

بررسی میزان جذب آب و ثبات ابعاد راش ایرانی (*Hci wu'qt kgp v rku*) اشباع شده با متیل متاکریلات

❖ **روژین کاکلی؛** دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
❖ **مریم قربانی؛** استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر مونومر حفره‌ای متیل متاکریلات بر خواص فیزیکی چوب راش ایرانی انجام شد. نمونه‌های آزمون بر اساس استاندارد ASTM-D1037 تهیه و در سیلندر اشباع، به روش بتل، در پنج سطح غلظت ۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد، با مونومر متیل متاکریلات رقیق شده با بنزن، به‌عنوان حلال، اشباع شدند. به‌منظور پلیمریزاسیون مونومر، نمونه‌های اشباع شده در آون، به مدت ۲۴ ساعت، تحت دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و متعاقباً برای همین زمان، تحت دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. درصد جذب مونومر، افزایش وزن، تغییرات دانسیته، جذب آب، و کارایی ضدواکسیدگی اندازه‌گیری شد. درصد جذب مونومر در سطوح ۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد، ۴۱/۶، ۴۶/۱، ۵۴، و ۵۷/۹ درصد اندازه‌گیری شد. درصد جذب پلیمر (افزایش وزن)، در پایین‌ترین و بالاترین سطح نیز، ۵/۳ و ۲۲ درصد گزارش شد. نتایج نشان داد با افزایش سطح جذب پلیمر، آب‌گریزی و ثبات ابعاد نمونه‌های تیمار شده افزایش یافت؛ به طوری که پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری، جذب آب و واکسیدگی حجمی نمونه اشباع شده با مونومر ۱۰۰ درصد، در مقایسه با نمونه شاهد، ۵۴/۳ و ۶۳/۵ کاهش یافتند. با افزایش جذب مونومر، دانسیته چوب از 0.63 g/cm^3 در نمونه شاهد به 0.84 g/cm^3 در بالاترین سطح جذب افزایش یافت. اثر ضدواکسیدگی نمونه‌های اشباع شده پس از ۳۶ ساعت غوطه‌وری، در بالاترین سطح تیمار در مقایسه با پایین‌ترین غلظت مونومر، ۲۴۰/۳ درصد برآورد شد.

واژگان کلیدی: ثبات ابعاد، جذب آب، چوب-پلیمر، کارایی ضدواکسیدگی، متیل متاکریلات.

مقدمه

و چوب-پلیمر اکالیپتوس، به علت نفوذپذیری پایین، تغییر معنی داری در خواص مورد مطالعه نشان نداد و فقط سختی در جهت موازی و عمود بر الیاف افزایش یافت [۶].

جانجی و همکاران با تحقیق روی چوب-پلیمر حاصل از گونه کائوچو اشباع شده با مونومرهای گلیکول متاکریلات (GMA)، دیلیل فتالات (DAP)، و ترکیبی از این دو، به این نتیجه رسیدند که با افزایش فشار طی مرحله اشباع، درصد افزایش وزن نمونه‌ها، در همه مونومرها افزایش یافت. همچنین در بالاترین سطح شیمیایی، چوب-پلیمرهای اشباع شده به وسیله GMA، ثبات ابعاد بهتر و خواص مکانیکی بیشتری داشتند [۷].

تهیه چندسازه چوب-پلیمر حاصل از گونه کاج با مونومر استایرن و گلیکول متاکریلات (GMA)، به عنوان اتصال دهنده عرضی، نشان داد که اشباع با استایرن-GMA باعث بهبود خواص مکانیکی از جمله جذب آب، واکنشیدگی، و سختی در مقایسه با استایرن شده است [۸]. عکس‌های میکروسکوپ الکترونی چوب-پلیمر حاصل از گونه صنوبر با مونومرهای استایرن و متیل متاکریلات نشان داد که پلیمر به خوبی در حفره سلولی قرار گرفته و باعث استحکام چوب، بهبود ثبات ابعاد، ثبات حرارتی، مقاومت در برابر پوسیدگی، و مقاومت خمشی شده است [۹].

خواص فیزیکی و مکانیکی چوب-پلیمر در تحقیقات داخلی نیز بررسی شده است [۱، ۱۰، ۱۱]. در این تحقیقات، اغلب از مونومرهای وینیلی حفره‌ای مانند استایرن استفاده شد. نتایج تحقیقات نشان داد که دانسیته چوب-پلیمر بسته به نوع گونه، تخلخل، و تیمارپذیری آن، همچنین نوع مونومر و فرایند پلیمریزاسیون، تا ۱۷۰ درصد در مقایسه با دانسیته چوب تیمار نشده افزایش یافته است. نمونه‌های چوب تبریزی با میانگین دانسیته 0.38 g/cm^3 ، پس از تبدیل به چوب-پلیمر با استفاده از مونومر استایرن، به میانگین دانسیته g/cm^3 رسید و افزایشی معادل ۹۰ درصد را نشان داد [۱].

کمبود منابع چوبی در بخش چوب و فرآورده‌های چوبی از جدی‌ترین چالش‌های دنیا، از جمله ایران، است که باید به‌طریقی جبران شود. یکی از اقدامات راهبردی در این زمینه، حفاظت چوب است که موجب افزایش عمر مفید فرآورده‌های چوبی می‌شود. انواع روش‌های حفاظت و اصلاح چوب در سطح جهان گسترش یافته است؛ به طوری که سالانه ده‌ها ماده شیمیایی برای حفاظت از چوب تولید می‌شوند و به ثبت می‌رسند [۱]. اما آلودگی‌های زیست‌محیطی استفاده از مواد حفاظتی حاوی مواد شیمیایی سمی، به پیدایش راهکارهای نوینی در این زمینه منجر شده است. همزمان با پیشرفت صنعت پلیمرهای مصنوعی، این پلیمرها به صورت گسترده‌ای برای اصلاح چوب استفاده شدند [۲]. در این سیستم، مونومرهای وینیلی جذب شده طی اشباع، با اعمال حرارت، به پلیمر تبدیل می‌شود [۳] و فرآورده مرکب چوب-پلیمر، که حفره سلولی، بین سلولی، یا روزنه‌های ریزدیواره سلولی آن به وسیله پلیمر اشغال شده، تولید می‌شود که به لحاظ زیست‌محیطی مقبول است [۴]. بر اثر این تیمار، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی فرآورده چوب-پلیمر در مقایسه با چوب تیمار نشده بهبود می‌یابد و مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی، سختی سطح، و ثبات ابعاد به‌طور چشمگیری افزایش یافته و بدون نیاز به پوشش سطحی یا سمباده‌زنی و پرداخت سطحی کاملاً صاف و براق به دست آمده است. مقاومت به هدایت الکتریکی و حرارتی افزایش یافته و مقاومت در مقابل عوامل مخرب و نوسانات رطوبتی شدید، بهبود یافته است. این فرآورده در صنایع نظامی و نساجی، سوله هوایما، استادیوم ورزشی، تجهیزات اداری، و سازه‌های دریایی نیز کاربرد دارد [۵]. در بررسی چوب-پلیمر حاصل از گونه‌های کاج و اکالیپتوس با مونومر استایرن و متیل متاکریلات با استفاده از آغازگر بنزوئیل پراکساید، ثبات ابعاد چوب-پلیمر حاصل از کاج، بهبود معنی داری یافت

خشک آن‌ها ثبت شد و تا زمان اشباع درون کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند.

آماده‌سازی محلول مونومر

مونومر وینیلی متیل متاکریلات^۳ با نقطه جوش C ۱۰۱° و دانسیته^۴ ۰/۹۴ g/cm^۳ انتخاب شد. بنزوئیل پراکساید^۵ با دانسیته^۴ ۲۲/۱۹ g/cm^۳ و نقطه جوش C ۱۰۵°- ۱۰۲ به‌عنوان آغازگر واکنش پلیمریزاسیون به‌میزان ۲ درصد وزنی مونومر و بنزن^۶ با جرم مولکولی ۸۷/۱۱ g و دانسیته^۴ ۰/۸۷۷ - ۰/۸۷۸ نیز به‌عنوان حلال استفاده شد.

اشباع نمونه‌ها

نمونه‌ها با مونومر متیل متاکریلات به‌روش سلول پر در سیلندر اشباع واقع در آزمایشگاه فتاوری برش دانشکده منابع طبیعی ساری اشباع شدند. برای خارج‌سازی هوای داخل نمونه‌های چوبی و سیلندر، ابتدا خلأیی به اندازه ۰/۷ بار و به‌مدت ۳۰ دقیقه برقرار شد. در انتهای مرحله خلأ، مونومر به داخل سیلندر وارد شد. سپس، فشاری معادل ۸ بار و برای مدت یک ساعت اعمال شد. پس از اتمام فرایند، نمونه‌ها از داخل سیلندر خارج و توزین شدند. درصد جذب مونومر از روابط زیر به‌دست آمد (روابط ۱ و ۲).

$$W_m = W_t - W_c \quad (\text{رابطه ۱})$$

W_m : وزن مونومر؛ W_c : وزن نمونه قبل از اشباع؛ و W_t : وزن نمونه بعد از اشباع

(رابطه ۲)

$$M_u = (W_m / W_c) \times 100$$

که در آن M_u درصد پلیمر جذب‌شده بر مبنای وزن خشک نمونه چوب است.

دانسیته نمونه‌های چوب-پلیمر گونه صنوبر دلتوئیدس^۱ که با استفاده از مونومر متیل متاکریلات و پرتو گاما تهیه شد، تا ۸۳ درصد افزایش یافت [۱۲].

اثر مثبت استفاده از مونومرهای مختلف حفره‌ای بر خواص فیزیکی، مکانیکی، و زیستی برخی گونه‌های چوبی اثبات شده، اما تاکنون تحقیقی درباره اثر سطوح مختلف مونومر حفره‌ای متیل متاکریلات بر ویژگی‌های چوب راش ایرانی^۲ انجام نشده است. با توجه به اینکه این گونه با بافتی همگن، نفوذپذیری خوب و کم‌دوام، و مواد استخراجی پایین، بخش اعظم جنگل‌های تجاری شمال کشور را به خود اختصاص داده است، این تحقیق با هدف بررسی اثر استفاده از غلظت‌های مختلف این مونومر بر درصد جذب مونومر، پلیمر، جذب آب، ثبات ابعاد در آزمون‌های غوطه‌وری دوره‌ای، و اثر ضدواکسیدگی گونه چوبی راش ایرانی، انجام شد.

مواد و روش‌ها

گونه چوبی

گونه راش ایرانی از جنگل داراب‌کلا، واقع در شهرستان ساری، تهیه شد. برای رسیدن به رطوبت تعادل محیط، گرده‌بینه‌ها به الوار تبدیل شدند و حدود یک ماه در محیط کارگاه قرار گرفتند و برای تعیین خواص فیزیکی و اندازه‌گیری وزن مخصوص، بر اساس استاندارد ASTM-D1۰۳۷ به ابعاد ۲×۲×۲ cm^۳ تبدیل شدند. برای هر سطح تیمار (۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، و ۱۰۰ درصد)، ۵ تکرار در نظر گرفته شد که در مجموع، ۲۵ نمونه برای این آزمون تهیه گردید. نمونه‌های آزمون تحت دمای ۲ ± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت در آن برای رسیدن به رطوبت کمتر از ۶ درصد برای انجام پلیمریزاسیون بهتر (اشنايدر، ۱۹۹۴) خشک [۷] و با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. وزن

1. 'Rqr wnwplk t c
2. 'Hci wuqt lgpw rku
3. C₃H₈O₂
4. C₆H₅CO₂
5. C₆H₆

پلیمر، و ماندگاری بر اساس روابط زیر اندازه گیری شد:

(رابطه ۶)

$$ASE = ((S_u - S_m) / S_u) \times 100$$

که در آن ASE اثر ضدواکسیدگی بر اثر تیمار (درصد)، S_u واکسیدگی حجمی نمونه شاهد (درصد)، و S_m واکسیدگی حجمی چوب تیمار شده (درصد) است.

(رابطه ۷)

$$F_p = (d_{cw} \times d_{od} \times p) / (x \times d_{cw} \times d_p - d_{od} \times d_p)$$

که در آن F_p فضای پر شده با پلیمر، d_{cw} دانسیته دیواره سلولی ($1/54 \text{ g/cm}^3$)، d_{od} دانسیته خشک چوب شاهد (g/cm^3)، x اختلاف حجم نمونه قبل و بعد از اشباع (cm^3)، p ماندگاری (g/cm^3)، d_p دانسیته پلیمر (g/cm^3)، و d دانسیته خشک چوب-پلیمر (g/cm^3) است.

(رابطه ۸)

$$p = xd / (dod - 1)$$

که در آن p ماندگاری، x اختلاف حجم نمونه قبل و بعد از اشباع، d دانسیته خشک چوب-پلیمر، و dod دانسیته خشک چوب شاهد است.

(رابطه ۹)

$$F_v = 1 - F_p$$

که در آن F_v فضای پر نشده با پلیمر، و F_p فضای پر شده با پلیمر است.

نتایج و بحث

درصد افزایش وزن و دانسیته

میانگین درصد افزایش وزن به دست آمده بر اثر تیمار با غلظت‌های گوناگون متیل متاکریلات در جدول ۱ نشان داده شده است. هر عدد میانگین ۵ تکرار می‌باشد. درصد جذب مونومر در سطوح ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد، ۴۱/۶، ۴۶/۱، ۵۴، و ۵۷/۹ درصد

بعد از مرحله اشباع، نمونه‌ها در فویل آلومینیومی پیچیده شدند و به منظور پلیمریزاسیون مونومر، به مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون قرار گرفتند. سپس، بدون پوشش آلومینیومی دوباره تحت دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا مونومر بخش مغزی نمونه نیز به پلیمر تبدیل شود. سپس نمونه‌ها از آون خارج و توزین شدند. از آنجا که یکی از اهداف این تحقیق، به دست آوردن درصد‌های جذب گوناگون مونومر متیل متاکریلات (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد) بود، مراحل ذکر شده با درصد اختلاط متفاوت بنزن صورت پذیرفت. در پایان، وزن پلیمر، میزان جذب، و درصد افزایش وزن نمونه‌ها با استفاده از روابط زیر تعیین شد (روابط ۳، ۴، و ۵):

(رابطه ۳)

$$W_p = W_{WPC} - W_c$$

که در آن W_p وزن پلیمر (W_{WPC})، g وزن نمونه پس از پلیمریزاسیون (g)، و W_c وزن نمونه قبل از اشباع (g) است.

(رابطه ۴)

$$(W_p / W_d) \times 100 \text{ Uptake}$$

$Uptake$ میزان جذب (درصد)، W_p وزن پلیمر (g)، و W_d وزن خشک نمونه چوبی (g) است.

(رابطه ۵)

$$WPG = ((W_2 - W_1) / W_1) \times 100$$

WPG افزایش وزن (درصد)، W_1 وزن خشک نمونه قبل از پلیمریزاسیون (g)، و W_2 وزن خشک نمونه بعد از پلیمریزاسیون (g) است.

اندازه‌گیری خواص فیزیکی نمونه‌ها

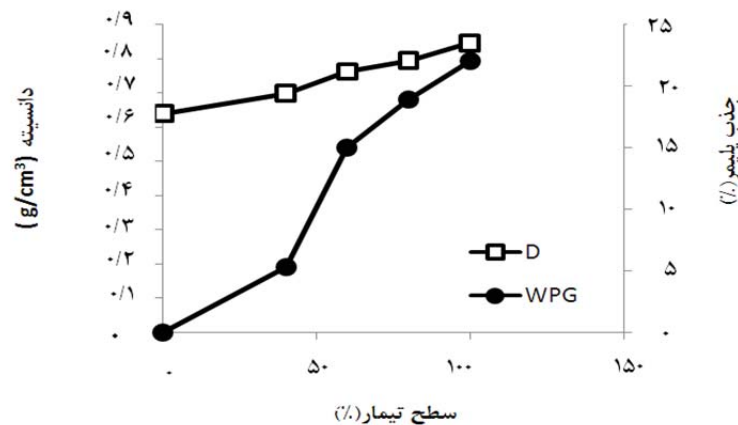
در آزمون فیزیکی، تغییرات دانسیته، جذب آب، ابعاد، اثر ضدواکسیدگی (ASE)، جذب مونومر، ماندگاری پلیمر، و فضای پر شده با پلیمر در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه وزن و حجم خشک، نمونه‌ها در آب غوطه‌ور شدند. اثر ضدواکسیدگی، فضای پر شده با

داد؛ به طوری که در بالاترین غلظت، یعنی ۱۰۰ درصد، حداکثر دانسیته اندازه گیری شد. دانسیته چوب در نمونه شاهد، 0.63 g/cm^3 ، و در بالاترین سطح جذب، 0.84 g/cm^3 گزارش شد.

اندازه گیری شد. درصد افزایش وزن، در پایین ترین و بالاترین سطح نیز، $5/3$ و 22 درصد به دست آمد (شکل ۱). با افزایش غلظت مونومر، دانسیته نمونه های تیمار شده در مقایسه با شاهد روندی صعودی را نشان

جدول ۱. میزان جذب مونومر، درصد تبدیل مونومر به پلیمر، و درصد افزایش وزن در سطوح گوناگون غلظت مونومر (اعداد درون پرانتز معرف انحراف معیار است)

| غلظت محلول (٪) | | | | صفات اندازه گیری شده |
|----------------|--------|-------|-------|----------------------------|
| ٪۱۰۰ | ٪۸۰ | ٪۶۰ | ٪۴۰ | |
| ۲/۸ | ۲/۶ | ۲/۳ | ۲ | وزن مونومر |
| (۰/۱) | (۰/۲) | (۰/۱) | (۰/۲) | |
| ۵۷/۹ | ۵۴ | ۴۶/۱ | ۴۱/۶ | درصد جذب مونومر |
| (۲/۹) | (۶) | (۲/۶) | (۳/۹) | |
| ۱ | ۰/۹ | ۰/۷ | ۰/۲ | وزن پلیمر |
| (۰/۳) | (۰/۳) | (۰/۲) | (۰/۱) | |
| ۴۱/۹ | ۳۳ | ۳۲/۴ | ۱۲/۲ | درصد تبدیل مونومر به پلیمر |
| (۱۲/۶) | (۱۴/۳) | (۸/۶) | (۷/۶) | |
| ۲۲/۱ | ۱۸/۹ | ۱۵ | ۵/۳ | درصد افزایش وزن |
| (۶/۵) | (۶/۲) | (۴) | (۳/۶) | |



شکل ۱. پلیمر جذب شده (افزایش وزن) در سطوح گوناگون غلظت محلول مونومر

نمونه های چوب-پلیمر در مقایسه با نمونه های شاهد بهبود یافته است، به طوری که جرم مخصوص نمونه ها $90/72$ درصد افزایش یافته است [۱]. بررسی خواص فیزیکی چوب-پلیمر ساخته شده از گونه های افرا، پالونیا، سپیدار، و ممرز حاوی مونومر استایرن به روش حرارت مستقیم، نشان داده که وزن مخصوص چوب-پلیمر گونه

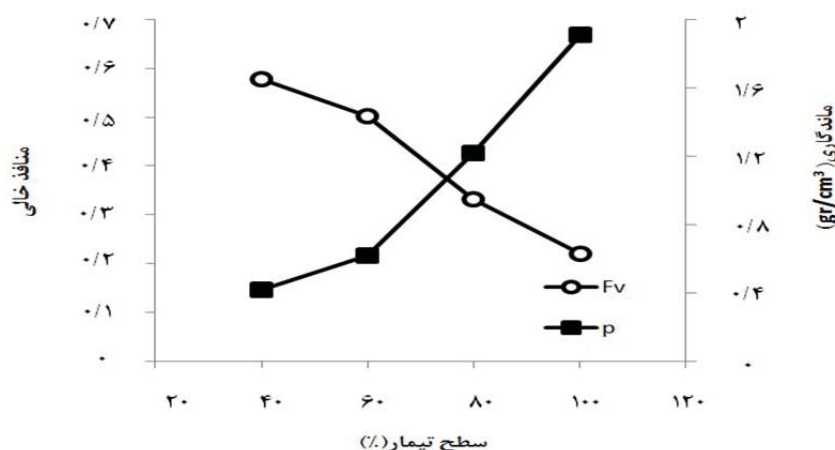
نتایج این تحقیق با یافته های پژوهش های پیشین مشابه بود؛ به طوری که دانسیته چوب-پلیمر حاصل از گونه صنوبر دلتوئیدس و مونومر متیل متاکریلات، $75/5$ درصد افزایش یافت [۱۲]. مشخص شده است که با تهیه چوب-پلیمر از گونه صنوبر دلتوئیدس و مونومر استایرن به روش حرارت دهی مستقیم، خواص فیزیکی

محلول مونومر، ماندگاری و سپس فضای پر شده در حفره‌های سلولی افزایش یافته و فضای خالی کمتری در ساختار چوب-پلیمر باقی مانده است، که در سطح ۱۰۰ درصد، به حداکثر ماندگاری و حداقل خلل و فرج خالی رسیده است.

پالونیا، سپیدار، افرا، و ممرز ۱۵۴/۹۳، ۱۲۱/۷۵، ۴۷/۷۳، و ۳۷ درصد افزایش داشته است [۱۰].

ماندگاری و فضای خالی چوب-پلیمر

مقادیر ماندگاری پلیمر و حفره‌های سلولی خالی در شکل ۲ نشان داده شده است. با افزایش مقدار غلظت



شکل ۲. رابطه بین فضای خالی و ماندگاری پلیمر در سطوح گوناگون غلظت محلول مونومر

شاهد و تیمار شده در هر چهار سطح غلظت مونومر، اختلاف معنی داری وجود دارد. جذب آب نمونه‌های تیمار شده در سطوح ۴۰، ۶۰، ۸۰، و ۱۰۰ درصد پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری، ۴/۲۳، ۷/۳۱، ۵/۴۵، و ۳/۵۴ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

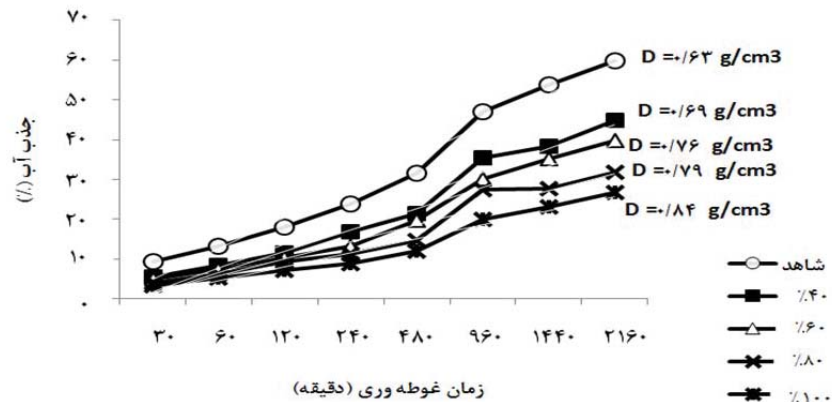
تغییرات ابعاد

همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، پس از ۳۶ ساعت غوطه‌وری در آب، نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد، تغییرات ابعاد کمتری نشان دادند. نتایج نشان داد که واکنش‌دهی حجمی نمونه‌های تیمار شده پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری در پایین‌ترین و بالاترین سطح تیمار، ۶/۱۸ و ۵/۶۳ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

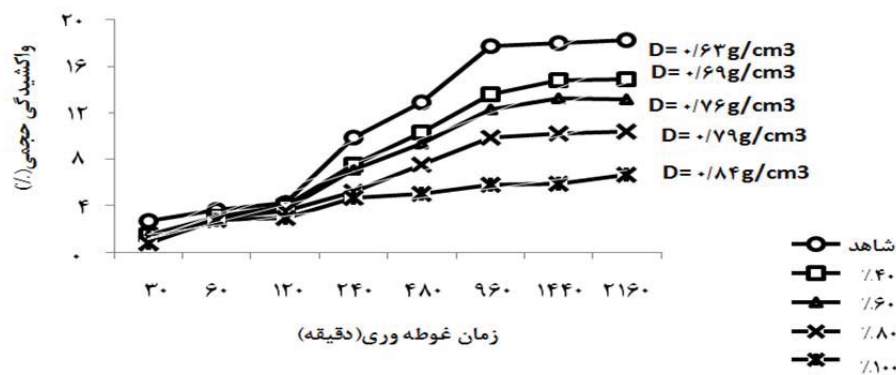
با افزایش غلظت محلول مونومر، درصد جذب پلیمر افزایش یافت. متیل متاکریلات یک مونومر غیر قطبی است که به دلیل جایگزینی و پلیمر شدن درون خلل و فرج چوب، مقدار ماده جامد در واحد حجم آن افزایش می‌یابد [۱۰]. از آنجا که اغلب مونومرهای وینیلی غیر قطبی‌اند، با گروه‌های هیدروکسیل پلیمر سلولز تعامل کمتری برقرار می‌کنند. بنابراین، مونومر مذکور، حفره‌های سلولی (حفره آوندی، سلول‌های پارانشیمی، و فیبرها) را اشغال می‌کند [۲] و مقدار کمی از آن در دیواره سلول پلیمریزه می‌شود.

جذب آب

شکل ۳ نمودار جذب آب نمونه‌های تیمار شده و شاهد را نشان داده است. بر اساس نتایج، بین نمونه‌های



شکل ۳. جذب آب نمونه های چوب-پلیمر طی آزمون غوطه وری



شکل ۴. واکنشیدگی حجمی نمونه های چوب-پلیمر طی آزمون غوطه وری

مانع فیزیکی در داخل چوب، از جذب آب جلوگیری می کند، جریان کند رطوبت، سرعت انتشار آب در دیواره سلول را کاهش می دهد و ثبات ابعاد نمونه های تیمار شده در مقایسه با شاهد افزایش می یابد [۱۳]. در واقع، حفره های سلولی گذرگاه اصلی حرکت رطوبت اند، که با پر شدن آنها، چوب در مقایسه با تغییرات درصد رطوبت، به خصوص در طول الیاف، مقاوم تر می شود [۱۱]. نتایج این تحقیق با یافته های پژوهش های پیشین مشابه بود. به طوری که ثبات ابعاد چوب-پلیمر حاصل از گونه صنوبر دلتوئیدس و مونومر متیل متاکریلات، ۷۵/۵ درصد افزایش یافت [۱۲]. واکنشیدگی شعاعی و مماسی چوب-پلیمر گونه صنوبر دلتوئیدس و مونومر استایرن،

رابطه بین واکنشیدگی حجمی و جذب آب نمونه های تیمار شده و شاهد در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود، با افزایش غلظت مونومر، واکنشیدگی نمونه ها کمتر شده است. در یک جذب آب معین، واکنشیدگی حجمی نمونه های تیمار شده در مقایسه با شاهد کمتر بود، که این روند با افزایش غلظت مونومر محسوس تر شد؛ به طوری که در سطح ۱۰۰ درصد، در سطح جذب آب مساوی با شاهد، کمترین تغییرات ابعاد اندازه گیری شد.

اگرچه پلیمر در داخل دیواره وجود ندارد و دیواره سلولی ظرفیت جذب آب بالایی دارد، به دلیل اینکه مونومر متیل متاکریلات، بعد از پلیمر شدن، به عنوان یک

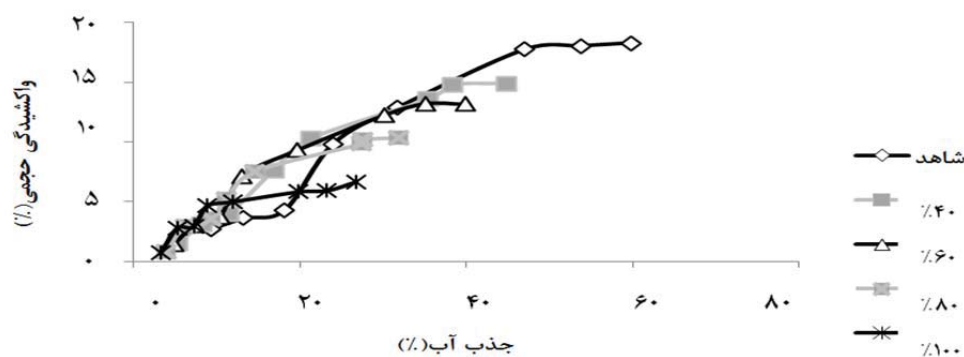
به مدت ۲ ساعت، ۶/۶ درصد گزارش شد.

کارایی ضدواکسیدگی در ساعات اولیه غوطه‌وری روند کاهشی داشت، که احتمالاً به علت خروج بخشی از مونومر پلیمر نشده از چوب، هم‌کشیده شدن مونومر هنگام پلیمر شدن، و به دنبال آن، کاهش فضای اشغال شده است، که پس از این زمان، کارایی ضدواکسیدگی روند افزایشی را در پیش می‌گیرد [۱۴]. پلیمر حفره‌ای در مقایسه با پلیمر دیواره‌ای تأثیر کمتری بر سیر نزولی اولیه اثر ضدواکسیدگی دارد و این امر احتمالاً به هم‌کشیدگی بیشتر مونومر دیواره‌ای (۳۰ درصد) در مقایسه با حفره‌ای (۱۵ درصد) مربوط می‌شود [۱۵].

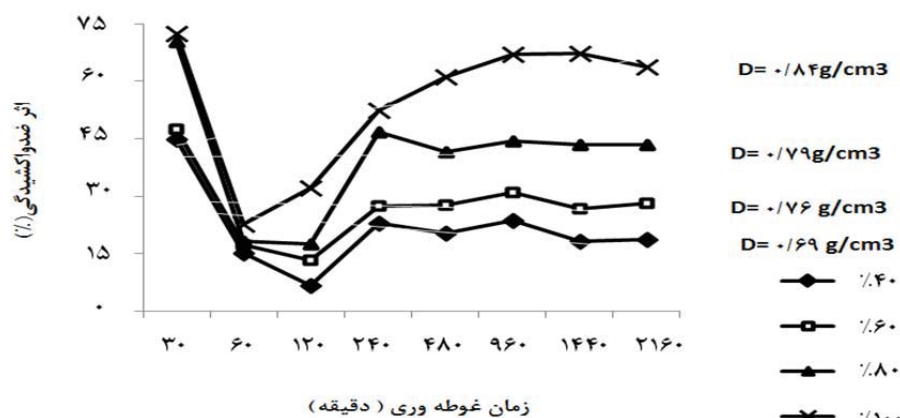
به ترتیب، ۵۱/۷۳ و ۵۱/۱۵ درصد کاهش داشت [۱]. همچنین ثبات ابعاد چوب-پلیمر پالونیا، سپیدار، افرا، و ممرز حاوی مونومر استایرن نیز ۳۱/۳۵، ۵۴/۳۳، ۳۰/۰۹، و ۲۲/۹۰ درصد افزایش نشان داد [۱۰].

اثر ضدواکسیدگی

با توجه به نتایج، رابطه مستقیمی بین میزان پلیمر و اثر ضدواکسیدگی وجود دارد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پلیمر، اثر ضدواکسیدگی نیز افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین میانگین اثر ضدواکسیدگی در سطح ۱۰۰ درصد و به مدت ۳۰ دقیقه، ۷۲/۵ درصد به دست آمد و کمترین کارایی در سطح ۴۰ درصد و



شکل ۵. رابطه بین واکسیدگی حجمی و جذب آب نمونه‌های چوب-پلیمر



شکل ۶. نمودار اثر ضدواکسیدگی نمونه‌های چوب-پلیمر طی آزمون غوطه‌وری

نتیجه گیری

نتایج نشان داد با افزایش سطح جذب پلیمر، آب‌گریزی و ثبات ابعاد نمونه‌های تیمار شده افزایش یافت؛ به طوری که پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری، جذب آب و واکنشیدگی حجمی نمونه اشباع شده با حداکثر درصد افزایش وزن مونومر، $5/63$ و $3/54$ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافتند. با افزایش جذب مونومر، دانسیته چوب از $0/63 \text{ g/cm}^3$ در نمونه شاهد به $0/84 \text{ g/cm}^3$ در بالاترین سطح جذب افزایش یافت. اثر ضدواکنشیدگی نمونه‌های اشباع شده در بالاترین سطح تیمار در مقایسه با پایین‌ترین غلظت مونومر، $3/240$ درصد برآورد شد. مونومرهای وینیلی غیر

قطبی متیل‌متاکریلات، به سبب تعامل کمتر با گروه‌های هیدروکسیل پلیمر سلولز و اشغال حفره‌های سلولی (حفره آوندی، سلول‌های پارانشیمی، و فیبرها)، موجب کاهش جریان رطوبت و سرعت انتشار آب در دیواره سلول شد و ثبات ابعاد نمونه‌های تیمار شده را افزایش داد. در این تحقیق گونه راش ایرانی مطالعه شد و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی دیگر گونه‌های پرمصرف و بومی ایران، که نفوذپذیری مناسب و دانسیته کمتری دارند، بررسی شوند. همچنین می‌توان با استفاده از میکروسکوپ الکترونی و طیف‌سنجی‌های FTIR، XRD، SEM و محل قرارگرفتن مونومر در ساختار متخلخل چوب-پلیمر را نشان داد.

References

- [1]. Abdolmaleki, J., and Omidvar, A. (2003). Evaluation of composite products, WPC prepared using styrene monomer species *Populus nigra* direct heat method. *Journal of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(4): 221-215.
- [2]. Baysal, E., Yalinkilik, M. K., Altinok, M., Sonmez, A., Peker, H., and Colak, M. (2007). Some physical, biological, mechanical, and re properties of wood polymer composite (WPC) pretreated with boric acid and borax mixture. *Construction and Building Materials*, (21): 1879–1885.
- [3]. Omidvare, A., and Amoozadeh Omrani, M. (2005). Investigation on treatability of palownia wood using polymerization technique. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 12(5):128-138.
- [4]. Lande, S.; Westin, M. and Schneider M. (2004). Properties of furfurylated wood. *Journal of Forest Research*, 19(5): 22-30.
- [5]. Omidvare, A. (2009). *Wood polymer composites*, 1th Ed., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources press, Gorgan.
- [6]. Stolf, D.O., and Roco Lahr, F.A. (2004). Wood- polymer composites: Physical and Mechanical properties of some wood species impregnated with styrene and methyl methacrylate. *Materials Research*, 7(4): 611- 617.
- [7]. Jani, M., Rozman, D., and Rahim. (2007). Rubberwood-polymer Composites: The Effect of Chemical Impregnation on the Mechanical and Physical Properties. *Malaysian Polymer Journal*, 2(2): 1-11
- [8]. Devi, R. R. and Maji, T. K. (2006). Effect of Glycidyl Methacrylate on the Physical Properties of Wood–Polymer Composites. *Polymer Composite*, 28(1): 1-5.
- [9]. Li, Y.; Dong, X.; Lu, Z.; Jia, W., and Liu, Y. (2012). Effect of polymer insitu synthesized from methyl methacrylate and styrene on the morphology, thermal behavior and durability of wood. *Journal of Applied Polymer Science*, (10):1-8.
- [10]. Talaepour, S., and Omidvare, A. (2008). Investigation of physical properties wood polymer composites from palownia, aspen, maple, hornbeam species. *Journal of Pajouhesh and sazandegi*, (77): 85-91.
- [11]. Zahedi tajrishi, A., and Omidvar, A. (2007). Resistance of Poplar wood polymer composites against *Coriolus versicolor* fungus. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource*. 14(1): 81-90.
- [12]. Hoseinzadeh, A., Neiestani, F., Ebrahimi, Gh., and Jahan Latibari, A. (1992). Gamma radiation to help improve the quality of wood. *Journal of Ministry of Agricultural Jihad-forest and rangelands Research Organization*, (76), 34 p.
- [13]. Chao, W.Y., and Lee, A.W. (2003). Properties of Southern pine wood impregnated with styrene. *Holzforchung*, 57(3): 333-336.
- [14]. Schneider, M.H. (1994). Wood- polymer composites. *Wood and fiber science*, 26(1): 142-151.
- [15]. Fruno, T. (1991). The role of wall polymer in the dimensional stability and decay durability of wood-polymer composites. In: *Proceeding of International Symposium on chemical modification of wood*, Kyoto, Japan, 160- 165.