

تأثیر اصلاح حرارتی چوب زبان گنجشک و نوئل بر عملکرد عامل مخرب قارچی (*Coniophora puteana*)

سیده معصومه زمانی^۱، رضا حاجی حسنی^{۲*} و کامیار صالحی^۳

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: Reza.hajihassani@gmail.com

۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۲

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای (*Coniophora puteana*) روی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی و نیز مقاومت بیولوژیکی چوب زبان گنجشک (*Fraxinus Sp.*) و نوئل (*Picea Sp.*) اصلاح حرارتی شده، انجام شد. گونه‌های چوبی مورد نظر در دمای ۲۱۲ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان ۳ ساعت تحت تیمار حرارتی قرار گرفتند. نمونه‌های تیمار شده با فرایند حرارتی همراه با نمونه‌های شاهد بر اساس استاندارد EN 313 در معرض قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای قرار داده شدند و بعد عملکرد عامل مخرب قارچی و تأثیر آن بر خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که در هر دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل، اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای بر روی نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با فرایند حرارتی بوده است و سبب تخریب و کاهش وزن بیشتری در این نمونه‌ها شده است. همچنین ویژگی‌های دانسیته، مقاومت به ضربه و مقاومت فشاری موازی الیاف در نمونه‌های حرارت‌دهی شده در معرض قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای بیشتر از نمونه‌های حرارت‌دهی نشده بدون مجاورت با این قارچ بودند. نتایج ارزیابی آنزیم لاکاز تولید شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای در هر دو گونه چوبی نیز نشان داد که تأثیر این آنزیم در نمونه‌های حرارت‌دهی شده هر دو گونه چوبی مورد نظر کمتر از نمونه‌های شاهد بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که تیمار حرارتی می‌تواند سبب بهبود مقاومت بیولوژیکی، کاهش برخی خواص فیزیکی و مکانیکی و نیز پایداری بیشتر این ویژگی‌ها در مقابل اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای در هر دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل گردد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح حرارتی، قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، مقاومت بیولوژیکی.

مقدمه

عیوب ذاتی در ساختار این ماده طبیعی سبب محدودیت مصرف آن می‌گردد. این ماده بیولوژیک به دلیل ماهیت طبیعی آن می‌تواند توسط عوامل مخرب زیستی از جمله قارچ‌ها، حشرات و باکتری‌ها مورد حمله قرار گیرد. قارچ‌ها از جمله

در طول تمدن بشر، چوب به‌عنوان یک ماده طبیعی و در دسترس، بسیار مورد توجه بوده و یکی از پرکاربردترین مصالح طبیعی در ساخت انواع سازه‌ها بوده است. وجود

در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید و قهوه‌ای ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تیمار حرارتی و یخ‌زدگی باعث کاهش وزن کمتر نمونه‌های چوبی که تحت تأثیر پوسیدگی قارچی قرار گرفته بودند، می‌گردد که دلیل آن را تغییرات ایجاد شده در لیگنین و مواد استخراجی در اثر این تیمارها بیان نمودند. تیمار حرارتی ضمن کاهش مقدار همی سلولز و هولوسولوز سبب افزایش مقدار سلولز، لیگنین و مواد استخراجی می‌گردد. بدین مفهوم که کاهش یکی از اجزاء شیمیایی، افزایش نسبی دیگر ترکیبات شیمیایی را به همراه دارد که سبب تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب می‌گردد (Gaff *et al.*, 2019; Wentzel *et al.*, 2019).

Ghorbani و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی‌های خود نشان دادند، تیمار حرارتی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان یک ساعت باعث افزایش صلبیت، استحکام نسبی و سختی چوب می‌گردد، اما در چوب تیمار نشده، میکروفیبریل‌های با دیواره سلولی نازک و منعطف در مقابل فشار موازی الیاف دچار کماتش و لهیدگی می‌شوند. در تحقیقی دیگر که تأثیر کاهش وزن ناشی از تیمار حرارتی بر خواص مکانیکی گونه پالونیا بررسی شده بود، نشان داده شد که با افزایش دمای تیمار حرارتی، مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی نمونه‌ها کاهش می‌یابد. دلیل تفاوت در کاهش خواص مکانیکی نمونه‌های چوبی تیمار شده در دماهای مختلف، اختلاف کاهش وزن ناشی از دماهای مختلف تیمار حرارتی بیان گردید (Kaygin *et al.*, 2009).

نتایج تحقیقات Mburu و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که تیمار حرارتی چوب کم‌دوام بلوط ابریشمی (*Grevillea Robusta*) در دماها و زمان‌های مختلف، مقاومت آن را در برابر عوامل مخرب قارچی و موربانه‌ها به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد که دلیل آن را کاهش گروه‌های هیدروکسیل در اثر تیمار حرارتی بیان نمودند. همچنین نتایج بررسی مقاومت بیولوژیکی چوب‌های کاج و صنوبر تیمار شده با فرایند حرارتی - شیمیایی نشان داد که اصلاح حرارتی سبب اثرگذاری و کاهش جرم کمتری توسط قارچ‌های عامل پوسیدگی سفید و قهوه‌ای می‌گردد. به‌عبارتی دیگر، تیمار

عوامل مخرب بیولوژیکی چوب هستند که می‌توانند صدمات جبران‌ناپذیری را به چوب و فراورده‌های چوبی وارد کنند. از این رو برای مقابله با عوامل مخرب زیستی و افزایش پایداری و دوام چوب و مصنوعات چوبی از فرایندهای حفاظت و اصلاح چوب استفاده شده است. یکی از روش‌های پرکاربرد، اصلاح حرارتی چوب می‌باشد. اولین بار در کشور آلمان تیمار حرارتی چوب به روش علمی انجام شد و بعد در دیگر نقاط مختلف بررسی گردید. تیمارهای گرمایی معمولاً در درجه حرارت ۲۶۰-۱۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود، زیرا دماهای پایین‌تر سبب تغییرات جزئی ویژگی‌های چوب و دماهای بالاتر منجر به تخریب آن می‌گردد. همچنین تیمار حرارتی سبب تغییرات شیمیایی ساختار چوب، تغییرات رنگی، کاهش تغییرات ابعادی، بهبود خاصیت عایق حرارتی، بهبود مقاومت به پوسیدگی (استفاده از دماهای بالا) و کاهش برخی خواص مکانیکی مانند مقاومت خمشی می‌گردد (Militz, 2002)، بنابراین مقدار حرارت و زمان تیمار بستگی به نوع فرایند، گونه چوبی، اندازه نمونه‌ها، درصد رطوبت چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی مورد نظر، میزان مقاومت به حملات بیولوژیکی و ثبات ابعادی مورد نظر محصولات نهایی دارد. تیمار حرارتی چوب در دمای بالا و زمان طولانی سبب کاهش جذب رطوبت به صورت برگشت‌ناپذیر (دائم) در چوب می‌گردد (González-Peña *et al.*, 2004; Obataya & Tomita, 2002). کاهش جذب رطوبت نیز منجر به افزایش مقاومت به تخریب قارچی (Welzbacher & Rapp, 2004; Farahani, 2001)، پایداری ابعاد بیشتر و حرکت و انتقال کمتر رطوبت در سازه چوبی (Militz & Tjeerdsma, 2001) می‌گردد؛ اما باید یادآور شد که اصلاح حرارتی چوب در دمای بالا سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی آن می‌شود (González-Peña & Hale, 2007).

Delucis و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی‌های خود، چوب‌های تند رشد اکالیپتوس را ابتدا در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در معرض تیمار حرارتی قرار دادند و بعد در دمای ۲۲- درجه سانتی‌گراد آنها را تحت تأثیر فرایند سرمادهی قرار داده و در ادامه مقاومت به پوسیدگی این گونه چوبی را

شیشه‌های Kolle ریخته شد و با استفاده از اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲۰ دقیقه استریل گردیدند. در مرحله بعد نمونه‌های قارچ در زیر هود استریل، بر روی محیط کشت درون شیشه‌های Kolle منتقل گردید و در ژرمیناتور (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 75 ± 5) قرار داده شدند. پس از مدت زمان ۲ تا ۴ هفته که قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای سطح محیط کشت را پوشاند، نمونه‌های چوبی استریل شده، درون شیشه‌های Kolle قرار داده شدند و بر اساس استاندارد EN 113 برای مدت زمان ۱۶ هفته در ژرمیناتور (دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 65 ± 5) نگهداری شدند. پس از طی زمان مذکور، نمونه‌ها خارج شده و مورد آزمون‌های فیزیکی، مکانیکی و نیز مقاومت بیولوژیکی قرار گرفتند. این آزمون‌ها شامل بررسی میزان آنزیم لاکاز، اندازه‌گیری کاهش وزن و دانسیته، مقاومت به فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه قبل و بعد از مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای هستند که بر اساس استانداردهای EN113، ASTM D143-09 و D256 و ASTM بررسی شدند.

ارزیابی آنزیم لاکاز نیز طی دو چرخه استخراج با بافر ۵۰ میلی‌مولار استات سدیم با $\text{pH} = 5/5$ همراه با Tween 20 (۰/۱ گرم در لیتر) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. ابتدا نمونه‌های تخریب شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای با ۵۰ میلی‌لیتر بافر استات سدیم به مدت ۵ ساعت خیس شدند و در مرحله دوم این کار با ۲۵ میلی‌لیتر بافر استخراج به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. در هر یک از مراحل، مایع حاصل از استخراج‌ها توسط کاغذ صافی فیلتر و بعد سانتریفوژ شد (با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه) و برای آزمون ارزیابی فعالیت آنزیم استفاده گردید. فعالیت آنزیم لاکاز با استفاده از ۲ و ۶-دی‌متوکسی فنل (DMP) ۵ میلی‌مولار در بافر استات سدیم ۰/۱ مولار با $\text{pH} = 3/6$ و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۶۹ نانومتر ($E_{469} = 27.5 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) بررسی شد. یک واحد فعالیت لاکاز به صورت میزان آنزیم مورد نیاز برای اکسید کردن یک

حرارتی چوب سبب افزایش مقاومت بیولوژیکی می‌گردد (Kamperidou, 2019).

نتایج بررسی کاهش وزن در اثر تخریب قارچی در گونه‌های چوبی راش، بلوط و کاج تیمار شده با فرایند گرمایی نشان داد که تیمار حرارتی، افزایش مقاومت بیولوژیکی را به همراه دارد (Ayata et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگر که تأثیر تیمار حرارتی بر روی ویژگی‌های فیزیکی چوب کاج و نوئل بررسی شد، نشان داده شد که حرارت‌دهی در دمای ۲۱۲ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان ۲ ساعت سبب کاهش وزن ۲/۵۶ و ۶/۱۲ درصدی و افزایش ثبات ابعادی ۵۸ و ۵۲ درصدی به ترتیب در نمونه‌های نوئل و کاج می‌گردد (Icel et al., 2015). از این رو، هدف از این تحقیق علاوه بر ارزیابی مقاومت بیولوژیکی نمونه‌های تیمار حرارتی شده و شاهد زبان‌گنجشک و نوئل و بررسی مقایسه‌ای آنها، بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها پس از مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای می‌باشد. در حقیقت، این تحقیق به بررسی خصوصیات چوب حرارت‌دهی شده در دمای بالای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، قبل و بعد از مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای پرداخته است که ویژگی‌های مورد ارزیابی شامل فعالیت آنزیم لاکاز، کاهش وزن، تغییرات دانسیته، مقاومت فشاری موازی الیاف و مقاومت به ضربه است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از دو گونه چوبی زبان‌گنجشک و نوئل وارداتی به منظور ارزیابی تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت بیولوژیکی و خواص کاربردی آنها استفاده شد. پس از تهیه نمونه‌های مورد نظر، تیمار حرارتی در دمای ۲۱۲ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان ۳ ساعت انجام شد. سپس اقدام به تهیه نمونه‌های آزمون برای بررسی مقاومت بیولوژیکی و نیز خواص فیزیکی و مکانیکی آنها گردید.

برای ارزیابی مقاومت بیولوژیکی از قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای (*Coniophora puteana*) استفاده شد. به منظور تهیه محیط کشت از مالت اکستراکت آگار استفاده شد. سپس از محیط کشت تهیه شده به مقدار ۵۰cc در

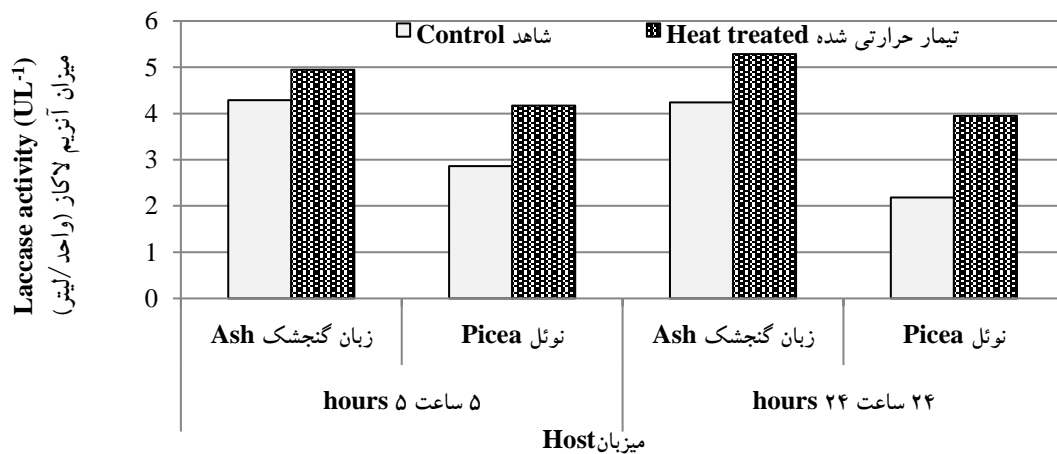
چوبی تخریب شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای نشان داد که میزان لاکاز موجود در نمونه‌های حرارت دیده بیشتر از نمونه‌های شاهد بود (شکل ۱). کاهش میزان آنزیم لاکاز در نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های حرارت‌دهی شده نشان می‌دهد که اثرگذاری و مصرف این آنزیم در نمونه‌های تیمار نشده بیشتر است.

میکرومول از DMP در دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ارائه گردید (Field, 1993). برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده، از نرم‌افزار SPSS و از آزمون تجزیه واریانس ANOVA نیز برای مقایسه بین گروه‌ها استفاده شد.

نتایج

فعالیت آنزیم لاکاز

نتایج حاصل از ارزیابی میزان لاکاز موجود در نمونه‌های



شکل ۱- تأثیر تیمار حرارتی بر میزان آنزیم لاکاز موجود در تراشه‌های چوبی

Figure 1. Effect of heat treatment on laccase enzyme volume in wood chips

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل

Table 1- Summarized result of ANOVA for physical and mechanical properties of Ash and Picea

منبع تغییرات Source of variation	گونه چوبی Wood species	بدون مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای Unexposed to brown rot fungus			مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای Exposed to brown rot fungus			
		دانسیتته (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Density (g/cm ³)	مقاومت فشاری موازی الیاف (مگاپاسکال) Compression strength parallel to grain (Mpa)	مقاومت به ضربه (کیلوژول بر متر مربع) Impact strength (Kj/m ²)	کاهش وزن (%) Mass loss (%)	دانسیتته (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Density (g/cm ³)	مقاومت فشاری موازی الیاف (مگاپاسکال) Compression strength parallel to grain (Mpa)	مقاومت به ضربه (کیلوژول بر متر مربع) Impact strength (Kj/m ²)
تیمار گرمایی Heat treatment	زبان گنجشک Ash	***0.003	ns 0.296	***0.000	*0.036	ns 0.076	ns 0.906	***0.005
	نوئل Picea	***0.007	ns 0.676	***0.010	***0.007	ns 0.101	ns 0.783	***0.001

***: معنی‌دار در سطح ۱ درصد **: معنی‌دار در سطح ۵ درصد ns: معنی‌دار نیست

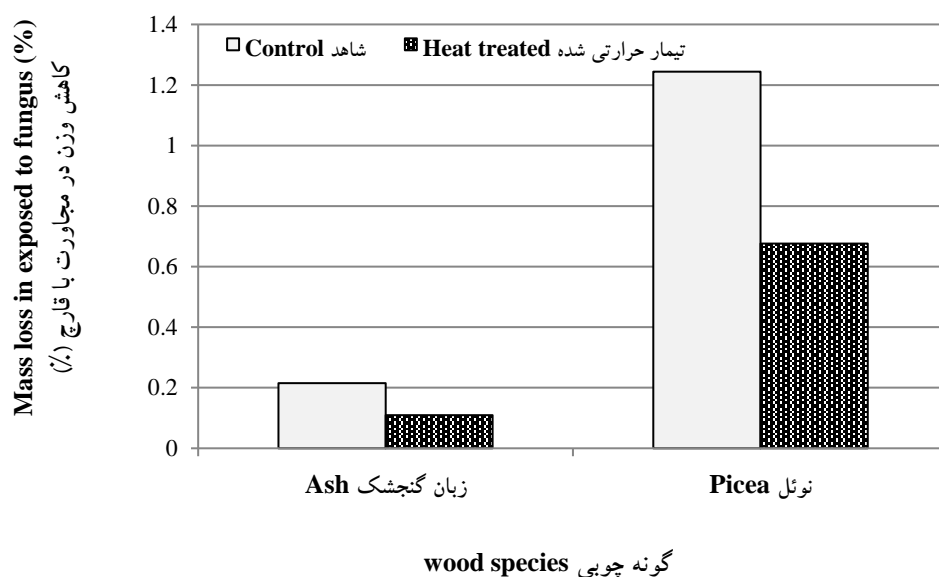
ns, ** and * : Non-significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively

عامل پوسیدگی قهوه‌ای داشته است (جدول ۱)؛ به نحوی که میانگین کاهش وزن ناشی از اثرگذاری این قارچ، در نمونه‌های شاهد و تیمار حرارتی شده گونه چوبی زبان گنجشک به ترتیب برابر با ۰/۲۲ و ۰/۱۱ درصد و در گونه چوبی نوئل به ترتیب برابر با ۱/۲۴ و ۰/۶۸ درصد به دست آمد (شکل ۲). به عبارت دیگر میزان بازدارندگی تیمار حرارتی بر کاهش وزن نمونه‌ها در برابر قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای در گونه‌های چوبی زبان گنجشک و نوئل به ترتیب به میزان ۴۹/۴۱ و ۴۵/۶۷ درصد بوده است. بر همین اساس تیمار حرارتی می‌تواند عاملی مؤثر در افزایش مقاومت بیولوژیکی باشد.

نتایج حاصل از تأثیر تیمار حرارتی بر فعالیت قارچ قهوه‌ای و نیز خصوصیات فیزیکی و مکانیکی گونه‌های چوبی زبان گنجشک و نوئل تجزیه و تحلیل و بررسی شد که خلاصه تجزیه واریانس در جدول ۱ ارائه شده است.

کاهش وزن

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس تأثیر تیمار حرارتی بر میزان کاهش وزن ناشی از فعالیت قارچ قهوه‌ای در هر دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل بیانگر آن بود که تیمار حرارتی تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن از دست رفته ناشی از عملکرد قارچ



شکل ۲- تأثیر تیمار گرمایی بر کاهش وزن ایجاد شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای

Figure 2. Effect of heat treatment on mass loss caused by brown rot fungus

دانسیتته هر دو گونه چوبی شده است (جدول ۱ و شکل ۳). نتایج ارائه شده در شکل ۳ نشان می‌دهد که دانسیته گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل در اثر تیمار حرارتی به ترتیب به میزان ۷/۸۳ و ۷/۲۱ درصد کاهش یافته است.

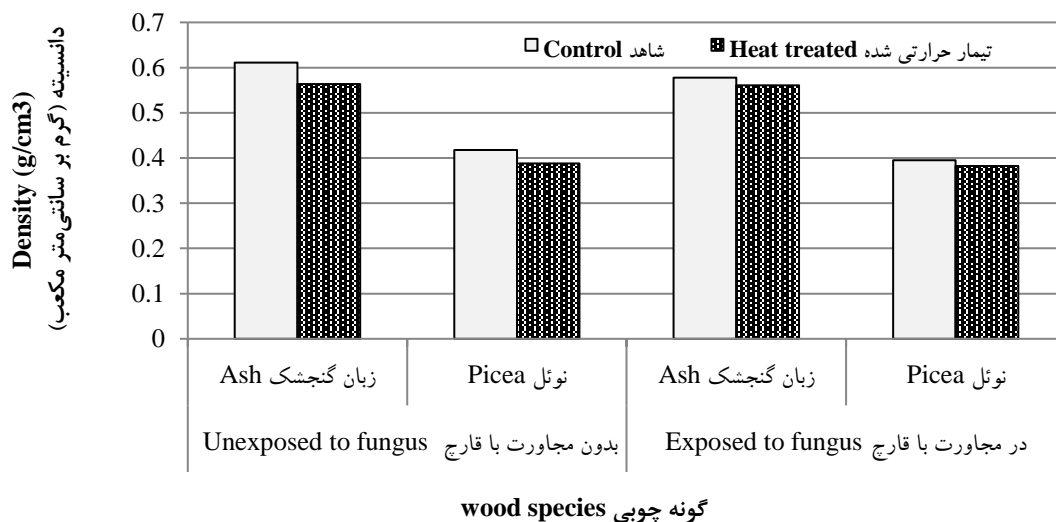
نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمار حرارتی بر دانسیته نمونه‌های تخریب شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای نیز نشان داد که این تیمار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد قارچ

دانسیته

ارزیابی دانسیته گونه‌های چوبی زبان گنجشک و نوئل در دو حالت تأثیر تیمار حرارتی بر دانسیته نمونه‌های شاهد و تیمار حرارتی شده در مجاورت و بدون مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای انجام شد. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمار حرارتی بر دانسیته گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل نشان داد که تیمار حرارتی به طور معنی‌داری سبب کاهش

زبان گنجشک به ترتیب به میزان ۵/۴۶ و ۰/۴۴ درصد و در گونه چوبی نوئل به ترتیب به میزان ۵/۴۴ و ۱/۳۵ درصد به دست آمد (شکل ۳)؛ بنابراین می توان گفت اگرچه از نظر آماری تیمار حرارتی اثر معنی داری بر تغییر دانسیته نمونه ها نداشته است ولی در عمل شاهد این موضوع هستیم که در نمونه های تیمار شده، کاهش دانسیته در اثر فعالیت قارچ نسبت به نمونه های شاهد کمتر بوده است.

مورد نظر بر کاهش دانسیته هر دو گونه چوبی نداشته است (جدول ۱). با این حال، مقایسه میانگین نتایج به دست آمده در نمونه های شاهد و تیمار حرارتی شده نشان داد که تیمار حرارتی می تواند سبب کاهش اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه ای در هر دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل گردد، به طوری که میزان کاهش دانسیته در اثر فعالیت این قارچ در نمونه های شاهد و تیمار حرارتی شده گونه چوبی



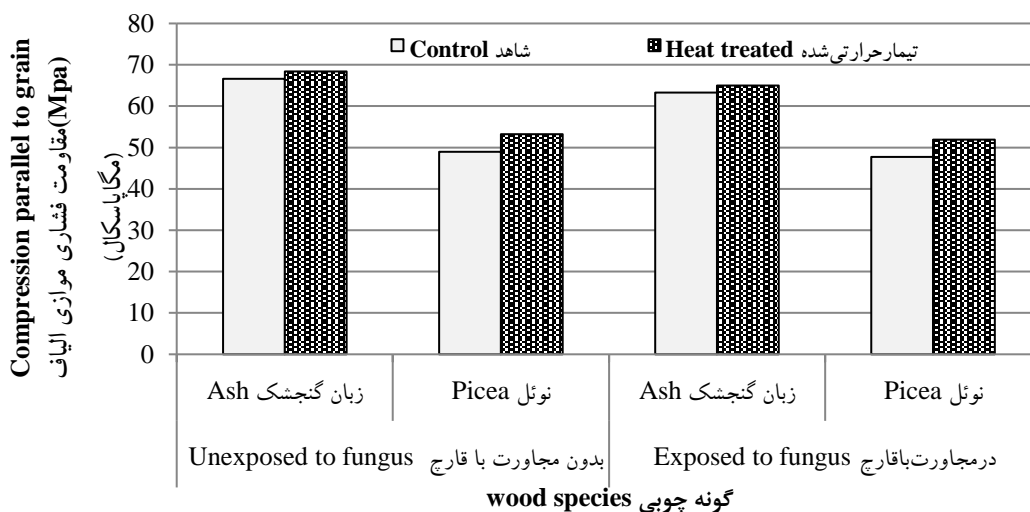
شکل ۳- تأثیر تیمار حرارتی و قارچ عامل پوسیدگی قهوه ای بر دانسیته
Figure 3. Effect of heat treatment and brown rot fungus on density

حرارتی بر این ویژگی مکانیکی است.

نتایج آنالیز تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت فشاری موازی الیاف نمونه های قرار گرفته در معرض قارچ عامل پوسیدگی قهوه ای نیز نشان داد که این تیمار تأثیر معنی داری بر عملکرد قارچ مورد نظر بر مقاومت فشاری موازی الیاف هر دو گونه چوبی نداشته است (جدول ۱)؛ اما مقایسه میانگین نتایج به دست آمده در نمونه های شاهد و تیمار حرارتی شده نشان داد که هرچند تیمار حرارتی اثر معنی داری بر مقاومت فشاری موازی الیاف نمونه های تحت مجاورت قارچ نداشته است، اما می تواند سبب کاهش اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه ای گردد (شکل ۴).

مقاومت فشاری موازی الیاف

تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت فشاری موازی الیاف دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل در مجاورت و بدون مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه ای ارزیابی شد. نتایج به دست آمده از آنالیز داده ها نشان داد که در هر دو گونه چوبی، تیمار حرارتی تأثیر معنی داری بر مقاومت در برابر فشار موازی الیاف نداشته است (جدول ۱). با این حال، مقایسه مقاومت فشاری موازی الیاف نمونه های شاهد و تیمار حرارتی شده در شکل ۴ نشان می دهد که با وجود معنی دار نشدن تأثیر تیمار حرارتی بر این ویژگی، مقدار عددی آن در هر دو گونه چوبی روند افزایشی داشته است که بیانگر اثر مثبت تیمار



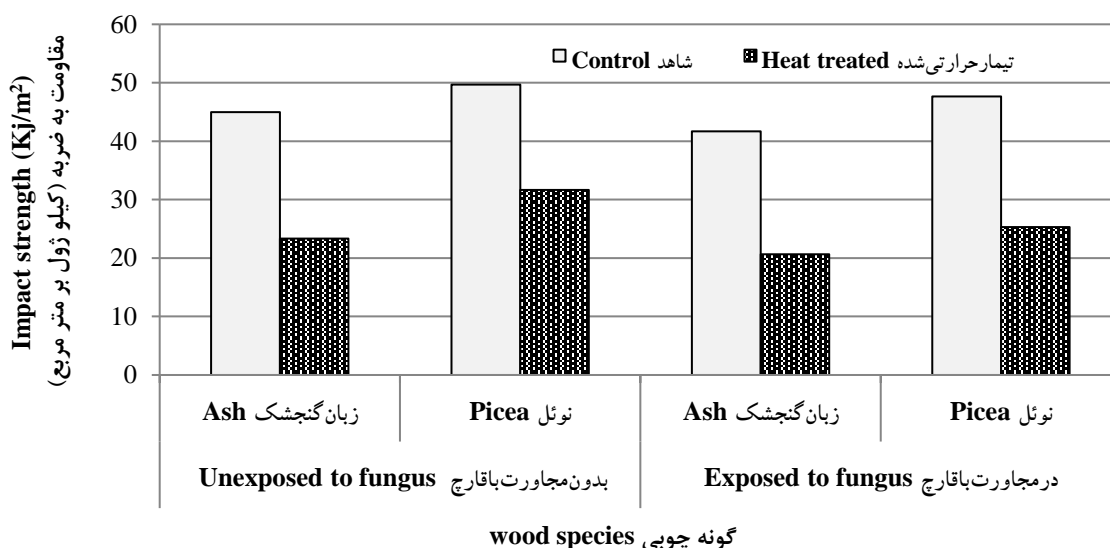
شکل ۴- تأثیر تیمار حرارتی و قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای بر مقاومت فشاری موازی الیاف

Figure 4. Effect of heat treatment and brown rot fungus on compression strength parallel to grain

باعث کاهش مقاومت به ضربه در هر دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل شده است که بیانگر اثر منفی این تیمار بر ویژگی مکانیکی ذکر شده می باشد (جدول ۱ و شکل ۵).

مقاومت به ضربه

ویژگی مکانیکی مقاومت به ضربه دو گونه چوبی زبان گنجشک و نوئل نیز در مجاورت و بدون مجاورت با قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای بررسی شد. نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد که تیمار حرارتی به طور معنی داری



شکل ۵- تأثیر تیمار حرارتی و قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای بر مقاومت به ضربه

Figure 5. Effect of heat treatment and brown rot fungus on impact strength

که تیمار حرارتی، دوام چوب در برابر عوامل مخرب قارچی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد که دلیل آن را کاهش گروه‌های هیدروکسیل در اثر تیمار حرارتی بیان کردند. از این رو تیمار حرارتی می‌تواند عاملی مؤثر در افزایش مقاومت بیولوژیکی باشد.

نتایج به دست آمده نشان داد که تیمار حرارتی سبب کاهش دانسیته می‌گردد. افت دانسیته در اثر حرارت‌دهی به دلیل تغییر یا تخریب ساختار شیمیایی چوب می‌باشد که با افزایش دمای تیمار این موضوع تشدید می‌گردد (Militz, 2002). همچنین نتایج نشان داد که تیمار حرارتی منجر به اثرگذاری کمتر قارچ مورد نظر در کاهش دانسیته می‌گردد. در حقیقت کاهش یا حذف گروه‌های هیدروکسیل در اثر تیمار حرارتی می‌تواند سبب بازدارندگی فعالیت قارچ و به تبع آن مانع کاهش دانسیته ناشی از فعالیت قارچ گردد (Mburu et al., 2007).

نتایج بررسی تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت فشاری موازی الیاف بیانگر اثر مثبت حرارت‌دهی بر این ویژگی مکانیکی بود. اصلاح چوب با فرایندهای گرمایی، مقاومت‌های مکانیکی آن را تحت اشکال مختلف تنش تغییر می‌دهد (González-Peña & Hale, 2007). تیمار حرارتی باعث افزایش صلبیت، استحکام نسبی و سختی چوب می‌گردد، اما در چوب تیمار نشده میکروفیبریل‌های با دیواره سلولی نازک و منعطف در مقابل فشار موازی الیاف دچار کماتش و لهیدگی می‌شوند (Ghorbani et al., 2020). در حقیقت فرایندهای گرمایی در دمای بالا سبب تغییر اجزای شیمیایی چوب می‌گردد، به طوری که تیمار حرارتی با ایجاد پیوندهای عرضی در لیگنین و نیز افزایش نسبی مقدار لیگنین و سلولز در ساختار چوب، می‌تواند سبب بهبود مقاومت فشاری موازی الیاف شود. به عبارتی دیگر تغییرات اجزاء شیمیایی چوب در اثر حرارت عامل مؤثری در تغییر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب محسوب می‌شود (Gaff et al., 2019; Wentzel et al., 2019). همچنین نتایج بررسی تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت فشاری موازی الیاف نمونه‌های قرار گرفته در معرض قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای

همچنین نتایج آنالیز تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت به ضربه نمونه‌های تخریب شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای نیز نشان داد که تیمار حرارتی دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد این قارچ بوده است (جدول ۱). نتایج ارائه شده در شکل ۵ بیانگر کاهش مقاومت به ضربه در اثر فعالیت و عملکرد قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای در هر دو گونه چوبی زبان‌گنجشک و نوئل می‌باشد؛ اما مقایسه میانگین نتایج به دست آمده در نمونه‌های شاهد و تیمار حرارتی شده نشان داد که هر چند تیمار حرارتی می‌تواند سبب کاهش اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای گردد، اما میزان کاهش مقاومت به ضربه در نمونه‌های تیمار حرارتی شده بیشتر از نمونه‌های شاهد بوده است (شکل ۵).

بحث

نتایج اندازه‌گیری لاکاز نشان داد که میزان این آنزیم در نمونه‌های حرارت دیده بیشتر از نمونه‌های شاهد بود. از آنجایی که تیمار حرارتی سبب تخریب و کاهش میزان همی سلولز و هولوسلولزها می‌گردد، از این رو میزان گروه‌های OH که محل فعالیت و انجام واکنش‌های شیمیایی می‌باشد کاهش یافته و منجر به تأثیر کمتر این آنزیم و بالا بودن مقدار آن در نمونه‌های حرارت‌دهی شده است (Gaff et al., 2019; Wentzel et al., 2019; Mburu et al., 2007). همچنین در گزارشی دیگر نشان داده شد هنگامی که تراشه گونه چوبی اکالیپتوس تحت تأثیر قارچ *Ceriporiopsis subvermispora* قرار می‌گیرد، کاهش وزن چوب ارتباط مستقیم و معنی‌داری با کاهش مقدار آنزیم لاکاز دارد (Ferraz et al., 2003) که مؤید نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌باشد.

نتایج ارزیابی کاهش وزن نمونه‌های چوبی در اثر فعالیت قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای نشان داد که تیمار حرارتی دارای اثر بازدارنده بر عملکرد این قارچ بوده و کاهش وزن در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های تیمار شده بوده است. Mburu و همکاران (۲۰۰۷) نیز در تحقیقات خود نشان دادند

کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع مورد استفاده

- American society for testing of materials. ASTM D 143-09. (2014). Standard methods of testing small clear specimens of timber.
- American society for testing of materials. ASTM D256. (2018). Standard test methods for determining the Izod pendulum impact strength of plastics.
- Ayata, U., Akcay, C. and Esteves, B., 2017. Determination of decay resistance against *Pleurotus ostreatus* and *Coniophora puteana* fungus of heat-treated scotch pine, oak and beech wood species. *Maderas, Ciencia y tecnología*. 19: 3. 309-316.
- Delucis, R., Machado, S.F., Missio, A.L. and Gatto, D.A., 2019. Decay resistance of two-step freezing-heat-treated fast-growing eucalyptus wood. *J. of the Indian Academy of Wood Science*, 16: 2. 139-143.
- Farahani, M.R.M., Hill, C.A.S. and Hale, M.D.C., 2001. The effect of heat treatment on the decay resistance of Corsican pine sapwood. In: *Proceedings 5th European panel products symposium*. Pp: 303-308.
- Ferraz, A., Córdova, A.M. and Machuca, A., 2003. Wood biodegradation and enzyme production by *Ceriporiopsis subvermispora*. *Enzyme and Microbial Technology*. 32: 1. 59-65.
- Field, J.A., Jong, E., Feijoo-Costa, G. and Bont, J.A.M., 1993. Screening for ligninolytic fungi applicable to the biodegradation of xenobiotics. *Trends Biotechnol.* 11: 44-49.
- Gaff, M., Babiak, M., Kačík, F., Sandberg, D., Turčani, M., Hanzlík, P. and Vondrová, V., 2019. Plasticity properties of thermally modified timber in bending—the effect of chemical changes during modification of European oak and Norway spruce. *Composites Part B: Engineering*. 165: 5. 613-625.
- Ghorbani, M., Nikkhah Shahmirzadi, A. and Toopa, A., 2020. Effect of densification on the practical properties of chemical and thermal modified poplar wood. *Iranian J. of Wood and Paper Industries*, 11: 2. 185-197.
- González-Peña, M.M. and Hale, M.D.C., 2007. The relationship between mechanical performance and chemical changes in thermally modified wood. In: *Proceedings 3rd European conference on wood modification*. Pp: 169-172.
- González-Peña, M.M., Breese, M.C. and Hill, C.A.S., 2004. Hygroscopicity in heat treated wood: Effect of extractives. In: *Proceedings 1st international conference on environmentally-compatible forest products*. Pp: 105-119.
- Icel, B., Guler, G., Isleyen, O., Beram, A. and Mutlubas,

نشان داد که تیمار حرارتی می‌تواند سبب کاهش اثرگذاری این قارچ گردد. کاهش یا حذف گروه‌های هیدروکسیل چوب در اثر تیمار حرارتی سبب کاهش میزان آبکافت توسط آنزیم لاکاز تولید شده و در نهایت منجر به محدودیت فعالیت و اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای می‌گردد (Mburu *et al.*, 2007).

نتایج بررسی تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت به ضربه بیانگر اثر منفی این تیمار بر این ویژگی مکانیکی می‌باشد. بروز تغییرات در ساختار شیمیایی چوب در اثر تیمار حرارتی و نیز ترد و شکننده شدن ساختار چوب می‌تواند سبب کاهش این ویژگی مکانیکی گردد. از سویی اختلاف در میزان کاهش مقاومت به ضربه می‌تواند ارتباط مستقیمی با کاهش وزن نمونه‌ها در اثر تیمار حرارتی داشته باشد (Kaygin *et al.*, 2009). همچنین نتایج بررسی تأثیر تیمار حرارتی بر مقاومت به ضربه نمونه‌های تخریب شده توسط قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای نیز نشان داد که میزان کاهش این ویژگی مکانیکی در نمونه‌های تیمار حرارتی شده بیشتر از نمونه‌های شاهد بوده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که در اثر تیمار حرارتی چوب، فعالیت و اثرگذاری قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، به‌نحوی که ارزیابی آنزیم لاکاز در این تحقیق نیز مؤید این مطلب می‌باشد. در حقیقت حرارت‌دهی چوب سبب عدم اثرگذاری آنزیم تولید شده توسط قارچ و بهبود مقاومت بیولوژیکی می‌گردد. از سویی تیمار حرارتی می‌تواند سبب بروز برخی تغییرات در خواص فیزیکی و افت ویژگی‌های مکانیکی گردد و در مقابل، عاملی مؤثر در جلوگیری از افت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ناشی از فعالیت قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای باشد.

سپاسگزاری

در راستای اجرای این تحقیق، از همکاری کلیه متخصصان و کارکنان مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور و نیز شرکت مازند چوب آریا و پشتیبانی‌های مادی و معنوی آنان

- wood by the PLATO process. In: Rapp AO, Editor, Review on heat treatments of wood. COST ACTION E22: Environmental optimisation of wood protection. Pp: 27–38.
- Obataya, E. and Tomita, B., 2002. Hygroscopicity of heat-treated wood II, Reversible and irreversible reductions in the hygroscopicity of wood due to heating. *Mokuzai Gakkaishi*. 48: 4. 288–95.
- The European Standard EN 113., 1997. Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes.
- Welzbacher, C.R. and Rapp, A.O., 2004. Determination of the water sorption properties and preliminary results from field tests above ground of thermally modified material from industrial scale processes. In: 35th Annual Meeting, International Research Group on Wood Protection, IRG/WP 04–40279.
- Wentzel, M., Fleckenstein, M., Hofmann, T. and Militz, H., 2019. Relation of chemical and mechanical properties of Eucalyptus nitens wood thermally modified in open and closed systems. *Wood Material Science & Engineering*. 14: 3. 165-173.
- M., 2015. Effects of industrial heat treatment on the properties of spruce and pine woods. *BioResources*. 10: 3. 5159-5173.
- Kamperidou, V., 2019. The biological durability of thermally-and chemically modified black pine and poplar wood against basidiomycetes and mold action. *Forests*. 10: 12. 1111-1128.
- Kaygin, B., Gunduz, G. and Aydemir, D., 2009. The effect of mass loss on mechanical properties of heat treated Paulownia wood. *Wood Research*. 54: 2. 101-108.
- Mburu, F., Dumarc, S., Huber, F., Petrissans, M. and Gérardin, P., 2007. Evaluation of thermally modified Grevillea Robusta heartwood as an alternative to shortage of wood resource in Kenya. Characterisation of physicochemical properties and improvement of bio-resistance. *Bioresource Technology*. 98: 18. 3478–3486.
- Militz, H., 2002. Thermal treatment of wood. European processes and their background, IRG/WP 02-40241. 33rd Annual Meeting, 12-17 May, Cardiff-Wales, 4: 1-17.
- Militz, H. and Tjeerdsma, B., 2001. Heat treatment of

Influence of thermal modification of ash and spruce wood on the functionality of fungal destructive agent (*Coniophora puteana*)

S.M. Zamani¹, R. Hajihassani^{2*} and K. Salehi³

1-Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

2*-Corresponding author, Assistant Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran,

Email: Reza.hajihassani@gmail.com

3-Assistant Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: June, 2023

Accepted: July, 2023

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the impact of brown rot fungus on mechanical and physical properties and biological resistance of thermally modified ash (*Fraxinus Sp.*) and spruce (*Picea Sp.*) woods. First, the wood specimens of both species were heat treated at 212 °C for 3 hours. Then, heat-treated and untreated wood specimens were exposed to brown rot fungus for 16 weeks based on EN 313 and the functionality of fungal destructive agent and also its effect on physical and mechanical properties were analyzed. The results showed that the brown rot fungus had efficiently impacted the untreated specimens compared to thermally treated wood in both wood species and caused more destruction and weight loss. Moreover, the results revealed that the residual physical and mechanical properties including density, compression parallel to grain and impact strength of thermally heated specimens exposed to brown rot fungus were higher than unheated specimens. Evaluation of laccase activity which was produced by brown rot fungus was higher on controls than on heat treated specimens in both wood species. Based on the results, thermal modification can generally cause improvement of biological resistance, and reduction of some physical and mechanical properties.

Keywords: Thermal modification, brown rot fungus, physical and mechanical properties, biological resistance.