

## تأثیر سن درخت کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*) منطقه کلان بر ترکیبات شیمیایی و خواص خمیر کاغذ کرافت آن

\* سید ضیا الدین حسینی و مژده مشکور

به ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۸۴/۱۱/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۸/۶

### چکیده

چوب درختان کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*) مورد استفاده در این بررسی از جنگل کاری کلان واقع در استان گلستان بدست آمد. میانگین طول الیاف تنه درختان سه و شش ساله در سطح ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار داشتند و هر دو چوب طبق فرمول شیوکورا<sup>۱</sup> جوان چوب بودند. مواد استخراجی در دو تنه ۳ و ۶ ساله به ترتیب ۴/۸۴ درصد و ۵/۶۶ درصد بدست آمد که بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما مقدار خاکستر در دو تنه متفاوت و در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. مقدار لیگنین از چوب سه به شش ساله سیر نزولی داشت که به مقدار ۴/۵۱ درصد کاهش نشان می‌داد، در حالی که تغییرات سلولز برعکس بود یعنی با اضافه شدن سن چوب به مقدار ۱۴/۲۷ درصد افزایش داشته است. با ثابت نگهداشتن سولفیدیت به مقدار ۲۵ درصد برای هر دو چوب و همچنین دیگر شرایط پخت در تهیه خمیر کاغذ کرافت، افزایش زمان پخت به مدت ۳۰ دقیقه در بازده خمیر دو چوب اختلاف معنی‌داری پدید نیامده است. افزایش تدریجی در مقدار قلیائیت موثر در مراحل تهیه خمیر به مراتب مؤثرتر از افزایش تدریجی زمان بوده است. مناسب‌ترین زمان پخت برای گروه سنی سه ساله با بازده ۴۳/۴۳ درصد و عدد کاپای ۲۹/۱۶ زمان ۶۰ دقیقه و برای گروه سنی شش ساله با بازده ۴۲/۵۳ درصد و عدد کاپای ۲۷/۶۴ مدت زمان ۹۰ دقیقه به دست آمد. مقایسه آماری بین بازده دو خمیر کاغذ حاصل از چوب درختان سه و شش ساله نشان داد که در سطح ۱ درصد بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود نداشته است، بنابراین خمیر چوب ۳ ساله به دلیل داشتن ۱ درصد بازده بیشتر و همچنین ۳۰ دقیقه مدت زمان پخت کمتر به عنوان خمیر مناسب قابل رنگبری انتخاب گردید.

**واژه‌های کلیدی:** مواد استخراجی، سلولز، لیگنین، خمیر کرافت، بازده، سولفیدیت

### مقدمه

اگرچه رویشگاه کاج بروسیا مدار بین ۳۲ تا ۴۵ درجه عرض شمالی و ۱۵ تا ۴۵ درجه طول شرقی ذکر شده است اما در بخش‌های مدیترانه‌ای کشور ترکیه بخوبی

می‌روید (۳۰-۲۳/۵ درجه عرض جغرافیایی) این گونه در مناطق غرب دریای سیاه، مرمره، اژه و دریای مدیترانه پراکنش داشته، ارتفاع بهینه از سطح دریا برای آن در منطقه مدیترانه از ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر ذکر گردیده

\* - مسئول مکاتبه: zihoss@yahoo.com

است که گونه‌ای متعلق به شرق دریای مدیترانه می‌باشد. البته در نقاط دیگر که سرمای زیر صفر ندارند قابل مشاهده می‌باشد. از نظر نیازهای خاکی، گونه‌ای است کم توقع که در خاک‌های آهکی و سنگلاخی و یا در اراضی شنی مناطقی که دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم و خشک هستند رشد می‌کند و رشد آن بویژه در جوانی سریع می‌باشد (دستمالچی، ۱۳۷۰). از دیگر نقاطی که این درخت بخوبی رشد می‌کند کشور کنیا می‌باشد. یکی از تحقیقاتی که در این کشور بر روی این درخت صورت گرفته اثر سن درخت بر روی خواص خمیر کاغذ آن بوده که در این پژوهش چهار گروه سنی ۷، ۱۲، ۱۵ و ۲۳ ساله انتخاب و خمیر کاغذ تهیه گردید، سپس درجه روانی خمیر را به مقدار ۵۰۰ CSF رسانده و از آن کاغذ ساخته شد که در بین کاغذها از همه مطلوب‌تر کاغذ حاصل از چوب گروه سنی ۷ ساله بود که ضمن حفظ مقاومت‌های بهتر در بالاترین بازده (۵۲/۴ درصد) کمترین عدد کاپا (۴۵) را دارا بوده است. در بررسی دیگر بازده و عدد کاپای خمیر کرافت جوان چوب حاصل از چوب داگلاس فیر (*Pseudotsuga mensiesii*) به مراتب کمتر از خمیر کامل چوب آن بیان شده است و در ادامه آن به رویشگاه اشاره گردیده و از آن به‌عنوان عامل تأثیر گذارنده بر روی مشخصات خمیر بدست آمده یاد شده است (واتسون و همکاران، ۲۰۰۵). در تحقیقی دیگر توسط سرممتوگلو و همکاران (۱۹۶۸)، متوسط ماده خشک تولید شده در هکتار برای رویشگاه‌های خوب، متوسط و ضعیف به ترتیب ۰/۹۷۷، ۰/۷۷۵ و ۰/۶۲۴ تن چوب اعلام شده است.

مواد استخراجی جزء مواد تشکیل‌دهنده دیواره سلول نمی‌باشند و در سلول‌های پارانشیمی، اشعه و کانال‌های رزینی به وفور یافت می‌شود. مقادیر ناچیز مواد استخراجی را می‌توان در تیغه میانی فاصله بین دیواره سلولی تراکتید و فیبرهای دیگر مشاهده نمود (فنجل و وگنر، ۱۹۸۹). مواد استخراجی در ریشه، شاخه، درون چوب و بخش‌های زخمی درخت بیش از سایر نقاط قابل

ملاحظه می‌باشد. نوع مواد استخراجی می‌تواند در شناسایی گونه‌هایی که شباهت زیادی به یکدیگر دارند مؤثر باشد. مقدار مواد استخراجی در هر چوب با بازده و شفافیت خمیر کاغذ همبستگی مستقیم دارد که با افزایش آن از مقدار بازده و شفافیت خمیر کاسته می‌شود و در پخت‌های قلبایی موجب مصرف بیش از حد مایع پخت می‌شود (۶). جرم ویژه بنیادی چوب کاج بروسیا سه ساله (کامل‌اً جوان چوب) روئیده شده در مصر ۰/۵۲gr/cm<sup>۳</sup> آلفا سلولز ۵۱/۷ درصد، لیگنین ۲۶/۲ درصد، همی سلولز ۲۷/۴ درصد و مواد استخراجی ۴/۵ درصد بیان گردیده است (کنديل و همکاران، ۲۰۰۳). از مشخصات جوان چوب تغییرات سریع ساختار و ترکیبات شیمیایی آنست (توسومیس، ۱۹۶۹). خمیر کاغذ حاصل از جوان چوب و کامل چوب داگلاس (*Pseudotsuga mensiesii*) با یکدیگر متفاوت بوده بطوری‌که برای رسیدن به عدد کاپای مشابه در هر دو خمیر، بخش جوان چوب نیاز به فاکتور H کمتری داشته است (۱۰). الیاف جوان چوب در مقام مقایسه با کامل چوب به هنگام پالایش برای ساختن کاغذ کمتر در معرض شکسته شدن قرار می‌گیرند و نرمه کمتری تولید می‌کنند (کورسون، ۲۰۰۲).

در تحقیقات دروست و همکاران (۲۰۰۳) بر روی پنج گونه سوزنی برگ اظهار می‌شود که الیاف خمیر جوان چوب به علت ریزی و طول کمتر از قابلیت پالایش شدن بهتری برخوردار می‌باشد، اما کامل چوب به‌علت داشتن الیافی بلندتر از مقاومت به پاره شدن بهتری برخوردار است. هدف از این بررسی تحقیق در اثر سن (۳ و ۶ سال) درخت کاج بروسیا کاشته شده در منطقه کلاله که هر دو از جوان چوب به حساب می‌آیند بر روی ترکیبات شیمیایی و بازده خمیر کاغذ کرافت آن می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

با استفاده از نقشه جنگل‌کاری کلاله واقع در استان گلستان یک منطقه در غدنه در نظر گرفته شد با این ویژگی‌ها: ارتفاع از سطح دریا ۴۵۰ متر، خاک لسی (رس

استفاده شد. برای هر بار پخت از ۱۰ گرم خرده چوب بر مبنای وزن خشک استفاده گردید که قلیائیت‌های ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد، سولفیدیت‌ها ۲۵ درصد، حرارت ثابت ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و نسبت خرده چوب به مایع پخت یک به پنج اجرا شد. برای تعیین عدد کاپای خمیر از استاندارد T236 Om-85 و برای تعیین مرز بین جوان چوب و کامل چوب از فرمول شیوکورا استفاده گردید. روش آماری مورد استفاده آزمون T و آزمون فاکتوریل به روش طرح کاملاً تصادفی بوده است.

### نتایج و بحث

طول الیاف که نقش عمده در تعیین مقاومت کاغذ دارد برای درختان سه ساله ۱/۴۲ و برای درختان ۶ ساله ۲/۲۰ میلی‌متر بدست آمد. همانطوری که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، با دو برابر شدن سن درخت، طول الیاف به مقدار ۶۴/۵ درصد افزایش یافته است. با توجه به فرمول شیوکورا در روند سیر صعودی الیاف اگر اختلاف آنها در دو حلقه مجاور کمتر از یک درصد شود آن نقطه مرز بین جوان چوب و کامل چوب تلقی می‌شود بنابراین، با قیاس میانگین طول الیاف دو تنه (۳ و ۶ ساله)، ملاحظه می‌شود که صد درصد جوان چوب را در بردارند.

مخلوط با شن)، متوسط بارندگی سالانه از ۳۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر و حداکثر و حداقل حرارت به ترتیب ۳۸ و ۵ درجه سانتی‌گراد بود. از درختان سالم و بدون آثار مریضی ۳ اصله درخت سه ساله و ۳ اصله درخت ۶ ساله انتخاب، قطع و به آزمایشگاه دانشکده جنگلداری و فنآوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شد. از هر تنه قطع شده یک گرده بینه به طول ۱/۲۰ متر از سمت کنده جدا (روی هم ۳ عدد) و برای کارهای بعدی مورد استفاده قرار گرفت. از سر هر گرده بینه یک دیسک به ضخامت ۳ سانتی‌متر برای وابری و همچنین برای تهیه خرده چوب یا چیپس و آنالیز شیمیایی یک دیسک به ضخامت ۵ سانتی‌متر بریده شد. برای وابری الیاف از روش فرانکلین استفاده شد. از هر بخش وابری شده به تعداد ۳۰ رشته الیاف سالم اندازه‌گیری گردید. در تهیه خمیر کاغذ پس از تهیه خرده چوب یا چیپس از هر دیسک مربوط به هر تنه، با هم مخلوط گردیدند و از مخلوط برای کارهای بعدی استفاده شد. برای آنالیز شیمیایی و تهیه خمیر کاغذ از استاندارد آئین‌نامه تاپی<sup>۱</sup> استفاده گردید. برای تعیین مواد استخراجی از استاندارد T264 Om-88، لیگنین T22om-88، سلولز T264 Om-88 و خاکستر T211 Om-93

جدول ۱- تغییرات طول الیاف در درختان کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*) ۳ و ۶ ساله منطقه کلالة.

میانگین طول الیاف درختان (mm)		تکرار
۶ ساله	۳ ساله	
۲/۰۸	۱/۴۲	۱
۲/۳۰	۱/۳۷	۲
۲/۲۳	۱/۴۸	۳
۲/۲۰	۱/۴۲	میانگین
۰/۰۹	۰/۰۴	انحراف از معیار
۴/۱۷	۳/۱۶	ضریب تغییرات درصد

جدول ۲- درصد ترکیبات شیمیایی چوب ۳ و ۶ ساله کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*)، منطقه کلاله.

سن چوب (سال)		مشخصات
۶	۳	
۵/۶۶	۴/۸۴	درصد مواد استخراجی
۰/۴۹	۰/۵۹	درصد خاکستر
۲۸/۳۳	۲۹/۶۷	درصد لیگنین
۵۷/۱۶	۴۹	درصد سلولز

۲۰/۱۲ درصد و از عدد کاپا ۳۹/۷۲ درصد کم شده است. برای مدت زمان پخت ۹۰ دقیقه با حفظ سایر شرایط و تغییر قلیائیت مؤثر از ۱۶ به ۲۰ درصد به ترتیب از مقدار بازده ۲۲/۴۳ درصد و از عدد کاپا ۴۱/۵۶ درصد کاسته گردیده است و بالاخره در زمان پخت ۱۲۰ دقیقه از مقدار بازده و عدد کاپا به ترتیب ۲۲/۶۵ و ۴۴/۱۱ درصد کاسته شده است (جدول ۳). در اندازه‌گیری‌های مشابه برای چوب کاج بروسیای ۶ ساله با سولفیدیت ثابت ۲۵ درصد در زمان پخت ۶۰ دقیقه با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۶ تا ۲۰ درصد بازده ۱۱ درصد و عدد کاپا ۱۳/۶۳ درصد کاهش یافت و با حفظ شرایط قلیائیت مؤثر در پخت‌های بعدی مقدار کاهش بازده و عدد کاپا برای مدت زمان پخت ۹۰ دقیقه به ترتیب ۲۴/۸۱ درصد و ۴۳/۷۴ درصد، و برای زمان پخت ۱۲۰ دقیقه به ترتیب ۲۲/۶۵ درصد و ۴۴/۱۱ درصد بوده است (جدول ۴). با توجه به ارقام بدست آمده ملاحظه می‌شود که با افزایش زمان پخت از ۶۰ به ۱۲۰ دقیقه و افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۶ درصد تا ۲۰ درصد تغییرات بازده و عدد کاپا برای هر سه زمان پخت برای خمیر چوب کاج بروسیای سه و شش ساله ضمن کاهش مقادیر از جهت‌گیری مشابه برخوردار بوده است. به طوری که با افزایش قلیائیت مؤثر برای هر دو چوب سه و شش ساله مقادیر بازده و عدد کاپا کاهش یافته است. بنابراین در بررسی اثر مستقل سن بر بازده خمیر کاغذ، با افزایش سن درخت بازده افزایش می‌یابد. در تعیین اثر مستقل درصد قلیای فعال بر عدد کاپا، با افزایش قلیای فعال عدد کاپا کاهش می‌یابد و بالاخره اثر مستقل زمان پخت بر بازده، با افزایش زمان پخت مقدار

اگرچه مقدار مواد استخراجی در درخت سه ساله مقدار ۴/۸۴ درصد و در درخت شش ساله به مقدار ۵/۶۶ درصد بدست آمد اما در مقایسه آماری با آزمون T در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار خاکستر در چوب تنه سه و شش ساله به ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۴۹ درصد حاصل گردید که در سطح ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲). چنین به نظر می‌آید که چوب سنین کمتر به علت فعالیت بیشتر فیزیولوژیک در مقام مقایسه با چوب‌های مسن‌تر مواد معدنی بیشتری جذب می‌نمایند. اگرچه هر دو چوب جزو جوان چوب محسوب می‌شوند ولی روند تغییرات لیگنین از چوب سه ساله به شش ساله از کاهش ۴/۵۱ درصد برخوردار بوده است که منحصراً در سطح ۵ درصد بین دو چوب اختلاف معنی‌دار وجود داشت، این در حالی است که روند تغییرات درصد سلولز در چوب برعکس لیگنین بوده و با افزایش سن درخت درصد سلولز افزایش یافته است. تغییرات افزایشی سلولز از چوب سه ساله به شش ساله ۱۴/۲۷ درصد و دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده است. همانطوری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تغییرات سلولز با توجه به سن درخت از تغییرات لیگنین شدیدتر بوده است که این به چگونگی تغییرات پدید آمدن دو ماکرو ملکول در عناصر سلولی درخت مربوط می‌شود.

در تهیه خمیر کاغذ کرافت از چوب کاج بروسیای ۳ ساله با توجه به ثابت نگاه داشتن سولفیدیت به مقدار ۲۵ درصد و انتخاب مدت زمان پخت ۶۰ دقیقه با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۶ درصد به ۲۰ درصد از مقدار بازده

بازده کاهش می‌یابد. تأثیر متقابل قلیائیت مؤثر و بازده در همه حالات برای مدت زمان پخت متفاوت از ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه برای خرده چوب سه و شش ساله در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشته است. اثر مستقل مدت زمان پخت بر روی بازده به مراتب کمتر از تأثیر مستقل قلیائیت فعال بر بازده حاصل گردیده است،

بطوری‌که با افزایش مدت زمان پخت به مقدار ۳۰ دقیقه اختلاف معنی‌دار در بازده خمیرها مشاهده نگردید. اثر مستقل سن چوب (۳ و ۶ سال) بر روی بازده خمیر به ترتیب با میانگین ۴۶/۱۷ و ۵۱/۱۴ درصد در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است.

جدول ۳- تغییرات بازده و عدد کاپا در خمیر کرافت کاج بروسای (*Pinus brutia Michx.*) ۳ ساله با زمان پخت و قلیائیت مؤثر متفاوت.

مدت زمان پخت (دقیقه)			مشخصات
۱۲۰	۹۰	۶۰	
۱۶	۱۶	۱۶	درصد قلیائیت مؤثر
۵۱/۲	۵۲/۹	۵۴/۳۷	درصد بازده
۴۴/۹۳	۴۹/۱۹	۴۸/۳۸	عدد کاپا
۱۸	۱۸	۱۸	درصد قلیائیت مؤثر
۴۲/۲۳	۴۳/۵۷	۴۷/۱۷	درصد بازده
۲۸/۲۲	۳۲/۵۲	۳۹/۵۹	عدد کاپا
۲۰	۲۰	۲۰	درصد قلیائیت مؤثر
۳۹/۶	۴۱/۰۳	۴۳/۴۳	درصد بازده
۲۵/۱۱	۲۶/۹۹	۲۹/۱۶	عدد کاپا

جدول ۴- تغییرات بازده و عدد کاپا در خمیر کرافت کاج بروسای (*Pinus brutia Michx.*) ۶ ساله با زمان پخت و قلیائیت مؤثر متفاوت.

مدت زمان پخت (دقیقه)			مشخصات
۱۲۰	۹۰	۶۰	
۱۶	۱۶	۱۶	درصد قلیائیت مؤثر
۵۵/۰۰	۵۶/۵۷	۵۸/۱۷	درصد بازده
۴۷/۳۸	۴۹/۱۳	۵۰/۶۸	عدد کاپا
۱۸	۱۸	۱۸	درصد قلیائیت مؤثر
۵۰/۷	۵۲/۰۷	۵۲/۸	درصد بازده
۴۰/۲۸	۴۵/۶۳	۴۵/۷۵	عدد کاپا
۲۰	۲۰	۲۰	درصد قلیائیت مؤثر
۴۰/۶۰	۴۲/۵۳	۵۱/۸۰	درصد بازده
۲۶/۰۳	۲۷/۶۴	۴۳/۷۷	عدد کاپا

بررسی اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت بر روی بازده خمیر کاغذ با توجه به گروه‌بندی میانگین‌ها در هر دو چوب نشان داد که با افزایش میزان قلیائیت مؤثر و زمان پخت، بازده خمیر کاهش یافته است، این در حالی است که بیشترین بازده در قلیائیت مؤثر ۱۶ درصد و زمان پخت ۶۰ دقیقه به مقدار ۵۸/۱۶ درصد در کاج ۶ ساله و کمترین بازده در قلیائیت مؤثر ۲۰ درصد و مدت زمان پخت ۱۲۰ دقیقه به مقدار ۳۹/۶ درصد در کاج ۳

ساله حاصل گردیده است (جدول ۵). اثر متقابل قلیائیت و سن چوب بر روی بازده خمیر نشان داد که با افزایش قلیائیت و کاهش سن چوب از ۶ به ۳ سال بازده خمیر کاهش می‌یابد، بطوری‌که بیشترین بازده مربوط به کاج ۶ ساله با قلیائیت ۱۶ درصد و کمترین آن متعلق به کاج ۳ ساله با قلیائیت ۲۰ درصد بوده است. این اختلاف به دلیل درصد بالای سلولز درخت ۶ ساله می‌باشد.

جدول ۵- اثر متقابل سن چوب (۳ و ۶ سال)، مدت زمان پخت و قلیائیت مؤثر بر روی بازده خمیر کرافت کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*) منطقه کلاله.

سطح معنی داری		میانگین بازده خمیر (درصد)	قلیائیت مؤثر (درصد)	مدت زمان پخت (دقیقه)	سن درخت (سال)
۱ درصد	۵ درصد				
M	M	۵۸/۱۶	۱۶	۶۰	۶
J	I	۵۶/۵۶	۱۶	۹۰	۶
I	K	۵۵/۰۰	۱۶	۱۲۰	۶
I	K	۵۴/۳۶	۱۶	۶۰	۳
H	J	۵۲/۹۰	۱۶	۹۰	۳
H	JI	۵۲/۸۰	۱۸	۶۰	۶
HG	JIH	۵۲/۰۶	۱۸	۹۰	۶
HG	IH	۵۱/۸۰	۲۰	۶۰	۶
GF	H	۵۱/۲۰	۱۶	۱۲۰	۳
F	G	۵۰/۰۶	۱۸	۱۲۰	۶
E	F	۴۷/۱۶	۱۸	۶۰	۳
D	E	۴۳/۵۶	۱۸	۹۰	۳
D	ED	۴۳/۴۳	۲۰	۶۰	۳
D	CD	۴۲/۵۲	۲۰	۹۰	۶
DC	C	۴۲/۲۳	۱۸	۱۲۰	۳
CB	B	۴۱/۰۳	۲۰	۹۰	۳
BA	B	۴۰/۶۰	۲۰	۱۲۰	۶
A	A	۳۹/۶۰	۲۰	۱۲۰	۳

طولانی تر می تواند باعث خروج لیگنین بیشتر از خرده چوب گردد، بنابراین افزایش زمان به مدت ۳۰ دقیقه در خروج لیگنین از چوب مؤثر نبوده است. آزمایشها اثر متقابل سن گونه و قلیائیت بر روی عدد کاپا نشان داد که کمترین عدد کاپا به مقدار ۲۷/۰۸ متعلق به خمیر تهیه شده از چوب ۳ ساله در شرایط قلیائیت ۲۰ درصد و بیشترین عدد به مقدار ۴۹/۰۷ متعلق به خمیر حاصل از چوب ۶ ساله بوده است (جدول ۶).

اثر مستقل قلیائیت مؤثر و مدت زمان پخت بر روی عدد کاپا نشان داد که با افزایش قلیائیت مؤثر و همچنین مدت زمان پخت از مقدار عدد کاپا کاسته می گردد. مقایسه بین میانگین عدد کاپای خمیر تهیه شده با قلیائیت ۱۶ درصد در مدت زمانهای پخت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در سطح ۱ درصد اختلاف معنی دار مشاهده نگردید. این روند برای قلیائیت ۱۸ درصد و ۲۰ درصد نیز حاکم بود، بنابراین اگرچه قلیائیت افزایش می یابد اما در مدت

جدول ۶- اثر متقابل سن و قلیائیت مؤثر بر عدد کاپای خمیر کرافت کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*) منطقه کلاله.

سطح معنی داری		میانگین عدد کاپا	سن گونه (سال)	قلیائیت مؤثر (درصد)
۱ درصد	۵ درصد			
C	D	۴۹/۰۷	۶	۱۶
C	CD	۴۶/۵۰	۳	۱۶
C	C	۴۳/۸۸	۶	۱۸
B	B	۳۳/۴۴	۳	۱۸
AB	B	۳۲/۴۸	۶	۲۰
A	A	۲۷/۰۸	۳	۲۰

اثر متقابل سن گونه و مدت زمان پخت بر عدد کاپا در جدول ۷ قابل مشاهده می‌باشد که کمترین عدد کاپا متعلق به خمیر حاصل از چوب ۳ ساله با مدت زمان پخت ۱۲۰ دقیقه و بیشترین عدد کاپا مربوط به خمیر حاصل از چوب ۶ ساله و مدت زمان ۶۰ دقیقه بوده است. با افزایش زمان پخت و کاهش سن چوب از ۶ سال به ۳ سال عدد کاپا کاهش یافته است.

اثر متقابل سن گونه، زمان پخت و قلیائیت مؤثر بر روی عدد کاپای خمیر بدست آمده نشان داد که کمترین عدد کاپا به مقدار ۲۵/۱۱ متعلق به خمیر با بازده ۳۹/۶ درصد حاصل از چوب ۳ ساله در شرایط قلیائیت مؤثر ۲۰ درصد و زمان پخت ۱۲۰ دقیقه بوده و بیشترین عدد کاپا به مقدار ۵۰/۶۸ متعلق به خمیر با بازده ۵۸/۱۶ درصد حاصل از چوب ۶ ساله با شرایط قلیائیت مؤثر ۱۶ درصد و زمان پخت ۶۰ دقیقه می‌باشد. با کاهش سن گونه، با افزایش قلیائیت مؤثر و مدت زمان پخت عدد کاپا کاهش می‌یابد (جدول ۸). از نتایج چنین برمی‌آید که رفتار چوب در مقابل محلول پخت به‌هنگام تهیه خمیر کاغذ با توجه به سن آن متفاوت است. این ناشی از ساختار ماکرومولکول لیگنین و سلولز است که در سنین مختلف چوب بخصوص در مراحل مختلف جوان چوبی تغییر می‌کند و در نتیجه موجب تغییر ساختاری دیواره الیاف و ترکیبات شیمیایی آن می‌شود که در نتیجه تغییرات کیفی چوب را

درببر خواهد داشت. بنابراین استفاده از چوب سنین کمتر در تهیه خمیر کاغذ و با روش‌های کاملاً شیمیایی به شدت بازده خمیر را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

در نتیجه خمیر کرافت با عدد کاپای کمتر از ۳۰ و بازده بین ۴۲ تا ۴۵ درصد به‌عنوان خمیر قابل رنگ‌بری قلمداد می‌گردد. در این بررسی با توجه به مشخصات خمیر گفته شده سعی شده است خمیرهایی انتخاب شوند که نزدیک به آن قرار گیرند، بنابراین خمیر تهیه شده از چوب کاج بروسیای ۳ ساله با مشخصات قلیائیت مؤثر ۲۰ درصد، زمان پخت ۶۰ دقیقه، بازده ۴۳/۴۳ درصد و عدد کاپا ۲۹/۱۶ به دلیل داشتن بازده مناسب و عدد کاپای قابل قبول به‌عنوان خمیر بهینه از گروه سنی ۳ ساله انتخاب گردید. در مورد خمیر گروه سنی ۶ ساله «خمیر با مشخصات قلیائیت مؤثر ۲۰ درصد و مدت زمان پخت ۹۰ دقیقه به دلیل داشتن بازده مناسب ۴۲/۵۳ درصد و همچنین عدد کاپای ۲۷/۶۴ به‌عنوان خمیر بهینه انتخاب گردید. اما در مقایسه آماری بین دو خمیر انتخاب شده (از گروه سنی ۳ و ۶ سال) در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید، بنابراین خمیر چوب ۳ ساله فقط به دلیل ۱ درصد بازده بیشتر و ۳۰ دقیقه مدت زمان پخت کمتر به‌عنوان خمیر قابل قبول برای رنگ‌بری مناسب و قابل توصیه می‌باشد.

جدول ۷- اثر متقابل سن و مدت زمان پخت بر روی عدد کاپای خمیر کرافت کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*) منطقه کلاله.

سطح معنی‌داری		میانگین عدد کاپا	مدت زمان پخت (دقیقه)	سن گونه (سال)
۱ درصد	۵ درصد			
B	B	۴۶/۷۳	۶۰	۶
AB	AB	۴۰/۸۰	۹۰	۶
Ab	Ab	۳۹/۰۴	۶۰	۳
Ab	A	۳۷/۸۹	۱۲۰	۶
Ab	A	۳۵/۲۳	۹۰	۳
A	A	۳۲/۷۵	۱۲۰	۳

جدول ۸ - اثر متقابل سن، مدت زمان پخت و قلیائیت مؤثر بر روی عدد کاپای خمیر کرافت کاج بروسیا (*Pinus brutia Michx.*)، منطقه کلاله.

سطح معنی داری		میانگین عدد کاپا	قلیائیت مؤثر (درصد)	مدت زمان پخت (دقیقه)	سن درخت (سال)
۱ درصد	۵ درصد				
K	I	۵۰/۶۸	۱۶	۶۰	۶
KJ	K	۴۹/۱۵	۱۶	۹۰	۶
J	KJ	۴۸/۳۸	۱۶	۶۰	۳
JH	JI	۴۷/۳۸	۱۶	۱۲۰	۶
HI	IH	۴۶/۱۹	۱۶	۹۰	۳
HI	H	۴۵/۷۵	۱۶	۶۰	۶
HI	H	۴۵/۶۳	۱۸	۹۰	۶
HG	HG	۴۴/۹۳	۱۶	۱۲۰	۳
G	G	۴۳/۷۷	۲۰	۶۰	۶
F	F	۴۰/۲۸	۱۸	۱۲۰	۶
F	F	۳۹/۵۹	۱۸	۶۰	۳
E	E	۳۲/۵۲	۱۸	۹۰	۳
D	D	۲۹/۱۶	۲۰	۶۰	۳
DC	DC	۲۸/۲۱	۱۸	۱۲۰	۳
DCB	C	۲۷/۶۴	۲۰	۹۰	۶
CB	CB	۲۶/۹۹	۲۰	۹۰	۳
BA	BA	۲۶/۰۳	۲۰	۱۲۰	۶
A	A	۲۵/۱۱	۲۰	۱۲۰	۳

### منابع

۱. دستمالچی محمود، ۱۳۷۰. کاج بروسیا (ترجمه)، وزارت جهاد سازندگی، معاونت آموزش و تحقیقات موسسه جنگل‌ها و مراتع، تهران.
2. Corson, S.R., 2002. Process impacts on mechanical pulp fibre and sheet dimensions. *Pulp & Paper Canada volume 103 (2): 20-27.*
3. Chen, H.L., and Wang, S.Y., 1996. A New Technique for the Demarcation between Juvenile and Mature Wood in *Cryptomeria Japonica*. *IAWA J. 17: 125-131.*
4. Drost, C. Ni, Y., and Shewchuk, D., 2003. Effect of mature and juvenile wood from five species on Kraft pulp strength. *Pulp & Paper Canada volume 104 (11): 33-36.*
5. Fengel, D., and Wegner, D., 1989. *Wood, Chemistry Ultrastructure Reactions*. University of Munich, Institute for wood research. Berlin, New York. Pp: 613.
6. Gellerstedt, G., 1988. Structural changes in lignin during Kraft cooking. *Nordic pulp and paper research Journal. P: 87-94.*
7. Kandeel, S.A.E., Kherallah, I.A., Elsayed, A., 2003. Chemical characteristics and pulp quality of *Pinus brutia* biomass in Egypt. [www.yahoo.com-pinus brutia](http://www.yahoo.com-pinus-brutia).
8. Sertmehmetoglu, Z., Acar, O., Birler, A.S., 1968. Some investigation on rotation and yield from *Pinus brutia* forests with relation of paper industry in southeastern Atlanta. [www.yahoo.com-pinus brutia](http://www.yahoo.com-pinus-brutia).
9. Tsoumis, G., 1969. *Wood as raw material, Source, Structure, Chemical composition*, PERGAMON PRESS, Oxford, Toronto, New York. Pp: 276.
10. Watson, P.A., Gee, W., Johal, S.S., Reath, S.M., Yuen, K.B., Hussein, A., 2005. The pulping Properties of second-growth western hemlock: Part I. Kraft Pulping. *Pulp & Paper Canada volume 106 (7/8): 39-43.*



## **Effect of age of Kalaleh Brutian Pine (*Pinus brutia Michx.*) tree on its wood chemical composition and Kraft pulp properties**

**S. Z. Hosseini and M. Mashkoor**

Associate Prof., and Graduated M.Sc. student, Dept., of Wood Sciences of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, respectively

---

---

### **Abstract**

Wood of Brutian pine (*Pinus brutia Michx.*) trees, used in this study collected from Kalaleh area, located in Golestan province. Mean fiber length measured in 3 and 6 year old Brutian pine stems showed significant difference at 1% level. According to Shiokura formula both stem were considered as juvenile wood. Extractive contents of 3 and 6 year old samples were 4.84% and 5.66% respectively, and were not found significant difference between them. Ash content of the two mentioned stems showed significant differences at 1% level. Lignin content of the wood dropped to 4.51% when going to older stem, and vice versa, cellulose content increased to 14.27% in the same trend. By keeping constant sulfidity (25%) as well as other cooking conditions in Kraft pulping process of the two stems, it was found, that increasing 30 minutes cooking time could not affect significantly on the pulp yield. Gradually increase of effective alkaline and cooking time showed, the former affected on pulping process much more than the latter. Optimum cooking time in 3 year old stem in relation to the pulp yield as 43.43% and Kappa number as 29.16, was found 60 minutes, meanwhile in 6 year old stem with yield and Kappa number 43.53% and 27.64, was found 90 minutes. Comparison between the two pulp yields (from 3 and 6 year old stems) showed no significant difference between them at 1% level, therefore pulp from 3 year old stem, because of 1% higher yield and 30 minutes lower cooking time was selected as suitable and optimum pulp for bleaching purposes.

**Keywords:** Extractives; Cellulose; Lignin, Kraft pulp; Yield; Sulfidity