

## خواص فیزیکی چوب صنوبر اشباع شده با متیل متاکریلات

رامین فارسی\*

گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران. \* رایانامه نویسنده مسئول: ramin.farsi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۰۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۱۵

### چکیده

هدف از انجام این پژوهش تهیه چوب پلیمر صنوبر برای بهبود خواص فیزیکی و استفاده عملی از آن در صنعت بود. برای این منظور نمونه‌های آزمایشی با مونومر متیل متاکریلات به روش سلول پر انجام شد. نمونه‌ها سپس برای بسپارش در آون در دمای ۱۴۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد طی دو زمان ۴ و ۵ ساعت حرارت داده شدند. پس از تهیه چوب پلیمر صنوبر، ویژگی‌های فیزیکی آن شامل میزان جذب پلیمر، جرم ویژه، میزان جذب رطوبت و تغییر ابعاد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به دست آمده حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تغییرات معنی‌داری در تمام خواص مورد آزمایش صورت گرفته و دما بیشترین تاثیر را در استقرار پلیمر گذاشته است، در حالی که تغییر زمان تاثیر معنی‌داری را از خود نشان نداد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کلیه خواص فیزیکی مورد مطالعه شامل جذب آب، تغییر ابعاد و جرم ویژه در مقایسه با نمونه شاهد بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: صنوبر، ویژگی‌های فیزیکی، متیل متاکریلات، چوب پلیمر.

### مقدمه

دو روش اصلی برای انتقال مایع به داخل چوب جهت ساخت چوب پلیمر وجود دارد. مایعات تیمار با ویسکوزیته کم و متوسط می‌توانند داخل منافذ چوب را توسط فشار، مکش و یا هر دو با هم پر کنند. مونومرهای وینیل نمونه‌ای از مواد با ویسکوزیته پایین هستند که در تهیه اکثر انواع چوب پلیمر استفاده می‌شوند. بعضی از چسب‌های اپوکسی با ویسکوزیته متوسط نیز برای تیمار کردن چوب استفاده می‌شوند (Langwig et al, 1969; Moore et al, 1983). مایعات تیمار با ویسکوزیته بالا مانند فنل فرمالدئید توسط تلفیقی از فرآیندهای جریان و انتشار مایع

چند سازه چوب پلیمر نوعی چوب اصلاح شده است که در آن ابتدا چوب با مونومری اشباع شده و در ادامه طی فرآیندی تبدیل به پلیمر می‌گردد. فرآورده حاصل در نتیجه چوبی خواهد بود که حفره‌های سلولی و بین سلولی یا روزنه‌های ریز دیواره سلولی آن توسط پلیمر اشغال شده است. خصوصیات چوب پلیمرها بسیار تغییر یافته و خواص فیزیکی آنها در مقایسه با چوب اولیه بهبود می‌یابد. سطح آنها به طور قابل ملاحظه‌ای سخت شده و ثبات ابعادی پیدا کرده و امکان انجام عملیات نهایی روی سطح آنها به راحتی فراهم می‌آید (فارسی، ۱۳۸۹).

می‌توانند در داخل چوب نفوذ پیدا کنند. مقدار جریان مواد تحت گرادیان فشار داخل چوب در جهات مختلف متفاوت است، به طوری که در جهت طولی بافت چوبی سریع‌تر و بهتر از جهات عرضی صورت می‌گیرد. از این رو بیشتر محلول‌های تیمار به استثنای نمونه‌های خیلی بلند از مقاطع انتهایی الیاف داخل می‌شوند (Siau, 1984). مرحله اساسی و تعیین‌کننده خواص بعدی ماده مرکب، نحوه اسپارش مونومر نفوذ داده شده در بافت‌های چوبی و چگونگی اتصال بین پلیمر و چوب برای تهیه مواد مرکب چوب پلیمر می‌باشد. اسپارش مونومرها یا پیش‌پلیمرها به چند روش مختلف صورت می‌پذیرد. یکی از روش‌ها با استفاده از نفوذ تشعشعات یونی نظیر الکترون‌های گاما و اشعه ایکس یا یک کاتالیزور شیمیایی مانند کاتالیزورهای رادیکالی، آنیونی، کاتیونی و یا کوئوردیناسی به همراه حرارت (Meyer, 1965)؛ و (Siau & Meyer, 1966) و دیگری با استفاده از تابش تشعشعات حرارتی (Beall et al, 1966) است.

مونومرهای وینیلی با اعمال کاتالیزور و حرارت رادیکال‌های آزاد تولید می‌کنند که می‌توانند مرحله آغازین اسپارش را شروع کنند. مرحله اسپارش حرارتی به طور معمول داخل کوره‌های مخصوصی انجام می‌پذیرد که برای تیمار در حالت فشار ساخته شده‌اند. ممکن است بعضی بخارات قابل اشتعال طی تیمار تولید شود که دستگاه مورد استفاده باید این بخارات تولید شده را سوزانده یا در شرایط ایمن از سیستم خارج نماید.

ترکیبات چوب پلیمر در دهه ۱۹۶۰ شناخته شده و نخستین تحقیق در این زمینه توسط Karpov و همکاران (۱۹۵۸) صورت گرفت. تحقیقات گسترده‌ای بعد از آن در این زمینه انجام شده و مواد شیمیایی جدیدی مانند مونومرهای وینیلی برای پر کردن فضای خالی چوب و انجام اسپارش مورد استفاده قرار

گرفت. نتایج حاصل از تحقیقات Meyer (۱۹۶۵) روی چوب پلیمر گونه توس با استفاده از متیل‌متاکریلات (MMA) به سه روش پلیمر کردن نشان داد که روش اسپارش مونومر در چوب تاثیر معنی‌داری بر خواص ترکیب چوب پلیمر ندارد، در حالی که خواص چوب پلیمر تولیدی در مقایسه با نمونه‌های کنترل تفاوت بسیاری داشت به طوری که سختی چوب پلیمر ۴/۵ برابر نمونه شاهد بود. همچنین تحقیقات Siau و Meyer (۱۹۶۶) روی گونه توس با متیل‌متاکریلات نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تثبیت ابعاد و کیفیت مکانیکی نمونه‌های حاصل از فرآیند حرارت مستقیم و پرتو گاما وجود نداشت. به علاوه افزایش مقدار پرتو تا ۱۰ مگا راد سبب کاهش خواص کاربردی چوب نشد که علت اساسی کاهش میزان فضای پر شده با پلیمر از ۷۵ درصد به ۵۰ درصد انقباض پلیمر و تبخیر مونومر بود.

حرکت رطوبت در چوب پلیمرهای حفره‌ای به دلیل آنکه حفره سلول‌ها با پلیمر پر شده‌اند به کندی صورت می‌گیرد. این موضوع باعث می‌شود که حرکت رطوبت در جهت طولی و عرضی کند گردد (Schneider & Phillips, 2000). استفاده از گونه‌های کاج، صنوبر و مونومرهای استایرن، متیل‌متاکریلات یا تلفیقی از این دو نشان داد که بالاترین مقاومت فشاری به چوب پلیمر حاصل از تلفیق استایرن و متیل‌متاکریلات و چوب کاج با مقدار ۶۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است که حدود دو برابر مقاومت چوب تیمار شاهد بود (Umit et al, 2004).

مطالعه مقدماتی انجام شده در موسسه علوم هسته‌ای و تکنولوژی دانشگاه تهران توسط شیخ و همکاران (۱۳۷۲) روی ترکیبات چوب پلیمر گونه ممرز با متیل‌متاکریلات و مخلوط استایرن و آکریلونیتریل با تکنیک اشعه گاما نشان داد که تثبیت ابعاد چوب پلیمر با متیل‌متاکریلات در شرایط رطوبت

باغات بروجرد استحصال شده به صورت تخته‌های شعاعی به قطرهای ۳ سانتی‌متر برای نمونه‌های آزمون‌های فیزیکی تهیه شد. تخته‌های محدوده مغز گرده‌بینه پس از برش حذف شده و دو انتهای بقیه تخته‌ها با پارافین مذاب آغشته گردید. رطوبت تخته‌ها در این مرحله برابر ۸۶ درصد بود. سپس تخته‌ها در محیط گرمی گرفتند که از تهویه هوای مناسبی برخوردار بود تا رطوبت آنها کاهش یابد. رطوبت تخته‌ها پس از گذشت ۴۵ روز از خشک کردن آنها گذشت به حدود ۹ درصد رسید که برای انجام آزمایش مناسب بود.

نمونه‌ها در یک کارگاه چوب‌بری به ابعاد لازم برش خرده و به آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد منتقل شدند. برای آن که رطوبت تمام نمونه‌ها یکنواخت شده و به حد تعادل با محیط برسد به مدت ۹۶ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. میانگین رطوبت نمونه‌ها پس از گذشت این زمان در ۶ درصد ثابت باقی ماند. تعداد ۶ نمونه به صورت تصادفی از نمونه‌های بریده شده برای هر فاکتور انتخاب و شماره‌گذاری گردیدند. رطوبت هر گروه از نمونه‌ها در هر بار آزمایش با استفاده از نمونه‌های شاهد مقایسه شد.

مرحله اشباع نمونه‌ها با مونومر متیل‌متاآکریلات توسط یک دستگاه دسیکاتور مجهز به شیر تخلیه انجام گرفت. نمونه‌ها برای این منظور داخل ظرف دسیکاتور قرار گرفته و یک مانع روی آنها قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از مونومر لبریز شدند. درب ظرف پس از سیلیکون زدن محکم بسته شد. سپس پمپ خلاء روشن شده و شیر منتهی به آن باز شد تا زمانی که فشار منفی داخل سیلندر به ۰/۵ بار برسد تا شیر بسته شود. نمونه‌ها بعد از نیم ساعت اعمال خلاء برای خروج کامل هوا از خلل و فرج چوب و جایگزینی آنها با مونومر برداشته شد.

نسبی ۸۰ درصد ۴ برابر نمونه شاهد بوده و با افزودن ۳۰ تا ۴۰ درصد پلیمر به چوب سختی در حدود ۱۰۰ درصد افزایش داشته است.

تحقیقاتی بر روی چوب‌پلیمر گونه‌های راش، مرز و انجیلی با متیل‌متاآکریلات طی دو فرآیند حرارت خشک و حرارت تر برای تامین مصارف داخلی ماکو و ماسوره انجام شد (نیستانی و ابراهیمی، ۱۳۶۵) که نتایج این تحقیق نشان داد ترکیب پلیمر و برون چوب راش در جرم ویژه نسبی حداکثر فشار موازی الیاف، سختی سطوح جانبی و مقطع عرضی در مقایسه با نمونه‌های شاهد نسبت به دو گونه دیگر افزایش داشت. در نمونه‌های چوب‌پلیمر مرز هیچ یک از خواص اندازه‌گیری شده کاهش را نشان نداد و تفاوت سختی سطوح جانبی و مقطع عرضی، جزیی بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مقاومت‌های مطلوب‌تری از پلیمر شدن به صورت دمای تر به دست می‌آید. تحقیق حسین‌زاده و همکاران (۱۳۷۱) روی چوب دو گونه صنوبر با مونومر متیل‌متاآکریلات و پلیمریزاسیون به روش پرتو اشعه گاما (کبالت ۶۰) نیز نشان داد که خواص فیزیکی و مکانیکی چوب‌پلیمر از جمله چگالی، مقاومت به خمش استاتیک، ضریب ارتجاعی و مقاومت به فشار موازی الیاف در مقایسه با نمونه‌های شاهد افزایش قابل توجهی یافته است. درصد تثبیت ابعاد چوب با استفاده از روش فوق رضایت‌بخش بوده و نیز می‌تواند تا حد بالاتری به کمک مواد افزودنی شیمیایی افزایش یابد. تحقیق حاضر بر این اساس به مطالعه تغییر خواص چوب‌پلیمر صنوبر با استفاده از مونومر متیل‌متاآکریلات و با روش حرارت‌دهی ساده و بدون استفاده از هر گونه کاتالیزور پرداخت.

#### مواد و روش‌ها

یک گرده‌بینه تبریزی پوست کنی شده که از

زمان و نمونه‌ای که در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳/۵ ساعت قرار گرفته بود هنوز حالت ژله‌ای داشتند در صورتی که مونومر متیل‌متاآکریلات نمونه‌ای که در دمای ۱۴۰ درجه و زمان ۴ ساعت تیمار شده بود کاملاً سفت و جامد شده بود.

نمونه‌های آزمایشی پس از اشباع شدن توزین گردیدند. سپس نمونه‌ها برای آنکه میزان تبخیر مونومر از داخل چوب کاهش یافته و تثبیت و جایگزینی پلیمر در داخل چوب افزایش یابد، پس از اشباع و توزین توسط ورقه‌های نازک آلومینیومی کاملاً پوشیده شده و داخل یک کیسه سلفنی پخت قرار داده شدند. سپس در داخل آن یک دماسنج قرار داده شد تا دمای داخل کیسه را نشان دهد. مجموعه پس از انجام این مراحل در داخل سینی قرار گرفته و داخل آون‌ی با دمای ۱۴۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

زمان شروع حرارت‌دهی مطابق زمانی که دماسنج داخل محفظه به دمای مورد نظر رسید، در نظر گرفته شد. نمونه‌ها پس از پایان زمان مورد نظر از آون خارج و پوشش سلفن و فویل آلومینیومی زیر هود باز شد. هر نمونه حداقل ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا مونومرهای واکنش نداده داخل حفرات چوب از آن خارج شوند. رطوبت چوب نیز طی این مرحله به شرایط تعادل با محیط رسید. نمونه‌ها در پایان ۴۸ ساعت وزن شدند تا میزان تبدیل مونومر به پلیمر و تثبیت پلیمر داخل چوب محاسبه گردد.

طرح آماری فاکتوریل در این بررسی با استفاده از دو عامل دما و زمان در دو سطح انجام شد. دما در دو سطح ۱۴۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب با علائم  $A_1$  و  $A_2$  و زمان در دو سطح ۴ و ۵ ساعت که به ترتیب با علائم  $B_1$  و  $B_2$  برای این تحقیق انتخاب شد. تعداد چهار تیمار با توجه به ترکیب عوامل در طرح فاکتوریل به صورت  $A_1B_1$ ،  $A_1B_2$ ،  $A_2B_1$  و  $A_2B_2$  در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است برای هر فاکتور ۳

پلیمر شدن توسط مونومر متیل‌متاآکریلات صورت گرفت، به طوری که به میزان ۱۰ میلی‌لیتر مونومر متیل‌متاآکریلات داخل ۱۰ لوله آزمایشگاهی برای تعیین دما و زمان مناسب ریخته شد. سپس نمونه‌ها داخل یک آون با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. یکی از لوله‌ها بعد از هر نیم ساعت خارج و میزان پلیمر شدن متیل‌متاآکریلات مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های ۱ تا ۳ ساعت در این محدوده دمایی از نظر پلیمر شدن غیرقابل قبول بودند. این در حالی بود که نمونه‌هایی که ۴ و ۵ ساعت در داخل آون قرار گرفته بودند، کاملاً سخت شده که نشان از پلیمر شدن کامل آنها داشت. به همین ترتیب میزان پلیمر شدن در دماهای ۱۲۰، ۱۳۰ و ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید که در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز نمونه‌هایی که ۴ ساعت و بیشتر داخل آون قرار گرفته بودند کاملاً سخت و محکم شده بودند. نمونه‌هایی که در دمای ۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته بودند به ترتیب پس از گذشت ۷ و ۸ ساعت هنوز کاملاً پلیمر نشده بودند و فقط حالت ژله‌ای به خود گرفته بودند.

بنابراین با توجه به نتایجی که از آزمایشات فوق به دست آمد، دو دمای ۱۴۰ و ۱۵۰ درجه و دو زمان ۴ و ۵ ساعت برای انجام مرحله حرارت‌دهی نمونه‌ها انتخاب گردید. چهار عدد نمونه به طول ۱۵ سانتی‌متر و مقطع  $2 \times 2$  سانتی‌متر نیز برای اطمینان از پلیمر شدن مونومر متیل‌متاآکریلات داخل چوب مطابق با روش ذکر شده در بالا اشباع گردید. نمونه‌ها سپس داخل آون قرار گرفته و تحت دمای ۱۳۰ و ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های ۳/۵ و ۴ ساعت حرارت داده شدند. نمونه‌ها سپس از قسمت میانی برش داده شدند که نتایج به دست آمده مشابه نتایج آزمایش بالا بود. بدین ترتیب مونومر مصرف شده در نمونه‌ای که در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته بود در هر دو

شاهد و ۱۵ نمونه چوب پلیمر به این منظور برای مراحل کلیماتیزه کردن مطابق با استاندارد ISO 3129 انتخاب شدند. رطوبت نمونه‌ها نیز مطابق استاندارد ISO 3130 اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری جرم و حجم خشک نمونه‌ها مطابق با مرحله اول توزین و اندازه‌گیری شد تا وزن و حجم کاملاً خشک به دست آید. آزمون واکنشیدگی و هم‌کشیدگی بر اساس استاندارد ISO 4859 انجام گرفت و نتایج آنها با دقت ۰/۱ درصد ارایه گردید.

تکرار وجود داشت و در هر تکرار نیز ۵ نمونه برای هر آزمایش فیزیکی قرار گرفت که در مجموع ۱۵ نمونه آزمایشی برای هر صفت فراهم شد. درصد جذب مونومر و میزان تثبیت پلیمر در هر تیمار در جدول ۱ ارایه شده است.

خواص فیزیکی شامل چگالی، واکنشیدگی شعاعی و مماسی و جذب آب در این پژوهش اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری چگالی با استفاده از آئین نامه استاندارد ISO 1975-3131 انجام شد. تعداد ۱۵ نمونه

جدول ۱. درصد جذب مونومر و تثبیت پلیمر در متغیرها برای تیمارهای مختلف آزمایشی

چگالی و تغییر ابعاد		
درصد جذب	درصد تثبیت	
۱۲۶/۴۵	۴۳/۷۰	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>
۱۲۷/۱۴	۴۶/۴۴	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>
۱۱۶/۶۲	۳۰/۹۰	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
۱۲۲/۶۶	۳۳/۶۳	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>

روش دانکن در سطح ۹۹ درصد نشان داد که تیمارهای چوب پلیمر در یک گروه (گروه a) قرار گرفته و نمونه شاهد در گروه (گروه b) قرار دارد. کمترین افزایش چگالی حداکثر نیز در تیمار A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> بود که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۱۳/۱۴ درصد کاهش داشت. گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۹۹ درصد بیانگر آن است که تیمارهای چوب پلیمر همگی در گروه a قرار گرفته‌اند و نمونه شاهد به تنهایی در گروه b قرار داشت (جدول ۲).

بیشترین میزان افزایش چگالی بحرانی در تیمار A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> دیده شد که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۲۷/۹۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد که تیمارهای چوب پلیمر در گروه

تحقیق حاضر در قالب طرح آزمایش فاکتوریل با دو متغیر و در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با استفاده از آزمون دانکن و به کمک تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای انجام این آزمون از نرم‌افزار SPSS استفاده شد و نتایج به دست آمده به صورت میانگین حاصل از سه تکرار ارایه گردید.

### نتایج

نتایج حاصل از بررسی متغیرهای آزمایشی در جدول‌های ۲ و ۳ ارایه شده است. بیشترین میزان افزایش چگالی خشک در تیمار A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> به دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۱۱/۶۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به

a قرار گرفته‌اند و نمونه شاهد به تنهایی در گروه b است (جدول ۲).

کمترین میزان جذب آب در ۲ ساعت غوطه‌وری نیز در تیمار  $A_1B_1$  به دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۶۲/۸۹ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۹۹ درصد نشان داد که تیمار  $A_1B_1$  چوب‌پلیمر در گروه a و سایر تیمارها در گروه b قرار گرفته‌اند و نمونه شاهد به تنهایی در گروه c قرار گرفت (جدول ۲).

همچنین کمترین میزان جذب آب در ۲۴ ساعت غوطه‌وری در تیمار  $A_1B_1$  بود که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۵۵/۳۴ درصد کاهش داشت (جدول ۳). در گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد که تیمار  $A_1B_1$  چوب‌پلیمر در گروه a و سایر تیمارها در گروه b قرار گرفته‌اند و نمونه شاهد به تنهایی در گروه c بود (جدول ۲).

بیشترین میزان کاهش واکشیدگی شعاعی حداکثر در تیمار  $A_1B_1$  به دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۵۹/۳۴ درصد کاهش داشت (جدول ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تاثیر پلیمر شدن بر روی واکشیدگی شعاعی در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد که تیمار  $A_1B_1$  با کمترین میزان واکشیدگی در گروه c قرار گرفته و سایر تیمارها به صورت مشترک با بیشترین میزان واکشیدگی در گروه B قرار دارد. نمونه شاهد در این گروه‌بندی در بالاترین گروه (گروه a) قرار داشت (جدول ۲).

همچنین بیشترین میزان کاهش واکشیدگی در تیمار  $A_2B_1$  بود که در مقایسه با نمونه شاهد ۴۴/۳۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تاثیر پلیمر شدن روی واکشیدگی مماسی در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد که تیمار  $A_2B_1$  با کمترین میزان واکشیدگی در گروه c

قرار داشته و تیمار  $A_1B_2$  در گروه bc و تیمارهای  $A_1B_1$  و  $A_2B_2$  مشترکاً در گروه b قرار دارند. نمونه شاهد در این گروه‌بندی در بالاترین گروه «گروه a» قرار گرفت (جدول ۲).

بیشترین میزان کاهش واکشیدگی حجمی در تیمار  $A_2B_2$  بود که در مقایسه با نمونه شاهد ۶۲/۱۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تاثیر پلیمر شدن روی واکشیدگی حجمی در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد که کلیه نمونه‌های تیماری در یک گروه قرار گرفته (گروه b) و نمونه شاهد در این گروه‌بندی در بالاترین گروه (گروه a) قرار دارد (جدول ۲).

بیشترین میزان کاهش هم‌کشیدگی شعاعی حداکثر در تیمار  $A_1B_1$  به دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد به میزان ۵۷/۶۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تاثیر پلیمر شدن روی هم‌کشیدگی شعاعی در مقایسه با نمونه شاهد کلیه تیمارها در گروه b قرار می‌گیرند و نمونه شاهد در این گروه‌بندی در بالاترین گروه (گروه a) قرار گرفت (جدول ۲).

بیشترین میزان کاهش هم‌کشیدگی در تیمار  $A_2B_1$  قرار دارد که در مقایسه با نمونه شاهد ۴۲/۳۱ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۳). در گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تاثیر پلیمر شدن روی هم‌کشیدگی مماسی در مقایسه با نمونه شاهد، تیمار  $A_2B_1$  با کمترین میزان هم‌کشیدگی و تیمار  $A_1B_2$  به طور مشترک در گروه c و تیمار  $A_1B_1$  و  $A_2B_2$  به صورت مشترک در گروه b قرار گرفتند. نمونه شاهد در این گروه‌بندی در بالاترین گروه (گروه a) قرار گرفت (جدول ۲).

بیشترین میزان کاهش هم‌کشیدگی حجمی در تیمار  $A_2B_2$  به دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد ۶۰/۱۹ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۳).

**جدول ۲.** میانگین خواص فیزیکی نمونه‌های چوب پلیمر و مقایسه آنها با نمونه شاهد.

هم‌کشیدگی	هم‌کشیدگی	هم‌کشیدگی	هم‌کشیدگی	واکسیدگی	واکسیدگی	واکسیدگی	واکسیدگی	جذب آب	جذب آب	جذب آب	دانسیتته یجرانی	دانسیتته خشک	دانسیتته حداکثر	دانسیتته
حجمی (درصد)	شعاعی حداکثر	شعاعی	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	(گرم بر سانتی متر مکعب)	(گرم بر سانتی متر مکعب)	(گرم بر سانتی متر مکعب)	(گرم بر سانتی متر مکعب)
۹/۴۷b	۲/۶۲b	۹/۸۷b	۵/۵۳b	۲/۷c	۸۴/۴۰۵c	۶۸/۴۷d	۰/۳۶۱a	۰/۴۰۲a	۰/۸۷۵a	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>				
۹/۱۳b	۲/۹۱b	۹/۵۱b	۴/۹۲bc	۳/۰۲b	۹۴/۴۷۷b	۷۲/۲۱c	۰/۳۴۰a	۰/۳۳۷b	۰/۸۸۴a	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>				
۸/۸۹b	۳/۰۷b	۹/۲۳b	۴/۷۱c	۳/۱۷b	۹۶/۸۱۵b	۸۱/۱۰۲b	۰/۳۴۱a	۰/۳۷۲b	۰/۸۹۶a	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>				
۸/۷۵b	۲/۹۴b	۹/۲۱b	۵/۱۳b	۳/۰۳b	۹۷/۵۵۵b	۷۹/۴۵۸b	۰/۳۴۵a	۰/۳۷۶b	۰/۸۹۱a	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>				
۲۲/۳۳a	۶/۱۸a	۲۴/۳۲a	۸/۴۶a	۶/۶۴a	۱۸۴/۵۱۷a	۱۴۱a	۰/۲۸۶b	۰/۳۶۰c	۰/۹۹۰b	شاهد				

حروف مشابه در هر ردیف بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح  $p < 0.01$  است.

**جدول ۳.** درصد تغییرات صفات مورد بررسی نمونه‌های چوب پلیمر در مقایسه با نمونه شاهد.

هم‌کشیدگی	هم‌کشیدگی	هم‌کشیدگی	هم‌کشیدگی	واکسیدگی	واکسیدگی	واکسیدگی	واکسیدگی	جذب آب	جذب آب	جذب آب	دانسیتته یجرانی	دانسیتته خشک	دانسیتته حداکثر	دانسیتته
حجمی (درصد)	شعاعی حداکثر	شعاعی	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	حجمی (درصد)	(گرم بر سانتی متر مکعب)	(گرم بر سانتی متر مکعب)	(گرم بر سانتی متر مکعب)	(گرم بر سانتی متر مکعب)
۵۷/۵۰-	۳۵/۲۶-	۳۵/۲۶-	۱۶/۶۱-	۵۹/۴۳-	۳۶/۶۳-	۳۸/۶۵-	۵۵/۳۴-	۶۶/۷۱-	۲۷/۹۷	۱۱/۶۷	۱۱/۶۷	۱۱/۶۷	۱۱/۶۷	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>
۵۸/۷۳-	۴۰/۱۳-	۴۰/۱۳-	۵۲/۹۱-	۶۰/۹۱-	۴۷/۸۴-	۵۴/۹۲-	۴۸/۸۰-	۶۰/۷۶-	۱۹/۲۳	۳/۶۱	۳/۶۱	۳/۶۱	۳/۶۱	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>
۶۰/۱۰-	۴۲/۳۱-	۴۲/۳۱-	۳۳/۰۶-	۶۲/۰۶-	۴۴/۳۳-	۵۲/۰۵-	۴۷/۵۳-	۵۰/۰۵-	۱۹/۲۳	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۳۳	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>
۶۰/۱۰-	۳۷/۴۴-	۳۷/۴۴-	۵۲/۴۳-	۶۲/۱۰-	۳۹/۳۳-	۷۸/۳۵-	۴۸/۱۳-	۵۶/۹۴-	۲۰/۶۳	۴/۴۴	۴/۴۴	۴/۴۴	۴/۴۴	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>

گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن برای تاثیر پليمر شدن روی هم‌کشیدگی حجمی در مقایسه با نمونه شاهد نشان داد کلیه نمونه‌های تیماری در یک گروه قرار گرفتند (گروه b) و نمونه شاهد در این گروه‌بندی در بالاترین گروه (گروه a) قرار داشت (جدول ۲).

### بحث و نتیجه‌گیری

بیشترین میزان چگالی حداکثر در تیمار  $A_2B_1$  و بیشترین میزان چگالی خشک در تیمار  $A_1B_1$  مشاهده گردید. مقایسه این دو چگالی نشان‌دهنده آن است که درصد تثبیت بیشتر پليمر در تیمار  $A_1B_1$  (جدول ۳) و میزان جذب مونومر و یکنواختی پليمر در فضای خالی چوب در این تیمار، میزان تغییر ابعاد ناشی از جذب رطوبت را به میزان بیشتری کاهش می‌دهد. بنابراین چگالی خشک بیانگر میزان جذب مونومر در این تیمار  $A_1B_1$  بیشتر بوده و چگالی حداکثر که نمایانگر میزان جذب آب در نمونه‌ها بود، در تیمار  $A_2B_2$  بیشتر است. نتایج حاصل از تحقیقات Longwig و همکاران (۱۹۶۹) روی نمونه‌های ترکیب چوب پلاستیک گونه‌نم‌دار نشان داد که ۷۱ درصد این چوب از فضای خالی پر شده با پليمر موجب افزایش ۱۷۰ درصد چگالی آن گردید. مطالعات فارسی (۱۳۸۹) روی نمونه‌های چوب صنوبر با استایرن نیز نشان داد که هر چه میزان تثبیت پليمر در نمونه بیشتر باشد میزان چگالی خشک بیشتر و میزان چگالی حداکثر کاهش می‌یابد.

بررسی نتایج جذب آب با میزان جذب و تثبیت پليمر داخل حفرات چوب نشان داد که با افزایش جذب پليمر از میزان جذب آب توسط چوب پليمر کاسته می‌شود. این کاهش در کوتاه‌مدت بیشتر مشهود می‌باشد، زیرا وجود پليمر در داخل حفرات سبب جلوگیری از نفوذ آب به داخل چوب می‌شود ولی رطوبت در طولانی‌مدت می‌تواند از طریق منافذ به

داخل چوب نفوذ نماید. نتایج به دست آمده با یافته‌های حسین‌زاده و همکاران (۱۳۷۱) و Longwig و همکاران (۱۹۶۹) مطابقت می‌نماید که دلیل آن را محاط بودن دیواره سلولی توسط پليمر بیان نمودند.

افزایش ضریب تغییرات واکشیدگی حجمی نمونه‌های چوب پليمر می‌تواند بیانگر تفاوت میزان پليمر درون حفرات سلولی باشد. مطالعات Siau و Meyer (۱۹۶۶) نشان می‌دهد که واکنش بسپارش می‌تواند سبب تشکیل پیوند چوب با پليمر گردد، به طوری که از کل پليمر داخل ساختمان چوب حدود ۲۱ درصد کوپليمر و ۷۹ درصد هموپليمر می‌باشد.

دلیل اختلاف در تیمار  $A_1B_1$  و  $A_1B_2$  را می‌توان به مدت زمان مورد نیاز برای انجام واکنش بین پليمر و سلولز دیواره سلولی ارتباط داد. هر چه زمان بیشتر باشد، مونومرهای بیشتری فرصت می‌یابند تا با سلولز دیواره واکنش برقرار نمایند. برای اثبات این فرضیه می‌توان با بررسی طیف IR نمونه شاهد، چوب پليمر و تغییرات گروه‌های عاملی OH این فرضیه را مورد بررسی قرار داد.

با توجه به نتایج این تحقیق چوب پليمر متیل‌متاکریلات با واکنش در تیمارهای اعمال شده افزایش خواص فیزیکی از خود نشان دادند که این موضوع استفاده از چوب پليمر را در نقاطی با نوسانات رطوبتی مناسب می‌نماید، هرچند این افزایش خواص فیزیکی در مقایسه با سایر پژوهش‌ها کمتر است. دلیل این امر می‌تواند میزان جذب پليمر داخل حفره سلولی باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بیشتری در خصوص روش‌هایی برای افزایش جذب پليمر در داخل حفره سلولی صورت پذیرد.

### منابع

حسین‌زاده، ع.، نیستانی، ف.، ابراهیمی، ق. و جهان‌لتیاری، ا. (۱۳۷۱) بهبود کیفیت چوب به کمک پرتو گاما



fast growing species in Turkey. *Bioresource Technology*, 96(9): 1003-1011.

(چوب پلاستیک). موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. تهران، ۳۶ صفحه.

شیخ، ن.، پارسا پزوه، د. و افشار طارمی، ف. (۱۳۷۲) تهیه کامپوزیت‌های چوب - پلیمر با استفاده از پرتو گاما. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیمی. دانشگاه امیر کبیر. تهران، ۱۷۸ صفحه.

فارسی، ر. (۱۳۸۹) بررسی امکان بهبود خواص کاربردی چوب توسط استیرن. مجموعه مقالات همایش جنگل و صنایع چوب و کاغذ. آستارا، خرداد: ۴۹۱-۵۰۴.

نیستانی، ف. و ابراهیمی، ق. (۱۳۶۵) بررسی اثرات چند روش بهبود کیفیت روی چوب گونه‌های مناسب و بومی ایران برای مصارف صنایع نساجی کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ. دانشگاه تهران. تهران، ۲۳۳ صفحه.

Beall, F.C., Meyer, J. and Skaar, C. (1966) Direct and RF heating of wood-plastic composites. *Forest Product Journal*, 16(9): 99-106.

Karpov, V.L., Malinsky, Y.M., Serenkov, V.I., Imanova, R.S. and Frieden, A.S (1960) Radiation makes better woods and copolymers. *Nucleonics*, 18(3): 88-90.

Langwig, J.E., Meyer, J.A., and Davidson, R.W. (1969) New monomers used in making wood-plastic. *Forest Product Journal*, 19(11): 57-61.

Meyer, J.A. (1965) Treatment of wood-plastic systems using heat-catalyst technique. *Forest Product Journal*, 15(9): 362-364.

Moore, G.R., Kline, D.E. and Blankenhorn, P.R. (1983) Impregnation of wood with a high-viscosity epoxy resin. *Wood Fiber Science*, 15(3): 223-234.

Schneider, M.H. and Phillips, J.G. (2000) Physical properties of wood-polymer composites. *Journal of Forest Engineering*. 11(1): 83-89.

Siau, J.F. (1984) *Transport processes in wood*. Springer Publications. Germany, 237 p.

Siau, J.F. and Meyer, J.A. (1966) Comparison of the properties of heat and radiation cured wood-polymer composites. *Forest Product Journal*, 16(8): 47-56.

Umit, C.Y., Yildiz, S. and Geezer, D. (2004) Mechanical properties and decay resistance of wood-polymer composites prepared from

## Physical properties of poplar wood saturated with methyl methacrylate

Ramin Farsi\*

Department of Wood Science and Technology, Borojerd Branch, Islamic Azad University, Borojerd, Iran.  
\*Corresponding Author Email address: rfarsi54@yahoo.com

Date of Submission: 2014/05/05      Date of Acceptance: 2014/11/26

### Abstract

The aim of this study was to provide Poplar's wood-polymer composite to improve the physical properties and practical use in industry. Accordingly, a sample test was done with monomer methyl methacrylate with the method of filled cell saturation and then heating in an oven to be polymerized at 140 and 150 °C and times of 4 and 5 h. After providing poplar's wood-polymer composite, the physical characteristics of poplar wood such as water adsorption, special gravity, dimensional change were analyzed. The results of one-way analysis of variance showed significant changes in all experimental variables. In temperature changes, only the percentage of polymer establishment was significant, while no significant difference was found in the changes. In the analysis of factorial variance, the dependent effect of temperature and time, the only significant effect was percentage of polymer establishment and water adsorption. The results showed that all the physical properties including water absorption, dimensional change and specific gravity in this study were improved compared to the control.

**Keywords:** poplar, physical characteristics, Methyl methacrylate , wood-polymer composite.