



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی گران

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد شانزدهم، شماره اول، ۱۳۸۸  
www.gau.ac.ir/journals

## تأثیر ارتفاع بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و بازده خمیر کاغذ کرافت چوب کاج بروسای منطقه کلاله گرگان

\* وحید وزیری<sup>۱</sup>، سیدضیاءالدین حسینی<sup>۲</sup> و محمدرضا دهقانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و بازده خمیر کاغذ کرافت در کاج بروسیا انجام شد. نمونه‌برداری در سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا و از جنگل کاری عرب داغ که در ۲۰۰ کیلومتری شمال شرقی گرگان قرار دارد، انجام گرفت. از هر حد ارتفاعی سه پایه درخت سالم کاج بروسیا قطع شد. وبری الیاف به روش فرانکلین و اندازه‌گیری مشخصات الیاف با میکروسکوپ نوری انجام پذیرفت. اندازه‌گیری درصد ترکیبات شیمیایی (سلولز، لیگنین و خاکستر) و مواد استخراجی کاج بروسیا بر اساس روش‌های استاندارد TAPPI انجام شد. خمیر کاغذ کرافت در شرایط با قلیائیت فعال در دو سطح ۱۸ و ۲۰ درصد و در سه سطح زمانی متفاوت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه تهیه گردید. در بخش اندازه‌گیری‌های الیاف و ترکیبات شیمیایی از آنالیز واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و در بخش بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. نتایج نشان دادند که برای کاج بروسیا بین سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به لحاظ مشخصات الیاف چوب آغاز و چوب پایان در سطح اعتماد آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود

\* مسئول مکاتبه: vahidvaziri@gmail.com

دارد. به طوری که ارتفاع ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بودند و به لحاظ ترکیبات شیمیایی، کاج بروسیا ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا به طور معنی داری در سطح اعتماد آماری ۵ درصد دارای سلولز بیشتری بوده و کاج بروسیا در ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا به طور معنی داری در سطح اعتماد آماری ۵ درصد دارای لیگنین و مواد استخراجی بیشتری بوده ولی برای خاکستر بین سه حد ارتفاعی اختلافی مشاهده نشد. خمیر کاغذ حاصل از کاج بروسیا واقع در ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا به دلیل داشتن عدد کاپای کمتر برای تولید خمیر قابل رنگ‌بری و مقاوم‌تر مناسب‌تر است؛ ولی به شرط این که پالایش مناسبی بر روی الیاف اعمال گردد و خمیر کاغذ حاصل از کاج بروسیا واقع در ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا را به دلیل بازده زیادتر می‌توان برای تهیه محصولات کاغذی در طیف گسترده از قبیل کارتن، کرافت لاینر و کاغذهای بسته‌بندی مورد استفاده قرار داد.

**واژه‌های کلیدی:** ارتفاع از سطح دریا، کاج بروسیا، چوب آغاز، چوب پایان، خمیر کرافت و عدد کاپا

#### مقدمه

در جهان امروز با توجه به وابستگی بسیار زیاد بشر به چوب، فرآورده‌های چوبی و کاغذ و روند افزایش نیاز و مصرف چوب و از طرفی کمبود منابع سلولزی و جنگلی، محققان و پژوهشگران صنایع چوب و کاغذ را بر آن داشته است تا به مطالعه در مورد استفاده از گونه‌های مناسب بپردازند. این گونه‌ها بایستی علاوه بر سازگاری اقلیمی، ساختار مناسبی از لحاظ ترکیبات شیمیایی و الیاف برای تهیه خمیر کاغذ داشته باشند تا در صنعت کاغذسازی قابل استفاده باشند. پیشتر مقاومت‌های کاغذ ارتباط تنگاتنگی با طول الیاف به کار رفته در کاغذ دارند. در میان گونه‌های چوبی، پهن‌برگان الیاف کوتاهی دارند. به این دلیل هرگاه کاغذی از الیاف پهن‌برگان ساخته می‌شود، نمی‌توان مقاومت‌های مطلوب مورد نیاز را فراهم کرد. به این منظور در اکثر کارخانه‌ها، همواره درصدی الیاف از گونه‌های سوزنی‌برگ با الیاف بلندتر به خمیر کاغذ پهن‌برگان اضافه می‌شود. در کشور ایران که از لحاظ گونه‌های سوزنی‌برگ بومی فقیر است به اجبار همواره مقادیری خمیر کاغذ الیاف بلند سوزنی‌برگ از خارج وارد می‌شود. این واردات با خروج قابل ملاحظه‌ای ارز از کشور همراه می‌باشد. بنابراین برای حل این مشکل چاره‌ای جز توجه به قابلیت‌ها و حفظ و گسترش آن وجود ندارد (نوری، ۱۹۹۹). از طرفی گونه‌های سوزنی‌برگ به خاطر نیازهای زیستی کمتر از پهن‌برگان،

می‌توانند در بسیاری از نقاط که کاشت پهن‌برگان امکان‌پذیر نیست مستقر شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرند. از این‌رو، از حدود ۳۰ سال پیش گونه‌های مختلفی از سوزنی‌برگان (به‌ویژه کاج‌ها) از خارج وارد شدند و به‌صورت آزمایشی در نقاط شمال کشور و نواحی زاگرس و همچنین بخش‌هایی از ارتفاعات شمال کشور، مانند کلاله کشت شدند که بیشتر با موفقیت همراه بوده‌اند (نوری، ۱۹۹۹). با توجه به این‌که هم اکنون مبالغ هنگفتی از ارز مملکت صرف واردات خمیر کاغذ الیاف بلند و نیز انواع کاغذ از کشورهای خارجی می‌گردد، بنابراین برای صرفه‌جویی در خروج ارز در صورت امکان در این راستا باید به توسعه کشت یا زراعت چوب در نقاط مختلف اقدام گردد (نوری، ۱۹۹۹).

در پژوهش دیگری تأثیر شرایط رویشگاهی بر روی مقدار چوب کاج بروسیا از اطراف آنتالیا در کشور ترکیه مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج آن به‌شرح زیر می‌باشد: دانسیته پایه یا بحرانی (حاصل نسبت وزن چوب کاملاً خشک به حجم چوب کاملاً مرطوب) چوب کاج بروسیا  $0/476$  گرم بر سانتی‌متر مکعب و دانسیته پایه در طول درخت به سمت بالای ساقه کاهش می‌یابد. موضوع بازده ماده‌خشک در ارتباط با سه کلاسه شرایط رویشگاهی خوب، متوسط و ضعیف مورد بررسی درختان ۴۰ ساله، ۴۴ ساله و ۵۶ ساله برای مکان‌های فوق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که افزایش متوسط بیشترین ماده‌خشک سالانه  $0/977$  تن در هکتار در هر سال برای مکان‌های خوب،  $0/775$  تن در هر هکتار در هر سال برای مکان‌های متوسط و  $0/634$  تن در هکتار در هر سال برای شرایط مکانی ضعیف تخمین زده شده است. محققان نامبرده اعلام می‌دارند که شرایط رویشگاهی بر روی ترکیبات شیمیایی و همچنین کیفیت خواص کاغذدهی چوب مؤثر می‌باشد (سرت محمد اوغلو و همکاران، ۱۹۶۸).

در مطالعه دیگری بیان شد چنان‌چه رویشگاه‌های مختلف به هم نزدیک باشند اختلاف عمده در چوب تولید شده آنها به‌وجود نمی‌آید؛ اما اگر این اختلاف زیاد باشد، در چوب به‌وجود آمده اختلاف مشاهده می‌شود به‌عنوان مثال درختان روئیده شده در عرض جغرافیایی زیاد و در ارتفاعات بالا بند معمولاً دارای جرم مخصوص کم‌تر و طول الیاف کوتاه‌تری نسبت به درختان روئیده شده در ارتفاعات پائین دست می‌باشند (زوبل و بویتنن، ۱۹۸۹).

در مطالعه‌ای با بررسی بر روی خصوصیات مرفولوژی الیاف و ترکیبات شیمیایی و خصوصیات مقاومتی خمیر کاغذ کرافت گونه کاج بروسیا به این نتیجه دست یافتند که کاج بروسیا برای صنعت خمیر و کاغذ مناسب می‌باشد (بکتاش و همکاران، ۱۹۹۹).

با توجه به وضعیت جغرافیایی استان گلستان که می‌توان از آن به‌عنوان استان کوهستانی یاد کرد که در آن مناطق پرشیب بوته‌زار و یا عاری از درخت فراوان به چشم می‌خورد، این مناطق می‌توانند به جنگل‌کاری با گونه کاج بروسیا اختصاص یابند. به این ترتیب پیش‌بینی می‌شود تعدیلی بر کمبود چوب به‌طور کلی و تأمین بخشی از چوب سوزنی‌برگ به‌طور ویژه در استان شود که از کمبود آن رنج می‌برد. با توجه به این‌که تفاوت‌های ذاتی دو گونه با همدیگر، سن بهره‌برداری و محیط رویشگاه از نظر ارتفاع از سطح دریا همگی تأثیر به‌سزایی بر خصوصیات خمیر کاغذ تولیدی دارند. در این تحقیق تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و تولید خمیر کاغذ کرافت در کاج بروسیا که در منطقه کلاله استان گلستان کشت شدند مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از سه حد ارتفاعی (۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا) جنگل‌کاری عرب داغ که در ۴۰ کیلومتری شمال‌شرقی شهر کلاله گرگان واقع شده است، انجام شد. به‌منظور تهیه نمونه‌های موردنظر برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف، آنالیز ترکیبات شیمیایی و تهیه خمیر کاغذ، از تنه‌های قطع شده بخشی به طول ۱/۲ متر (قطر برابر سینه) از سطح زمین بریده شدند. پس از برش، گرده بینه‌ها به آزمایشگاه دانشکده مهندسی چوب و کاغذ گرگان انتقال یافتند. از ارتفاع برابر سینه دیسک‌هایی به ضخامت ۲ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف جدا گردیدند که از روی هر دیسک نوار چوبی به عرض ۱ سانتی‌متر جدا شد. دیسک‌هایی نیز به ضخامت ۵ سانتی‌متر برای آنالیز ترکیبات شیمیایی بریده شدند. بقیه نمونه‌ها برای تهیه خرده چوب برای تولید خمیر کاغذ کرافت استفاده گردید. برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف از روش فرانکلین استفاده شد (حسینی، ۲۰۰۰). بدین ترتیب که از هر گرده بینه یک دیسک به ضخامت ۲ سانتی‌متر از ارتفاع قطر برابر سینه جدا نموده و از هر کدام یک باریکه چوبی<sup>۱</sup> تهیه شد. انتخاب باریکه چوبی طوری است که همه حلقه‌های رویش سالانه را در برداشته باشد. از چوب آغاز و پایان هر حلقه سالانه با میکروتوم تراشه چوبی آماده گردید و چوب آغاز و چوب پایان مربوط به سه درخت در هر حد ارتفاعی با هم مخلوط شد. سپس با روش فرانکلین، مخلوط اسیداستیک و آب اکسیژنه ۲۰ درصد به نسبت مساوی در حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آن قرار

#### 1- Wood Strip

داده شد تا الیاف از هم باز شوند. پس از طی این مدت نمونه‌ها از آون خارج گردید. به منظور خشتی کردن اثر اسید و آب اکسیژنه، با آب مقطر شستشو داده شد. در پایان مقداری آب مقطر به لوله آزمایش افزوده و جهت رنگ‌آمیزی الیاف چند قطره محلول زفرانین به آن اضافه گردید و آن‌گاه برای جداسازی الیاف از یکدیگر لوله آزمایش به شدت تکان داده شد و از چوب آغاز و پایان هر حلقه ۳۰ رشته الیاف (طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری مواد استخراجی مطابق با استاندارد شماره ۹۷-۲۰۴cm آیین‌نامه تاپی<sup>۱</sup> انجام گرفت و برای استخراج مواد از چوب از مخلوط استن و الکل (با نسبت دو حجم استن و یک حجم اتانول) استفاده شد. اندازه‌گیری مقدار خاکستر مطابق با استاندارد شماره ۹۳-۲۱۱om آیین‌نامه تاپی، اندازه‌گیری مقدار سلولز طبق روش اسید نیتریک و اندازه‌گیری مقدار لیگنین مطابق با استاندارد شماره ۹۸-۲۲۲om آیین‌نامه تاپی انجام و برای هر آزمایش سه تکرار در نظر گرفته شد. از مابقی گرده بینه ۶۰ سانتی‌متری تهیه شده از ارتفاع ۱/۲۰ سانتی‌متری درخت خرده چوب تهیه گردید، خرده چوب تهیه شده با هم مخلوط شدند. برای هر پخت از ۱۰ گرم خرده چوب بر مبنای وزن خشک استفاده گردید. نسبت مایع پخت به چوب ۵ به ۱ در نظر گرفته شد. سولفیدیت مایع پخت ۲۵ درصد ثابت و درجه حرارت پخت ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد ثابت در نظر گرفته شد. برای تهیه خمیر کاغذ از چوب کاج بروسیا از قلیائیت فعال در دو سطح ۱۸ و ۲۰ درصد استفاده شد. زمان پخت در سه سطح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. برای تعیین خمیر بهینه، بازده و عدد کاپا مدنظر قرار گرفت. در این بررسی فاکتور قلیائیت دارای دو سطح، فاکتور زمان دارای سه سطح و فاکتور ارتفاع از سطح دریا دارای سه سطح در نظر گرفته شدند. برای هر پخت سه تکرار در نظر گرفته شد که در مجموع ۵۴ پخت انجام شد. در پایان مرحله تهیه خمیر عمل شستشو و جداسازی الیاف از یکدیگر به کمک دفیراتور آزمایشگاهی صورت گرفت و خمیر پس از الک بر روی صافی جمع‌آوری شد. خمیر به دست آمده در درجه حرارت اتاق حداقل برای مدت ۲۴ ساعت هوا خشک شد. وزن خمیر هوا خشک شده اندازه‌گیری و در داخل یک کیسه پلاستیکی غیرقابل نفوذ نگهداری گردید. برای تعیین درصد رطوبت خمیر هوا خشک، مقداری از آن بعد از اندازه‌گیری وزن در آون به مدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس با محاسبه درصد رطوبت خمیر، وزن خشک و درصد بازده محاسبه و اندازه‌گیری عدد کاپای خمیر کاغذ مطابق با استاندارد شماره ۹۹-۲۳۶om آیین‌نامه تاپی انجام گرفت و در بخش

1- TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industries)

اندازه‌گیری‌های الیاف و ترکیبات شیمیایی از آنالیز واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و در بخش بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد.

### نتایج

**مشخصات الیاف در کاج بروسیا:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برای کاج بروسیا بین سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به لحاظ میانگین قطر الیاف، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف چوب آغاز در سطح اعتماد آماری ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه آماری مشخصات الیاف چوب آغاز کاج بروسیا کلاله (از سه منطقه با ارتفاع‌های متفاوت از سطح دریا).

منابع تغییرات	درجه آزادی	$F$ محاسباتی طول الیاف	$F$ محاسباتی قطر الیاف	$F$ محاسباتی قطر حفره	$F$ محاسباتی ضخامت دیواره الیاف
تیمار	۲	۳/۰۷۴ <sup>ns</sup>	۱۲/۹۸۷*	۱۹/۳۶۸*	۹/۷۰۶*

\* معنی‌دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد، ns غیرمعنی‌دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد.

میانگین نتایج اندازه‌گیری شده از طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف چوب کاج بروسیا برای سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. به طوری که ارتفاع ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ابعاد الیاف را دارا بودند.

جدول ۲- مشخصات الیاف چوب آغاز کاج بروسیا کلاله (از سه منطقه با ارتفاع‌های متفاوت از سطح دریا).

ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول الیاف (میلی‌متر)	قطر الیاف (میکرومتر)	قطر حفره (میکرومتر)	ضخامت دیواره (میکرومتر)
۴۵۰	۳/۱۳	۴۵/۳۴	۳۳/۱۵	۵/۳۴
۷۵۰	۳/۲۸	۵۲/۳۴	۴۲/۴۴	۵/۸۶
۹۶۰	۲/۷۸	۴۳/۰۵	۳۲/۲۷	۴/۹۴

جدول ۳- مشخصات الیاف چوب پایان کاج بروسیای کلاله (از سه منطقه با ارتفاعهای متفاوت از سطح دریا).

ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول الیاف (میلی متر)	قطر الیاف (میکرومتر)	قطر حفره (میکرومتر)	ضخامت دیواره (میکرومتر)
۴۵۰	۳/۲۲	۴۰/۳۱	۲۷/۲۷	۶/۱۴
۷۵۰	۳/۶۱	۴۲/۵	۳۰/۲۸	۶/۶۳
۹۶۰	۳/۱۴	۳۶/۸۳	۲۴/۶۷	۶/۰۷

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برای کاج بروسیا بین سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به لحاظ میانگین قطر الیاف و قطر حفره چوب پایان در سطح اعتماد آماری ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه آماری مشخصات الیاف چوب پایان کاج بروسیای کلاله (از سه منطقه با ارتفاعهای متفاوت از سطح دریا).

منابع تغییرات	درجه آزادی	$F$ محاسباتی	$F$ محاسباتی	$F$ محاسباتی	$F$ محاسباتی
تیمار	۲	۲/۳۵۶ <sup>ns</sup>	۶/۵۶۰*	۹/۵۸۴*	۱/۹۷۹ <sup>ns</sup>

\* معنی دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد، <sup>ns</sup>: غیر معنی دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در سطح اعتماد آماری ۵ درصد بین میانگین درصد مواد استخراجی محلول در الکل استن، سلولز و لیگنین کاج بروسیا در سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس مواد استخراجی محلول در الکل استن، خاکستر، سلولز و لیگنین چوب کاج بروسیای سه حد ارتفاعی منطقه کلاله.

منبع تغییرات	درجه آزادی	$F$ محاسباتی	$F$ محاسباتی	$F$ محاسباتی	$F$ محاسباتی
تیمار	۲	۱۵/۳۶۴*	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۹۸/۱۱۸*	۲۵/۱۲۵*

\* معنی دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد، <sup>ns</sup>: غیر معنی دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد.

درصد مواد استخراجی محلول در الکل استن: جدول ۶ تغییرات مواد استخراجی محلول در الکل استن در سه حد ارتفاع از سطح دریا را نشان می دهد. به طوری که ارتفاع ۹۶۰ و ۷۵۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار مواد استخراجی محلول در الکل استن را دارا بودند.

جدول ۶- تغییرات مواد استخراجی محلول در الکل استن چوب کاج‌های بروسای سه حد ارتفاعی منطقه کلاله.

ارتفاع از سطح دریا (متر)			
۹۶۰	۷۵۰	۴۵۰	
۷/۱۷	۴/۶۷	۶	مواد استخراجی (درصد)
۰/۷۶	۰/۵۸	۰/۵	انحراف معیار

خاکستر: جدول ۷ تغییرات خاکستر در سه حد ارتفاع از سطح دریا را نشان می‌دهد. درصد خاکستر کاج بروسای در سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا ۰/۸۳ تعیین گردید.

جدول ۷- تغییرات مقدار خاکستر چوب کاج‌های بروسای سه حد ارتفاعی منطقه کلاله.

ارتفاع از سطح دریا (متر)			
۹۶۰	۷۵۰	۴۵۰	
۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	خاکستر (درصد)
۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۲۹	انحراف معیار

سلولز: جدول ۸ تغییرات مقدار سلولز چوب کاج‌های بروسای در سه حد ارتفاع از سطح دریا را نشان می‌دهد. به طوری که ارتفاع ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سلولز را دارا بودند.

جدول ۸- تغییرات مقدار سلولز چوب کاج‌های بروسای سه حد ارتفاعی منطقه کلاله.

ارتفاع از سطح دریا (متر)			
۹۶۰	۷۵۰	۴۵۰	
۵۰/۸۳	۵۸/۵	۵۶/۱۷	سلولز (درصد)
۰/۸۴	۰/۵	۰/۲۹	انحراف معیار

لیگنین: جدول (۹) تغییرات لیگنین در سه حد ارتفاع از سطح دریا را نشان می‌دهد. به طوری که ارتفاع ۹۶۰ و ۷۵۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار لیگنین را دارا بودند.



جدول ۹- تغییرات مقدار لیگنین چوب کاج‌های بروسیای سه حد ارتفاعی منطقه کلاله.

ارتفاع از سطح دریا (متر)			
۹۶۰	۷۵۰	۴۵۰	
۲۸/۳۳	۲۳	۲۴/۶۷	لیگنین (%)
۰/۹۴	۰/۸۲	۰/۵۸	انحراف معیار

بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا: به منظور مقایسه اثر هر یک از متغیرهای پخت به صورت جداگانه و نیز بررسی اثر متقابل متغیرهای پخت بر روی ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصله از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. جدول ۱۰ نتایج تجزیه واریانس را در مورد اثر متغیرهای پخت بر روی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ نشان می‌دهد. همان طوری که در این جدول مشاهده می‌شود، اثر مستقل ارتفاع از سطح دریا و زمان پخت و قلیائیت فعال بر روی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. در ضمن اثر متقابل زمان پخت و قلیائیت فعال بر روی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ و اثر متقابل ارتفاع از سطح دریا و قلیائیت فعال بر روی عدد کاپای خمیر کاغذ در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ولی اثر متقابل ارتفاع از سطح دریا و زمان پخت و اثرات متقابل ارتفاع از سطح دریا و زمان پخت و قلیائیت فعال بر روی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ و نیز اثر متقابل ارتفاع از سطح دریا و قلیائیت فعال بر روی بازده خمیر کاغذ در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۱۰- آزمون تجزیه واریانس اثر متغیرهای پخت بر روی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ.

منبع تغییرات	درجه آزادی	F محاسباتی بازده	F محاسباتی عدد کاپا
اثرات اصلی			
A ارتفاع از سطح دریا	۲	۶۷/۹۸۹*	۱۲۳/۶۸۳*
B زمان پخت	۲	۳۹/۱۶۱*	۷۸/۹۰۶*
C قلیائیت فعال	۱	۱۰۵/۱۶۷*	۳۷۹/۹۸۸*
اثرات متقابل			
AB	۴	۰/۹۸۶ <sup>ns</sup>	۱/۳ <sup>ns</sup>
AC	۲	۰/۶۸۶ <sup>ns</sup>	۱۳/۰۶۴*
BC	۲	۳/۵۴۶*	۵/۹۰۱*
ABC	۴	۰/۶۶۴ <sup>ns</sup>	۱/۰۱۹ <sup>ns</sup>
خطا	۳۶		
کل	۵۴		

\* معنی‌دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد، <sup>ns</sup>: غیر معنی‌دار در سطح اعتماد آماری ۵ درصد.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های لیگنین زدایی پس از هر پخت، بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا برای هر ارتفاع از سطح دریا به‌طور جداگانه اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده ملاحظه گردید که در هر حد ارتفاعی بیشترین بازده و عدد کاپا مربوط به قلیائیت ۱۸ درصد و زمان پخت ۶۰ دقیقه و کمترین بازده و عدد کاپا مربوط به قلیائیت ۲۰ درصد و زمان پخت ۱۲۰ دقیقه است.

اثر قلیائیت فعال و زمان پخت بر روی بازده خمیر کاغذ کاج بروسیا در سه حد ارتفاعی منطقه کلاله در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد که بازده خمیر کاغذ حاصل از ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا در قلیائیت و زمان پخت یکسان نسبت به دو حد ارتفاعی دیگر بیشتر است که با توجه به نتایج به‌دست آمده در بخش ترکیبات شیمیایی مطابقت دارد.

جدول ۱۱- تأثیر قلیائیت فعال و زمان پخت بر بازده کل و عدد کاپای خمیر کاغذ کاج بروسیا در سه حد ارتفاعی منطقه کلاله.

ارتفاع از سطح دریا (متر)	زمان (دقیقه)	قلیائیت فعال	میانگین بازده (درصد)	میانگین عدد کاپا
۴۵۰	۶۰	۱۸	۵۱/۴۹	۷۶/۲۹
۴۵۰	۶۰	۲۰	۴۵/۹۲	۵۱/۲
۴۵۰	۹۰	۱۸	۴۹/۳۴	۶۵/۴
۴۵۰	۹۰	۲۰	۴۵/۰۲	۴۳/۲۶
۴۵۰	۱۲۰	۱۸	۴۶/۱۴	۴۹/۲۵
۴۵۰	۱۲۰	۲۰	۴۳/۶۱	۳۸/۴
۷۵۰	۶۰	۱۸	۵۴/۹۵	۹۲/۵۲
۷۵۰	۶۰	۲۰	۴۸/۴۳	۶۰/۰۹
۷۵۰	۹۰	۱۸	۵۰/۴۷	۸۸/۳۷
۷۵۰	۹۰	۲۰	۴۷/۴۴	۵۸/۶۳
۷۵۰	۱۲۰	۱۸	۵۰/۰۲	۷۵/۵۹
۷۵۰	۱۲۰	۲۰	۴۴/۸۷	۴۷
۹۶۰	۶۰	۱۸	۴۹/۱۹	۶۹/۸۹
۹۶۰	۶۰	۲۰	۴۳/۹	۴۶/۵۹
۹۶۰	۹۰	۱۸	۴۳/۸	۵۶/۸۴
۹۶۰	۹۰	۲۰	۴۱/۴	۴۲/۲۱
۹۶۰	۱۲۰	۱۸	۴۲/۹۹	۴۷/۳۷
۹۶۰	۱۲۰	۲۰	۳۹/۵	۳۴/۶۹

### بحث و نتیجه گیری

**ابعاد الیاف:** نتایج نشان داد که چوب درخت کاج بروسیا حاصل از ارتفاع ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار ابعاد الیاف را دارا بودند و با توجه به وجود حلقه‌های رویش سالانه پهن تر در کاج بروسای مربوط به ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا مشخص می‌گردد که این شرایط ارتفاعی برای رشد مناسب تر می‌باشد و در ضمن چوب پایان در تمام موارد ارتفاعی دارای ضخامت دیواره و طول الیاف بلندتر ولی قطر الیاف و قطر حفره کوچک تری نسبت به چوب آغاز می‌باشد.

**ترکیبات شیمیایی:** نتایج حاصله نشان داد که چوب درخت کاج بروسای حاصل از ارتفاع ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سلولز را دارا بودند. زیرا در چوب کاج بروسیا حاصل از ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا به دلیل داشتن دیواره سلول ضخیم تر، سلولز بیشتری تشکیل شده است و در ضمن مقدار لیگنین چوب درخت کاج بروسیا نیز در سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب ۲۴/۶۷، ۲۳ و ۲۸ درصد اندازه گیری شد که منطبق با نتایج گیندل و همکاران (۲۰۰۱) است زیرا در چوب درخت کاج بروسیا حاصل از ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا به دلیل رویش و تکثیر بیش از حد سلول، ماکرومولکول‌های لیگنین با زنجیره کوتاه تر و به مقدار بیشتری تشکیل شده است که به طور طبیعی مقدار وزنی لیگنین زیادتر خواهد شد و در چوب درخت کاج بروسای حاصل از ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا به علت تکثیر بیش از حد سلول، مواد استخراجی زیادتری در تنه به وجود آمده است و با توجه به درصد بالای مواد استخراجی در چوب درختان کاج بروسیا در ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا می‌تواند از نظر تولید فرآورده‌های جانبی تهیه خمیر کاغذ نظیر روغن تال و تربانتین بسیار مهم باشد.

**خمیر کاغذ:** طبق نتایج حاصله با افزایش قلیائیت فعال از ۱۸ به ۲۰ درصد، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ کاهش یافته است. زیرا با افزایش میزان مواد شیمیایی، غلظت مواد شیمیایی افزایش یافته که سرعت واکنش و یا به عبارتی سرعت لیگنین زدایی بیشتر می‌شود و در نتیجه به لیگنین زدایی و تخریب بیشتر پلی ساکاریدها می‌انجامد و همچنین هرچه به زمان پخت افزوده می‌گردد مقدار بازده و عدد کاپا کاهش می‌یابد.

نتایج نشان دادند که در قلیائیت فعال و زمان پخت یکسان، بیشترین عدد کاپا مربوط به خمیر کاغذ حاصل از ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا است. زیرا چوب درخت کاج بروسیا در ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا به رغم وجود لیگنین کمتر به دلیل دارا بودن دیواره سلولی ضخیم تر نسبت به دو حد ارتفاعی دیگر این ترکیب کمتر تحت تاثیر پخت قرار گرفته و بنابراین لیگنین کمتری را از دست داده و در نتیجه عدد کاپای خمیر کاغذ بیشتر می‌باشد و به دلیل زیاد بودن مقدار لیگنین باقی مانده در آن،

هزینه‌های رنگ‌بری و سفیدسازی آن بیشتر می‌شود و به همین خاطر خمیر کاغذ حاصل از چوب کاج بروسیا در ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا را می‌توان در طیف گسترده‌تر از قبیل کارتن، کرافت لاینر و کاغذ بسته‌بندی مورد استفاده قرار داد ولی در ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا چوب کاج بروسیا برخلاف داشتن لیگنین بالا ولی به دلیل دارا بودن دیواره سلولی نازک‌تر ضمن مرحله پخت، لیگنین خود را به سهولت از دست داده و در نتیجه عدد کاپا کمتر می‌باشد و به همین دلیل چوب کاج بروسیا حاصل از ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا برای تولید کاغذ قابل رنگ‌بری و مقاوم‌تر مناسب‌تر می‌باشد؛ ولی چون کاغذ حاصله دارای سلولز کمتر و لیگنین بیشتر می‌باشد بایستی پالایش مناسبی بر روی الیاف اعمال کنیم تا باعث بهبود مقاومت کاغذ حاصله گردد.

با توجه به این‌که هدف تهیه خمیر کاغذ در نهایت ساخت کاغذی با خواص مقاومتی بالا می‌باشد پیشنهاد می‌شود تا تحقیقاتی در مورد خواص مقاومتی کاغذ تهیه شده از کاج بروسیا در سه حد ارتفاعی و همچنین به صورت مخلوط با خمیر کاغذ حاصل از پهن‌برگان انجام شود.

### سپاسگزاری

از مسئولان محترم آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌خاطر فراهم نمودن امکانات جهت انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌نمائیم.

### منابع

1. Bektaş, I., Tutuş, A., and Erouglu, H. 1999. A study of the suitability of calabrian pine (*Pinus brutia*) for pulp and paper manufacture. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23: 589-597.
2. Dinwoodie, J.M. 1981. Timber. 24p.
3. Gindlow, W., Grabner, M., and Wimmer, R. 2001. Effects of altitude on tracheid differentiation and lignification of Norway spruce. *Holzforschung*, 79:7. 815-821.
4. Hosseini, S.Z. 2000. Fiber morphology in wood and paper. Kavosh. Press, 288p.
5. Nouri, R. 1999. Study on the possibility of using softwood Kraft pulp from Mazandaran plantation forest (*Pinus brutia* & *Picea excelsa*) instead of imported longfiber pulp for producing different grades of paper in Mazandaran wood and paper industry. M.sc Thesis, Tarbiat Modares University, 120p. (in Persian).
6. Sertmehmetoglu, Z., Acar, O., and Birlir, A.S. 1968. Some investigation rotation and dry yield from *Pinus brutia* forests with relation of paper industry in south-eastern anatalia. I.U. Orm. Fak. Yayini, 281: 235-236.
7. TAPPI. 1993. Ash in wood, pulp, paper and paper board: combustion at 525°C. T 211 om-93.
8. TAPPI. 1997. Solvent extractives of wood and pulp. T 204 cm-97.
9. Zobel, B.J., and J.P. Buijtenen., 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer verlag, Berlin, New York, 250p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 16(1), 2009  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Effect of Altitude on Fiber Characteristics, Chemical Composition and Kraft Yield Pulp of Brutian Pine (*Pinus brutia*)**

**\*V. Vaziri<sup>1</sup>, S.Z. Hosseini<sup>2</sup> and M.R. Dehghani<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Professor, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

### **Abstract**

This study was aimed to investigate the effect of altitude on fiber characteristics, chemical composition and kraft yield pulp of Brutian pine. Wood samples were collected from different altitudes as 450, 750 and 960m of Arabdagh plantation, located in Kalaleh region in the northeast of Golestan province. Three healthy sample trees of Brutian pine were cut from each altitude. Maceration of earlywood and latewood were conducted using Franklin method, then fiber characteristics (fiber length and diameter, lumen diameter and cell wall thickness) were measured, using light microscope. Tappi test methods were used to determine chemical compositions such as cellulose, lignin, ash and extractives content in wood. Kraft pulp was prepared at these condition: AA, 18 and 20 percent; time 60, 90 and 120 min. Analysis of variance of fibers characteristics and chemical composition was conducted using completely randomized design, then mean values were compared, using Duncan test. Factorial experiments were used for comparison of the pulp yields and kappa numbers. Results showed that between early wood and late wood fibers characteristics of three altitudes significant difference exists with level of 5%. Measured fiber from altitudes 750 and 960m were maximum and minimum values, respectively. Cellulose content was significantly higher in altitude 750m, while lignin and extractives content were higher in altitude 960m which showed significant difference with level of 5% by comparison. Ash content was not significantly different for three altitudes. Obtained pulp from altitude 960m, because of lower kappa number is considered as proper pulp for production bleachable strength pulp, if suitable refining is carried out. On the other hand, obtained pulp from altitude 750m, because of suitable yield, can be used in different kinds of paper production such as linerboard and different wrapping paper.

**Keywords:** Altitude, Brutian pine, Earlywood, Latewood, Kraft pulp, Kappa number

---

\* Corresponding Author; Email: [vahidvaziri@gmail.com](mailto:vahidvaziri@gmail.com)