

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۰۷

ص ۳۰۳-۳۱۵

اثر دما و زمان ماندگاری در تیمار روغن گرمایی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب نراد (*Abies sp.*)

- ❖ **محمدرضا عبده؛** کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ **امیر مویاب ساعی؛** کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ **بهبود محبی*؛** دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ **سعید کاظمی نجفی؛** استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

در این پژوهش تأثیر دما و زمان ماندگاری در تیمار روغن گرمایی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب نراد بررسی شد. نمونه‌هایی به ابعاد ۲۵۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر (مماسی×شعاعی×طول) از چوب نراد تهیه و در دماهای ۲۰۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های ماندگاری یک، سه و پنج ساعت در روغن سویا تیمار شدند. برای ارزیابی تغییر وزن و ابعاد نمونه‌ها، وزن و ابعاد آن‌ها پیش و پس از تیمار تعیین شد. سپس، نمونه‌ها به مدت دو هفته در شرایط کلیمای آزمایشگاه نگهداری شدند. خمش استاتیک، جذب آب و واکنشیدگی، دانسیته خشک، و مقاومت به ضربه (بدون فاق) بر نمونه‌های آزمون بررسی شد. نتایج نشان داد تیمار روغن گرمایی اثری معنادار بر دانسیته نمونه‌ها ندارد؛ اما ابعاد و وزن نمونه‌ها به طور معناداری کاهش پیدا می‌کنند. میزان کاهش ابعاد در جهت مماسی بیشتر از جهت شعاعی بود. این نشان می‌دهد چوب در این جهت دچار فروریزش ساختاری یا کلاپس می‌شود. همچنین نتایج حاکی از کاهش میزان جذب آب و رطوبت و واکنشیدگی نمونه‌ها پس از تیمار بود. آزمون خمش استاتیک نیز نشان داد تیمار روغن گرمایی باعث کاهش مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی می‌شود. در آزمون مقاومت به ضربه تفاوت معناداری مشاهده نشد.

واژگان کلیدی: تیمار روغن گرمایی، چوب نراد، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

چوب، به منزله ماده‌ای طبیعی، به دلیل داشتن ویژگی‌هایی چون زیبایی و سبک‌بودن و در عین حال مقاومت زیاد و عایقی مناسب در برابر صوت و حرارت از دیرباز کاربردهای بسیار داشته است؛ اما این ماده از نظر صنعتی ایرادهای مهمی دارد. نم‌پذیری چوب یکی از معایبی است که منجر به تغییر ابعاد آن می‌شود. این نکته باعث شده استفاده از این ماده در ساخت سازه‌های خارج از ساختمان محدود باشد. همچنین، به دنبال نم‌پذیری، عوامل مخرب زیستی به چوب حمله می‌کنند.

اصلاح چوب^۱ یکی از روش‌های حل این مشکلات است. این علم با تغییر ساختار فیزیکی و شیمیایی چوب موجب برطرف شدن برخی معایب این ماده می‌شود [۱]. اصلاح چوب به روش‌های گوناگون انجام می‌شود. از روش‌های توسعه‌یافته اصلاح چوب می‌توان به اصلاح گرمایی^۲ اشاره کرد. این روش‌ها اغلب در دماهای ۲۰۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود [۲]. اعمال گرما در روش‌های یادشده به وسیله ناقل‌های حرارت-مانند هوای داغ، بخار آب و آب، گاز نیتروژن، روغن داغ، و ... صورت می‌گیرد [۳ و ۴].

تیمار روغن‌گرمایی^۳ یکی از روش‌های تیمارگرمایی است که در آن چوب با روغن‌های گیاهی داغ تیمار می‌شود. با وارد شدن روغن، اکسیژن از پیرامون چوب حذف و چوب در دماهای بالا تیمار می‌شود. با حذف اکسیژن از بروز واکنش‌های

اکسایشی نامناسب و خطر آتش‌سوزی‌های احتمالی نیز کاسته می‌شود. باید گفت در تیمارهای گرمایی شرایط اعمال گرما بسیار مهم است؛ مثلاً، حضور اکسیژن حین تیمارگرمایی باعث کاهش شدید مقاومت مکانیکی می‌شود [۵]. در تیمار روغن‌گرمایی از روغن‌های گیاهی-مانند روغن کلزا، روغن سویا، روغن بزرک، روغن کتان، و ... استفاده می‌شود [۶]. در همه تیمارهای گرمایی ساختار شیمیایی دیواره سلولی چوب تحت تأثیر قرار می‌گیرند. تغییرات شیمیایی ابتدا از بسپارهای آب‌دوست مانند همی سلولزها و مناطق بی‌شکل سلولز آغاز می‌شوند [۷]. به دنبال تغییرات در ساختار شیمیایی، ویژگی‌هایی مانند مقاومت به جذب آب و جذب رطوبت و ویژگی مهم ثابت ابعادی تقویت می‌شوند [۸-۱۰]. به دنبال تغییرات ویژگی‌های فیزیکی در تیمارهای گرمایی، برخی ویژگی‌های مکانیکی، مانند مقاومت خمشی و مقاومت به فشار و مقاومت به ضربه، کاهش می‌یابند [۱۱-۱۳]. البته برخی گزارش‌ها حاکی از افزایش مقاومت به فشار و مدول الاستیسیته چوب‌اند [۱۴].

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب‌های تیمارشده، به دلیل اعمال روش‌های گوناگون تیمارگرمایی و شرایط اعمال‌شده، متفاوت‌اند. از آنجا که گزارش‌ها درباره ویژگی‌های چوب‌های تیمارشده به روش روغن‌گرمایی، که در آن ترکیبی از دما و مدت زمان تیمار اعمال شده باشد، اندک است، این پژوهش درصدد بررسی ترکیب این پارامترها و اثر این روش تیمار بر چوب نراد بود و با در نظر گرفتن

1. Wood Modification
2. Thermal Wood Modification or Heat Treatment
3. Oleothermal Treatment

روغن گرمایی از روغن گیاهی سویای تصفیه‌شده در کارخانه سبوس مازن استفاده شد (جدول ۱).

آزمون‌های فیزیکی

تعیین دانسیته خشک. دانسیته نمونه‌ها بر اساس استاندارد ASTM D۲۳۹۵-۰۲ تعیین شد [۱۵]. نمونه‌ها، پس از تهیه، به مدت بیست و چهار ساعت در آون با دمای 103 ± 2 درجه سانتی‌گراد خشک شدند تا دانسیته خشک نمونه‌ها محاسبه شود.

آزمون جذب آب و واکسیدگی

جذب آب و واکسیدگی نمونه‌ها روی نمونه‌های آزمون دانسیته صورت گرفت. برای تعیین این ویژگی‌ها، ابتدا ابعاد و وزن خشک همه نمونه‌ها تعیین شد. سپس، نمونه‌ها به مدت دو و بیست و چهار ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شدند تا میزان جذب آب و واکسیدگی آن‌ها تعیین شود.

دو عامل مهم دما و زمان ماندگاری در تیمار روغن گرمایی اثر آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب و همچنین احتمال یافتن شرایط بهینه تیمار مد نظر قرار گرفت. زیرا دما و زمان ماندگاری پارامترهای فرایندی مهمی هستند که در روش‌های تیمار گرمایی نقش اساسی دارند. از سوی دیگر، نیاز واردات کشور به چوب‌های سوزنی‌برگ و گستره مصرف آن‌ها ضرورت بررسی رفتار گونه چوب نراد را در چنین تیماری نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش نمونه‌هایی به ابعاد $250 \times 20 \times 20$ میلی‌متر (ضخامت \times پهنا \times طول) بدون گره و کاملاً شعاعی و مماسی از الوارهای نراد (موجود در بازار کشور) تهیه و در دستگاه خلأخشک‌کن تا رطوبت ۸ درصد خشک شد. سپس نمونه‌ها در رآکتور ویژه اصلاح روغن گرمایی تیمار شد. برای تیمار

جدول ۱. برنامه تیمار روغن گرمایی

زمان ماندگاری* (ساعت)	دمای تیمار (درجه سانتی‌گراد)
۱	
۳	۲۰۰
۵	
۱	
۳	۲۳۰
۵	
-	شاهد

* زمان ماندگاری مدت زمان ماندن چوب در دمای ثابت تیمار است.

خمش استاتیک، نمونه‌ها^۲ بر اساس استاندارد ۹۴-ASTM D ۱۴۳ تحت آزمون خمش سه‌نقطه‌ای با استفاده از دستگاه DARTEC قرار گرفتند [۱۷]. در این آزمون دو فاکتور مقاومت خمشی چوب، از جمله مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی، تعیین شدند. آزمون ضربه^۳ آزمون مقاومت به ضربه^۳ بدون فاق مطابق آیین‌نامه ۹۰-۲۵۶ D استاندارد ASTM و با استفاده از دستگاه ضربه‌نوع ایزود ساخت شرکت SANTAM ایران انجام شد [۱۸].

تجزیه و تحلیل آماری. برای تعیین اثر فاکتورهای

تیمار، شامل دمای تیمار روغن‌گرمایی و زمان ماندگاری، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. حداقل تعداد تکرار برای هر آزمون پنج نمونه بود.

یافته‌ها و بحث

نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های تیمار شده به روش روغن‌گرمایی در جدول ۲ می‌آید.

دانشیته. نتایج تجزیه آماری داده‌های آزمون دانشیته خشک نمونه‌ها حاکی از تغییر نامحسوس این ویژگی در اثر تیمار روغن‌گرمایی بود (جدول ۲ و شکل ۱). این بدین معنی است که دانشیته خشک نمونه‌های نراد پس از تیمار تغییر معناداری نشان نداد.

رطوبت تعادل (EMC). تعیین رطوبت تعادل

نمونه‌ها با استفاده از نمونه‌های اولیه تیمار انجام شد. بدین منظور نمونه‌ها، پس از تیمار، به مدت بیست و چهار ساعت درون آن با دمای 2 ± 10.3 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس، وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری وزن، نمونه‌ها به مدت دو هفته درون شرایط آزمایشگاهی با دمای 2 ± 25 درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی 4 ± 65 درصد قرار گرفتند. سپس، دوباره وزن نمونه‌ها اندازه‌گیری و میزان رطوبت تعادل آن‌ها محاسبه شد.

تغییر وزن و ابعاد. برای تعیین میزان تغییر وزن و

ابعاد نمونه‌ها، ناشی از تیمار، وزن و ابعاد شعاعی و مماسی نمونه‌ها پیش و پس از تیمار اندازه‌گیری و در حالت خشک تعیین شد. سپس، با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ میزان تغییر وزن و بعد نمونه‌ها به دست آمد [۱۶]. یادآور می‌شود، برای تغییر بعد ناشی از تیمار، میزان هم‌کشیدگی به طور مجزا محاسبه و تغییر ابعاد کلی کسر شد.

$$W_L(\%) = \frac{(W_1 - W_0)}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

W_L تغییر وزن (%)، W_1 وزن نمونه پس از تیمار (%)، W_0 وزن نمونه پیش از تیمار (%). است.

$$C(\%) = \frac{(d_1 - d_0)}{d_0} \times 100 \quad (2)$$

C تغییر بعد (%)، d_1 بعد نمونه پس از تیمار (%)، d_0 بعد نمونه پیش از تیمار (%). است.

آزمون‌های مکانیکی

آزمون خمش. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های

۲. ابعاد نمونه‌ها در این آزمون $250 \times 20 \times 20$ میلی‌متر (طولی \times شعاعی \times مماسی) و شرایط دیگر آزمون مطابق استاندارد مذکور بود.

۳. به دلیل کوچک بودن نمونه‌های تیمار شده برای مقایسه مقاومت به ضربه نمونه‌ها از این استاندارد استفاده شد.

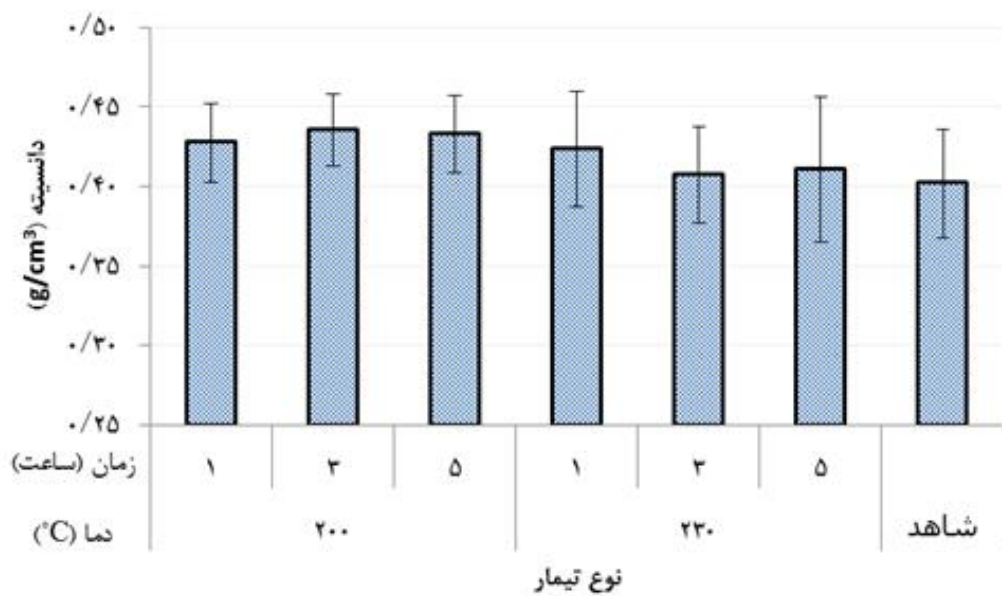
جدول ۲. خلاصه جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های نمونه‌های تیمار شده چوب نراد

ویژگی	دما	زمان ماندگاری	اثر متقابل
دانسیته	۰٫۵۰۵ ^{ns}	۰٫۱۳۸ ^{ns}	۰٫۸۰۸ ^{ns}
جذب آب	۰٫۰۱*	۰٫۰۰۰**	۰٫۲۵۱ ^{ns}
	۰٫۱۷ ^{ns}	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۴۵*
واکسیدگی	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۷*	۰٫۴۵۴ ^{ns}
	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۰۲**	۰٫۰۹۶*
رطوبت تعادل	۰٫۰۰۰**	۰٫۶۶۴ ^{ns}	۰٫۷۷۳ ^{ns}
تغییر بعد	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۰۰**	۰٫۵۷۳ ^{ns}
	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۰۱**	۰٫۰۸۱*
تغییر وزن	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۰۰**	۰٫۰۸۷ ^{ns}
مدول الاستیسیته	۰٫۰۰۷**	۰٫۶۶۷ ^{ns}	۰٫۹۶۵ ^{ns}
مدول گسیختگی	۰٫۰۰۳**	۰٫۱۷۱ ^{ns}	۰٫۸۰۶ ^{ns}
مقاومت به ضربه	۰٫۴۳۹ ^{ns}	۰٫۶۶۹ ^{ns}	۰٫۷۷۹ ^{ns}

** معناداری در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد

* معناداری در سطح اعتماد آماری ۹۵ درصد

ns معنادار نیست.



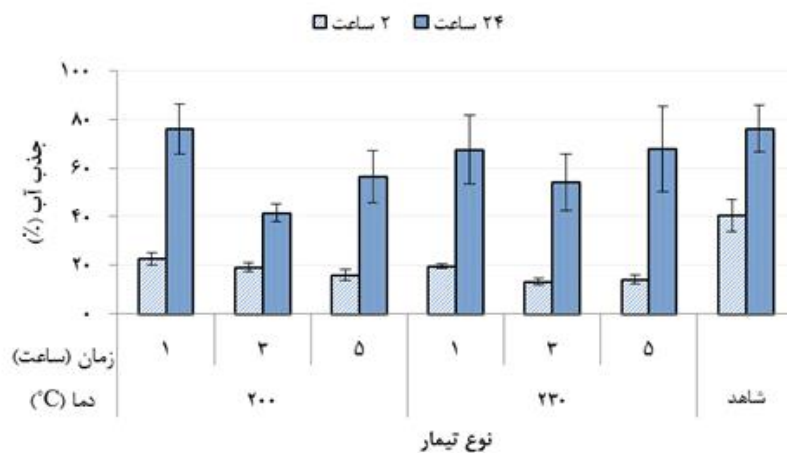
شکل ۱. اثر تیمار روغن گرمایی بر دانسیته خشک چوب نراد

واکشیدگی حجمی. نتایج آزمون واکشیدگی

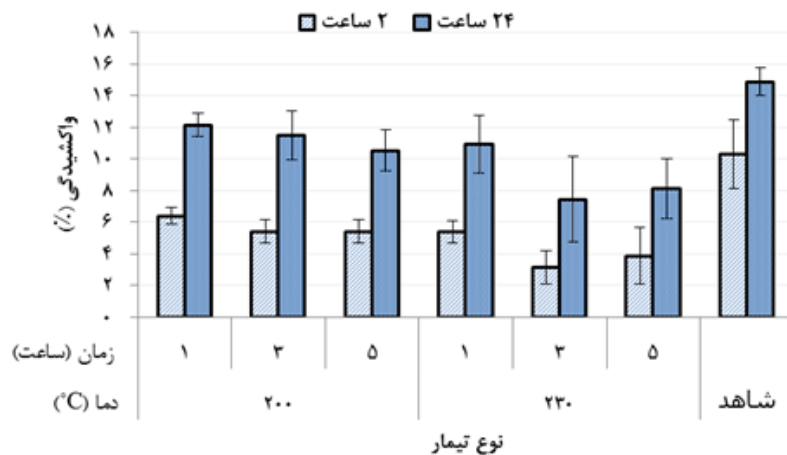
حجمی نمونه‌های تیمار شده به روش روغن گرمایی در جدول ۲ و شکل ۳ می‌آید. نتایج تجزیه آماری حاکی از کاهش میزان واکشیدگی حجمی نمونه‌های تیمار شده است (جدول ۲)؛ به طوری که دما و زمان ماندگاری در تیمار روغن گرمایی به طور معنادار باعث کاهش میزان واکشیدگی شدند. همچنین، نتایج نشان دادند با افزایش دما و زمان تیمار واکشیدگی نمونه‌ها در اثر جذب آب کاهش می‌یابد.

جذب آب. نتایج آزمون جذب آب در زمان‌های

دو و بیست و چهار ساعت غوطه‌وری در آب در شکل ۲ می‌آید. آزمون آماری نتایج متفاوت برای آزمون جذب آب نشان داد؛ به طوری که دما و زمان ماندگاری در تیمار روغن گرمایی تأثیری معنادار بر جذب آب نمونه‌ها با زمان غوطه‌وری دو ساعت داشت. افزایش دمای تیمار روغن گرمایی سبب کاهش این ویژگی شد. اما در ویژگی جذب آب، پس از بیست و چهار ساعت غوطه‌وری، فقط زمان ماندگاری تیمار معنادار شد و افزایش زمان ماندگاری کاهش جذب آب را به دنبال داشت.



شکل ۲. اثر تیمار روغن گرمایی بر جذب آب در زمان‌های غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعت

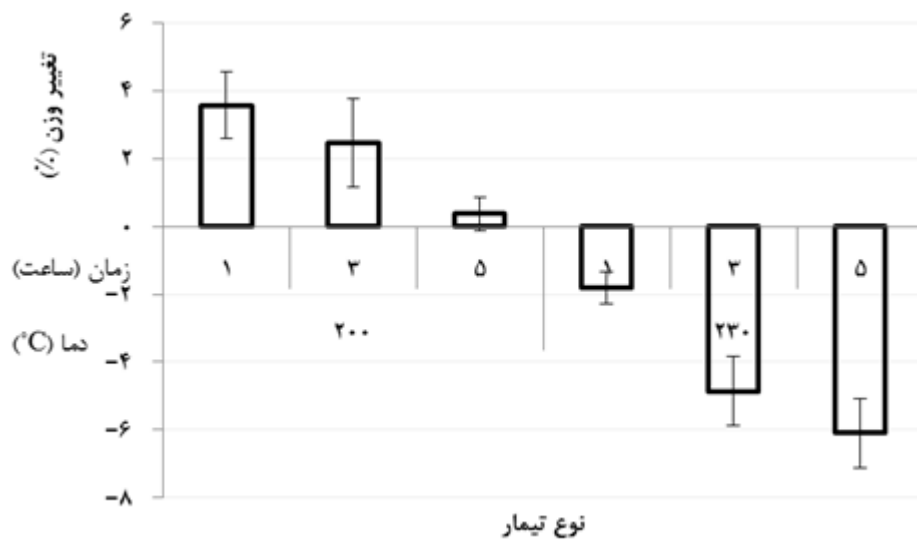


شکل ۳. اثر تیمار روغن گرمایی بر واکشیدگی حجمی نمونه‌های چوب نراد پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

(جدول ۲). در جدول ۳ میزان تغییر ابعاد نمونه‌ها پس از تیمار مشاهده می‌شود.

رطوبت تعادل. به طور کلی تیمار روغن گرمایی اثری معنادار در کاهش رطوبت تعادل نمونه‌های نراد داشت (شکل ۵). جدول تجزیه واریانس داده‌ها نیز حاکی از اثر معنادار دمای تیمار بر رطوبت تعادل نمونه‌ها بود (جدول ۲).

تغییر وزن و ابعاد. بررسی تغییر وزن نمونه‌ها نشان داد با افزایش دما و زمان ماندگاری وزن نمونه‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۴). تجزیه واریانس داده‌ها نیز نتایج شکل ۴ را تأیید کردند؛ به طوری که هم دما و هم زمان، اثری معنادار بر این ویژگی داشتند (جدول ۲). نتایج تغییر ابعاد نیز حاکی از اثر معنادار عامل‌های دما و زمان ماندگاری تیمار در کاهش بعد و کلاپس در جهت‌های مماسی و شعاعی نمونه‌ها بود

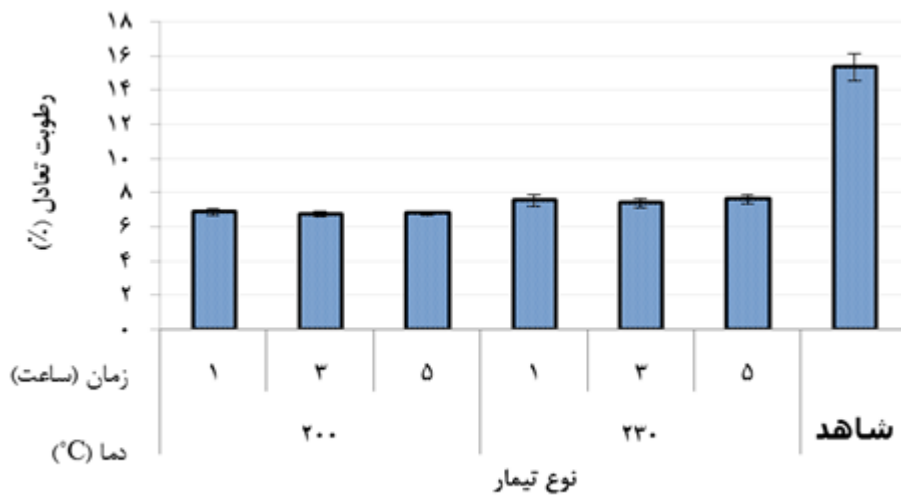


شکل ۴. اثر تیمار روغن گرمایی بر تغییر وزن نمونه‌های نراد

جدول ۳. اثر تیمار روغن گرمایی بر میزان کلاپس در ابعاد نمونه‌های نراد

تغییر بعد جهت شعاعی (%)	تغییر بعد جهت مماسی (%)	زمان ماندگاری (ساعت)	دمای تیمار (درجه سانتی‌گراد)
۰٫۱۲(۰٫۱۰)	۰٫۰۲(۰٫۱۳)	۱	۲۰۰
۰٫۳۵(۰٫۰۳)	۰٫۴۶(۰٫۱۹)	۳	
۰٫۴۳(۰٫۳۰)	۱٫۰۱(۰٫۶۴)	۵	
۰٫۶۳(۰٫۴۶)	۰٫۹۵(۰٫۳۱)	۱	۲۳۰
۰٫۹۵(۰٫۲۳)	۱٫۶۲(۰٫۲۴)	۳	
۱٫۵۴(۰٫۴۴)	۱٫۸۱(۰٫۵۴)	۵	

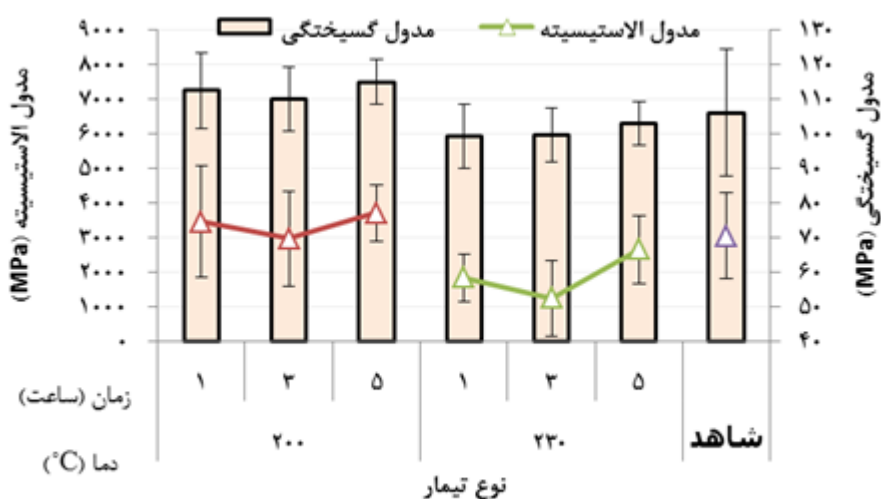
مقادیر داخل پرانتز میزان انحراف معیار داده‌هاست.



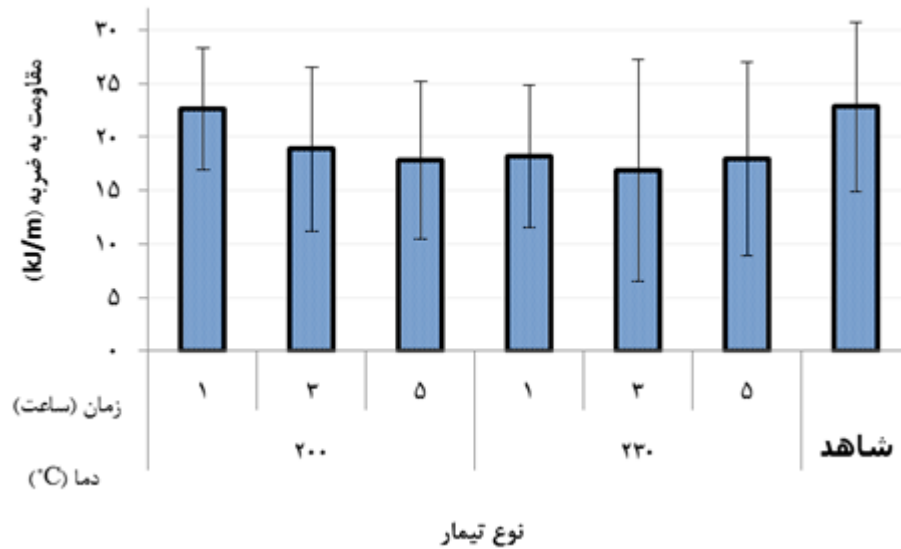
شکل ۵. رطوبت تعادل نمونه‌ها پس از تیمار روغن گرمایی

بیشترین و نمونه‌های شاهد کمترین میزان مدول‌های الاستیسیته و مدول گسیختگی را دارند. در شکل ۷ نتایج آزمون مقاومت به ضربه نمونه‌ها مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد تیمار روغن گرمایی تغییر معناداری بر مقاومت به ضربه نمونه‌ها ندارد (جدول ۲ و شکل ۷).

مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه. در شکل ۶ نتایج ویژگی‌های آزمون خمشی می‌آید. نتایج آزمون آماری بیان‌کننده معنادار بودن اثر دما در تیمار روغن گرمایی بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی بود (جدول ۲). نتایج آزمون دانکن نیز نشان داد نمونه‌های تیمار شده با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۶. اثر تیمار روغن گرمایی بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی چوب نراد



شکل ۷. اثر تیمار روغن گرمایی بر مقاومت به ضربه چوب نراد

می‌توان احتمال داد که حین تیمار روغن گرمایی بخشی از روغن در چوب نفوذ می‌کند و سبب بالارفتن وزن نمونه می‌شود. این فرایند کاهش وزن نمونه‌ها در اثر خروج مواد از دیواره سلولی را جبران می‌کند. ولی به طور کلی دانسیته خشک چوب برآیند کلی این تغییرات است. نتایج این بررسی حاکی از تغییر نامحسوس این ویژگی در اثر تیمار روغن گرمایی بود. بنابراین، معنادار نشدن تغییرات دانسیته می‌تواند ناشی از موارد یادشده باشد.

در بیان دلیل کاهش جذب آب و رطوبت و همچنین واکنشیدگی نمونه‌ها پس از تیمار روغن گرمایی، می‌توان به کاهش گروه‌های آب‌دوست، مانند گروه‌های هیدروکسیل، در اثر تیمارهای گرمایی اشاره کرد. همچنین، بر اثر اعمال تیمارهای گرمایی، ترکیبات آب‌دوست چوب، از جمله همی سلولزها، تخریب و به پلی‌اوزها و اسیداستیک و اسیدفرمیک و فورفورال و مشتقات آن

در تحلیل نتایج به دست آمده می‌توان گفت پس از تیمار روغن گرمایی دانسیته نمونه‌ها تغییر معناداری نکرد. در اثر تیمارهای گرمایی برخی ترکیبات چوب، از جمله همی سلولزها و بخش‌های بی‌شکل سلولز، دچار تخریب می‌شوند و از چوب بیرون می‌روند [۱۹]. این پدیده در دماهای بالاتر بیشتر مشهود است [۱]. به دنبال خروج مواد از دیواره سلولی انتظار می‌رود وزن چوب کاهش پیدا کند. از طرف دیگر، در اثر خروج مواد دیواره سلولی، که حین تیمار گرمایی حجم چوب دچار دگرگونی می‌شوند، دانسیته نمونه‌ها تغییر می‌کند. نکته شایان توجه در تیمار روغن گرمایی نفوذ روغن در چوب هنگام تیمار است. در اثر خروج مواد از دیواره سلولی، میزان خلل و فرج چوب افزایش می‌یابد و به دنبال آن نفوذپذیری چوب بیشتر می‌شود [۲۰]. با توجه به نتایج بررسی میرزایی و همکاران او [۱۶] از کاهش میزان دانسیته خشک نمونه‌ها در اثر تیمار گرمایی

مزبور به این مورد مربوط دانست. میرزایی و همکاران او [۱۶] نیز نتایج مشابهی در تیمار گرمایی نمونه‌های راش و پالونیا به دست آوردند.

نتایج مقاومت‌های مکانیکی نیز نشان داد تیمار روغن‌گرمایی اثری کاهنده بر مقاومت‌های مکانیکی، به‌ویژه مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی، دارد. به‌ویژه تیمار چوب در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش بیشتر این دو ویژگی شد. در بیان دلایل نتایج آزمون‌های مکانیکی می‌توان به تخریب بسپارهای دیواره سلولی و کوتاه‌شدن زنجیره‌های سلولزی آن‌ها اشاره کرد [۱۴ و ۲۵]. نتایج آزمون تغییر وزن نمونه‌ها نیز احتمال خروج مواد از چوب و کاهش وزن را پس از تیمار در دماهای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. از آنجا که طول زنجیره بسپارهای سلولزی در مقاومت مکانیکی نمونه اثری قابل توجه دارد، می‌توان کاهش مقاومت مکانیکی را به این دلیل مربوط دانست [۲۶]. از طرف دیگر، بروز شکست و ترک‌های مویین ناشی از تیمار در دیواره‌های سلولی عاملی مؤثر در این ویژگی است [۲۷]. ولی، به طور کلی، تیمار گرمایی با روغن داغ سبب افزایش تردی و شکنندگی چوب می‌شود که عاملی برای کاهش مدول گسیختگی و مقاومت به ضربه نمونه تیمار شده است [۲۸]. البته در برخی موارد افزایش مقاومت مکانیکی، مانند تیمار در دماهای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، نیز مشاهده می‌شود. برخی پژوهش‌ها نیز کاهش حجم یا پدیده فروریزش ساختاری چوب یا کلاپس را عاملی مؤثر در این زمینه دانسته‌اند [۱۶ و ۲۹]. همان‌طور که بیان شد، خروج مواد در اثر تیمارهای گرمایی موجب کاهش حجم نمونه حین تیمار می‌شود. در اثر بروز کاهش

تبدیل می‌شوند [۲۱ و ۲۲]. در برخی گزارش‌ها کاهش مناطق بی‌شکل سلولز نیز از دلایل کاهش جذب آب و واکنشیدگی چوب‌های تیمار شده دانسته شده است [۲۳]. از آنجا که میزان جذب آب نواحی کریستالی کمتر از نواحی بی‌شکل است، می‌توان کاهش جذب آب و رطوبت و همچنین واکنشیدگی را ناشی از این موضوع دانست. از طرف دیگر تشکیل پیوندهای استری در اسیدهای ناشی از جداشدن گروه‌های استیل موجود در ساختار همی‌سلولز چوب با سلولز نیز سبب می‌شود از میزان جذب آب و رطوبت کاسته شود [۲۱]. از دلایل مهم دیگر، می‌توان به بروز پدیده فروریزش ساختاری چوب یا کلاپس اشاره کرد [۱۶ و ۲۴]. این پدیده سبب کاهش فضاها و خالی و روزنه‌های درونی چوب می‌شود که در نهایت به کاهش جذب آب می‌انجامد. همان‌طور که گفته شد، عامل مهم دیگر در تیمار روغن‌گرمایی حضور روغن به منزله یک ماده غیر قطبی است که دلیل مناسبی در کاهش جذب آب نمونه‌هاست. نتایج مشابهی مبنی بر اثر تیمار روغن داغ بر کاهش جذب آب و افزایش ثبات ابعاد چوب گزارش شده است [۲۵].

بررسی تغییر ابعاد نمونه‌ها پس از تیمار روغن‌گرمایی نیز حاکی از کاهش ابعاد در دو جهت مماسی و شعاعی بودند. این پدیده در جهت مماسی بیشتر از جهت شعاعی نمونه‌ها پس از تیمار بود. در بیان بروز پدیده تغییر ابعاد یا کلاپس شدن دیواره‌ها در اثر تیمار روغن‌گرمایی می‌توان به خروج مواد تخریبی ناشی از تیمار از دیواره‌های سلولی اشاره کرد. با توجه به حجم بیشتر مواد دیواره سلولی در جهت مماسی، می‌توان بیشتر بودن این پدیده را در جهت

جهت مماسی بیشتر از جهت شعاعی است. همچنین تیمار روغن گرمایی سبب کاهش میزان جذب آب و واکنشیدگی نمونه‌ها می‌شود. مقاومت‌های مکانیکی نیز دستخوش تغییر می‌شوند. مقاومت خمشی تا حدودی کاهش و مقاومت به ضربه تغییر معناداری پیدا نمی‌کند. بررسی اجمالی نتایج نشان داد بهترین شرایط برای تیمار روغن گرمایی چوب نراد با ابعاد مذکور تیمار در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ماندگاری پنج ساعت است.

حجم در چوب، دانسیته نمونه افزایش می‌یابد و از آنجا که دانسیته رابطه‌ای مستقیم با مقاومت‌های مکانیکی دارد، می‌توان افزایش مقاومت‌ها را ناشی از این دلیل دانست. از سویی دیگر، واکنش‌های تراکمی در لیگنین نیز سبب ایجاد پیوند عرضی بین بسپارهای دیواره سلولی در چوب می‌شود و در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی چوب را تقویت می‌کند [۲۱ و ۳۰].

نتیجه‌گیری

این بررسی به دنبال یافتن نوع اثر تیمار روغن گرمایی بر ویژگی‌های گوناگون چوب نراد بود. نتایج نشان داد فروریزش ساختاری یا کلاپس شدن چوب در

References

- [1]. Hill, C. (2006). Wood Modification, Chemical, Thermal and Other Processes. Wiley, Chichester, 239 p.
- [2]. Weiland, J. J. and Guyonnet, R. (2003). Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy. *Holz als Roh und Werkstoff*, 61 (3): 216-221.
- [3]. Homan, W. J. and Jorissen, A. J. M. (2004). Wood modification developments. *HERON*, 49(4): 361-386.
- [4]. Mohebbi, B. and Sanaei, I. (2005). Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of beech wood (*Fagus orientalis*). 36th Annual Meeting Bangalore, India: 24-28.
- [5]. Mitchell, P. (1988). Irreversible property changes of small loblolly pine specimens heated in air, nitrogen, or oxygen. *Wood and Fiber Science*, 20(3): 320-335.
- [6]. Wang, J. (2007). Initiating evaluation of thermal-oil treatment for post-MPB lodgepole pine. forintek canada corp. Western Division 2665 East Mall Vancouver, British Columbia V6T 1W5, P: 41.
- [7]. Windeisen, E., Strobel, C., and Wegener, G. (2007). Chemical changes during the production of thermo-treated beech wood. *Wood Science and Technology*, 41(6): 523-536.
- [8]. Manalo, R. D. and Acda, M. N. (2009). Effects of hot oil treatment on physical and mechanical properties of three species of Philippine bamboo. *Journal of Tropical Forest Science*, 21: 19-24.
- [9]. Korkut, D., Korkut, S., Bekar, I., Budakçi, M., Dilik, T., and Çakicier, N. (2008). The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) wood. *International Journal of Molecular Sciences*, 9: 1772-1783.
- [10]. Hyvönen, A., Piltonen, P., and Niinimäki, J. (2006). Tall oil/water-emulsions as water repellents for scots pine sapwood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 65(5): 68-73.
- [11]. Tremblay, C. and Baribeault, J. (2009). Physical and mechanical properties of thermally modified aspen wood. the 4th european conference on wood modification. April 27-29, Stockholm, Sweden: 231-234.
- [12]. Yildiz, S., Gezer, E., and Yildiz, U. (2006). Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *Building and Environment*, 41: 1762-1766.
- [13]. Kortelainen, S., Antikainen, T., and Viitaniemi, P. (2005). The water absorption of sapwood and heartwood of scots pine and norway spruce heat-treated at 170°C, 190°C, 210°C and 230°C. *European Journal of Wood and Wood Products*, 64: 192-197.
- [14]. Boonstra, M., Acker, J., TJEERDSMA, B., and Kegel, E. (2007). Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science*, 64(7): 679-690.
- [15]. American Society for Testing and Materials, ASTM D 2395-02: Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials.
- [16]. Mirzaei, G., Mohebbi, M., and Tasooji, M. (2012). The effect of hydrothermal treatment on bond shear strength of beech wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(5): 705-709.
- [17]. American Society for Testing and Materials, ASTM D 143-94. Testing Small Clear Timber Specimens.

- [18]. American Society for Testing and Materials, ASTM D 256-04. Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics.
- [19]. Esteves, B. M. and Pereira, H. M. (2009). Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1): 370-404.
- [20]. Hietala, S., Maunu, S. L., Sundholm, F., Jämsä, S., and Viitaniemi, P. (2002). Structure of thermally modified wood studied by liquid state nmr measurements. *Holzforschung*, 56:522-528.
- [21]. Sundqvist, B. (2004). Color changes and acid formation in wood during heating. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, Sweden: P 50.
- [22]. Boonstra, MJ., Van Acker, J., Tjeerdsma, BF., and Kegel, EV. (2007) Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science*, 64: 679-690.
- [23]. Wang, J. Y. and Cooper, P. A. (2005). Effect of oil type, temperature and time on moisture properties of hot oil-treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 63: 417-422.
- [24]. Mirzaei, G. (2011). Effect of hydrothermal treatment on bond shear strength in beech (*fagus orientalis*) and paulownia (*paulownia fortunei*) woods, MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources: P. 83.
- [25]. Garrote, G., Dominiguez, H., and Parajó, J. C. (1999). Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 57 (3): 191-202.
- [26]. Winandy, J. E. and Rowell, R. M. (2005). Chemistry of Wood Strength. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, CRC Press LLC. Boca Raton London New York Washington, D C, pp. 303-347.
- [27]. Birkinshaw, C. and Dolan, S. (2009). Mechanism of strength loss in heat treated softwoods. *European Conference on Wood Modification*, 337-434.
- [28]. Sailer, M., Rapp, A. O., and Leithoff, H. (2000). Improved resistance of scots pine and spruce by application of an oil-heat treatment. *The International Research Group on Wood Preservation*, IRG Document No. IRG/WP00-40162.
- [29]. Mirzaei, G., Mohebbi, B., and Tabarsa, T. (2013). Collapsibility and wettability of hydrothermally treated wood. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 3(1): 1-11.
- [30]. Tjeerdsma, B. F., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., and Militz, H. (1998). Characterization of thermal modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. *cpmas 13 c nmr characterization of thermal modified wood*. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 56: 149-153.

