مهم است این است که ویژگی‌های خمیر کاغذ شاخه به طور مناسبی با خمیر کاغذ تنه قابل مقایسه است.

کمتر خمیر کاغذ شاخه نسبت به تنه را می‌توان به مقدار بیشتر لیگنین و مواد استخراجی چوب شاخه نسبت داد. به هر حال با توجه به اینکه مقدار لیگنین باقیمانده خمیر کاغذ تنه و شاخه در شرایط پخت سولفیدته ۲۰ درصد، قلیائیت فعال ۱۸ درصد و دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند و دارای کمترین عدد کاپا نسبت به دیگر شرایط پخت می‌باشند، همچنین میان اکثر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ تنه و شاخه در این

مراجع

- [1] Bowyer, J. L., Shmulsky, R. and Haygreen, J. 2002. Forest product and wood science as an introduction. 558p.
- [2] Castillo, SV. A., 2002. Potentials of branch wood pulp from selected plantation: Moluccan sau (Paraseria(L),Nielsen). San Miguel Corporation Professorial chair Lecture. Philippines.21p.
- [3] Castillo, SV. A., 2003. Characterization of the branch wood pulp from bagras (*Eucalyptus deglupta* Bl.). San Miguel Corporation Professorial chair Lecture. Philippines.11p.
- [4] Chase, J.A., Hyland, F. and Young, H.E., 1973. The Commercial Use of Pucker brush pulp. Tech. Bul. 65. main agri experiment station. University of Main at Orono. 56p.
- [5] Einspahr, W.D. 1976. The influence of short- rotation forestry on pulp and paper quality. II. Short rotation hardwood. Tappi. 59(11): 63-66.
- [6] Fellegi, J., Janci, J., and Chovance, D., 1974. Pulping and papermaking proper ties of softwood and hardwood branches. In: symp.int.Eucepa,Madrid, P203-213.
- [7] Horn, R. A. 1978. Morphology of pulp fiber from hardwoods and influence on paper strength. United States department of agriculture. Forest Product Laboratory. Research paper Fpl 312.
- [8] Hunt, K. and Keays, J. L., 1973. Kraft pulping of trembling aspen tops and branches, Canadian journal of forest Research 3(4): 535-542.
- [9] Koopmans, A. and Koppejan, J., 1997. Agricultural and forest residues generation, utilization and availability. Regional consultation on modern applications of biomass energy. Malaysia. 23p.
- [10] Mahdavi, S. and Habibi, M.R., 2004. Comparative investigation on fiber dimension of trunk and branch wood of *Carpinus betulus* L. Iranian Journal of Wood And Paper Science Research 19(2): 243-258.
- [11] Michaud, C.F. and Smith, D.C., 1964. Chemical and physical properties of sulfate from various portions of deciduous tree. M.S. dissertation. 150p.
- [12] Murakami, K. and Yoshino, D., 1985. A Fundamental study on whole- tree pulping of *Acacia mollissima* wild. Bulletin of Kyoto University Forests 56: 261-266.
- [13] Phelps, J.E., Isebrands, J.G. and Jowett, D., 1982. Raw material quality of short-rotation cultured populus clones.I.A comparison of stems and branch properties at three spacings. IAWA Bulletin 3:193-200
- [14] Samariha, A. and Kiaei, M., 2011. Chemical composition properties of stem and branch in wood. Middle East Journal of scientific Research 85(8):967-970.

- [15] Samariha, A., Kiaei, M., Taleipour, M. and Nemati, M., 2011. Anatomical differences between branch and trunk in *Ailanthus altissima* wood 4(12):1676-1678.
- [16] Stockke, D. D. and Manwiller, F.G., 1994. Properties of wood element in stem, branch, and root wood of Black oak (*Quercus velutina*), IAWA Journal 15:3.301-310.
- [17] Yue, J., Huang, X., Wang, H. and Lu, W., 2010. A new method for the pulping of aspen branchwood, Advanced Material Research 113-116:847-853
- [18] Zobel, B.G. and Buijtenen, P., 1989. Wood variation, its causes and control, springer- Verlag, Germany. 348p.
- [19] Wathen, R., 2006. Studies on fiber strength and its effect on paper properties. PhD thesis, Department of forest products Technology, Helsinki University, 98p.

The Comparison of Kraft Pulp Properties from Stem and Branchwood of Hornbeam

Abstract

The utilization of tree branches as potential resource of fibers, that can be supply raw materials for pulp and paper industries, additionally, increases the productivity of tree. This research was done in order to compare pulp and paper properties from branch wood and stem wood and feasibility utilization that in pulp and paper industries. Stem and branch wood samples of hornbeam with mean diameter about 15 cm were obtained from Shastkolateh educational forest (Gorgan). The measurement of fibers was done with using Franklin method and light microscopic and chemical compositions were determined according to TAPPI test methods. The Kraft pulps from stem and branch wood were prepared under constant condition include sulfidity 20%, Max temp 170°C and Liquor to wood ratio 5/1 and variable condition include active alkali 14%, 16% and 18%, and cooking time of 90, 120 and 150 min. Ultimately mechanical properties of Handsheet were measured according TAPPI test method The statistical analysis of results indicated that independent effects of wood, active alkali, and time were significant on pulp yield and Kappa number. Comparing the pulp yield and Kappa number means were showing that yield of stem wood pulp is higher than branch wood and its kappa number is less. Analysis mechanical properties on stem and branch wood Hand sheets showed that mechanical properties of Hand sheet from stem wood are higher than branch wood. There is none meaningful difference between the most mechanical properties hand sheets of stem and branch wood, that produced under cooking condition include sulfidity 20%, active alkali 18% and cooking time 150 min. therefore this condition would suggest for simultaneous cooking branch and stem wood

Keywords: Hornbeam, Kraft Pulp, Stem wood, Branch wood

E. Pouryazdian^{1*}
A.R. Saraeian²
M.R. Dehghani Firouzabadi²

¹M.Sc. holder, ²Associate Professor, Department of wood and paper, faculty of Natural Resources, Gorgan University.

Corresponding author:
eporyazdian@yahoo.com

Received: 2012.07.09
Accepted: 2013.07.20