Research Article

Iranian Journal of Wood and Paper Industries
Vol. 16, No. 1, Page 63 - 72 (2025)

DOI: 10.22034/ijwp.2025.2044407.1686

The effect of thermal treatment of Paulownia wood species on the physical and mechanical properties of the resulting layered products

Majid bonyaddad[1*], Taghi Tabarsa[2], Mehrab Madhoushi[3], Hamid Reza Edalat[4]

1- Corresponding author, Ph.D. Student, Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mbonyaddar@gmail.com
2- Professor, Dept. of Wood Technology and Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3- Associate Professor, Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- Assistant Prof., Dept. of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: November 2024 Accepted: January 2025

Abstract

Problem definition and objectives: layered products is one of the oldest composite wood products, which compared to new engineered products is older. The purpose of this research is to investigate the effect of thermal treatment of Paulownia wood layers on physical and mechanical properties of the resulting layered products.

Methodology: After pealing, the layers were thermally treated by two different procedures, dry and wet, and at two different temperatures for each method. The layers were connected by MDI glue and then the manufactured boards (3 layers and 7 layers) were subjected to water absorption and thickness swelling for 2 and 24 hours, bending properties, internal bonding and shear strength of the glue line.

Results: The results showed that, the modulus of rupture and the modulus of elasticity of the fabricated layered products with treated layers were higher than those made with untreated layers. While the internal bonding was higher in the layered products made with untreated layers. The shear strength of the glue line in the first layers of the layered products was higher in the samples treated by dry method and temperature of 165 °C, than the rest of the samples made in other conditions. The shear strength of the adhesive line in the second and third layers was higher in the control sample than in the samples made with treated layers. The results of water absorption and thickness swelling showed that the amount of these quantities in the samples made with treated layers was significantly less than the layered products made with untreated layers.

Conclusion: The improvement of the physical and mechanical properties of layered products made after thermal treatment of the layers can increase the scope of application of these products in other uses, such as outdoor uses.

Keywords: 3 and 7 layered products, thermal treatment, water absorption and thickness swelling, shear strength of the glue line.

تاثیر تیمار گرمایی گونه چوبی پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده لایه‌ای حاصل از آن

مجید بنیادداد[1*]، تقی طبرسا[2]، محراب مدهوشی[3]، ، حمیدرضا عدالت[4]

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. پست الکترونیک: mbonyaddar@gmail.com
۲- استاد گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳- دانشیار، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۴- استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۳

چکیده

بیان مساله و اهداف: فرآورده‌های لایه‌ای یکی از قدیمی‌ترین فرآورده‌های مرکب چوب است که در مقایسه با فرآورده‌های جدید مهندسی شده قدمت بیشتری دارد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر تیمار گرمایی لایه‌های چوب پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده‌های لایه‌ای حاصل از آن می‌باشد.

مواد و روشها: لایه‌ها پس از لوله‌بری به دو روش خشک و تر و در دو دمای متفاوت برای هر روش تیمار گرمایی شدند. لایه‌ها توسط چسب ایزوسیانات به هم متصل شدند و سپس فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده (۳ لایه و ۷ لایه) تحت آزمون‌های جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت، خواص خمشی، چسبندگی داخلی و مقاومت برشی خط چسب قرار گرفتند.

نتایج: نتایج نشان داد که مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های تیمار شده بیشتر از فرآورده‌های ساخته شده با لایه‌های بدون تیمار بود. در حالی که چسبندگی داخلی در فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های بدون تیمار بیشتر بود. مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های نخست فرآورده‌ها در نمونه‌های تیمار شده به روش خشک و دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از مابقی ترکیب شرایطها بود. اما مقدار آن، در لایه‌های دوم و سوم، در نمونه شاهد بیشتر از نمونه‌های ساخته شده با لایه‌های تیمار شده بود. نتایج جذب آب و واکشیدگی ضخامت نشان داد که مقدار این کمیت‌ها در نمونه‌های ساخته شده با لایه‌های تیمار شده به شدت کمتر از فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های تیمار نشده بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های تیمار شده بیشتر از فرآورده‌های ساخته شده با لایه‌های بدون تیمار بود. در حالی که چسبندگی داخلی در فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های بدون تیمار بیشتر بود. مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های نخست فرآورده‌ها در نمونه-های تیمار شده به روش خشک و دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از مابقی ترکیب شرایطها بود. اما مقدار آن، در لایه-های دوم و سوم، در نمونه شاهد بیشتر از نمونه‌های ساخته شده با لایه‌های تیمار شده بود. نتایج جذب آب و واکشیدگی ضخامت نشان داد که مقدار این کمیت‌ها در نمونه‌های ساخته شده با لایه‌های تیمار شده به شدت کمتر از فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های تیمار نشده بود.

واژه های کلیدی: فرآورده ۳ لایه و ۷ لایه، تیمار گرمایی، جذب آب و واکشیدگی ضخامت، مقاومت برشی خط چسب.

مقدمه

چوب از دوران باستان توسط انسان برای ساخت خانه و محصولات مورد نیاز در آن مورد استفاده قرار می‌گرفته است که دلیل استفاده از چوب در آن دوران، به نبود مواد پلیمری و پلاستیکی و فراوانی چوب مربوط می‌شد. اما امروزه علی‌رغم پیشرفت تکنولوژی و توسعه مواد پلیمری از یک سو و از سوی دیگر، کاهش سطح جنگل‌ها در جهان، باز هم استفاده از چوب در ساخت سازه‌های چوبی بسیار بالاست و طرفداران خاص خود را دارد. در این بین فرآورده‌های لایه‌ای یکی از فرآورده‌هایی است که به دلایل مزایای زیاد خود، به طور گسترده در ساخت سازه‌های چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله این مزایا می‌توان به خواص مکانیکی بیشتر آن‌ها در مقایسه با فرآورده‌های مرکب دیگر اشاره کرد. از سوی دیگر، این فرآوردهف در مقایسه با فرآورده‌های مرکب چوبی دیگر سبک‌تر و دارای انعطاف بیشتری هستند. فرآورده‌های لایه‌ایی همانند سایر فرآورده‌های مرکب چوبی، پس از قرار گرفتن طولانی مدت در اماکن باز دچار پوسیدگی می‌شوند [۱]. از آنجایی که در آن‌ها ، لایه‌ها خصوصا در سطوح بالایی و پایینی بدون هیچ گونه محافظی هستند بنابراین، مستعد حملات قارچی هستند در حالی که در فرآورده‌هایی مثل تخته خرده چوب و تخته فیبر، اختلاط مناسب خرده‌ها یا الیاف با رزین، باعث می‌شود تا این فرآورده‌ها تا حدی در مقایسه با تخته‌لایه در مقابل پوسیدگی مقاوم باشند [۲].

یکی از راه‌های بهبود مقاومت لایه‌ها در برابر عوامل مخرب طبیعی نظیر قارچ‌ها، تیمار لایه‌ها با مواد حفاظتی [۳]، استفاده از تیمار روغنی [۴]، تیمار و اصلاح شیمیایی [۵] و تیمار گرمایی [۶] است. تیمار روغنی لایه‌ها گرچه می‌تواند مقاومت لایه‌ها به عوامل مخرب طبیعی را به طور قابل ملاحظه‌ایی بهبود ببخشد، اما سطح روغنی لایه‌ها ممکن است محدودیت‌هایی را در عملکرد چسب بین لایه‌ها خصوصا در مورد چسب‌های محلول در آب ایجاد کند. در رابطه با تیمار با مواد حفاظتی و اصلاح شیمیایی لایه‌ها از طریق مکانیسم‌هایی مثل استیلاسیون [۷] و مرسریزاسیون [۸]، نیز می‌توان انتظار داشت که مقاومت لایه‌ها به حملات عوامل مخرب طبیعی بهبود یابد اما نقش کاهش چسبندگی لایه‌های تیمار شده با چسب را نمی‌توان نادیده گرفت. اما از سوی دیگر، با استفاده از تیمار گرمایی لایه‌ها می‌توان به چندین مزیت به طور همزمان در ساخت فرآورده‌های لایه‌ای دست پیدا کرد. در اثر تیمار گرمایی، هیچ ماده اضافه‌ای به لایه‌ها افزوده نمی‌شود در حالی که در تیمار روغنی و تیمار شیمیایی روغن و مواد شیمیایی استفاده شده منجر به کاهش توان چسبندگی لایه‌ها می‌شوند. در اثر تیمار گرمایی لایه‌ها، بخشی از مواد پلیمری با درجه پلیمریزاسیون کم مانند همی‌سلولزها از داخل بافت چوب حذف می‌شوند که این موضوع می‌تواند به افزایش مقاومت فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده در برابر عوامل طبیعی کمک کند [۹،۱۰]. از سوی دیگر، با حذف همی‌سلولزها، دانسیته چوب کاهش می‌یابد و این موضوع ممکن است محدودیت‌هایی را نظیر کاهش خواص مکانیکی [۱۱،۱۲] و یا افزایش جذب آب و یا واکشیدگی ضخامت ایجاد کند. پژوهش‌هایی در زمینه تیمار گرمایی و تاثیر آن بر خواص چوب و فرآورده‌های لایه‌ای حاصل از آن در سال‌های اخیر انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. پژوهشگران ویژگی‌های کاربردی چوب نراد اصلاح گرمایی شده با فرایند رتیفیکاسیون را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان دادند که با افزایش دمای تیمار در اصلاح گرمایی چوب نراد مقادیر جذب آب و واکشیدگی کاهش و ثبات ابعاد در چوب‌های تیمار شده افزایش یافتند. دانسیته، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت برش موازی الیاف، مقاومت فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه نیز با اصلاح گرمایی چوب نراد کاهش نشان دادند [۱۳]. محققان پژوهشی با هدف بررسی تأثیر اصلاح بخار گرمایی چوب صنوبر بـر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن انجام دادند. نتایج نشان دادند که تیمار بخار گرمایی موجب بهبود ثبات ابعادی، افزایش کلاپس و زبری سطح و کاهش جرم و دانسیته چوب صنوبر شده است. همچنین این فرایند سبب کاهش مقاومت خمشی و افزایش مدول الاستیسیته شد [۱۴]. محققان به بررسی تاثیر تیمار گرمایی روکش‌های گونه اکالیپتوس بر خواص فرآورده‌های جدید لایه‌ایی پرداختند و گزارش کردند که تیمار گرمایی روکش‌ها منجر به بهبود خصوصیات برشی فرآورده‌های حاصل شد [۱۵].

می‌توان انتظار داشت که در اثر تیمار حرارتی لایه‌ها، دوام طبیعی آن‌ها افزایش یابد، در مقابل، این موضوع

مطرح است که در قبال افزایش مقاومت لایه‌ها در برابر عوامل مخرب طبیعی، خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده-های لایه‌ای ساخته شده پس از تیمار گرمایی چه تغییری می‌کند. با یک تیمار بهینه می‌توان علاوه بر دستیابی به یک فرآورده مرکب با دوام طبیعی افزایش یافته، می‌توان شرایط تیمار را طوری تعیین کرد که خواص مکانیکی و فیزیکی فرآورده ساخته شده دچار افت زیادی نشود. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های تیمار شده و بدون تیمار است. برای این منظور، لایه‌ها به دو روش خشک و تر و در دو دمای متفاوت (۱۶۵ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای روش خشک و ۱۶۵ و ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد برای روش تر) تیمار شدند و پس از آن فرآورده‌های لایه‌ای ۳ لایه و ۷ لایه ساخته شدند و مورد آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی قرار گرفتند. بر اساس فرضیه این تحقیق، خواص مکانیکی خود لایه‌ها در اثر کاهش دانسیته و خروج همی‌سلولزها می‌تواند کاهش یابد. از سوی دیگر، در اثر کاهش دانسیته و افزایش تخلخل لایه‌ها، نفوذ مناسب‌تر چسب به درون لایه‌ها که می‌تواند مقاومت لایه‌ها را خصوصا در نیروهای خمشی بهبود بخشد، ممکن است کاهش مقاومت ناشی از کاهش دانسیته را جبران کند. با توجه به موارد گفته شده، بنابراین انجام این تحقیق، ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق، از گرده‌بینه‌های گونه پالونیا با قطر تقریبی ۵۰ سانتی‌متر و طول تقریبی ۶۰ سانتی‌متر برای تهیه لایه مورد استفاده قرار گرفت. گرده‌بینه‌ها از جنگل‌های شصت کلاته واقع در گرگان بریده شدند. چسب ایزوسیانات (MDI) از شرکت پتروشیمی کارون (ایران) تهیه گردید. مشخصات کامل چسب ایزوسیانات در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات کامل چسب ایزوسیانات

مقدار مواد جامد (درصد)	زمان ژله‌ایی شدن (ثانیه)	گرانروی (سانتی‌پوآز)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۱۰۰	۱۰۰	۳۰۰	۱/۲۷

روش‌ها

تهیه و تیمار لایه‌ها و ستخت تخته لایه

گرده‌بینه‌ها پس از انتقال به کارگاه صنایع چوب بر روی دستگاه لوله‌بر مستقر شدند و عملیات لایه‌گیری گرده‌بینه‌ها به صورت تر و بلافاصله پس از قطع درخت انجام شد. لایه‌گیری در دو ضخامت مختلف ۳ و ۷ میلی-متر صورت پذیرفت (البته با در نظر گرفتن همکشیدگی چوب این مقادیر محاسبه شدو ضخامت لایه‌ها کمی بیشتر در نظر گرفته شد تا پس از خشک شدن ضخامت نهایی لایه‌ها ۳ و ۷ میلی‌متر باشد). سپس لایه‌ها در محیط کارگاه به مدت دو هفته قرار گرفتند تا کاملا هوا خشک شوند. لایه‌های تهیه شده به دو روش خشک و تر فرآوری شدند. در روش تر از فرآیند فرانسوی (les bois prdue) استفاده شد که این فرآیند که یک روش ابداعی در مدرسه فنی Mines de Saint Etienne است، شامل حرارت‌دهی متناوب لایه‌ها به صورت کاملا مرطوب در یک محیط اشباع از بخار است و در روش خشک از فرآیند (Retification) استفاده شد که این فرآیند شامل خشک کردن لایه‌ها تا ۱۲ درصد و سپس حرارت‌دهی در محیط عاری از اکسیژن است. در این روش نیتروژن جاگزین هوای داخل مخزن شد و میزان اکسیژن مجاز در مخزن ۲ درصد بود. در روش‌های ذکر شده لایه‌ها در ۲ سطح دمایی که در پیش آزمون‌ها تعیین شدند، مورد تیمار قرار گرفتند. تفاوت دو روش فوق در محیطی است که برای انتقال گرما استفاده می‌شود. در فرآیند رتیفیکاسیون چوب در محیط پر از نیتروژن و فاقد اکسیژن (کمتر از ۲ درصد) قرار می‌گیرد و حرارت داده می‌شود، در حالی که در روش دوم چوب در محیط کاملا مرطوب گرمادهی می‌شود. در این روش نیز آب به عنوان ناقل گرما و مانع آتش سوزی عمل می‌کند. پس از تیمار گرمایی، لایه‌ها در محیط کارگاه و به مدت ۲ هفته قرار داده شدند تا تنش-زدایی انجام شود. پس از هوا خشک شدن (رطوبت ۱۲ درصد) کامل آن‌ها، لایه‌ها با چسب ایزوسیانات چسب‌زنی شد (۱۰۰ گرم بر متر مربع) و به صورت متقاطع قرار

گرفتند تا فرآورده‌های لایه‌ای ۳ لایه و ۷ لایه به ضخامت ۲۱ میلی‌متر تولید شوند. شرایط پرس برای حرارت، فشار و زمان پرس، به ترتیب، ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، ۶ دقیقه و ۸۵ بار بود.

اندازه‌گیری آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی

خواص خمشی شامل مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته به صورت خمش سه نقطه‌ایی مطابق با استاندارد EN310، چسبندگی داخلی مطابق با استاندارد EN319، مقاومت برشی خط چسب مطابق با استاندارد EN314، و جذب آب و واکشیدگی ضخامت مطابق با استاندارد EN317 انجام شد.

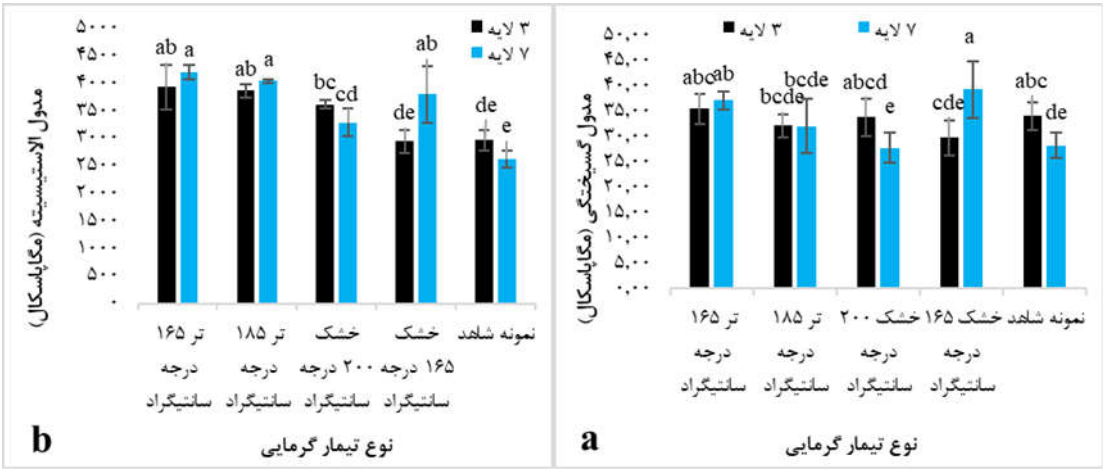
تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد. برای این منظور از طرح آماری فاکتوریل استفاده شد و در نهایت پس از بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها، از آزمون چند دامنه‌ایی دانکن برای مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

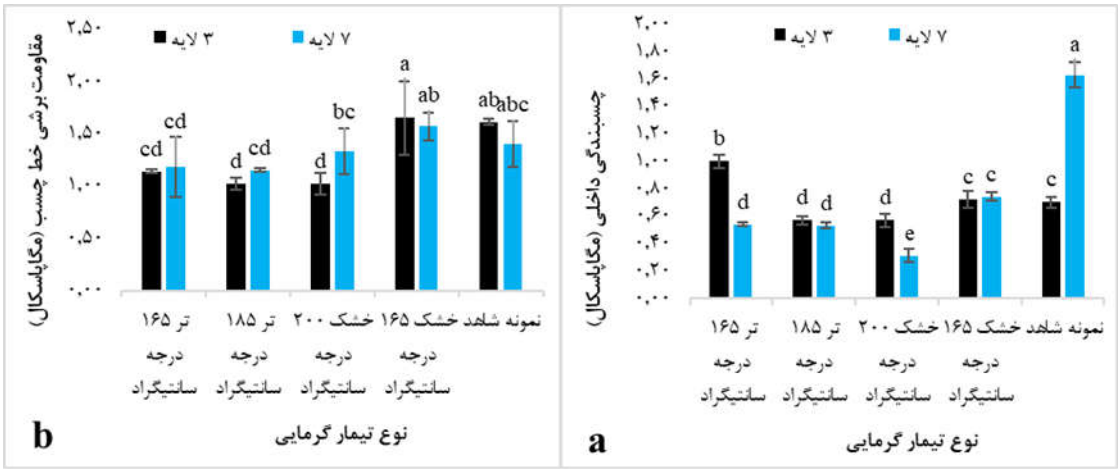
تاثیر تیمار گرمایی و تعداد لایه‌ها بر مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این تصاویر، در اثر تیمار گرمایی مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته در اکثر مواقع افزایش داشته است. بیشترین مقدار مدول گسیختگی مربوط به فرآورده ۷ لایه، تیمار شده به روش خشک و در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار مدول گسیختگی مربوط به فرآورده ۷ لایه، تیمار شده به روش خشک و در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. در چوب ماسیو، تیمار گرمایی معمولا منجر به کاهش خواص مکانیکی می‌شود [۶]. دلیل این امر این است که تخریب پلیمرهای اصلی چوب مانند همی‌سلولزها و حذف آن‌ها به همراه مواد استخراجی منجر به کاهش دانسیته چوب شده و به تبع آن خواص مکانیکی تضعیف می‌شوند [۱۶،۱۷]. اما در فرآورده‌های لایه‌ای این موضوع (خواص مکانیکی) می‌تواند تحت تاثیر عوامل دیگری نیز قرار گیرد. یکی از مهمترین این عوامل نفوذ بهتر چسب به داخل لایه‌های تیمار گرمایی شده است. همان‌طور که گفته شد، در اثر خروج همی‌سلولزها از چوب، دانسیته چوب کاهش می‌یابد که می‌توان آن را بدین گونه تعبیر کرد که تخلخل چوب افزایش می‌یابد [۱۸،۱۹]. این موضوع پذیرفته شده است که برای یک اتصال بهینه، مقدار قابل ملاحظه‌ایی از چسب باید به داخل چوب نفوذ کند (نه آنقدر زیاد که منجر به ایجاد خط چسب گرسنه شود)، به همین، در اثر تیمار گرمایی و افزایش تخلخل، نفوذ چسب به داخل چوب بهتر صورت گرفته و خواص مکانیکی فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده بهبود یافت. قابل ذکر است که این بهبود مقاومت در فرآورده‌های ۷ لایه در اکثر مواقع بیشتر از فرآورده‌های ۳ لایه بود. این موضوع را می‌توان به بیشتر بودن تعداد خطوط چسب در فرآورده‌های ۷ لایه نسبت داد. کاهش مدول گسیختگی تخته لایه‌هایی که چوب آن‌ها در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و به روش خشک تیمار شده بود، مربوط به دمای بیش از حد تیمار بود. به طوری که دمای بالا علاوه بر تخریب همی‌سلولزها، بخشی از نواحی آمورف سلولز هم به احتمال زیاد مورد تخریب قرار گرفته است [۱۵]. نتایج این تحقیق با نتایج Song و همکاران (۲۰۱۷) [۱۵] که به بررسی تاثیر تیمار گرمایی و تیمار قلیایی روکش‌های چوب بر خواص مکانیکی تخته-لایه پرداخته بودند، مطابقت دارد.

از سوی دیگر، کمترین میزان مدول الاستیسیته مربوط به فرآورده‌های ۷ لایه و نمونه شاهد بود در حالی که بیشترین میزان مدول الاستیسیته، مربوط به فرآورده-های ۷ لایه، تیمار شده به روش تر و در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، بود. مدول الاستیسیته بیانگر نسبت تنش به کرنش در منطقه خطی است [۲۰]. یعنی دو عامل می-تواند باعث افزایش مدول الاستیسیته شود، نخست، افزایش تنش و دوم کاهش تغییر طول نسبی یا کرنش [۲۰]. در اثر تیمار گرمایی چوب و به تبع آن خروج همی-سلولزها از چوب، انعطاف‌پذیری چوب به طور قابل ملاحظه‌ایی کاهش می‌یابد [۲۰]. بنابراین حتی با حفظ تنش (یکسان بودن تنش) مدول الاستیسیته در اثر کوچکتر شدن مخرج کسر، افزایش می‌یابد.



شکل ۱- تاثیر تیمار گرمایی و تعداد لایه‌ها بر مدول گسیختگی (a) و مدول الاستیسیته (b) فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده

شکل ۲، تاثیر تیمار گرمایی چوب و تعداد لایه‌ها بر چسبندگی داخلی و مقاومت برشی موازی الیاف در لایه-های نخست فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده را نشان می-دهد. بر اساس این شکل، چسبندگی داخلی فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده در اثر تیمار گرمایی لایه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ایی کاهش یافته است. بر خلاف خواص خمشی که نفوذ بهتر چسب به داخل لایه‌ها در اثر تیمار گرمایی منجر به بهبود این خواص شد، در مورد چسبندگی داخلی نفوذ چسب به داخل لایه‌ها باعث شد تا میزان چسب در خط چسب (محل اتصال) کاهش پیدا کند و این مورد باعث جدا شدن سریع‌تر لایه‌ها در هنگام آزمون شد. از سوی دیگر، مقاومت برشی موازی الیاف در لایه‌های نخست فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده پس از تیمار گرمایی در اکثر تیمارها به جز تیمار به روش خشک و دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، کاهش یافت. همان‌طور که اشاره شد، کاهش میزان چسب در خطوط چسب در نمونه‌های تیمار شده باعث کاهش مقاومت برشی خط چسب شده است [۲۱].

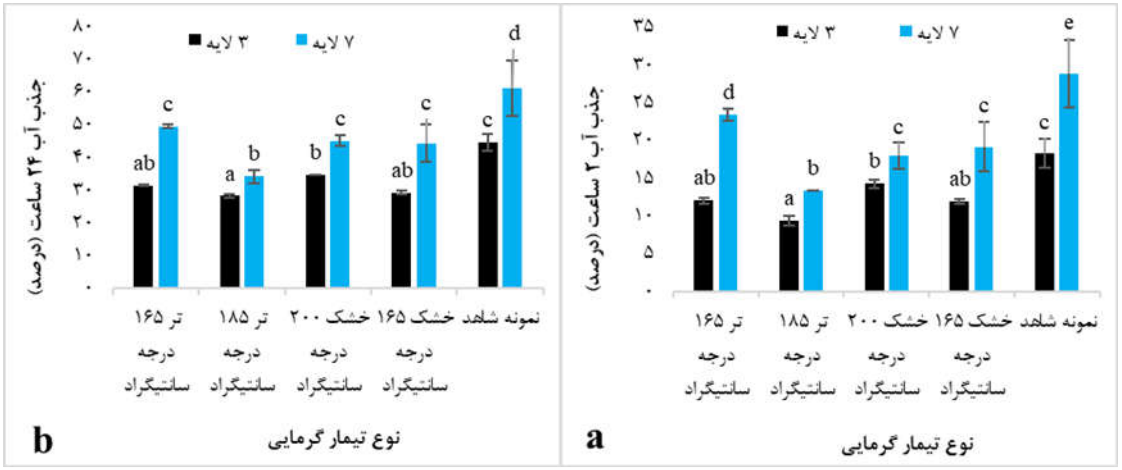


شکل ۲- تاثیر تیمار گرمایی و تعداد لایه‌ها بر چسبندگی داخلی (a) و مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های نخست (b) فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده

تاثیر تیمار گرمایی بر مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های دوم و سوم فرآورده‌های ۷ لایه در شکل ۳ نشان داده شده است. بر اساس این شکل، در اثر تیمار گرمایی لایه‌ها، مقاومت برشی خط چسب فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده در لایه‌های دوم و سوم کاهش یافتند. مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های دوم در مقایسه با لایه‌های سوم فرآورده‌های ۷ لایه به صورت غیرمعنی‌دار بیشتر بودند.

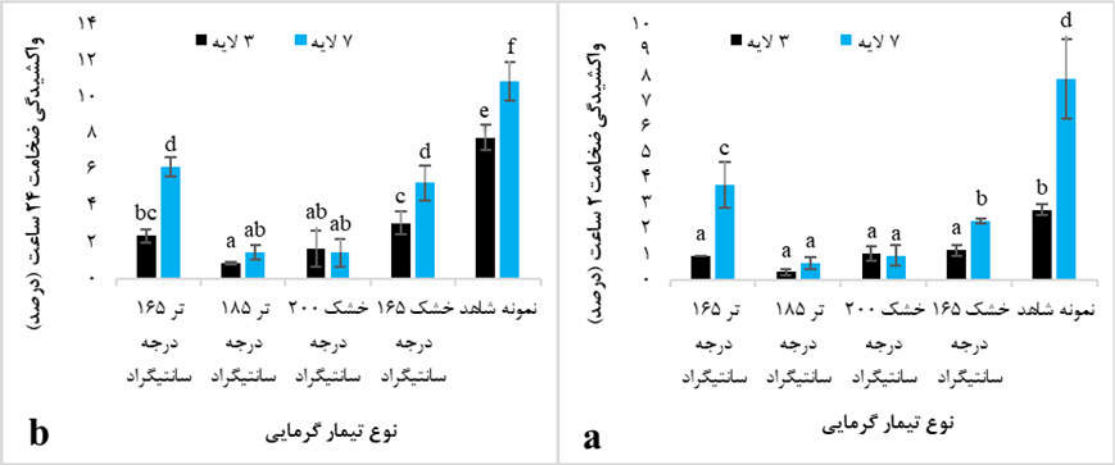
شکل ۳- تاثیر تیمار گرمایی بر مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های دوم و سوم در فرآورده‌های ۷ لایه

شکل ۴، تاثیر تیمار گرمایی چوب و تعداد لایه‌ها بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت فرآورده‌ها، در لایه‌های تیمار شده کمتر از لایه‌های بدون تیمار بود. در این راستا، کمترین میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به فرآورده‌های ۳ لایه و تیمار شده به روش تر و در دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد بود. به طور کلی، پس از تیمار گرمایی گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار ترکیبات شیمیایی چوب (عمدتا سلولز و همی-سلولز)، بلوکه می‌شوند و تمایل آن‌ها به جذب مجدد آب به شدت کاهش می‌یابد [۲۲]. گرچه، در اثر تیمار گرمایی و افزایش تخلخل چوب، می‌توان انتظار داشت که جذب آب افزایش یابد، اما بر خلاف تصور، تاثیر بلوکه شدن گروه‌های عاملی توسط تیمار گرمایی بر کاهش جذب آب بیشتر از تاثیر افزایش تخلخل در افزایش جذب آب است. به بیان دیگر، به طور همزمان یک افزایش جذب آب توسط افزایش تخلخل و یک کاهش جذب آب به دلیل بلوکه شدن گروه‌های عاملی اتفاق افتاده است. اما تاثیر مکانیسم دوم (بلوکه شدن گروه‌های هیدروکسیل) بیشتر از تاثیر مکانیسم نخست (افزایش تخلخل) است. دلیل کمتر بودن جذب آب فرآورده‌های ۳ لایه در مقایسه با فرآورده‌های ۷ لایه، تعداد کمتر لایه‌هاست. نتایج این تحقیق با نتایج Bekhta (۲۰۲۰) [۲۳]، که به بررسی تاثیر تیمار گرمایی بر روی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته لایه حاصل از چوب راش پرداخته بودند، مطابقت دارد.



شکل ۴- تاثیر تیمار گرمایی و تعداد لایه‌ها بر جذب آب ۲ ساعت (a) و ۲۴ ساعت (b) فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده

شکل ۵، تاثیر تیمار گرمایی چوب و تعداد لایه‌ها بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت فرآورده‌های لایه‌ای، در لایه‌های تیمار شده به شدت کمتر از لایه‌های بدون تیمار بود. در این راستا، کمترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به فرآورده‌های ۳ لایه و تیمار شده به روش تر و در دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد بود. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، در اثر بلوکه شدن گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار چوب در اثر تیمار گرمایی، منجر به کاهش جذب آب و به تبع آن کاهش واکشیدگی ضخامت در فرآورده‌های لایه‌ای می‌شود. گرچه می‌توان انتظار داشت که در اثر تیمار گرمایی و افزایش تخلخل چوب، جذب آب افزایش پیدا کند، اما آب جذب شده در فضاهای خالی منجر به افزایش ابعاد چوب نمی‌شود بلکه آب جذب شده توسط گروه‌های عاملی چوب است که می‌تواند منجر به واکشیدگی ضخامت شود [۲۴].



شکل ۵- تاثیر تیمار گرمایی و تعداد لایه‌ها بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (a) و ۲۴ ساعت (b) فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تاثیر تیمار گرمایی لایه‌های گونه چوبی پالونیا بر خواص فیزیکی و مکانیکی فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده از آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش حاکی از افزایش قابل توجه خواص خمشی و مقاومت برشی خط چسب (لایه نخست) فرآورده‌های لایه‌ای ساخته شده با لایه‌های تیمار شده در دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سایر شرایط‌ها بود. از سوی دیگر، چسبندگی داخلی فرآورده‌های ساخته شده، تحت تاثیر تیمار حرارتی لایه‌ها افت پیدا کرد. مقاومت برشی خط چسب در لایه‌های دوم و سوم فرآورده ۷ لایه در نمونه‌های ساخته شده با لایه‌های تیمار شده کمتر از نمونه بدون تیمار بود. نتایج همچنین نشان داد که جذب آب و واکشیدگی ضخامت فرآورده‌های لایه‌ایی ساخته شده پس از تیمار گرمایی خصوصا در فرآورده‌های ۳ لایه به شدت کاهش یافت. در ابتدا فرضیه این تحقیق، بر این بود که افت در اثر تیمار گرمایی به روش خشک و تر، افت کمی در خواص مکانیکی فرآورده‌ها حاصل خواهد شد. اما در این تحقیق، در اثر تیمار گرمایی خواص خمشی مانند مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته بهبود یافتند که نتیجه تلفیق تیمار گرمایی و نفوذ چسب ایزوسیانات به درون لایه‌ها برای تقویت و بازیابی افت ناشی از کاهش دانسیته آن‌ها بود.

منابع

[1] Piri, M., Dahmardeh Ghalehno, M., Farrokhpayam, S.R. and Bahmani, M., 2022. Investigation of Decay Resistance of Poplar Plywood with Encapsulated Pesticides. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 13(2), pp.201-212.

[2] Bayatkashkoli, A., Kameshki, B., Ravan, S. and Shamsian, M. (2017). Comparing of performance of treated particleboard with alkaline copper quat, boron-fluorine-chromium-arsenic and Chlorotalonil against Microcerotermes diversus and Anacanthotermes vagans termite. International Biodeterioration & Biodegradation, 120, 186-191. http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.03.003.

[3] Kashan Dehghan, A., Khademi Eslam, H. and Bazyar, B. (2010). Durability of horn beam (Carpinus betulus) wood in natural state and treated with chromated copper arsenate against Coriolus Versicolor. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(2): 260-274.

[4] Zarey, H.R., Hajihassani, R., Zamani, S.M. and Salehi, K. (2024). Effect of thermo-oil process on biological, physical and mechanical performance of produced thermo wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 39(3): 236-252. DOI: 10.22092/ijwpr.2024.366260.1776.

[5] Kord, B., Taghizadeh Haratbar, D., Malekian, B. and Ismaeilimoghadam, S. (2016). Effect of chemical modification of wood flour on long-term hygroscopic behavior of polypropylene composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 29(4): 577–588.

[6] Talaei, A., Karimi, A.N., Ebrahimi, G. and Mirshokraee, S.A. (2011). Comparative Study of Heat Treated Beech Wood in Hot Water and Steam Mediums. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 2(1): 27-38.

[7] Ghorbani Kokandeh, M., Akhtari, M. and Movagharnezhad, N. (2012). Influence of Artificial Weathering on Acetylated Beech Solid Wood and Particleboard by Spectroscopy and Electron Microscopy. J. of Wood & Forest Science and Technology, 18(4): 1-14.

[8] Masoudifar, M. Nosrati, B., Mohebbi Gargari, R. (2018). Effect of surface treatment and titanium dioxide nanoparticles on the mechanical and morphological properties of wood flour/ polypropylene nanocomposites. International Wood Products Journal, 9:4, 176-185, DOI: 10.1080/20426445.2018.1552398.

[9] Viitaniemi P. and Jamsa S. 1996: Modification of wood with heat treatment, Espo 1996, VTT Juskaisuja- Publikationer 814.

[10] Weiland J.J. and Guyonnet R. 1997: Retifiziertes Holz. 16, Verditchter Holzbau in Europa. Motivation, Erfahrung, Entwicklung. Dreilander Holztagung. 10. Joanneum Research Fachtage. 2-5/11/1997. Grazer Congress. Grazz. Austria.

[11] Talaei A. and Yaghoobi K. 2009: Physical and mechanical properties of hydrothermally modified mulberry (Morus alba L.) Wood, The International Research Group on Wood Preservation, IRG Document No. IRG/WP 09-40425.

[12] Sevim Korkut D., Korkut S., Bekar I., Budakçi M., Dilik T. and Çakicier N. 2008: The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (Corylus colurna L.) wood. International Journal of Molecular Sciences (IJMS) 9(9): 1772-1783.

[13] Ghahri, S., Abde, M.R. and Abdoli, F. (2021). Evaluation of applied performance of thermally-modified Fir wood by retification process. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 36(3): 205-217.

[14] Hajihassani, R., Mohebby, B., Kazemi Najafi, S. and Navi, P. (2016). Evaluation of physical and mechanical properties of hygro-thermally modified wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 32(1): 1-12.

[15] Song, W., Wei, W., Ren, C. and Zhang, S. (2017). Effect of heat treatment or alkali treatment of veneers on the mechanical properties of Eucalypyus veneer/polyethylene film plywood composites. Bioresources, 12(4): 8683-8703.

[16]. Kartal S.N., Hwang W.J. and Imamura Y. (2008). Combined effect of boron compounds and heat treatment on wood properties: Chemical and strength properties of wood, Journal of Materials Processing Technology 198: 234-240.

[17]. Boonstra M. and Tjeerdsma B. 2006: Chemical analysis of heat treated softwoods, Holz als Rohund werkstoff 64: 204-211.

[18] Bytner, O., Drożdżek, M., Laskowska, A. and Zawadzki, J., (2022). Influence of thermal modification in nitrogen atmosphere on the selected mechanical properties of Black poplar wood (Populus nigra L.). Materials, 15(22): p.7949.

[19] Kozakiewicz, P., Drozdzek, M., Laskowska, A., Grzeskiewicz, M., Bytner, O., Radomski, A. and Zawadzki, J., (2019). Effects of thermal modification on selected physical properties of sapwood and heartwood of black poplar (Populus nigra L.). BioResources, 14(4): 8391-8404.

[20]. Ismaeilimoghadam, S., Nourbakhsh A. and Seyedzadeh Otaghsaraei, S.M. (2016). Calcium silicate formation in calcareous-treated wood flour using nano-silicaand the properties of the wood plastic composite made using the treated wood flour. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(3): 486-499.

[21] Rautkari, L., and Hill, C. (2014). “Effect of initial moisture content on the anti-swelling efficiency of thermally modified Scots pine sapwood treated in a high-pressure reactor under saturated steam,” Holzforschung 68(3), 323-326. DOI:10.1515/hf-2013- 0078.

[22]. Repellin, V. and Guyonnet, R. (2005). Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition. Holzforschung, 59(1), 28–34pp.

[23] - Bekhta, P. (2020). Effect of heat treatment on some physical and mechanical properties of birch plywood. European Journal of Wood and Wood Products, https://doi.org/10.1007/s00107-020-01560-7.

[24] Ismaeilimoghadam, S., Masoudifar, M., Shamsian, M., Nosrati Sheshka, B. and Seyeedzadeh Otaghsarae, S.M. (2016). The effect of chemical treatment of wood flour on some properties of wood-plastic composites. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(3): 449-462.