

## بررسی رفتار فیزیکی چوب پلیمر استایرن در غلظت‌های مختلف مونومر

### چکیده

در این پژوهش اثر غلظت‌های مختلف مونومر حفره‌ای استایرن بر خواص فیزیکی چوب راش ایرانی بررسی گردید. نمونه‌های آزمون فیزیکی بر اساس استاندارد ASTM-D1037 تهیه گردیدند و به روش خلا-فشار، در پنج سطح غلظت ۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد از مونومر اشباع شدند. پلیمریزاسیون مونومر تحت اعمال دما در آون در دو بازه زمانی ۲۴ ساعته، به ترتیب در دمای ۹۰ و ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد انجام شد. جذب مونومر و پلیمر، تغییرات دانسیته، جذب آب، واکنشیدگی و اثر ضد واکنشیدگی اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج با افزایش غلظت، جذب مونومر و پلیمر افزایش یافت و در بالاترین سطح، جذب مونومر و پلیمر به ترتیب ۳۸/۲۸۸ و ۲۶ درصد گزارش گردید. با افزایش جذب پلیمر، دانسیته چوب از  $0.36 \text{ g/cm}^3$  در نمونه شاهد به  $0.91 \text{ g/cm}^3$  در بالاترین سطح غلظت مونومر افزایش یافت که به کاهش فضای خالی در ساختار چوب پلیمر منجر شد. افزایش سطح جذب پلیمر، آب‌دوستی و تغییرات ابعاد نمونه‌های تیمار شده را کاهش داد، به طوری که پس از طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری، جذب آب و واکنشیدگی حجمی نمونه اشباع شده با مونومر به غلظت ۱۰۰ درصد در مقایسه با نمونه شاهد، ۶۴ و  $45/3$  درصد کاهش یافتند. بالاترین کارایی ضد واکنشیدگی نمونه‌های اشباع شده با مونومر استایرن نیز،  $56/15$  درصد در بالاترین سطح غلظت گزارش گردید.

**واژگان کلیدی:** استایرن، چوب پلیمر، رفتار فیزیکی، جذب آب، کارایی ضد واکنشیدگی.

مریم قربانی<sup>۱\*</sup>  
روژین کاکي<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

<sup>۲</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مسئول مکاتبات:  
[ghorbani\\_mary@yahoo.com](mailto:ghorbani_mary@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۷

### مقدمه

چوب با طبیعتی خاص، همواره به‌عنوان یک ماده اولیه مهم مطرح بوده است. رشد شتابان جمعیت جهان و به تبع آن افزایش تقاضا برای مصرف چوب از یک سو و محدودیت منابع جنگلی از سوی دیگر، لزوم استفاده بهینه از این ماده بالارزش را بیشتر کرده است [۱]. این ماده ارزشمند، دارای معایب متعددی مانند جذب رطوبت، تغییرات ابعاد و تخریب زیستی نیز است [۲]. انواع روش‌های حفاظت و

اصلاح چوب در سطح جهان گسترش یافته است که به پیدایش راهکارهای نوینی در این زمینه منتهی شده است [۳]. همراه با پیشرفت صنعت پلیمرهای مصنوعی، این پلیمرها به‌صورت گسترده‌ای برای اصلاح چوب مورد استفاده قرار گرفتند [۴]. در این سیستم، مونومرهای جذب شده طی اشباع، با اعمال حرارت یا تابش پرتوهای گاما، به پلیمر تبدیل و فرآورده مرکب چوب-پلیمر که حفره سلولی، بین سلولی و یا روزنه‌های ریز دیواره سلولی

وزنی با ۵ تکرار برای هر سطح انجام گردید. نمونه‌های آزمونی تحت دمای  $2 \pm 103$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آن خشک شدند و با ترازویی با دقت  $0/001$  گرم توزین گردیدند و تا زمان اشباع درون کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند.

### آماده‌سازی محلول مونومر

مونومر وینیلی استایرن<sup>۱</sup> با نقطه‌جوش  $145^\circ\text{C}$  و دانسیته  $0/906 \text{ g/cm}^3$  انتخاب شد. بنزوئیل پراکساید<sup>۲</sup> با دانسیته  $22/19 \text{ g/cm}^3$  و نقطه‌جوش  $105-102^\circ\text{C}$  به‌عنوان آغازگر واکنش پلیمریزاسیون به میزان ۲ درصد وزنی مونومر و اتیلن‌گلیکول‌دی‌متاکریلات<sup>۳</sup> با دانسیته  $23/2 \text{ g/cm}^3$  و نقطه‌جوش  $106-104^\circ\text{C}$  به‌عنوان اتصال‌دهنده عرضی به میزان ۱ درصد وزنی مونومر استفاده گردید. از آنجاکه یکی از اهداف این تحقیق، بررسی سطوح مختلف غلظت مونومر استایرن بود (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد)، آماده‌سازی با درصد اختلاط متفاوت بنزن<sup>۴</sup> با جرم مولکولی  $87/1 \text{ gr}$  و دانسیته  $0/87 \text{ g/cm}^3$  به‌عنوان حلال انجام شد.

### اشباع نمونه‌ها

نمونه‌ها با مونومر استایرن به روش سلول خلا-فشار در سیلندر واقع در دانشکده منابع طبیعی ساری اشباع شدند. جهت خارج‌سازی هوای داخل نمونه‌های چوبی و سیلندر، ابتدا خلایی به‌اندازه  $0/7$  بار و به مدت ۳۰ دقیقه برقرار شد. در انتهای مرحله خلأ، شیر مخزن جهت ورود مایع به داخل باز شده و مونومر به داخل سیلندر مکیده شد. پس‌ازاین مرحله فشاری معادل ۸ بار و برای مدت ۱ ساعت اعمال گردید. در خاتمه، نمونه‌ها از سیلندر خارج و توزین گردیدند. جذب مونومر از رابطه زیر به دست آمد.

$$M_u = \frac{W_t - W_c}{W_c} \times 100 \quad (1)$$

$M_u$ : مونومر جذب‌شده بر مبنای وزن خشک نمونه چوب (٪)،  $W_t$ : وزن نمونه بعد از اشباع (gr) و  $W_c$ : وزن

آن توسط پلیمر اشغال شده است، تولید می‌شود که به لحاظ زیست‌محیطی قابل‌قبول است [۵ و ۶]. از آنجایی که حفره‌های سلولی مهم‌ترین گذرگاه‌های موجود در چوب به حساب می‌آیند، بنابراین اشغال آن‌ها توسط پلیمر موجب کند شدن روند جذب رطوبت به ویژه در جهت طولی چوب می‌شود [۷]. این عقیده وجود دارد که حضور پلیمر در داخل حفره‌ها، باعث کاهش واکنشیدگی چوب پلیمر می‌شود و به افزایش پایداری ابعاد کمک می‌کند [۴]. همچنین، حضور پلیمر در داخل حفره‌های سلولی باعث تقویت چوب و بهبود ویژگی‌های مکانیکی آن از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و سختی می‌شود [۷]. تصاویر میکروسکوپ الکترونی چوب پلیمر حاصل از گونه صنوبر با مونومرهای استایرن و متیل‌متاکریلات نشان داد که پلیمر به‌خوبی در حفره سلولی قرار گرفته و باعث استحکام چوب، بهبود ثبات ابعاد، پایداری حرارتی، مقاومت در برابر پوسیدگی و مقاومت خمشی شده است [۸]. اثر مثبت استفاده از مونومرهای حفره‌ای بر خواص فیزیکی، مکانیکی و زیستی برخی گونه‌های چوبی اثبات گردیده است، ولیکن تاکنون تحقیقی پیرامون اثر مونومر وینیلی استایرن بر ویژگی‌های چوب راش ایرانی (*Fagus orientalis*) انجام نشده است. با توجه به اینکه این گونه بخش اعظم جنگل‌های تجاری شمال کشور را به خود اختصاص داده، این تحقیق با هدف بررسی اثر استفاده از غلظت‌های مختلف مونومر حفره‌ای استایرن بر ویژگی‌های فیزیکی کاربردی گونه چوبی راش ایرانی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### تهیه نمونه‌های آزمونی

برای تهیه نمونه‌های آزمونی از چوب گونه راش ایرانی (*Fagus orientalis*) که راست تار و فاقد هرگونه معایب رشد بود، استفاده شد. برای رسیدن به رطوبت تعادل محیط، گرده‌بینه‌ها به الوار تبدیل و حدود یک ماه در محیط کارگاه قرار گرفتند. الوارها پس از رسیدن به رطوبت تعادل و اندازه‌بری، جهت تعیین خواص فیزیکی و اندازه‌گیری وزن مخصوص بر اساس استاندارد ASTM-D1037 تبدیل شدند. پژوهش بر اساس تغییر سطوح غلظت مونومر به پنج گروه ۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد

<sup>۱</sup>.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$

<sup>۲</sup>.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO} \text{ O}_2$

<sup>۳</sup>.  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$

<sup>۴</sup>.  $\text{C}_6\text{H}_6$

$$F_p = \frac{d_{cw} \times d_{od} \times p}{(X \times d_{cw} \times d_p) - (d_{od} \times d_p)} \times 100 \quad (6)$$

P: ماندگاری ( $g/cm^3$ )، x: اختلاف حجم نمونه قبل و بعد از اشباع ( $cm^3$ )، d: دانسیته خشک چوب پلیمر ( $g/cm^3$ )،  $d_{od}$ : دانسیته خشک چوب شاهد ( $g/cm^3$ )،  $F_p$ : فضای پر شده توسط پلیمر،  $d_{cw}$ : دانسیته دیواره سلولی ( $g/cm^3$ ) و  $d_p$ : دانسیته پلیمر ( $g/cm^3$ )

$$F_v = 1 - F_p \quad (7)$$

$F_v$ : فضای پر نشده توسط پلیمر و  $F_p$ : فضای پر شده توسط پلیمر

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام گردید.

## نتایج و بحث

### جذب مونومر و افزایش وزن چوب پلیمر

میانگین افزایش وزن به دست آمده در اثر تیمار با غلظت‌های مختلف استایرن در جدول ۱ نشان داده شده است. هر عدد میانگین ۵ تکرار است. مقادیر جذب مونومر در سطوح ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد استایرن به ترتیب ۳۶/۵، ۳۷/۵، ۳۷/۴ و ۳۸/۳ درصد اندازه‌گیری شد. افزایش وزن (جذب پلیمر) نمونه‌های حاوی مونومر استایرن، در پایین‌ترین و بالاترین سطح به ترتیب ۱۱/۵ و ۲۶/۱ درصد محاسبه گردید.

تحقیق پیشین نشان داد که با افزایش غلظت مونومر حفره‌ای متیل متاکریلات نیز افزایش وزن بهبود یافت، به طوری که با تغییر درصد جذب مونومر از ۴۱/۶ به ۵۷/۹ درصد، جذب پلیمر نیز از ۵/۳ به ۲۲ درصد در بالاترین سطح افزایش یافت [۱۰]. متوسط جذب مونومر، وزن پلیمر و نرخ تبدیل مونومر به پلیمر در سطوح مختلف تیمار، نشان‌دهنده پلیمر شدن کارآمد مونومر به صورت ماده جامد داخل چوب است که با نتایج تحقیقات گذشته مطابقت دارد [۸].

نمونه قبل از اشباع (gr)

بعد از مرحله اشباع، به منظور پلیمریزاسیون مونومر، نمونه‌ها به ترتیب در دو بازه زمانی ۲۴ ساعته به ترتیب به صورت پیچیده شده در فویل آلومینیومی تحت دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و سپس، بدون پوشش آلومینیومی مجدداً تحت دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا مونومر بخش مغزی نمونه نیز به پلیمر تبدیل شود. متعاقباً، نمونه‌ها از آن خارج و به منظور تعیین ماندگاری و افزایش وزن توزین گردیدند. در خاتمه افزایش وزن حاصل از پلیمر شدن با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (رابطه ۲).

$$WPG = \frac{W_t - W_c}{W_c} \times 100 \quad (2)$$

WPG: پلیمر جذب شده بر مبنای وزن خشک نمونه چوب (%).  $W_t$ : وزن خشک نمونه بعد از پلیمریزاسیون (gr) و  $W_c$ : وزن خشک اولیه نمونه (gr)

$$C = \frac{W_{wpc} - W_c}{W_t - W_c} \times 100 \quad (3)$$

C: نرخ تبدیل مونومر به پلیمر (%).  $W_c$ : وزن خشک نمونه قبل از اشباع (gr).  $W_{wpc}$ : وزن خشک نمونه بعد از پلیمر شدن (gr).  $W_t$ : وزن تر نمونه بعد از اشباع (gr).

### اندازه‌گیری خواص فیزیکی نمونه‌ها

در آزمون فیزیکی، تغییرات دانسیته، ماندگاری پلیمر [۹]، فضای پر شده توسط پلیمر در نمونه‌ها بر اساس روابط زیر اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه وزن و حجم خشک، نمونه‌ها در آب غوطه‌ور گردیدند و جذب آب، تغییرات ابعاد و کارایی ضد واکشیدگی (ASE) نیز بر اساس رابطه زیر تعیین گردید.

$$ASE = \frac{S_c - S_t}{S_c} \times 100 \quad (4)$$

ASE: کارایی ضد واکشیدگی در اثر تیمار (%).  $S_c$ : واکشیدگی حجمی نمونه شاهد (% و  $S_t$ : واکشیدگی حجمی چوب تیمار شده (%)).

$$p = \frac{X \times d}{d_{od}} - 1 \quad (5)$$

جدول ۱- میزان جذب مونومر، پلیمر و درصد تبدیل مونومر به پلیمر در سطوح مختلف غلظت مونومر

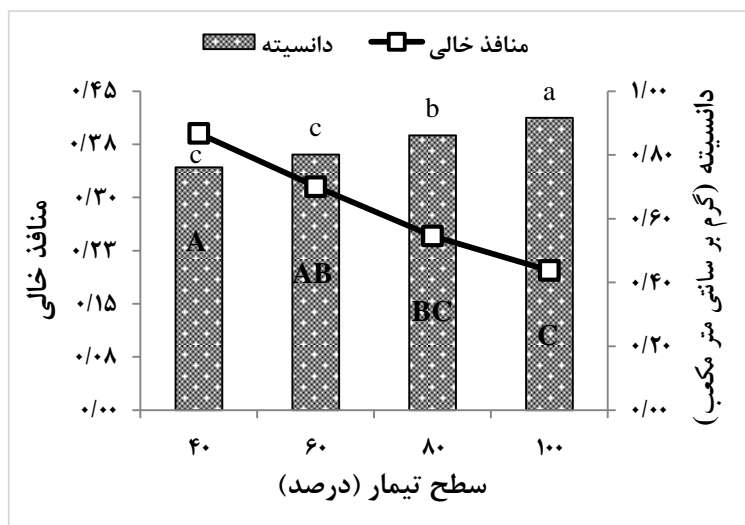
صفات اندازه گیری شده	غلظت محلول (%)			
	٪۴۰	٪۶۰	٪۸۰	٪۱۰۰
جذب مونومر (%)	۳۶/۵(a)	۳۷/۵(a)	۳۷/۵(a)	۳۸/۳(a)
افزایش وزن (%)	۱۱/۵(c)	۱۸/۴(b)	۲۰/۹(b)	۲۶/۱(a)
تبدیل مونومر به پلیمر (%)	۳۱/۹(c)	۴۸/۸(b)	۵۶/۱(b)	۶۹/۵(a)
	(۳/۵)*	(۵)	(۵/۱)	(۳/۲)
	(۱/۲)	۴/۲	(۴/۸)	(۳)
	(۵/۲)	(۶/۹)	(۱/۲)	(۵/۷)

\* اعداد درون پرانتز معرف انحراف معیار است و حروف انگلیسی داخل پرانتز معرف گروه بندی دانکن است.

### دانسیته و فضای خالی چوب پلیمر

مقادیر دانسیته چوب پلیمر و فضای خالی در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش غلظت مونومر، دانسیته نمونه های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش یافت، به طوری که حداکثر دانسیته در سطح ۱۰۰ درصد

اندازه گیری شد. دانسیته چوب در نمونه شاهد  $g/cm^3$  ۰/۳۶ و در بالاترین سطح جذب مونومر استاتین  $g/cm^3$  ۰/۹۱ محاسبه گردید. با افزایش دانسیته، فضای پر شده در حفرات سلولی افزایش یافته، فضای خالی کمتری در ساختار چوب پلیمر باقی مانده است.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف غلظت محلول مونومر بر فضای خالی و دانسیته چوب پلیمر (حروف انگلیسی کوچک و بزرگ به ترتیب معرف گروه بندی دانکن دانسیته و منافذ خالی است)

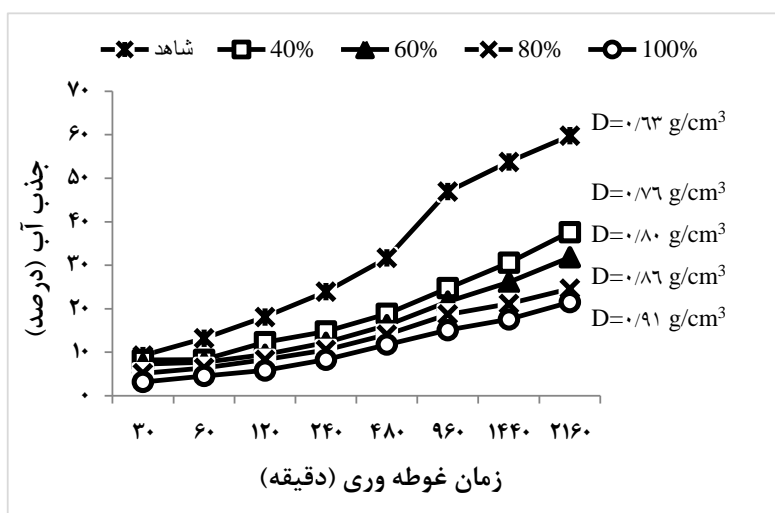
مکانیکی و در نتیجه کاربردهای صنعتی چوب، نسبت مستقیم با افزایش دانسیته آن دارد. دانسیته چوب با ساختار متخلخل دیواره های سلولی رابطه عکس دارد و افزایش دانسیته چوب طی فرآیند اصلاح به کاهش نقطه اشباع الیاف، اندازه حفرات سلولی و در نهایت، نفوذپذیری

بررسی اثر مونومر استاتین بر چوب پلیمر ساخته شده از گونه صنوبر نیز نشان داد که با افزایش میزان جذب مونومر، جرم مخصوص افزایش یافت و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تحت اثر جرم مخصوص ترکیب حاصل شد [۱۱]. بهبود برخی خواص فیزیکی و بسیاری از ویژگی های

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، ۳۷، ۴۶/۷، ۵۸/۸ و ۶۴ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

منتهی خواهد شد [۱۴]؛ بنابراین می‌توان پیش‌بینی نمود که فرآورده چوب پلیمر دارای قابلیت بالایی برای استفاده در صنایع مختلف است.

شکل ۲ جذب آب نمونه‌های تیمار شده و شاهد را نشان داده است. بر اساس نتایج، بین نمونه‌های شاهد و

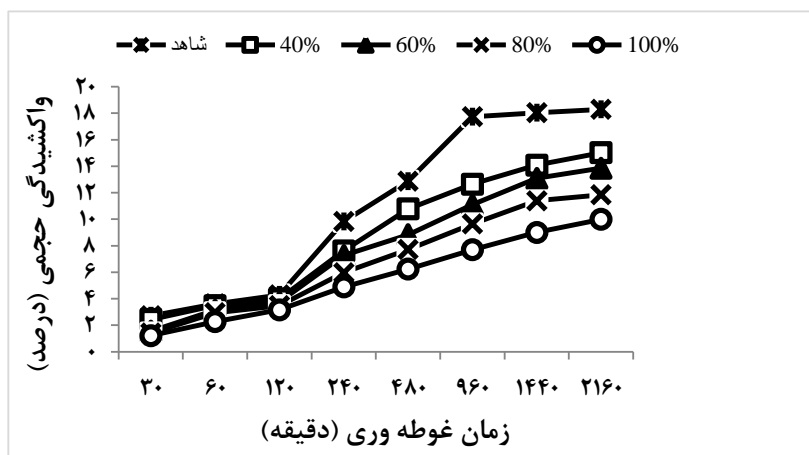


شکل ۲- اثر سطوح مختلف غلظت مونومر بر جذب آب نمونه‌های چوب پلیمر

۲۱۶۰ دقیقه (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، ۱۷/۸ و ۴۵/۳ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

چندسازه چوب پلیمر حاصل از گونه کاج با مونومر استایرن نشان داد که اشباع با استایرن باعث بهبود کاهش جذب آب و واکنش‌دهی بوده است [۱۲]. در چندسازه حاوی مونومر متیل‌متاکریلات نیز کاهش جذب آب نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد به میزان ۵۴/۳ درصد گزارش گردید [۱۰].

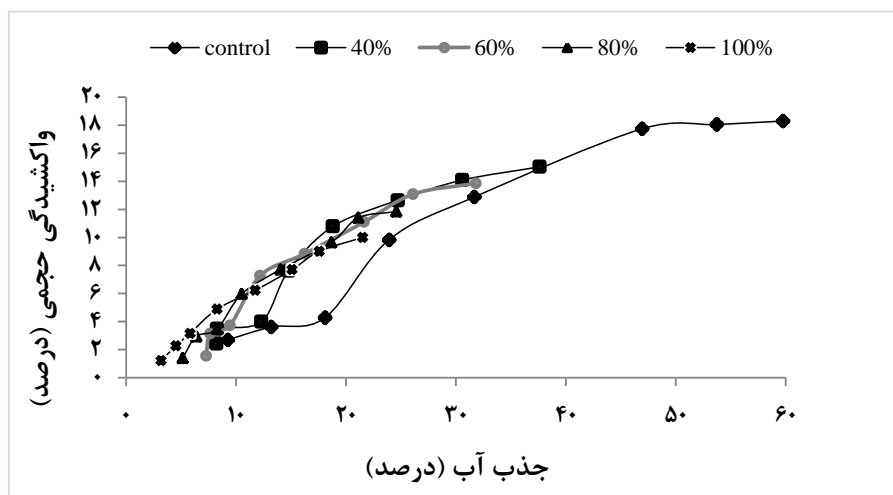
همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد، پس از



شکل ۳- اثر سطوح مختلف غلظت مونومر بر واکنش‌دهی حجمی نمونه‌های چوب پلیمر

بهبود قابل ملاحظه‌ای یافت [۱۳].

نتایج بررسی چوب پلیمر ساخته شده از گونه صنوبر و مونومر استایرن، نشان داد که ثبات ابعاد فرآورده حاصل

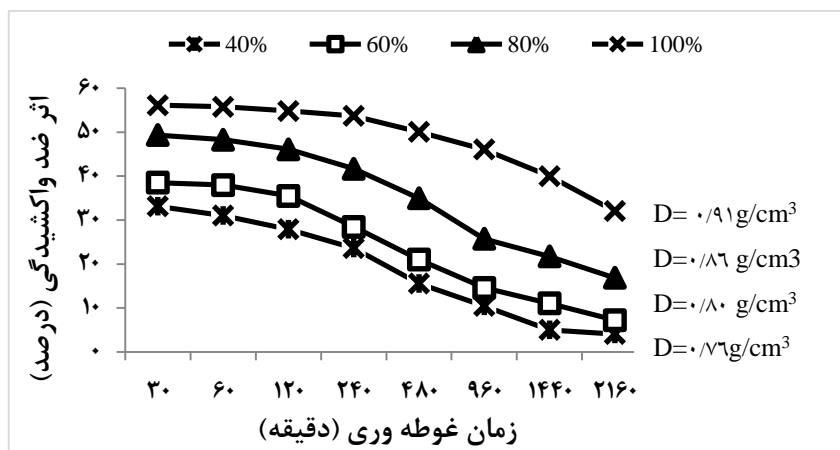


شکل ۴- رابطه بین واکشیدگی حجمی و جذب آب نمونه‌های چوب پلیمر اشباع شده با مونومر استایرن

تعامل کمتری برقرار می‌کنند؛ بنابراین، مونومر مذکور، بدون پیوند شیمیایی و صرفاً به صورت فیزیکی، حفره‌های سلولی (حفره آوندی، سلول‌های پارانشیمی و فیبرها) را اشغال می‌نماید [۴]. اگرچه پلیمر در داخل دیواره وجود ندارد و دیواره سلولی ظرفیت جذب آب بالایی دارد، به دلیل این که مونومر استایرن بعد از پلیمر شدن، به عنوان یک مانع فیزیکی در داخل چوب، از جذب آب جلوگیری می‌کند، جریان رطوبت، کند، سرعت انتشار آب در دیواره سلول کاهش یافته و ثبات ابعاد نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش می‌یابد [۱۷]. در واقع، حفرات سلولی گذرگاه اصلی حرکت رطوبت هستند که با پر شدن آن‌ها، چوب نسبت به تغییرات درصد رطوبت، به خصوص در طول الیاف، مقاوم‌تر می‌شود [۶]. به علاوه از آنجایی که پلیمر در مقایسه با چوب آب دوستی کمتری دارد طی غوطه‌وری چوب پلیمر آب کمتری جذب خواهد کرد.

با توجه به نتایج، رابطه مستقیمی بین میزان پلیمر و اثر ضد واکشیدگی وجود دارد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پلیمر، اثر ضد واکشیدگی نیز افزایش یافت، به طوری که بیشترین میانگین اثر ضد واکشیدگی در سطح ۱۰۰ درصد و در زمان ۳۰ دقیقه، ۵۶/۲ به دست آمد (شکل ۵).

رابطه بین واکشیدگی حجمی و جذب آب نمونه‌های تیمار شده و شاهد در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت مونومر، واکشیدگی نمونه‌ها کمتر شد. در یک جذب آب معین، واکشیدگی حجمی نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد کمتر بود که این روند با افزایش غلظت مونومر محسوس‌تر گردید، به طوری که در سطح ۱۰۰ درصد، در سطح جذب آب مساوی با شاهد، کمترین تغییرات ابعاد اندازه‌گیری شد. تحقیقات زیادی گزارش کردند که ویژگی‌های نامطلوب چوب اساساً به حضور گروه‌های بی‌شمار هیدروکسیل (مکان‌های واکنش) در پلیمرهای اصلی چوب و انواع حفرات سلولی (به عنوان مسیرهای اصلی حرکت رطوبت) بستگی دارد [۱۳ و ۱۵]؛ بنابراین بلوک کردن این مکان‌های واکنش یا محدود کردن حفرات نه تنها چوب را در مقابل جذب رطوبت مقاوم می‌کند بلکه دوام طبیعی و ویژگی‌های مکانیکی آن را نیز بهبود می‌بخشد [۸]. با افزایش غلظت محلول مونومر، درصد جذب پلیمر افزایش یافت. استایرن یک مونومر غیر قطبی است که با جایگزینی و پلیمر شدن درون خلل و فرج چوب، مقدار ماده جامد در واحد حجم افزایش می‌یابد [۱۶]. از آنجایی که اغلب مونومرهای وینیلی غیر قطبی هستند، با گروه‌های هیدروکسیل پلیمر سلولز



شکل ۵- اثر سطوح مختلف غلظت مونومر بر کارایی ضد واکشیدگی

بیشتر در دانسیته، اثر مطلوب‌تری در کاهش جذب آب در مقایسه با متیل‌متاکریلات داشته است [۱۰].

#### نتیجه‌گیری

ویژگی‌های فیزیکی چوب-پلیمر به میزان پلیمر بستگی دارد که با افزایش میزان پلیمر بهبود محسوس‌تر خواهد یافت. بین سطوح ۸۰ و ۱۰۰ درصد اختلاف چندانی در نتایج وجود نداشت؛ بنابراین سطح ۸۰ درصد به‌عنوان بهترین سطح تیمار معرفی می‌گردد، همچنین از نظر اقتصادی سطح ۸۰ درصد با مصرف کمتر مونومر به‌صرفه است. در این تحقیق اثر مونومر حفره‌ای استاتیرن در غلظت‌های مختلف بر خواص چوب گونه بومی راش ایرانی بررسی شد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی اصلاح با مونومرهای دیواره‌ای مانند الکل فورفوریل، تلفیق دیواره‌ای/حفره‌ای و مقایسه اصلاح دیواره‌ای با حفره‌ای انجام گردد. همچنین، اثر این اصلاح بر گونه‌های دارای نفوذپذیری مناسب و دانسیته کم نیز بررسی شود.

بررسی خواص چوب پلیمر گونه کاج اسکاتلندی با استفاده از مونومرهای وینیلی استاتیرن و متیل‌متاکریلات نیز نشان داد که مونومرهای وینیلی بهبود قابل‌توجهی در خواص فیزیکی چوب از جمله اثر ضد واکشیدگی (ASE)، وزن مخصوص و کاهش جذب آب در چوب ایجاد نمودند [۴ و ۱۰].

کارایی ضد واکشیدگی در ساعت اول غوطه‌وری به خصوص در سطوح بالاتر غلظت، مقادیر بیشتری را نشان داد ولیکن با افزایش زمان، روند کاهشی داشت که احتمالاً به علت افزایش دسترسی آب به گروه‌های هیدروکسیل دیواره، خروج بخشی از مونومر پلیمر نشده از چوب، هم‌کشیده شدن مونومر هنگام پلیمر شدن و متعاقباً، کاهش فضای اشغال شده است [۱۵]. گزارش شد که پلیمر حفره‌ای نسبت به پلیمر دیواره‌ای تأثیر کمتری بر سیر نزولی اثر ضد واکشیدگی دارد و این امر احتمالاً به هم‌کشیدگی بیشتر مونومر دیواره‌ای (۳۰ درصد) در مقایسه به حفره‌ای (۱۵ درصد) مربوط می‌شود [۱۸]. نتایج این پژوهش نشان داد که مونومر استاتیرن با افزایش

#### منابع

- [1] Mohebbi, B., 2003. Wood and lignocellulosic material modification and their technologies. First national conference of cellulosic material processing and applying. Tehran University, 405-410.
- [2] Sjostrom, E., 1993. Wood Chemistry Fundamentals and Applications; Academic Press: San Diego, 293 p.

- [3] 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): 215-221.
- [4] Baysal, E., Yalinkilik, M. K., Altinok, M., Sonmez, A., Peker, H. and Colak, M., 2007. Some physical, biological, mechanical, and fire properties of wood polymer composite (WPC) pretreated with boric acid and borax mixture. *Construction and Building Materials*, 21: 1879–1885.
- [5] Lande, S., Westin, M. and Schneider, M., 2004. Properties of furfurylated wood. *Journal of Forest Research*, 19(5): 22-30.
- [6] Zaheditajrishi, 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.
- [7] Omidvar, A., 2009. *Wood-Polymer Composite*. Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, 127pp.
- [8] 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.
- [9] Schnieder, M.H., Brebner, K.I. and Hartley, I.D., 1989. Swelling of a cell- lumen filled and wall bulked wood- polymer composite in water. *Wood and Fiber Science*, 23(2): 165-172.
- [10] Kaki, R. and Ghorbani, M., 2013. Investigation on the water absorption and dimensional stability of beech impregnated with methyl methacrylate. *Journal of forest and wood products*, 6: 329-338.
- [11] Lawniczak, V.M., 1994. Method of production of the composite Bamboo polystyrene elaborated in Poland. Paper presented on international bamboo festival and national Bamboo convention 1, Bandung, Indonesia.
- [12] Devi, R. and Maji, T. K., 2006. Effect of Glycidyl Methacrylate on the Physical Properties of Wood– Polymer Composites. *Polymer Composite*, 28(1): 1-5.
- [13] Li, Y., Liu, Y., Wang, X., Wu, Q., Yu, H. and Li, J., 2011. Wood-Polymer Composites Prepared by In-situ Polymerization of Monomers within Wood. *Journal of Applied Polymer Science*, 119(6): 3207–3216.
- [14] Schnieder, M. H., 1994. Wood -polymer composites. *Wood Fiber Sci*, 26(1): 142-151.
- [15] Zhang, Y.L., Wan, H. and Zhang, S.Y., 2005. Characterization of Sugar Maple Wood-Polymer Composites: Monomer Retention and Polymer Retention. *Holzforchung*, 59: 322-329.
- [16] Talaepour, S. and Omidvar, A., 2008. Investigation of physical properties wood polymer composites from *palownia*, aspen, maple, hornbeam species. *Journal of Pajouhesh and sazandegi*, 78: 86-91.
- [17] Chao, W.Y. and Lee, A.W., 2003. Properties of Southern pine wood impregnated with styrene. *Holzforchung*, 57(3): 333-336.
- [18] Fruno, T., 1991. The role of wall polymer in the dimensional stability and decay durability of wood-polymer composites (wpc). *Proc. Int. Symp. On chemical modification of wood*, Kyoto: 160- 165. Japan.



## Investigation on physical behavior of styrene wood-polymer in different concentrations of monomer

### Abstract

This research was conducted to study the effect of different concentrations of styrene lumen monomer on the physical properties of beech wood. Physical test samples were prepared according to ASTM-D1037 standard and treated with vacuum-pressure method at five concentration levels; 0, 40, 60, 80 and 100 percent of soluble monomer. For polymerization, treated samples were heated in oven for two 24-hour periods at 90 and 103°C respectively. Monomer and polymer absorption, density variation, water absorption, swelling and anti-swelling efficiency (ASE) were determined. According to the results, Monomer and polymer absorption increased by an increase in monomer concentration, and they were reported to be 38.2% and 26% in the highest level, respectively. With an enhancement in polymer absorption, density of wood increased from 0/63g/cm<sup>3</sup> in control to 0/91g/cm<sup>3</sup> in the highest monomer concentration level that reduces pores in wood-polymer structure. Absorbed polymer enhancement decreased hydrophilicity and dimensional changes of treated samples, so that water absorption and swelling volume of the samples saturated with 100% concentration of monomer were decreased 64% and 45.3% after the longest immersion time. Highest Anti-swelling efficiency of Styrene-saturated samples was determined to be 56.15% in the maximum concentration level of treatment.

**Key words:** styrene, wood-polymer composites, physical behavior, water absorption, anti-swelling efficiency.

**M. Ghorbani**<sup>1\*</sup>

**R. Kaki**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran.  
(\*Corresponding Author)

<sup>2</sup> M. Sc. graduated, Department of Wood and paper, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran

Corresponding author:  
[ghorbani\\_mary@yahoo.com](mailto:ghorbani_mary@yahoo.com)

Received: 2015/07/12  
Accepted: 2015/11/18

