اصلاح خواص چوب راش (*Fagus orientalis*) از طریق عبور جریان الکتریسیته

چکیده

برای اصلاح خواص چوب، روش‌های مختلف مکانیکی،شیمیایی و حرارتی وجود دارد که هدف آنها مسدود کردن و کاهش واکنش‌پذیری گروه‌های هیدوکسیل پلیمرهای دیواره سلولی است. هدف این پژوهش اصلاح خواص چوب راش ایرانی (*Fagus orientalis*) از طریق عبور جریان الکتریسیته است. برای هدایت جریان الکتریسیته به درون چوب علاوه بر آب از محلول نمک و نانو ذرات نقره هرکدام در دو سطح استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. نتایج نشان داد که عبور جریان الکتریسیته کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش را بهتر کرده است. عبور جریان از طریق محلول نمک ۲۰ درصد و نانو ذرات نقره (ppm) ۲۰۰ مقاومت خمشی چوب راش را به ترتیب ۲۵ و ۲۹ درصد افزایش داد. در اثر عبور جریان از طریق هردو ناقل، مدول الاستیسیته چوب راش چهار برابر شد. راندمان کاهش واکشیدگی حجمی چوب راش توسط محلول نمک و نانو ذرات نقره به ترتیب ۳۰ و ۳۵ درصد به دست آمد.

واژگان کلیدی: نانو ذرات نقره، راش، جریان الکتریسیته،مدول الاستیسیته، مقاومت خمشی و کاهش واکشیدگی.

جواد ترکمن[۱*]
محمدآقاجان کردی[۲]
حسین رنگ آور[۳]

[۱] دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، ایران

[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران، ایران

[۳] دانشیار گروه صنایع چوب دانشگاه شهیدرجایی تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
j_torkaman@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۰

مقدمه

چوب پلی مری طبیعی است که به دلیل داشتن ترکیبات آب‌دوست به‌ویژه سلولز و همی سلولز به‌شدت نم پذیراست. جذب رطوبت علاوه بر کاهش مقاومت مکانیکی، باعث واکشیدگی ابعاد چوب می‌شود و همچنین محیط مناسبی برای فعالیت عوامل مخرب قارچی ایجاد می‌کند. پلیمرهای سلولز، همی‌سلولز و لیگنین دیواره سلولی چوب دارای گروه‌های هیدروکسیل هستند که از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی با مولکول‌های آب نقش اصلی در واکنش بین آب و چوب را بازی می‌کنند. آب برای قرار گرفتن بین پلیمرهای دیواره سلولی نیاز به فضا دارد که نتیجه آن واکشیدگی چوب است [۱]. واکشیدگی چوب در بسیاری از کاربردهای چوب ایجاد مشکل می‌کند که برای اصلاح آن روش‌های مختلفی ارائه‌شده که در حال حاضر روش تیمار حرارتی یک روش پرکاربرد و تجاری است. تیمار حرارتی علاوه‌برکاهش گروه‌های هیدروکسیل دیواره سلولی چوب باعث کاهش مقاومت مکانیکی و کاهش وزن چوب در حرارت بالا نیز می‌شود [۲ و ۳]. کاهش وزن چوب ناشی از تغییر ماهوی پلیمرهای چوب و تخریب زنجیره سلولزی در قسمت کریستالی است [۴ و ۵]. در تیمار حرارتی انتقال حرارت به درون چوب از طریق انتقال و جابجایی هوا از میان روزنه‌ها و آوندهای چوب انجام می‌شود درحالی‌که در نمونه‌های حاوی ذرات نقره و مس انتقال حرارت از طریق هدایت انجام می‌شود که نتیجه آن شتاب بیشتر انتقال حرارت به قسمت‌های درونی است [۶ و ۷]. الکتریسیته (برق) از ذرات ریزی بنام الکترون

تشکیل‌شده که در بین اتم‌های مواد حرکت می‌کند. قابلیت هدایت جریان الکتریسیته در بین مواد مختلف فرق می‌کند. مقاومت ترشی میزان قابلیت هدایت جریان الکتریسیته را نشان می‌دهد. چوب و پلیمرهای طبیعی مقاومت الکتریکی بالا و هدایت حرارتی کم دارند و نارسانا هستند. وجود یون‌های فلزی نظیر نانو ذرات نقره در داخل چوب و پلیمرهای طبیعی مقدار هدایت حرارتی و الکتریکی را افزایش می‌دهد [۸]. تیمار حرارتی بر روی خواص فیزیکی چوب اثر مثبت و بر روی خواص مکانیکی آن اثر منفی دارد. درحالی‌که نتایج عبور جریان الکتریسیته از طریق آب نشان‌دهنده بهبود هردو خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش است [۹]. Siahposht و همکاران (۲۰۱۲) اثر تیمار حرارتی بر روی چوب‌های صنوبر و راش اشباع‌شده با نانو نقره و نانو مس را موردبررسی و نتیجه گرفتند که تیمار حرارتی باعث کاهش وزن، جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها می‌شود [۱۰]. چوب‌های دارای نمک‌های قابل‌حل در آب و دیگر مواد الکترولیتی نسبت به چوب نرمال هادی‌تر هستند [۱۱]. استفاده از موادی نظیر کلرید سدیم و نانو ذرات نقره به دلیل داشتن توان هدایت حرارتی بالا به تقویت رسانایی چوب کمک می‌کنند [۱۰]. افزایش غلظت نمک باعث کاهش pH شده و درنتیجه دسترسی به یون‌های H^+را افزایش می‌دهد [۱۲]. یون‌های نمک در داخل چوب ثابت دی‌الکتریک و هدایت حرارتی آن را افزایش می‌دهند [۱۳]. دانسیته چوب با افزایش غلظت نمک افزایش می‌یابد و بر روی پایداری ابعاد آن مؤثر است [۱۴]. Zigon و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر غلظت‌های مختلف محلول کلرید سدیم بر روی خواص الکتریکی و نم پذیری سطح چوب گونه‌های نوئل و راش جنگلی را بررسی و نتیجه گرفتند که وجود یون‌های سدیم و کلر، رطوبت تعادل چوب را افزایش و مقاومت الکتریکی را کاهش می‌دهند [۱۵]. این گزارش قصد دارد در ادامه کار قبلی در مورد تأثیر شوک ناشی از عبور جریان الکتریسیته بر خواص چوب راش [۹]. اطلاعات بیشتری از عبور جریان الکتریسیته از طریق یون‌های فلزی نانو ذرات نقره و کلرید سدیم برای اصلاح خواص چوب راش ارائه دهد. به‌طوری‌که منجر به روش جدید برای اصلاح خواص چوب بدون کاهش مقاومت مکانیکی شود. لذا هدف این گزارش بررسی تأثیر یون‌های فلزی نانو ذرات نقره و کلرید سدیم در شرایط متفاوت ازنظر غلظت و ولتاژ بر روی سرعت عبور جریان الکتریسیته در راستای اصلاح خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از چوب درختان نمونه‌برداری شده راش ایرانی (*Fagus orientalis*) در جنگل‌های رامسر، طرح جنگلداری بنشکی استفاده‌شده است. در ابتدا تخته-هایی به ابعاد۲/۵×۱۵×۸۰ سانتی‌متر در جهت طولی از گرده‌بینه درخت راش تهیه و سپس به مدت ۶۰ روز در هوای آزاد قرار داده تا به رطوبت تعادل محیط برسند. پس از تعادل رطوبتی تخته‌ها برش داده شدند. وزن و ابعاد نمونه‌های بریده‌شده با ترازوی دیجیتال و کولیس با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تزریق محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره و همچنین عبور جریان الکتریسیته، یک دستگاه طراحی و ساخته شد. بخش‌های اصلی دستگاه شامل ترانسفورماتور برای تبدیل ولتاژ برق۲۲۰ ولت به ولتاژهای۲۰۰ الی۱۰۰۰ ولت. همچنین دستگاه دارای فشارسنج جهت اندازه‌گیری فشار داخل سیلندر و آمپرمتر برای اندازه‌گیری سرعت جریان برق و هیگرومتر برای سنجش دماست. دستگاه دارای یک سیلندر اشباع است که به یک سیستم فشار و خلأ جهت تزریق محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره متصل است که به‌طور کامل در گزارش قبلی به آن اشاره‌شده است [۹]. نانو ذرات نقره به دو صورت پودر (کامپوزیت) و مایع (کلوئید) تولید می‌شود. در فناوری نانو ذرات نقره، یون‌های نقره به شکل کلوئید در داخل محلول به حالت سوسپانسیون قرار دارند. محلول نانو ذرات نقره مورداستفاده محصول شرکت ایالات‌متحده آمریکا است که از شرکت نانو پیشگامان واقع در شهر مشهد خریداری‌شده است؛ و به‌صورت محلول سیاه‌رنگ با دانسیته ۱۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. نمک مورداستفاده نیز از شرکت گل‌ها تهیه‌شده است. برای اشباع نمونه‌ها از سیلندر تحت‌فشار استفاده شد. نمونه‌ها به‌طور جداگانه در محلول‌های کلرید سدیم با غلظت‌های ۲۰ و۴۰ درصد و

محلول نانو ذرات نقره با غلظت‌های (ppm)۲۰۰ و (ppm)۴۰۰ در فشار ۲/۵ بار به روش سلول تهی اشباع شدند؛ و به مدت ۱۵ دقیقه جریان الکتریسیته با ولتاژهای۸۰۰،۶۰۰،۴۰۰،۲۰۰ و۱۰۰۰ ولت از نمونه‌ها عبور داده شد.

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌ها مطابق استاندارد-ASTM D1037 تعیین شد. برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته (MOE) و مقاومت به خمش (MOR) مطابق استاندارد ISO 13061-4 از دستگاه Instron model 4486 با سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه واقع در آزمایشگاه مکانیک چوب دانشگاه شهید رجایی تهران استفاده شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل و متقابل بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده‌شده است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون Tukey در نرم‌افزارSPSS انجام‌شده است.

نتایج و بحث

درجدول۱– مقدار متوسط خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش در شرایط مختلف ازنظر عبور جریان الکتریسیته درج‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که عبور جریان الکتریسیته توسط محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره در چوب راش خواص فیزیکی و مکانیکی را در مقایسه با نمونه شاهد تغییر داده است. به‌طوری‌که تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری بین شاهد و نمونه‌های تیمار شده با جریان الکتریسیته را نشان می‌دهد (P-Value<0.05). این تفاوت در خواص مکانیکی خیلی بیشتر از خواص فیزیکی است. به‌طوری‌که روش مقایسه میانگین آزمون توکی این تفاوت‌ها را نشان می‌دهد به‌نحوی‌که مدول الاستیسیته نمونه‌های اشباع از آب تقریباً سه برابر و نمونه‌های اشباع‌شده با محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره بیش از چهار برابر شده و مقاومت خمشی با توجه به ناقل الکتریسیته به ترتیب ۲۰، ۲۵ و ۲۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش نشان می‌دهد... ویژگی‌های فیزیکی جذب آب و واکشیدگی حجمی پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهند (P-Value>0.05). درحالی‌که این ویژگی‌ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند (P-Value<0.05). به‌طوری‌که روش مقایسه میانگین توکی نشان می‌دهد بین نمونه‌های اشباع‌شده با آب، محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره ازنظر خواص فیزیکی تفاوتی مشاهده نمی‌شود درحالی‌که هر سه نسبت به شاهد دارای تفاوت معنی‌داری هستند.

جدول۱- مقایسه متوسط خواص مکانیکی و فیزیکی چوب راش

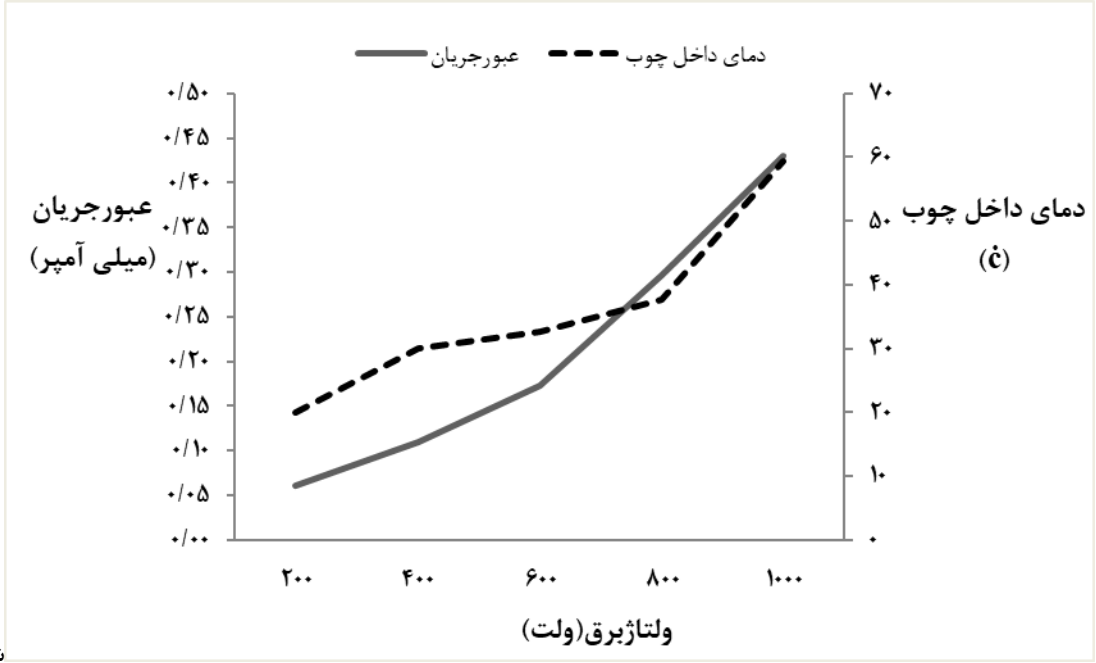
نمونه	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)*	مقاومت خمشی (مگاپاسکال)*	جذب آب (۲۴ ساعت)*	واکشیدگی حجمی (۲۴ ساعت)*
بدون عبور جریان (شاهد)	[a]۶۸۹۲±۱۵۰	[a]۷۶±۲	[a]۶۰±۱	[a]۱۵±۰,۶
عبور جریان از طریق آب	[b]۲۰۱۰۰,۶±۱۲۲۷	[b]۹۱,۷۷±۱,۵۲	[bcd]۴۸,۷۲±۱,۲۷	[bcd]۱۱,۸±۰,۵۴
عبور جریان از طریق محلول کلرید سدیم(٪۲۰)	[dc]۳۱۶۸۴±۱۵۰۰	[dc]۹۵±۲,۵	[bcd]۵۰±۲	[bcd]۱۰±۰,۷
عبور جریان از طریق نانوذرات نقره(۲۰۰ppm)	[dc]۳۲۷۱۵±۱۲۵۰	[dc]۹۸±۳	[bcd]۴۷±۱,۵	[bcd]۹,۵±۰,۸

* تفاوت معنی دار درسطح خطای ۵ درصد bcd وdc عدم تفاوت معنی داری

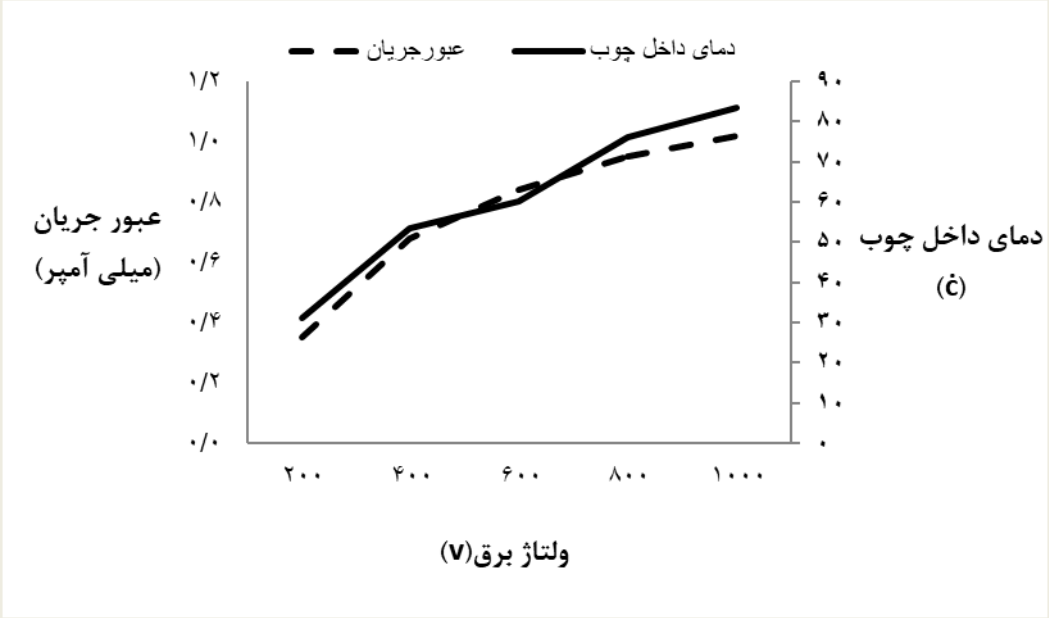
همان‌طور که در شکل ۱ و۲ مشاهده می‌شود مقدار عبور جریان الکتریسیته از چوب راش تابع ولتاژ برق و یون فلزی است. به‌طوری‌که افزایش ولتاژ باعث افزایش عبور جریان الکتریسیته شده است. درنتیجه عبور جریان الکتریسیته از چوب راش مقدار دمای آن افزایش می‌یابد به‌طوری‌که حداکثر جریان عبور کرده در ولتاژ ۱۰۰۰ ولت

برای نمونه‌های اشباع از آب تقریباً نیم میلی‌آمپر و برای نمونه‌های اشباع از محلول نمک و نانو ذرات نقره یک میلی‌آمپر به‌دست‌آمده است که نشان‌دهنده دو برابر شدن سرعت جریان الکتریسیته در نمونه‌های حاوی یون‌های فلزی سدیم و نقره است؛ و در همین شرایط دمای داخل نمونه‌ها به ترتیب به ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است.

Aghajankordi و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که افزایش زمان عبور جریان عبور الکتریسیته از ۵ دقیقه به ۱۵ دقیقه مقدار جریان و دما را افزایش می‌دهد درحالی‌که افزایش بیشتر زمان باعث تخریب ساختار چوب و کاهش مقاومت مکانیکی می‌شود [۹]. در شرایط مشابه ازنظر ولتاژ و زمان میزان عبور جریان از چوب اشباع‌شده با محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره دو برابر شده و دمای چوب به ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته است؛ بنابراین بر اساس خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش اشباع‌شده با محلول کلرید سدیم بهترین سرعت عبور جریان ۸۴/ میلی‌آمپر در ولتاژ ۶۰۰ ولت و با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست‌آمده است؛ بنابراین نتایج نشان می‌دهد که هرچه عبور جریان بیشتر و دمای داخل چوب کمتر باشد نتایج بهتری حاصل می‌شود. انتقال سریع حرارت امکان تخریب ساختار و پیرولیز چوب را افزایش می‌دهد [۱۶]. در تیمارگرمادهی الکتریکی افزایش زمان گرمادهی از ۱۵ دقیقه به ۳۰ دقیقه بیش از ۱۵ درصد مقاومت مکانیکی را کاهش داده است که با توجه به ضعیف بودن توان هدایت حرارتی چوب دمای بیش از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد خواص چوب را به‌طور دائم تغییر می‌دهد [۱۷]. ضریب هدایت حرارتی چوب را به‌عنوان مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک واحد چوب گذشته و حرارت سطح آن را یک درجه بالا می‌برد، تعریف می‌کنند. ضریب هدایت حرارتی چوب راش ۰/۲ و آب ۰/۶ کالری برسانتی‌مترمربع می‌باشد؛ بنابراین با اشباع کردن چوب از آب می‌توان مقاومت الکتریکی چوب را کاهش و ضریب هدایت الکتریکی چوب را افزایش داد. زمانی که رطوبت در چوب بالا است رسانایی چوب افزایش پیدا می‌کند [۹].

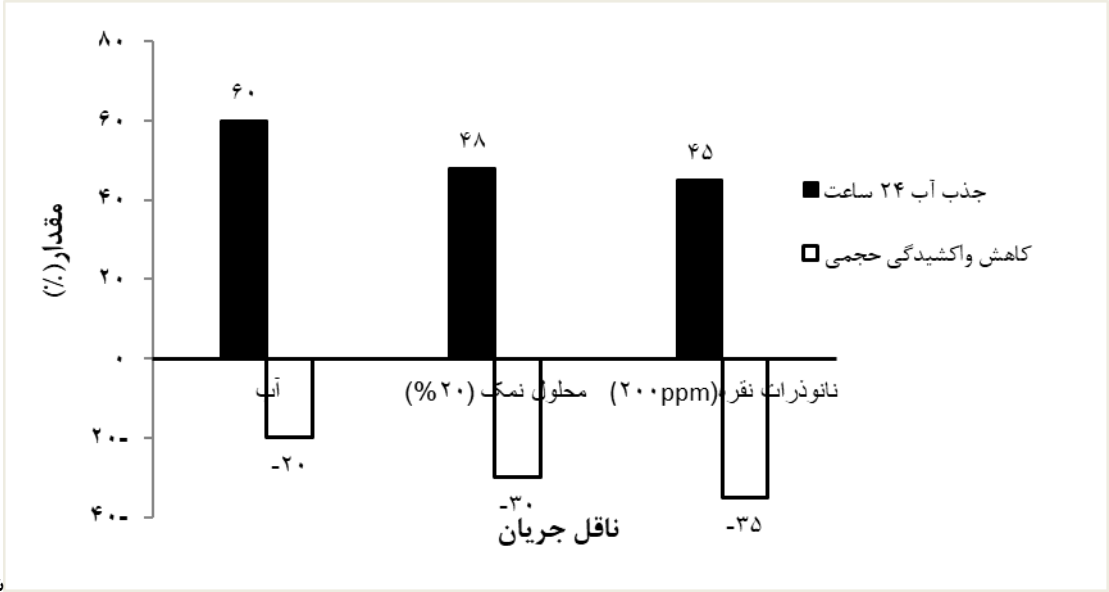


شکل ۱- متوسط عبور جریان الکتریسیته و دمای داخل چوب راش اشباع‌شده با آب مقطر را نشان می‌دهد.

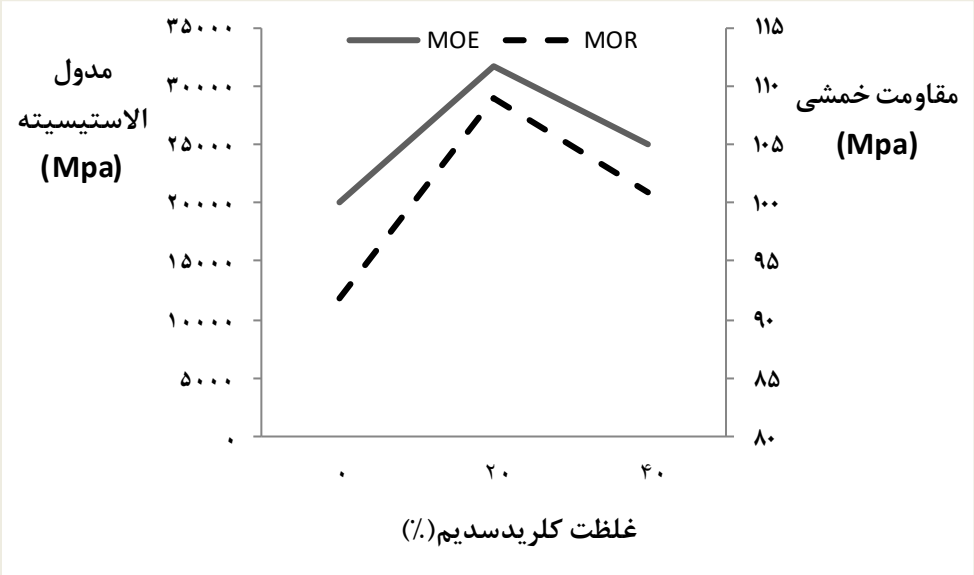


شکل ۲- متوسط عبور جریان الکتریسیته و دمای داخل چوب راش اشباع‌شده با محلول کلرید سدیم و نانو ذرات نقره را نشان می‌دهد.

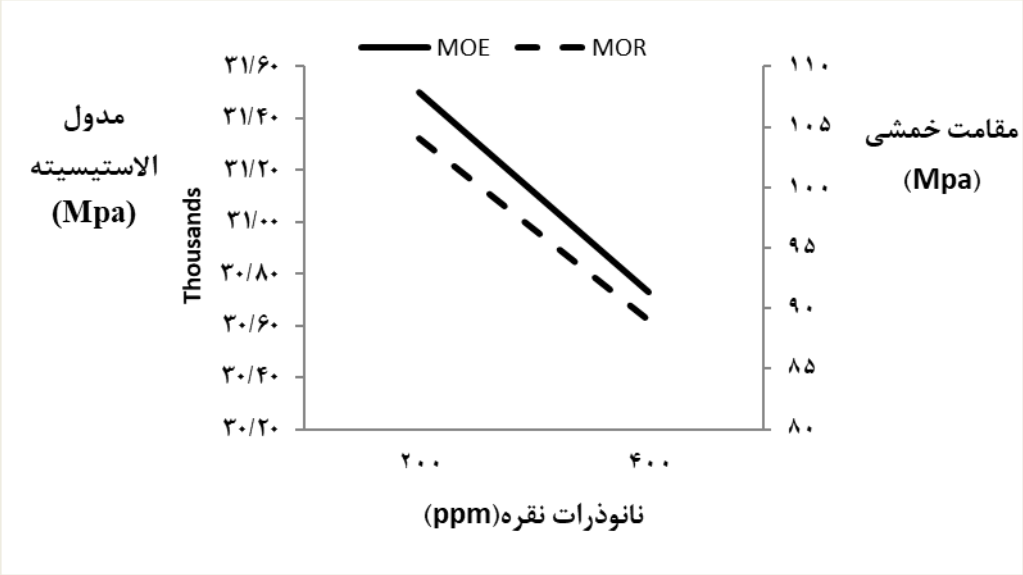
همان طور که نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد که نوع انتقال‌دهنده جریان الکتریسیته در چوب راش بر روی جذب آب مؤثر است به‌طوری‌که بیشترین درصد جذب آب مربوط به آب خالص و کمترین مقدار مربوط به محلول نانو ذرات نقره است. جذب آب دیواره سلولی چوب باعث واکشیدگی آن می‌شود به‌طوری‌که مشاهده می‌شود عبور جریان الکتریسیته توسط هر سه ناقل باعث کاهش واکشیدگی حجمی چوب راش به ترتیب ۲۰،۳۰ و۳۵ درصد شده است؛ که کمترین مقدار مربوط به آب خالص و بیشترین مقدار مربوط به محلول نانو ذرات نقره است. Torkaman و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که عبور جریان الکتریسیته ۲۲۰ ولت از طریق آب خالص توانسته میزان هم کشیدگی و واکشیدگی حجمی چوب‌های زبان-گنجشک،گیلاس وحشی و کاج را به ترتیب در حدود ۱۶، ۱۲ و ۸ درصد کاهش دهد [۱۸]. با توجه به شکل‌های ۴ و۵ اثر مستقل غلظت کلرید سدیم و نانو ذرات نقره بر خواص مکانیکی چوب راش دارای تفاوت معنی‌داری هستند (P-Value<0.05). به‌طوری‌که در غلظت ۲۰ درصد کلرید سدیم و غلظت ۲۰۰ppm نانو ذرات نقره بیشترین مقدار مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی مشاهده‌شده است. غلظت زیاد یون‌های فلزی سدیم و نقره باعث افزایش سرعت جریان و درنتیجه افزایش دما و کاهش مقاومت مکانیکی چوب می‌شود. با توجه به نتایج اثرات متقابل بیشترین مقدار مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی چوب راش در اثرات متقابل فشار اتمسفر و ولتاژ ۶۰۰ ولت در غلظت ۲۰ درصد کلرید سدیم و غلظت ۲۰۰ppm نانو ذرات نقره حاصل‌شده است. Hosinzadeh و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که تیمارهای حرارتی ترکیبات دیواره سلولی چوب راش را تغییر می‌دهد به‌طوری‌که در تیمار حرارتی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد بر مدول الاستیک تأثیری ندارد و رفتار خزشی چوب را بهبود می‌بخشد اما در دماهای بالاتر باعث تخریب پلیمرهای دیواره سلولی چوب راش شده است [۱۹]. همچنین تیمار حرارتی در دمای بالا باعث کاهش وزن و کاهش مقاومت چوب می‌شود [۲۰]. تغییر در خواص مکانیکی چوب تابع تغیر در ترکیبات اصلی چوب یعنی سلولز،همی سلولز و لیگنین است که برای تشخیص مکانیسم عمل تأثیر عبور جریان الکتریسیته بر این ترکیبات نیازمند بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد از روش‌های طیف‌سنجی و میکروسکوپ الکترونی برای دستیابی به بسیاری از جنبه‌های پنهان عبور جریان الکتریسیته در چوب استفاده شود.



شکل ۳- مقدار متوسط جذب آب، کاهش واکشیدگی حجمی چوب راش را با توجه به نوع ناقل جریان الکتریسیته را نشان می‌دهد.



شکل ۴- میانگین مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی چوب راش اشباع‌شده با آب و غلظت کلرید سدیم را نشان می‌دهد.



شکل۵- متوسط مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی چوب راش اشباع‌شده با محلول نانو ذرات نقره را نشان می‌دهد

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی استفاده از محلول۲۰ درصد کلرید سدیم و محلول ۲۰۰ppm نانو ذرات نقره سرعت عبور جریان الکتریسیته را در چوب راش دو برابر کرده است که درنتیجه آن دمای داخل چوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته است. در شرایط فشار اتمسفر و ولتاژ ۶۰۰ ولت این دو محلول به ترتیب مقدار واکشیدگی حجمی را ۳۰ و ۳۵ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش دادند و همچنین مقاومت خمشی را به ترتیب ۲۵ و۲۹ درصد افزایش دادند و نیز هردو محلول مقدار مدول الاستیسیته را چهار برابری نمودند.

منابع

[1] Browning, B.L., 1963. The wood-water relationship. In The Chemistry of Wood, New York: Wiley 405-439.

[2] Rezayati Charani, P., Mohammadi Rovshandeh, J., Mohebby, B., Ramezani,O., 2007. Influence of hydrothermal treatment on the dimensional stability of beech wood. Caspian Journal of Environmental Sciences.Vol. 5 No.2 pp. 125~131

[3] Talaei, A., Karimi, A., Yaghoobi, K., 2012. Mechanical properties of hydrothermally treated beech wood in buffered mediums. The International Research Group on Wood Preservation, IRG Document No.: IRG/WP 12-40597.

[4] Siahposht, H., Ghorbani, M., and Taghiyari,H. R., 2012.Study on the Effect of Heat Treatment on Physical Properties of Poplar and Beech Woods Impregnated with Nano-Copper and Nano-Silver Iranian Journal of Wood and Paper Industries, Vol. 3, No. 1.109-117. (In Persian).

[5] Yildiz, S., and Gumuskaya, E., 2007. The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. Building and Environment 42: 62–67.

[6] Taghiyari, H.R., .2011a. Study on the Effect of Nano-Silver Impregnation on Mechanical Properties of

Heat-Treated Populus nigra, Wood Sci. and Tech., Springer-Verlag, 45: 399 – 404 pp.

[7] Taghiyari, H.R., 2011b.Effects of nano-silver on gas and liquid permeability of particleboard. Digest

Journal of Nanomaterials and Bioresources, Vol. 6, No 4, October-December, 1517 – 1525pp.

[8] Diantoro, M., Nahari Sani Hidayati, N., Latifah, R., Fuad, A., Nasikhudin, N., Sujito, S., and Hidayat,A., 2016. Electrical Conductivity Modification Using Silver Nano Particles of Jatropha Multifida L. and Pterocarpus Indicus W. Extracts Films, AIP Conference Proceedings, p. 30034.

[9] Aghajankordi, M., Torkaman, J., Rangavar, H., 2020.The effect of electric shock on the physical and mechanical properties of beech wood, Iranian Journal of Wood and Paper Industries, Vol. 11, No. 3,pp:355-365(In Persian).

[10] Latif, M., 2009. Heat Conduction, third edition, Springer, 412-416 pp.

[11] Simpson W, TenWolde A .1999.Physical properties and moisture relations of wood. Wood handbook: wood as an engineering material. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General technical report FPL; GTR-113, Madison, pp 3.1–3.24

[12] Lima FL, Vieira LA, Mukai M, And rade GMC, Fernandes GRP., 2017. The electric impedance of aqueous KCl and NaCl solutions: salt concentration dependence on components of the equivalent electric circuit. J Mol Liq 241:530–539. https:// doi. org/ 10. 1016/j. molliq.2017. 06. 069

[13] Sikder, S. S., Uddin, K. A., Rahman, M. M., And Bhuiyan, A. H., (2009). Effect of salinity on dynamic dielectric properties of Sundori wood of Bangladesh. Bangladesh Journal of Physics, 7, 55-61.

[14] Pařil, P., Dejmal, A., 2014. Moisture absorption and dimensional stability of poplar wood impregnated with sucrose and sodium chloride.Maderas Ciencia y tecnologia 16(3):299–311. https:// doi. org/ 10.4067/ S0718-221X2 01400 50000 23

[15] Žigon, J., Petrič, M., And Dahle, S., 2021. Dielectric and surface properties of wood modified with NaCl aqueous solutions and treated with FE-DBD atmospheric plasma. Eur. J. Wood Prod. 79, 1117–1128. https://doi.org/10.1007/s00107-021-01708-z

[16] Talaei, A., Karimi, A.N., Ebrahimi, Gh., Mirshokraee, S.A., 2012. Comparative Study of Heat-Treated Beech Wood in Hot Water and Steam Mediums.Iranian Journal of Wood and Paper Industries, Vol. 2, No. 1, pp: 27-38. (In Persian).

[17] Mirzaei, GH., Mohebby, B., and Tasooji, M., 2012.The effect of hydrothermal treatment on bond shear strength of beech wood. European Journal of Wood and Wood Products. 10.1007/s00107-012-0608-9.

[18] Torkaman, J., Asadi. Khansari, R., and Aqhjankordi, M., 2018. The effect of electricity on the shrinkage and swelling of the wood. The 2nd National Conference on Knowledge and Innovation in the Wood and Paper Industry.Tehran University.Karaj. Iran (In Persian).

[19] Hosinzadeh, F., Zabihzadeh, S.M., Dastoorian, F., 2019. Creep behavior of heat-treated beech wood and the relation to its chemical structure. Construction and Building Materials.Vol: 226, NO:3, PP:220-226

[20] Taghiyari, H. R., Enayati, A. A., Gholamiyan, H., 2013a. Effects of nano-silver impregnation on brittleness, physical and mechanical properties of heat-treated hardwoods. Wood Science and Technology, Volume 47, Issue 3, pp 467-480.

Modification of the Beech (*Fagus orientalis*) Wood Properties via Electricity

Abstract

There are various mechanical, chemical, and thermal methods to improve the properties of wood to block and reduce the reactivity of hydroxyl groups of cell wall polymers. This study aims to modify the properties of oriental beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky) via the passage of electricity. Three substances of water, salt solution in two levels, and silver nanoparticles in two levels were used to transfer electricity in wood. The experimental design was a factorial test based on a completely randomized design to analyze the data obtained from the measurement of physical and mechanical properties. The results showed that the passage of electricity improved all the physical and mechanical properties of beech wood. Electric current passing via a 20% salt solution, and 200 ppm silver nanoparticles increased the moduli of rupture of beech wood, respectively by 25% and 29%. Electric current passing by both increased the moduli of elasticity by more than fourfold. The volumetric anti-swelling efficiencies of beech wood were calculated as 30% and 35%, respectively.

Keywords: Silver nanoparticles, Beech, Electric current, Modulus of elasticity, Modulus of rapture, Anti-swelling efficiency.

J. Torkaman[1*]
M. Aghajankordi[2]
H. Rangavar[3]

[1] Associate Professor of Natural Resources Faculty, University of Guilan, Guilan, Iran

[2] M.Sc. graduated student, Department of the wood industry, Faculty of materials engineering and new technologies, Shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

[3] Associate Professor, Department of the wood industry, Faculty of materials engineering and new technologies, Shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

Corresponding author:
j_torkaman@yahoo.com

Received: 2021/11/08
Accepted: 2022/04/09