



در

منابع طبیعی شماره ۷۸، بهار ۱۳۸۷

پژوهش سازندگان

## بررسی خواص فیزیکی چند سازه چوب - پلیمر گونه‌های پالونیا، سپیدار، افراپلت و ممرز

### • سمیرا طلایی پور

دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### • اصغر امیدوار

دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

تاریخ دریافت: شهریور ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۸۵

Email: samira.talaeepour@gmail.com

### چکیده

این تحقیق با هدف تهیه چند سازه چوب- پلیمر از گونه‌های (پالونیا، سپیدار، افرا پلت و ممرز) به منظور بهبود خواص فیزیکی آنها و افزایش قابلیت کاربردی در صنایع انجام گرفته است. برای دستیابی به اهداف پیش گفته ابتدا نمونه‌های آزمونی با مونومر استایرن که مخلوط با آغازگر بنزوئیل پروکساید و اتیلن گلیکول دی متا اکریلات بود به روش سلول پر بدون خلا نهایی اشباع شده سپس حرارت دهی نمونه‌های اشباع شده در دستگاه اتو به منظور پلی مریزاسیون مونومر انجام شد. بعد از تهیه چند سازه چوب- پلیمر ارزیابی و مقایسه خواص فیزیکی (وزن مخصوص، هم کشیدگی و واکشیدگی) نمونه‌های شاهد (بدون اشباع) و نمونه‌های چوب- پلیمر انجام شد. نتایج آزمایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها افزایش خواص فیزیکی را در هر ۴ گونه نشان داد. چند سازه چوب- پلیمر گونه پالونیا ۱۵۴/۹۳، سپیدار ۱۲۱/۷۵، افرا ۴۷/۷۳ و ممرز ۳۷ درصد افزایش وزن مخصوص مشاهده شد. همچنین درصد افزایش تثبیت ابعاد در چوب- پلیمر پالونیا به میزان ۳۵/۳۱، سپیدار ۳۳/۵۶، افرا ۳۰/۰۹ و ممرز ۲۲/۹۰ بود.

**کلمات کلیدی:** چندسازه چوب- پلیمر، استایرن، تیمار (اشباع)، خواص فیزیکی، پلیمریزاسیون

Pajouhesh & Sazandegi No:77 pp: 85-91

### Investigation of physical properties of wood-polymer composites from palownia, aspen, maple, and hornbeam species

By: S. Talaee pour, M.S.c. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran., A. Omidvar, Associate Prof, Collage of Forestry and Wood Technology.

This research has been carried out for the purpose of providing wood-polymer composites from palownia, aspen, maple, and hornbeam species; In order for improving their physical properties and enhancing their applicability in industries. Styrene was chosen as a monomer for impregnation. In order to achieve the above mentioned goal; the specimens were first impregnated with styrene monomer which was already mixed with ethylene glycol dimetacrylate as well as benzoyl peroxide as an initiator. Full cell process with the exception of final vacuum was applied for impregnation. Impregnated specimens were then heated in order to polymerize the monomer by placing them in the oven. After the preparing wood-polymer composite, evaluation and comparison of the physical properties (specific gravity, swelling, and shrinkage) in control specimens and wood-polymer composite specimens were done. The analysis of data and results reveal the improvement of physical properties of all 4 species comparing to the (control) untreated specimens. Specific gravity increased in wood-polymer composites as follows: Palownia species 154.93, aspen species 127.75, maple species 47.73 and hornbeam 37%. Also the percentage of increase, in dimensional stability of palownia wood polymer composite was 36, aspen 33.56, maple 30.09, and hornbeam 22.90

**Keywords:** Wood polymer composite, Styrene, Treatment (impregnation), Physical properties, Polymerization.

#### مقدمه

و همکاریانش در سالهای مختلف در کانادا داشته‌اند. آنها با تحقیقات بر روی چوب- پلیمر حاصل از گونه‌های مختلف با انواع مونومرهای قطبی و غیر قطبی و فرآیندهای مختلف تیمار حفره سلولی، دیواره سلولی و تیمارهای ترکیبی به این نتیجه رسیدند که بسته به نوع مونومر تیمار کننده، خصوصیات مکانیکی و فیزیکی چوب- پلیمر نسبت به چوب تیمار نشده افزایش می‌یابد. همچنین به این نتیجه نیز رسیدند که چوب- پلیمر ساخته شده با مونومر استایرن بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی بیشتری نسبت به مونومرهای دیگر داشته است (۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲).

در کشور ما نیز در چند سال اخیر تحقیقاتی روی خواص فیزیکی و مکانیکی این فرآورده صورت گرفته است که به شرح زیر می‌باشد:

حسین زاده و همکاران (۳) با همکاری سازمان انرژی اتمی ایران و موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور با بررسی چوب- پلیمر حاصل از دو گونه (*Populus nigra* و *Populus deltoides*) و مونومر متیل متا اکریلات به روش اشعه گاما به این نتیجه رسیدند که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی هر دو گونه بهبود یافته است.

عبدالملکی (۵) با تهیه چوب- پلیمر حاصل از گونه *Populus nigra* و مونومر استایرن به روش حرارت مستقیم به این نتیجه رسید که خواص فیزیکی و مکانیکی (به جز ضربه) نمونه‌های چوب- پلیمر نسبت به نمونه‌های شاهد بهبود یافته است

وجه اشتراک همه تحقیقات انجام یافته آن است که چند سازه چوب- پلیمر در مقایسه با چوبی که این مواد از آن ساخته می‌شوند دارای خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بهبود یافته تری می‌باشند. در این فرآورده به طور قابل توجهی مدول الاستیسته، مدول گسیختگی،

چوب با توجه به امتیازاتی که نسبت به سایر مواد دارد، از معایبی نیز برخوردار است. از مهمترین معایب چوب می‌توان به واکنشیدگی و هم کشیدگی آن در برابر جذب و دفع رطوبت اشاره نمود. طی نیم قرن گذشته، محققین زیادی تلاش کرده‌اند تا با استفاده از روش‌های مختلف بتوانند ابعاد چوب را تثبیت نمایند. گرچه نتیجه تحقیقات آنها، دستیابی به مواد و روش‌هایی بوده که با استفاده از آن می‌توان کارایی ضد هم کشیدگی چوب را تا حد بالایی افزایش داد، لیکن اکثراً در حد آزمایشگاهی بوده و برای کاربرد صنعتی آنها توجیه اقتصادی وجود نداشته است. یکی از روش‌هایی که برای اصلاح چوب ابداع شده، اشباع آن با مونومر و تهیه چند سازه چوب- پلیمر است (۱).

چند سازه چوب- پلیمر توسط اشباع چوب با مونومرهای وینیلی همچون استایرن و متیل متا اکریلات ساخته می‌شود. این مونومرها پس از نفوذ در داخل چوب طی فرآیندهای (حرارتی یا پرتوهای گاما) پلیمر شده، سفت و سخت می‌گردد (۲، ۴).

چند سازه‌های چوب- پلیمر در حدود سال ۱۹۶۰ شناخته شده و با تحقیقات گسترده در این زمینه تعداد زیادی مواد شیمیایی جدید مانند مونومرهای وینیلی، جهت پر کردن فضای خالی چوب و پلی مریزاسیون آن مورد استفاده قرار گرفت. نخستین تحقیق در این زمینه توسط Henja و Karpov به طور مستقل گزارش شده است (۴، ۵).

از آن سال به بعد تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه توسط محققین جهان صورت گرفت است.

می‌توان گفت کامل ترین آزمایش‌ها در این زمینه را Schneider

پلی مر و نمونه‌های شاهد (بدون اشباع) هریک از چهار گونه افرا پلت، پالونیا، سپیدار و مرمرز از آزمون T استفاده شد. برای اشباع نمونه‌ها از میان مونومرهای وینیلی استایرن<sup>۶</sup> انتخاب شد. زیرا ویژگی‌های فیزیکی آن از قبیل جرم ویژه، کشش سطحی، ویسکوزیته حدواسطی بین مواد حفاظتی محلول در آب و محلول در روغن است از این رو نتایج این تحقیق قابل تعمیم برای اکثر مواد حفاظتی نیز می‌باشد(۲).

مرحله اشباع در سیستمی مطابق شکل ۱ که دارای یک سیلندر اشباع، یک موتور، پمپ و شیر ارتباطی است در آزمایشگاه حفاظت چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به روش سلول پر بدون مرحله خلا نهایی انجام شد. در ابتدا نمونه‌های چوبی در سیلندر اشباع تحت خلأ قرار گرفت. در این مرحله فشار منفی اعمال شده حدود ۱ بار به مدت ۲۰ دقیقه بود. این خلأ به منظور حذف هوا از سیلندر و ساختمان چوب صورت گرفت. هنگامی که چوب هنوز تحت خلأ بود مونومر استایرن به اندازه کافی همراه با آغاز کننده بنزوئیل پروکساید<sup>۷</sup> به میزان ۱٪ وزنی و اتصال دهنده عرضی اتیلن گلیکول دی متا اکریلات<sup>۸</sup> به میزان ۱٪ وزنی و رنگ قرمز<sup>۹</sup> برای تولید فرآورده رنگی به میزان ۰/۵٪ وزنی چوب را پوشش داد (۷). بعد از قطع خلأ و برقراری فشار به چوب اجازه داده شد تا از مواد شیمیایی اشباع شود. فشار اعمال شده در این مرحله حدود ۱۰ بار به مدت ۴۰ دقیقه اعمال شد. سپس درب سیلندر باز و نمونه‌های اشباع شده خارج بلافاصله توسط پارچه‌های خشک و توزین و در نهایت داخل فویل آلومینیومی پیچیده شدند. در داخل اتو با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند تا عمل پلیمریزاسیون مونومر انجام گیرد. پس از

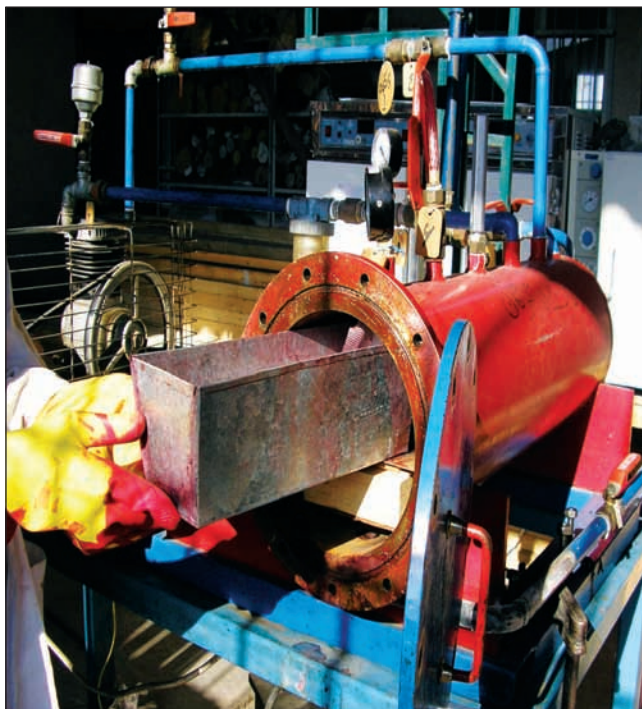
سختی سطح و پایداری ابعادی افزایش می‌یابد. مقاومت به هدایت حرارتی و الکتریکی نیز در این فرآورده افزایش می‌یابد. همچنین مطالعات انجام شده نشان داده در مقابل حمله عوامل پوسیدگی مقاومت قابل قبولی دارد. به دلیل مزایای گفته شده کاربردهای مختلفی در کشورهای مختلف جهان برای آن گزارش شده است. از جمله برای تهیه کف پوش‌ها، تجهیزات اداری، سازه‌های دریایی، صنایع نظامی و نساجی، سوله هواپیما، دسته ابزارها، استادیوم ورزشی، قالب‌های صنعتی و ترانسفورماتورها در سطح تجارت جهانی استفاده می‌کنند. در حال حاضر این فرآورده در ایالت متحده آمریکا، آلمان، انگلیس، لهستان، نیوزلند، ژاپن، تایلند تولید می‌شود (۱، ۱۶).

متأسفانه این فرآورده در کشور ما نا شناخته است و تحقیقاتی هم که تا کنون انجام یافته محدود است.

این تحقیق با هدف تهیه چند سازه چوب- پلیمر با خواص ویژه از هریک از گونه‌های پالونیا، سپیدار، افرا و مرمرز به منظور بهبود خواص فیزیکی چوب این گونه‌ها و افزایش قابلیت کاربردها در صنایع انجام گرفته است.

### مواد و روش‌ها

به طور کلی مهم ترین عامل برای انتخاب چوب مناسب به عنوان ماده خام برای تهیه این فرآورده آن گونه‌هایی هستند که از نظر قابلیت تیمارپذیری هموژن باشند. به همین دلیل برای تهیه این فرآورده بیشتر از چوب پهن برگان استفاده می‌کنند. زیرا حضور آوندها در چوب پهن برگان نفوذ و جریان مایع را آسان می‌کند همچنین درون چوب پهن برگان نفوذپذیر تر از سوزنی برگان است و عمل پرداخت در چوب‌های پهن برگ به ویژه گونه‌های پراکنده آوند بهتر صورت می‌گیرد. از سوی دیگر چون در چوب سوزنی برگان نفوذ مایعات به درون تراکئیدها از طریق پونکتواسیون موجود در دیواره سلولی کنترل می‌شود و این روزنها در جریان خشک شدن بسته می‌شوند، بنابراین نفوذ پذیری آنها کم می‌شود. ضمناً چوب پهن برگان به دلیل نقوش زیبایی که دارند چوب- پلیمر حاصل از آنها بر سوزنی برگان برتری دارد (۱، ۵، ۱۶)؛ در این بررسی با توجه به شرایط ذکر شده در بالا برای تهیه چند سازه چوب- پلیمر از گونه‌های افرا پلت<sup>۱</sup>، پالونیا<sup>۲</sup>، سپیدار<sup>۳</sup> و مرمرز<sup>۴</sup> استفاده شد؛ ابتدا از هر یک از گونه‌های فوق سه اصله گرده بینه از ارتفاع برابر سینه به طول ۱ متر از جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد. گرده بینه‌ها در کارگاه صنایع چوب به تخته‌هایی با ضخامت حدود ۶ سانتی متر تبدیل شدند و در فضای داخل کارگاه دسته بندی شده تا به رطوبت تعادل محیط برسند. سپس نمونه‌های آزمونی برای اندازه‌گیری وزن مخصوص خشک مطابق با آیین نامه شماره ۳۱۳۱ استاندارد ISO و برای اندازه‌گیری هم کشیدگی و وا کشیدگی مطابق با آیین نامه شماره ۴۸۵۸ استاندارد ISO نمونه‌ها تهیه شدند. ابعاد نمونه‌ها برای آزمون وزن مخصوص، وا کشیدگی و هم کشیدگی ۲×۲×۲ سانتی متر بود(۶). برای هر آزمایش از هر گونه ۱۰ تکرار از نمونه‌های شاهد و چوب- پلیمر در نظر گرفته شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده در خصوص وزن مخصوص، هم کشیدگی و وا کشیدگی نمونه‌های چوب-



شکل ۱- دستگاه اشباع چوب

قطبی است که درون خلل و فرج چوب باقی مانده بعد از پلیمر شدن مقدار ماده جامد در واحد حجم افزایش یافته است. همان طور که در جدول نشان داده شده افزایش وزن مخصوص در گونه پالونیا به میزان ۱۵۴/۹۳ درصد سپیدار ۱۲۱/۷۵، افرا ۴۸/۶۳ و ممرز ۳۷ درصد بود. همان طور که مشاهده شد بیشترین افزایش وزن مخصوص مربوط به گونه پالونیا می باشد زیرا حجم فضای داخل چوب در این گونه بیشترین است.

از آنجا که بهبود برخی خواص فیزیکی و بسیاری از ویژگی های مکانیکی و بالطبع کاربردهای صنعتی چوب نسبت مستقیم با افزایش وزن مخصوص آن دارد، بنابراین می توان پیش بینی نمود که این فرآورده دارای قابلیت بالایی برای استفاده در صنایع مختلف می باشد.

تثبیت ابعاد: میزان درصد تثبیت ابعاد به گونه چوبی و مقدار تزریق پلی مر بستگی دارد نمونه های چوب- پلیمر هر چهار گونه نسبت به شاهد از ثبات ابعاد بیشتری برخوردارند. به طوری که در گونه پالونیا به میزان ۳۵/۳۱، سپیدار ۳۳/۵۶، افرا ۳۰/۰۹، ممرز ۲۲/۹۰ درصد افزایش ثبات ابعاد مشاهده شد.

استایرن یک مونومر غیرقطبی است بنابراین انتظار می رود پس از نفوذ در چوب بیشتر حفره های سلولی (حفره آوند، فیبر، سلول های پارانشیم) را اشغال کرده و کمتر در دیواره نفوذ نماید. مونومر استایرن در زمره مایعاتی قرار دارد که پس از نفوذ در چوب یا به داخل دیواره نمی رود و یا به میزان کمی در آن نفوذ می کند (۱۴). در نتیجه کاهش هم کشیدگی آن کمتر از وقتی است که از مونومرهای قطبی برای اشباع چوب استفاده می کنیم (۱۵). نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج به دست آمده از تحقیقات سیو منطبق است.

اگرچه پلیمر در داخل دیواره وجود ندارد و از این نظر دیواره سلولی کماکان ظرفیت جذب آب بالایی دارد. ولی دلیل افزایش ثبات ابعاد این است که استایرن بعد از پلیمر شدن به عنوان یک مانع فیزیکی در

خارج نمودن نمونه ها از آون و باز کردن پوشش آلومینیومی مجدداً در داخل اتو قرار گرفتند تا در اثر حرارت اضافی ۱۰۳ درجه سانتی گراد و مدت ۱۰ ساعت قسمت های داخلی نمونه ها نیز کاملاً پلیمر شوند. پس از پایان مرحله پلی مریزاسیون نمونه ها از اتو خارج شده و مرحله سرد شدن آنها در دسیکاتور صورت گرفت. پس از سرد کردن و باز کردن پوشش آلومینیومی نمونه ها داخل آزمایشگاه و در دمای محیط قرار گرفتند تا مونومرهای پلیمر نشده از چوب خارج شوند و نمونه ها به یک وضعیت ثابت برسند (۲، ۸) پس از این مرحله اندازه گیری وزن مخصوص نمونه ها بر اساس جرم خشک و حجم کاملاً خشک آنها انجام گرفت. برای اندازه گیری واکشیدگی نمونه ها در مجاورت با آب به مدت ۴۸ ساعت باقی ماندند بعد از اتمام مرحله غوطه وری نمونه ها از آب خارج شده و حجم آنها اندازه گیری شد، و سپس نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند و حجم خشک آنها اندازه گیری شد و درصد هم کشیدگی و واکشیدگی محاسبه شد.

### مشاهدات و نتایج

جدول ۱ تا ۴ میانگین نتایج آزمونهای مربوط به خواص فیزیکی نمونه های شاهد و چوب- پلیمر هر ۴ گونه را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، نتایج آزمون T نشان می دهد بین نمونه های شاهد با چوب- پلیمر هر ۴ گونه از لحاظ خواص فیزیکی (دانسیته و هم کشیدگی و واکشیدگی) اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد.

### بحث

وزن مخصوص: همانطور که جداول نشان می دهند در نمونه های چوب- پلیمر هر چهار گونه افزایش وزن مخصوص به طور قابل توجهی مشاهده می شود. به این علت که مونومر استایرن یک مونومر غیر

جدول ۱- نتایج آزمون خواص فیزیکی چوب- پلیمر پالونیا

واحد	درصد افزایش	ضریب تغییرات تیمار	ضریب تغییرات شاهد	چوب- پلاستیک	شاهد	
g/cm <sup>۳</sup>	۱۵۴/۹۳	۳/۱۵	۴/۸۸	۰/۵۷**	۰/۲۲	وزن مخصوص
%	- ۳۶/۱۷	۲۸/۸۸	۱۶/۴۳	۰/۱۸**	۰/۲۸	واکشیدگی طولی
%	- ۳۷/۲۷	۱۰/۶۸	۱۰/۷۵	۱/۷۵**	۲/۷۹	واکشیدگی شعاعی
%	- ۳۳/۷۴	۷/۸۶	۷/۲۵	۳/۵۷**	۵/۳۸	واکشیدگی مماسی
%	- ۳۵/۳۱	۷/۶	۶/۸	۵/۵۶**	۸/۵۹	واکشیدگی حجمی
%	- ۳۵/۹۵	۹/۳۵	۱۱/۶	۱/۷۱**	۲/۶۷	هم کشیدگی شعاعی
%	- ۳۲/۴۸	۷	۷/۰۸	۳/۴۳**	۵/۰۸	هم کشیدگی مماسی
%	- ۳۳/۵۰	۷/۲	۶/۳	۵/۲۶**	۷/۹۱	هم کشیدگی حجمی

\*\* نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد بین نمونه های شاهد و چوب - پلیمر است.

جدول ۲- نتایج آزمون خواص فیزیکی چوب- پلیمر سپیدار

واحد	درصد افزایش	ضریب تغییرات تیمار	ضریب تغییرات شاهد	چوب-پلاستیک	شاهد	
g/cm <sup>3</sup>	۱۲۱/۷۵	۲/۸۵	۳/۹۴	۰/۸۴**	۰/۳۸	وزن مخصوص
%	- ۳۳/۳۳	۱۵	۱۷/۱۰	۰/۲**	۰/۳۰	واکشیدگی طولی
%	- ۲۹/۴۹	۶/۱۸	۸/۹۶	۲/۹۱**	۴/۱۳	واکشیدگی شعاعی
%	- ۳۴/۷۱	۷/۳۲	۴/۶۶	۵/۳۳**	۸/۱۶	واکشیدگی مماسی
%	- ۳۳/۵۶	۶/۵۲	۴/۷۹	۸/۵۹**	۱۲/۹۳	واکشیدگی حجمی
%	- ۲۸/۵۳	۶/۳۸	۸/۵۸	۲/۸۳**	۳/۹۶	هم کشیدگی شعاعی
%	- ۳۲/۷۶	۷/۱۰	۴/۱۳	۵/۰۷**	۷/۵۴	هم کشیدگی مماسی
%	- ۳۰/۶۵	۶/۱۷	۴/۲۸	۷/۹۴**	۱۱/۴۵	هم کشیدگی حجمی

\*\* نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد بین نمونه‌های شاهد و چوب - پلیمر است.

جدول ۳- نتایج آزمون خواص فیزیکی چوب- پلیمر افرا پلت

واحد	درصد افزایش	ضریب تغییرات تیمار	ضریب تغییرات شاهد	چوب-پلاستیک	شاهد	
g/cm <sup>3</sup>	۴۷/۷۳	۲/۴۶	۲/۳۸	۰/۶۵**	۰/۴۴	وزن مخصوص
%	- ۲۴/۵	۱۵/۸۹	۱۲/۰۲	۰/۱۹۴**	۰/۲۵۷	واکشیدگی طولی
%	- ۳۰/۹	۱۰/۵۵	۹/۰۲	۱/۹۹**	۲/۸۸	واکشیدگی شعاعی
%	- ۲۹/۲۹	۴/۱۲	۶/۴۴	۳/۶۲**	۵/۱۲	واکشیدگی مماسی
%	- ۳۰/۰۹	۶/۱۰	۶/۰۵	۵/۹۰**	۸/۴۴	واکشیدگی حجمی
%	- ۳۰/۳۵	۱۰/۶۱	۸/۸۹	۱/۹۵**	۲/۸۰	هم کشیدگی شعاعی
%	- ۲۸/۵۴	۳/۷۳	۶/۱۶	۳/۴۸**	۴/۸۷	هم کشیدگی مماسی
%	- ۲۸/۰۱	۴/۸۲	۶/۲۸	۵/۶۰**	۷/۸۰	هم کشیدگی حجمی

\*\* نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد بین نمونه‌های شاهد و چوب - پلیمر است.

عرضی چوب- پلیمر تهیه نموده‌اند، بهبود خواص فیزیکی به مقدار جزئی کمتر است که این موضوع می‌تواند به دلیل استفاده بیشتر از اتصال دهنده عرضی اتیلن گلیکول دی متا اکریلات در آزمایش‌های آنها باشد.

نتایج تحقیقات حسین زاده و همکاران که به روش اشعه گاما و مونومر متیل متا اکریلات چوب- پلیمر تولید نموده‌اند، نشان داد ثبات ابعادی در گونه *Populus nigra* به میزان ۱۷/۲۱ درصد افزایش یافت. همچنین میزان افزایش وزن مخصوص در این گونه به میزان ۷۵/۵

چوب از جذب آب جلوگیری می‌کند و جریان رطوبت را کند می‌کند و میزان آن را به ویژه در جهت طولی کاهش می‌دهد.

با مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با تحقیقات مشابهی که صورت پذیرفته می‌توان نتیجه گرفت که هم خوانسی بین نتایج این تحقیق با تحقیقات مشابه وجود دارد. در زیر به نمونه‌هایی اشاره می‌شود:

با مقایسه نتایج به دست آمده با کارهای آقای Brebner, Schneider (۹) از دانشگاه کانادا که به روش حرارت مستقیم و مونومر استایرن و ۳ درصد وزنی اتیلن گلیکول دی متا اکریلات به عنوان اتصال دهنده



جدول ۴- نتایج آزمون خواص فیزیکی چوب- پلیمر ممرز

واحد	درصد افزایش	ضریب تغییرات تیمار	ضریب تغییرات شاهد	چوب- پلاستیک	شاهد	
g/cm <sup>3</sup>	۳۷	۱/۸	۲/۶۰	۱**	۰/۷۳	وزن مخصوص
%	- ۱۶/۶۷	۱۰/۴	۲۲	۰/۳۴۹**	۰/۲۹۹	واکسیدگی طولی
%	- ۲۲/۵۷	۵/۶۹	۶/۵۲	۴/۳۹**	۵/۶۷	واکسیدگی شعاعی
%	- ۲۲/۳۱	۳/۷۲	۳/۵۸	۶/۷۲**	۸/۶۵	واکسیدگی مماسی
%	- ۲۲/۹۰	۴/۲۱	۳/۸۴	۱۱/۶۵**	۱۵/۱۱	واکسیدگی حجمی
%	- ۲۱/۷۹	۵/۷۱	۶/۷۰	۴/۲۰**	۵/۳۷	همکشیدگی شعاعی
%	- ۲۱/۵۰	۲/۸۵	۵/۷۲	۶/۳۱**	۸/۰۴	همکشیدگی مماسی
%	- ۲۲/۵۳	۱۱/۴۹	۳/۳۵	۱۰/۱۸**	۱۳/۱۴	هم کشیدگی حجمی

\*\* نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد بین نمونه‌های شاهد و چوب - پلیمر است.

### 5- *Carpinus betulus*

۶- استایرن با فرمول  $C_6H_5CH=CH_2$  اتیل بنزن، فنیل اتیلن، وینیل بنزن نوعی مونومر است که از آلکیلاسیون بنزن و تبدیل آن به اتیل بنزن و سپس با دهیدروژناسیون اتیل بنزن تولید می شود. این مونومر ترکیبی آروماتیک است که دارای یک پیوند دوگانه وینیلی متصل به حلقه بنزنی می باشد. دارای نقطه جوش ۱۴۵ درجه سانتی گراد است، در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد دارای دانسیته ۰/۹۰۶ گرم بر سانتی متر مکعب، و جرم مولکولی ۱۰۴/۱۵g/mol می باشد.

۷- بنزوئیل پروکساید به فرمول  $(C_6H_5CO)_2O_2$ ، این ماده در اثر تجزیه حرارتی رادیکال آزاد فنیل ایجاد می کند، رادیکال به وجود آمده با حمله به مونومر باعث یونیزه شدن آن می شود و در اثر پیوند مونومرهای یونیزه شده با هم پلی مریزاسیون استایرن صورت می گیرد. دانسیته این ماده ۰/۵۳ گرم بر سانتی متر مکعب است و در آب تقریباً نامحلول است.

۸- اتیلن گلیکول دی متا اکریلات با فرمول  $C_4H_8O_4$  اتصال دهنده عرضی (Cross linker) برای ایجاد اتصالات عرضی، درگیر کردن OH های آزاد، افزایش سختی و نقطه ذوب پلاستیک استفاده شده است؛ دارای جرم مولکولی ۱۹۸/۲۲ g/mol می باشد.

۹- رنگ قرمز، (آزولین) با فرمول  $C_{14}H_8$  که هدف از استفاده از این رنگ فقط تهیه فرآورده رنگی بود و هیچ نقش دیگری در واکنش نداشت. این ماده دارای جرم مولکولی ۱۲۸/۱۸g/mol می باشد. دارای نقطه جوش ۲۴۱-۲۴۳ درجه سانتی گراد و نقطه ذوب ۹۷ درجه سانتی گراد تا ۱۰۰ می باشد.

### منابع مورد استفاده

- ۱- امیدوار، اصغر. ۱۳۸۲، ویژگی‌های کاربردی چوب- پلاستیک در صنایع و تحقیقات، مجموعه مقالات نخستین همایش ملی فراوری و کاربرد مواد

درصد بود. عبدالملکی (۵) با تهیه چوب- پلی مر حاصل از گونه *Populus nigra* و مونومر استایرن به روش حرارت مستقیم به این نتیجه رسید که میزان افزایش وزن مخصوص نمونه‌های چوب- پلیمر به میزان ۹۰/۷۲٪ بود و درصد کاهش واکسیدگی شعاعی ۵۱/۷۳٪ و درصد کاهش واکسیدگی مماسی ۵۱/۱۵٪ بود. به طور کلی با توجه به نتایج رضایت بخش بررسی فوق و همچنین توان کشور ما برای تولید مونومر استایرن و قیمت ارزان این مونومر می توان نسبت به تولید این محصول در کشور اقدام کرد.

### پیشنهادها

- ۱- در این تحقیق تنها خواص فیزیکی این محصول مورد بررسی قرار گرفت پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی خواص مکانیکی و مقاومت به پوسیدگی نیز بررسی شود.
- ۲- در این تحقیق برای تهیه چوب- پلیمر از گونه‌های (افرا، پالونیا، سپیدار و ممرز) و مونومر استایرن استفاده شد، پیشنهاد می شود جهت بررسی جامع تر برای تهیه این محصول از گونه‌های سریع رشد دیگر و مونومرهای غیر قطبی دیگر مانند متیل متا اکریلات استفاده شود تا هم به لحاظ خواص فیزیکی و هم به لحاظ صرفه اقتصادی مقایسه شوند.
- ۳- تهیه دقیق فرمول بندی مواد شیمیایی و طراحی چگونگی انعقاد مونومر همچنین تحقیق در جهت بازبازی چند سازه چوب- پلیمر ضرورت پیدا خواهد کرد.

### پاورقی‌ها

- 1- Wood polymer composite
- 2- *Acer velutinum*
- 3- *Palownia fortunei*
- 4- *Populus alba*

- 9- Schneider, M.H., K. I.,Brebner and I.D. Hartley. 1991; Swelling of a cell lumen filled and a cell- wall. Bulkwood – polymer composite in water. Wood and Fiber Science., 23(2):165-172.
- 10- Schneider, M.H., 1994; Wood polymer composites. Wood and Fiber Science, 26(1): 142-151
- 11- Schneider, M.H. and J.G., Philips. 1996; Wood polymer composites improving wood natural virus by polymer impregnation. In the proceeding of Canadian wood preservation Association annual meeting in 1996.
- 12- Schneider, M.H., and A. Omidvar. 1997; Effect of MC and penetration direction on the distribution of styrene in red maple. J. Forest Product. 47:11-12, 97- 101.
- 13- Schneider, M.H. and J.G. Philips. 2000; Physical properties of wood polymer composites. J. Forest Engineering 11:1, 83-89.
- 14- Siau, J.F. 1969;The swelling of bass wood vinyl monomers. J. Wood Science, 1(4): 250-253.
- 15- Siau, J.F. 1984; Transport processes in wood. J, Springer Verlag. Berlin. Germany. 245 pp.
- 16- Umit C. 2004; Mechanical properties and decay resistance of wood- polymer composites prepared from fast growing species in Turkey. Bioresource Technology 96 1003-1011.
- سلولزی، ۹-۱۰ مهر ماه ۱۳۸۲، پردیس ۳ دانشکده فنی دانشگاه تهران، ص ۴۴۲-۴۴۹.
- ۲- امیدوار، اصغر و مهدخت عموزاده عمرانی. ۱۳۸۴؛ بررسی تیمار پذیری چوب پالونیا با استفاده از تکنیک پلیمریزاسیون. مجله علوم کشاورز و منابع طبیعی گرگان، سال ۱۲، شماره ۵، ص ۱۲۸-۱۳۵.
- ۳- حسین زاده، ع، نیستانی، ف، ابراهیمی، ق و لتیباری، الف. ۱۳۷۱؛ بهبود کیفیت چوب به کمک پرتو گاما (چوب-پلاستیک). موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، نشریه شماره ۷۶.
- ۴- زاهدی تجریشی، اسماعیل. بهمن ۱۳۸۳؛ بررسی مقاومت به پوسیدگی چوب پلاستیک صنوبر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جنگلداری و فناوری چوب. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۵- عبدالملکی، جوانمیر. ۱۳۷۸؛ بررسی تهیه فراورده چوب- پلاستیک با استفاده از گونه *Populus nigra* و مونومر استایرن به روش حرارت مستقیم. دانشکده جنگلداری و فناوری چوب. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- 6- International organization for standardization, ISO, 1975.
- 7- Omidvar, A., 1996; The influence of moisture content on treatability of red maple, Ph.D. Thesis, University of New Brunswick.
- 8- Omidvar, A., and M.H. Schneider. 2004; Evaluation of fluid distribution in pressure treated wood in different flow direction. IRG/wp 04-40281.

