

## اثر نانو اکسید قلع و تیمار گرمایی بر مقاومت به پوسیدگی و خواص فیزیکی چوب گونه راش (*Fagus orientalis*)

### چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر نانوذرات اکسید قلع و تیمار گرمایی بر مقاومت به پوسیدگی و خواص فیزیکی چوب راش ایرانی انجام شد. نمونه‌های فیزیکی و زیستی به ترتیب بر اساس استانداردهای EN-113 و ASTM-D4446-05 تهیه گردیدند. نمونه‌ها به چهار گروه شاهد، اشباع با نانوذرات اکسید قلع، گرمایی و نانوگرمایی دسته‌بندی شدند. اشباع با محلول نانو اکسید قلع در غلظت ppm ۵۰۰۰، به روش سلول پر انجام شد. سپس، نمونه‌ها در سه سطح دمایی ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در مدت‌زمان ۲ و ۴ ساعت تیمار گرمایی شدند. بر اساس نتایج، با افزایش زمان و دما، مقاومت در برابر پوسیدگی افزایش یافت. کمترین کاهش وزن ناشی از پوسیدگی در نمونه‌های نانوگرمایی تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۴ ساعت با ۴۶/۳ درصد تنزل در مقایسه با شاهد، با بالاترین کاهش وزن، اندازه‌گیری شد. در سطح نانوگرمایی بالاترین مقدار جذب آب مشاهده شد که با سطوح شاهد و نانو اختلاف معنی‌داری نشان داد. افزایش دما حین تیمار گرمایی به کاهش معنی‌دار جذب آب منتهی شد به طوری که جذب آب طی طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری در نمونه‌های تیمار گرمایی تحت دمای ۱۸۰°C و به مدت ۴ ساعت، ۴۷/۸ درصد تنزل یافت. کمترین واکنشیدگی حجمی در نمونه‌های نانوگرمایی تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت اندازه‌گیری شد. واکنشیدگی حجم نمونه‌های نانو شده نیز پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری به ترتیب ۸/۷۰ و ۲۲/۷۶ درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

**واژگان کلیدی:** تیمار گرمایی، خواص فیزیکی، مقاومت به پوسیدگی، نانو اکسید قلع.

مریم قربانی<sup>\*۱</sup>

فاطمه بوانقی<sup>۲</sup>

علی آذر حزین<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار، <sup>۲</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد،  
<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

\*مسئول مکاتبات:

ghorbani\_mary@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۳

### مقدمه

افزایش عمر مفید چوب‌آلات و فرآورده‌های چوبی و مقابله با عوامل مخرب به‌منظور جبران کمبود و استفاده

بهینه از منابع چوبی ضروری است. یکی از اقدامات راهبردی در این خصوص، حفاظت چوب است. در بین انواع روش‌های حفاظت و اصلاح چوب، اصلاح گرمایی با

جنگل داراب کلا، واقع در شهرستان ساری تهیه شدند و برای رسیدن به رطوبت تعادل محیط، به الوار تبدیل و حدود یک ماه در محیط کارگاه قرار گرفتند. نمونه‌ها پس از خشک شدن تحت دمای  $2 \pm 103$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون، به ابعاد آزمون‌های زیستی و فیزیکی، به ترتیب بر اساس استاندارد EN-113 و ASTM-D4446-05 تبدیل شدند. نمونه‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه اصلی شاهد و اشباع شده با نانو اکسید قلع تقسیم شدند. هر گروه به چهار زیرگروه تیمار گرمایی نشده و تیمار گرمایی در دمای ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد دسته‌بندی شدند. زیرگروه‌های تیمار گرمایی به دو دسته ۲ و ۴ ساعت تفکیک شدند. جرم مخصوص خشک نمونه‌ها،  $0.57 \text{ g/cm}^3$  تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری کاهش وزن، پیش از انجام تیمار گرمایی، نمونه‌های خشک شده در آون تحت دمای  $2 \pm 103$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت  $0.001$  گرم توزین گردیدند.

#### اشباع چوب با نانو اکسید قلع و تیمار گرمایی

نمونه‌های چوب با نانوذرات کلئیدی اکسید قلع با دامنه اندازه نانوذرات ۹۰-۲۵ نانومتر، تهیه شده از شرکت جفرسرخ فجر با غلظت ۵۰۰۰ ppm به روش سلول پر اشباع گردیدند. بدین ترتیب که ابتدا جهت خارج‌سازی هوای داخل نمونه‌های چوبی و سیلندر، خلأی به‌اندازه  $0.7$  بار و به مدت ۱۵ دقیقه برقرار شد. در انتهای مرحله خلأ، شیر مخزن جهت ورود مایع به داخل باز شد و نانوقلع به داخل سیلندر وارد شد. سپس، فشاری معادل ۸ بار و به مدت ۱ ساعت اعمال گردید. به‌منظور اندازه‌گیری مقدار ماندگاری، نمونه‌ها قبل و پس از تیمار توزین شدند.

پس از اشباع، نمونه‌ها به مدت دو ماه، در دمای  $2 \pm 25$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $5 \pm 65$  درصد، متعادل‌سازی شدند. هر گروه از نمونه‌های تیمار گرمایی و نانو گرمایی، به‌طور جداگانه تحت دمای ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ و ۴ ساعت، در آون تحت فشار اتمسفر گرمادهی گردیدند. برای اندازه‌گیری کاهش جرم، نمونه‌ها قبل و بعد از تیمار حرارتی توزین گردیدند.

تخریب همی سلولز و افزایش بلورینگی سلولز [۱ و ۲]، روشی مفید و کارآمد برای کاهش آب‌دوستی و بهبود ثبات ابعاد و مقاومت زیستی محسوب می‌گردد [۳ و ۴].

روش‌های متعددی در تلاش جهت بهبود ویژگی‌های تیمار حرارتی و نفوذ گرما به بخش‌های عمقی‌تر چوب با ضریب هدایت حرارتی پائین انجام شد. بهبود هدایت حرارتی سیال‌های متداول انتقال حرارت، که حاوی نانوذرات فلزی می‌باشند، به‌وسیله چندین محقق گزارش شده است [۵، ۶ و ۷]. با توجه به ماهیت عایق گرما بودن چوب، امکان استفاده از نانوذرات فلزی برای هدایت گرمایی به بخش‌های درونی‌تر نمونه‌ها ممکن است باعث کاهش گرادیان حرارتی شود. اشباع با نانو اکسیدهای فلزی دارای قابلیت هدایت حرارتی بالا، با انتقال حرارت به اعماق چوب، تیمار گرمایی را شدت می‌بخشد. برخی از نانوذرات فلزی مانند اکسید روی و نقره می‌توانند همزمان با تسریع انتقال حرارت به بخش‌های داخلی نمونه [۸]، مقاومت زیستی در مقابل قارچ‌های مخرب چوب و حشرات را بهبود بخشند [۹ و ۱۰]. همچنین، تحقیقات نشان داد که نانوذرات می‌توانند لوله‌های موئین موجود در چوب را مسدود کنند [۱۱ و ۱۲] و با اشغال کردن بخشی از فضای خالی حفرات [۱۳] نفوذپذیری را نیز کاهش دهد [۱۴]. ذرات قلع در کنار خاصیت ضدقارچی [۱۵ و ۱۶]، رسانایی گرمایی بیشتر از چوب راش دارند (قلع با رسانایی گرمایی  $67 \text{ w/mk}$  در مقایسه با چوب راش با رسانایی گرمایی  $0.2 \text{ w/mk}$ )؛ بنابراین، با حضور نانوذرات قلع، احتمالاً انتقال حرارت طی تیمار گرمایی بهبود خواهد یافت.

پژوهش‌های پیشین، اثر مثبت تیمار گرمایی بر برخی ویژگی‌های چوب را مشخص کرده‌اند. با توجه به ضریب پایین هدایت حرارتی چوب، این پژوهش با هدف بررسی اثر اشباع با نانو اکسید قلع، به‌عنوان ماده با هدایت حرارتی بالاتر از چوب، بر ویژگی‌های فیزیکی و زیستی راش ایرانی انجام گردید.

#### مواد و روش‌ها

##### گونه چوبی

برای تهیه نمونه‌های آزمون از چوب گونه‌ی راش ایرانی (*Fagus orientalis*) که راست‌تار و فاقد هرگونه معایب رشد و دل‌قرمزی بودند، استفاده شد. گرده‌بینه‌ها از

## اندازه‌گیری مقاومت به پوسیدگی

اندازه‌گیری مقاومت زیستی بر طبق استاندارد EN113 روی نمونه‌هایی به ابعاد  $2/5 \times 1/5 \times 5 \text{ cm}^3$  صورت گرفت. قارچ خالص شده مولد پوسیدگی سفید رنگین کمان (*Trametes versicolor*) از آزمایشگاه حفاظت چوب دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کشاورزی ساری تهیه شد. نمونه‌های زیستی استریل شده با اتوکلاو، تحت دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد، به مدت ۱۶ هفته در معرض قارچ رنگین کمان قرار گرفتند. پس از زدودن ریشه‌ها از سطح و برای رسیدن به وزن ثابت، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $2 \pm 10.3$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری کاهش وزن، نمونه‌ها قبل و پس از تخریب زیستی توزین گردیدند. میزان کاهش وزن نمونه‌ها از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$WL = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

WL = کاهش وزن (%).  $W_1$  = وزن خشک اولیه (gr)،  
 $W_2$  = وزن خشک ثانویه (gr)

## اندازه‌گیری خواص فیزیکی

جهت تعیین خواص فیزیکی، نمونه‌ها به ابعاد  $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$  بر اساس استاندارد ASTM-D4446-05 تهیه شدند. در آزمون فیزیکی، تغییرات دانسیته، جذب آب، ابعاد، اثر ضدواکشی‌دگی، جذب و ماندگاری نانو در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه وزن و حجم خشک،

نمونه‌ها ۲ و ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور گردیدند. واکشی‌دگی حجمی و اثر ضدواکشی‌دگی بر اساس روابط زیر اندازه‌گیری شد.

$$VS = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 \quad (2)$$

VS = واکشی‌دگی حجمی (درصد)  $V_2$  = حجم تر بعد از غوطه‌وری در آب ( $\text{mm}^3$ )  $V_1$  = حجم خشک قبل از غوطه‌وری در آب ( $\text{mm}^3$ )

$$ASE = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \quad (3)$$

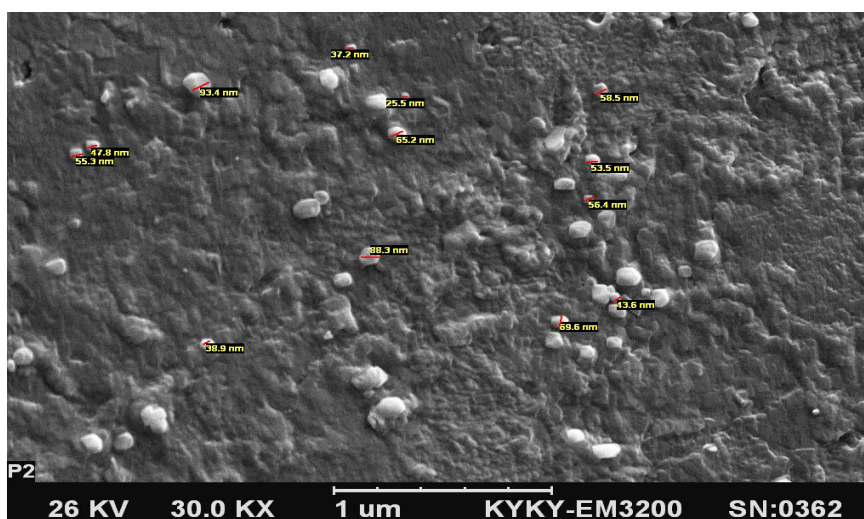
ASE = کارایی ضدواکشی‌دگی در اثر تیمار (درصد)  
 $S_2$  = واکشی‌دگی حجمی نمونه شاهد (درصد)  
 $S_1$  = واکشی‌دگی حجمی چوب تیمار شده (درصد)

## تحلیل آماری

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

## نتایج و بحث

حضور و اندازه نانوذرات با استفاده از آزمون SEM در ساختار چوب تائید گردید (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها و انحراف معیار در جدول ۱ نشان داده شده است.



## شکل ۱- حضور ذرات نانویی اکسید قلع در ساختار چوب راش اشباع شده

## جدول ۱- نتایج آماری اثر تیمار گرمایی و نانوگرمایی بر ویژگی‌های فیزیکی و زیستی چوب راش ایرانی

صفات	تیمار کنترل		تیمار گرمایی				تیمار نانوگرمایی				شاهد	نانو	تیمار	
	۱۴۰ C	۱۶۰ C	۱۴۰ C	۱۶۰ C	۱۸۰ C	۱۴۰ C	۱۶۰ C	۱۸۰ C	۱۴۰ C	۱۶۰ C				
کاهش وزن ناشی از پوسیدگی (%)	ab	ab	ab	ab	abcd	abc	abc	abc	ab	ab	ab	a*	(۱/۱۵)	(۳/۱۲)
تغییرات وزن (%)	a	a	d	d	d	d	d	e	d	d	d	-	(۰/۳۴)	(۰/۱۷)
۲ ساعت	abcd	a	def	def	g	g	f	eEf	def	def	def	a	(۹/۸۳)	(۷/۲۱)
۲۴ ساعت	a	a	cde	cde	e	e	e	de	de	de	de	a	(۹/۷۹)	(۲/۶۲)
۲ ساعت	a	abc	ab	ab	bc	bc	abc	abc	bc	bc	ab	abc	(۱/۷۶)	(۰/۹۸)
۲۴ ساعت	a	de	ab	ab	bc	bc	cd	cd	ef	ef	cd	de	(۲/۳۰)	(۱/۱۵)
اثر ضدواکسیدگی (%)	-	ef	h	h	gh	gh	h	de	fg	gh	h	ef	(۷/۷۷)	(۸/۶۰)

\* (حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن و اعداد داخل پرانتز معرف انحراف معیار تیمارها است)

## مقاومت به پوسیدگی

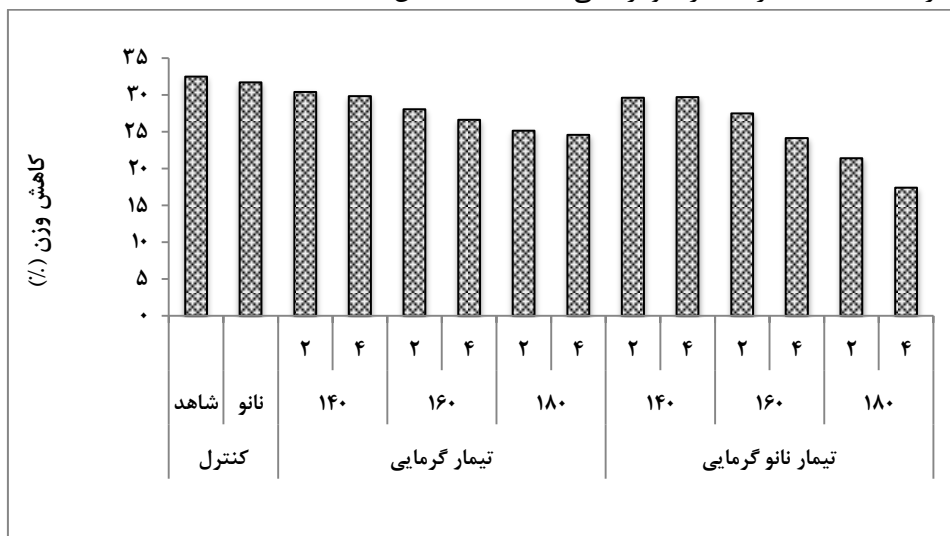
بیشترین کاهش وزن ناشی از پوسیدگی در نمونه‌های شاهد ایجاد شد که با افزایش دما و زمان تیمار گرمایی، مقاومت چوب در برابر پوسیدگی قارچی بهبود یافت (شکل ۲). مقاومت به پوسیدگی نمونه‌های حاوی نانو در مقایسه با شاهد ۲/۵ درصد افزایش نشان داد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تیمار گرمایی موجب بهبود معنی‌دار مقاومت به پوسیدگی نگردید. کمترین کاهش وزن در نمونه‌های نانوگرمایی تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ و ۴ ساعت است که در مقایسه با شاهد به ترتیب ۳۴ و ۴۶/۳ درصد کمتر بود. با افزایش دما تا ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت در نمونه‌های نانوگرمایی اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های شاهد ایجاد شد. این اختلاف در نمونه‌های نانوگرمایی شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ و ۴ ساعت نیز مشاهده شد (جدول ۱).

نتایج پوسیدگی قارچی نشان می‌دهد تیمار گرمایی مقاومت به پوسیدگی را بهبود داده ولیکن افزایش مقاومت معنی‌دار نبوده‌است. از طرفی تیمار نانو نیز موجب بهبود اندک مقاومت زیستی گردید که این اثر در سطح

نانوگرمایی در مقایسه با شاهد، معنی‌دار گزارش گردید. افزایش مقاومت زیستی متعاقب تیمار گرمایی در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده‌است [۱۷]. این پدیده با ۴ تئوری توضیح داده شد: قابلیت جذب آب کمتر [۱۸ و ۱۹]، تشکیل ترکیبات سمی که عملکرد قارچ‌کشی دارند [۲۰]، اصلاح شیمیایی ترکیبات اصلی چوب و تخریب همی‌سلولزها [۲۱ و ۲۲]. در مطالعاتی که روی توزیع ذرات نانو در چوب انجام شد، ذرات نانو در حفرات، روزنه‌های دیواره و همچنین لایه‌های بین سلولی چوب دیده شد و اعتقاد بر این است که تثبیت نانو از طریق رسوب در حفرات سلولی چوب و لایه سوم دیواره سلول چوب رخ می‌دهد [۲۳]. رسوب کردن نانو و اتصال با دیواره به کاهش فضاهایی همانند حفرات، فضای بین عناصر سلولی و منافذ پونکتواسیون منتهی گردید که با کاهش تخلخل چوب، فضای ورود آب و ریسک قارچ نیز کاهش یافت. بر اساس نتایج آزمون پوسیدگی قارچی باید اظهار داشت که هرچند مواد شیمیایی حفاظتی چوب در بهبود مقاومت در برابر پوسیدگی موثرتر می‌باشند و اغلب به توقف تخریب منتهی می‌گردند، ولیکن با توجه به تمایل

کاهش تخریب قارچی، نتایج مطلوبی در کنترل پوسیدگی نشان داده است.

صنایع در بهبود مقاومت زیستی با استفاده از روش‌های دوست‌دار محیط‌زیست، استفاده از تیمار نانوگرمایی، با



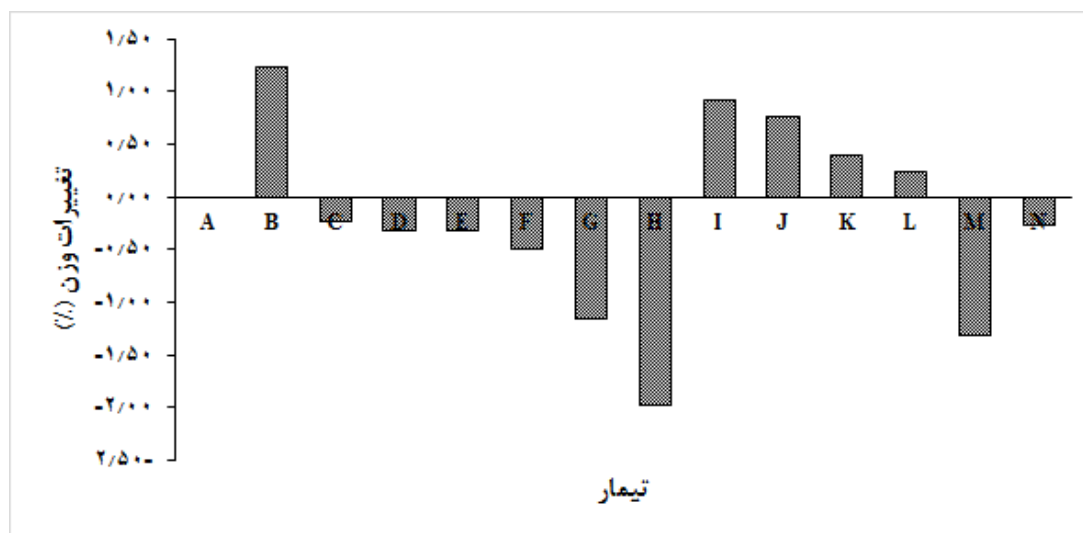
شکل ۲- اثر تیمار گرمایی و نانوگرمایی بر کاهش وزن ناشی از پوسیدگی (۲ و ۴: زمان تیمار گرمایی (ساعت)، ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰: دمای تیمار گرمایی (°C))

یک سو جذب نانو و از سوی دیگر، پدیده‌ی پیرولیز موجب تغییر وزن نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شد که به دلیل عدم توانایی در تفکیک این مقادیر، تغییر وزن گزارش شد. در نمونه‌های نانوگرمایی تحت دمای ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش وزن و در دمای ۱۸۰ °C کاهش وزن مشاهده گردید. مقادیر کاهش وزن و افزایش وزن در مقایسه با نمونه شاهد در جدول ۱ نشان داده شده است.

### خواص فیزیکی

#### تغییرات وزن

شکل ۳ تغییرات وزن ناشی از تیمار نانو، گرمایی و نانوگرمایی را نشان داده است. ماندگاری نمونه‌ی تیمار شده با نانو اکسید قلع در غلظت ppm ۵۰۰۰،  $2/05 \text{ kg/m}^3$  محاسبه شد. نمونه‌های تیمارگرمایی به کاهش وزن نمونه‌ها منتهی شد که با افزایش دما و زمان تیمار این کاهش وزن محسوس‌تر بود. در نمونه‌های نانوگرمایی از



شکل ۳- تغییرات وزن ناشی از تیمارها

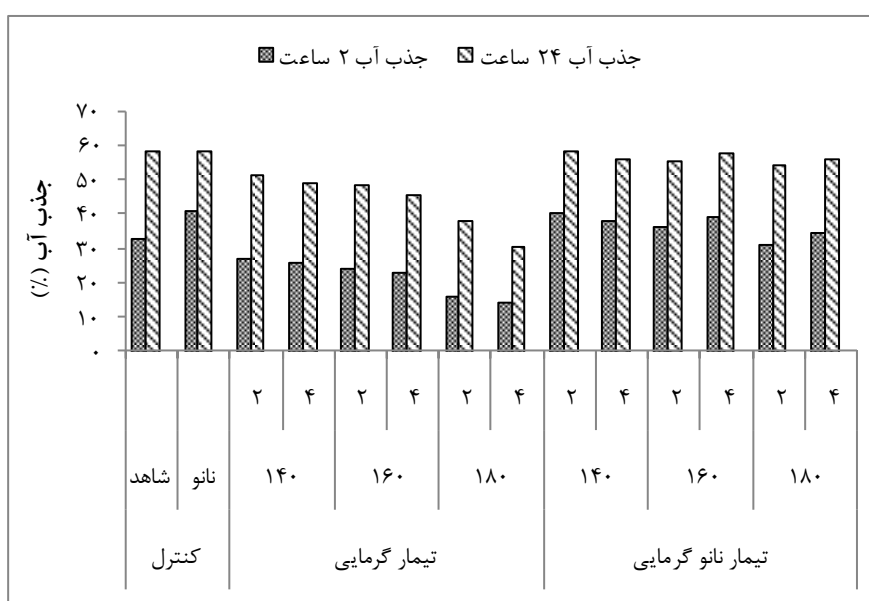
(شاهد: A؛ نانو: B؛ C تا H: تیمار گرمایی؛ C: ۱۴۰-۲h؛ D: ۱۴۰-۴h؛ E: ۱۶۰-۲h؛ F: ۱۶۰-۴h؛ G: ۱۸۰-۲h؛ H: ۱۸۰-۴h؛ I تا N: تیمار نانو گرمایی؛ I: ۱۴۰-۲h؛ J: ۱۴۰-۴h؛ K: ۱۶۰-۲h؛ L: ۱۶۰-۴h؛ M: ۱۸۰-۲h؛ N: ۱۸۰-۴h)

معناداری ایجاد نشد ولیکن افزایش دما تا ۱۸۰°C موجب کاهش معناداری در جذب آب در هر دو زمان غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعت شد.

کمترین جذب آب طی طولانی‌ترین زمان غوطه‌وری در نمونه‌های تیمار گرمایی تحت دمای ۱۸۰°C و به مدت ۲ و ۴ ساعت مشاهده شد که در مقایسه با شاهد به ترتیب ۳۴/۱ و ۴۷/۸ درصد کاهش نشان دادند.

### جذب آب

بر اساس شکل ۴، بیشترین میزان جذب آب در نمونه‌های نانو گرمایی مشاهده شد که با گروه شاهد و تیمار نانو اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین جذب آب در نمونه‌های تیمار گرمایی رخ داد. با افزایش زمان و دمای تیمار گرمایی جذب آب کاهش یافت. در گروه تیمار گرمایی با افزایش دما از ۱۴۰°C به ۱۶۰°C و افزایش زمان از ۲ ساعت به ۴ ساعت در کاهش جذب آب اختلاف



شکل ۴- اثر تیمار گرمایی و نانو گرمایی بر جذب آب

(۲ و ۴: زمان تیمار گرمایی (ساعت)، ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰: دمای تیمار گرمایی (°C))

ابعاد را نشان دادند و در سطح نانو گرمایی تحت دمای ۱۸۰°C به مدت ۴ ساعت، ۵۴/۹ درصد کاهش در مقایسه با شاهد مشاهده گردید. با افزایش زمان غوطه‌وری در آب نیز کاهش معنی‌دار تغییرات ابعاد در سطوح اصلاح گرمایی و نانو گرمایی در مقایسه با شاهد مشاهده گردید.

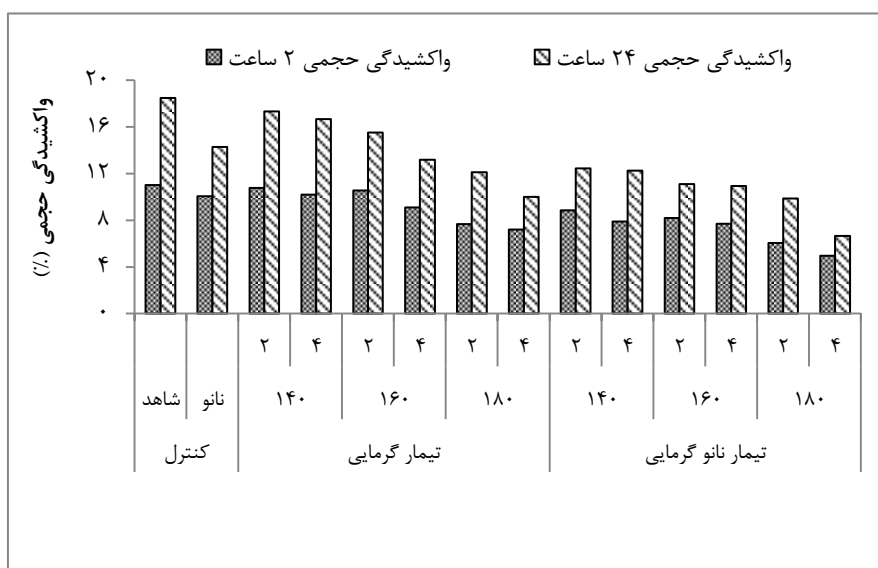
بر اساس نتایج، جذب آب با افزایش زمان و دمای تیمار گرمایی کاهش یافت. حداکثر جذب آب در نمونه‌های نانو گرمایی و حداقل آن در نمونه‌های گرمایی مشاهده شد. تیمار گرمایی به تغییر ساختار شیمیایی دیواره‌های سلولی منتهی می‌شود. از آنجایی که بر اثر بالا رفتن دمای تیمار،

### تغییرات ابعاد

کمترین واکشیدگی حجمی در نمونه‌های نانو گرمایی مشاهده شد (شکل ۵). واکشیدگی حجمی نمونه‌های حاوی نانو پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد ولیکن با افزایش زمان غوطه‌وری این تفاوت معنی‌دار گردید. در تیمار گرمایی نیز با افزایش دما و زمان اعمال گرمادهی این اختلاف معنادار شد به طوری که کمترین تغییرات ابعاد در نمونه‌های اصلاح شده تحت دمای ۱۸۰°C به مدت ۴ ساعت با ۳۴/۵۴ درصد کاهش در مقایسه با شاهد مشاهده گردید. کلیه سطوح اصلاح نانو گرمایی در مقایسه با شاهد، کاهش معنی‌دار تغییرات

می‌دهد. تیمار حرارتی چوب، احتمالاً از یک‌سو به دلیل تخریبی که در ساختار شیمیایی آن به وجود می‌آید و از سوی دیگر به دلیل پیوندهای عرضی که بین بسپارهای سازنده دیواره سلولی روی می‌دهد، به حذف و یا بلوکه شدن گروه‌های عاملی هیدروکسیلی نیز منتهی می‌گردد [۲۶].

بسپارهای قندی دیواره سلولی به‌ویژه همی‌سلولزها دچار تخریب می‌شوند و از ساختار میکروفیبریل‌ها خارج می‌گردند [۲۴ و ۲۵] پدیده نوآرایی در ساختار سلولز روی می‌دهد و بر پهنا و طول نواحی کریستالی افزوده می‌شود [۴ و ۲]. بررسی Alen و همکاران (۲۰۰۲) روی کاج نوئل نشان داد که تیمار حرارتی عمدتاً سبب تخریب همی‌سلولز می‌شود، ولی تخریب ناچیزی در سلولز و لیگنین روی



شکل ۵- اثر تیمار گرمایی و نانوگرمایی بر واکنش‌دهی حجمی (۲ و ۴: زمان تیمار گرمایی (ساعت)، ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰: دمای تیمار گرمایی (°C))

شکاف‌های ریزی در دیواره سلولی به وجود می‌آورد که ورود آب آزاد به درون چوب را افزایش می‌دهد و با افزایش فضا برای ورود آب آزاد، جذب آب افزایش می‌یابد. جذب آب، با افزایش زمان و دمای تیمار گرمایی، به دلیل تخریب مناطق آمورف و کاهش نقاط جذب، کاهش معنی‌داری نشان داد.

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد با افزایش دما و زمان تیمار گرمایی، مقاومت چوب در برابر پوسیدگی قارچی بهبود یافت. تیمار گرمایی به کاهش وزن نمونه‌ها منتهی شد که با افزایش دما و زمان تیمار این کاهش وزن محسوس‌تر بود. جذب آب و تغییرات ابعاد نیز با افزایش دما و زمان تیمار گرمایی کاهش یافت. بیشترین میزان جذب آب در

حضور نانوذرات موجب بلوکه شدن گروه‌های هیدروکسیلی دیواره سلولی می‌شود و با کاهش دسترسی به گروه‌های هیدروکسیلی آزاد و اتصال چوب با آب [۲۷] آب آغشتگی را کاهش داده و از سوی دیگر، با اشغال کردن بخشی از فضای خالی حفرات [۱۳]، نفوذپذیری را نیز کاهش می‌دهد [۱۴]. کوچک بودن ذرات نانو و نفوذ مؤثر آن‌ها با اندازه ۲۵-۹۰ نانومتر به درون ساختار چوب و دیواره سلولی با میانگین منفذ ۷ میکرومتر در چوب راش [۲۸ و ۲۹]، موجب کاهش واکنش‌دهی حجمی می‌شود. نتایج تحقیقات Matsunaga و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که نانوذرات مس و اکسید آهن با ابعاد نانومتری در تیمار چوب، در حفره‌های ریز سلول‌های چوبی قرار می‌گیرند. کاهش و یا درگیر شدن (مه‌پار) گروه‌های هیدروکسیلی نقش مهمی در افزایش ثبات ابعاد خواهد داشت [۱۵]. از سوی دیگر، غلظت بالای نانو احتمالاً

آبشویی کاملاً ضروری بود، ولیکن با توجه به محدودیت‌های زمانی و مالی، انجام این آزمون‌ها امکان‌پذیر نگردید. توصیه می‌گردد که آزمون‌های آبشویی، سمیت و موربانه انجام گیرد تا با بررسی اقتصادی و کارآمدی تیمار با نانوذرات فلزی و تیمار ترکیبی، تولید و استفاده این محصولات در صنعت امکان‌پذیر گردد.

نمونه‌های نانوگرمایی مشاهده شد. ولیکن ثبات ابعاد نمونه‌های نانو گرمایی شده بیشتر از نمونه‌های تیمار گرمایی بود. در خاتمه پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با اندازه‌گیری سطح ویژه نانوذرات کلوئیدی اکسید قلع، می‌توان وضعیت واکنش‌پذیری نانوذرات را بررسی نمود. همچنین، با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی آزمون

## مراجع

- [1] Wallenberger, F.T. and Weston, N., 2004. Natural Fibers, Plastic and Composites, 1<sup>st</sup> Ed. Springer, Berlin, 392 p.
- [2] Yildiz, S. and Gümüşkaya, E., 2007. The effect of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. Building and Environment, 42(4): 62-67.
- [3] Hill, C., 2006. Wood Modification Chemical, Thermal and Other Processes. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-02172-1; 239 pp.
- [4] Abe, K. and Yamamoto, H., 2006. Change in mechanical interaction between cellulose microfibril and matrix substance in wood cell wall induced by hygrothermal treatment. Wood Science, Vol. 52: 107-110.
- [5] Ghorbani, M., Akhtari, M., Taghiyari, H.R., Kalantari, A., 2012. Effects of silver and zinc-oxide nanoparticles on gas and liquid permeability of heat-treated Paulownia wood. Austrian Journal of Forest Science, 129(1): 106 – 123.
- [6] Narashimha, G., Praveen, B., Mallikarjuna, K., Deva, Prasad., Raju, B., 2011. Mushrooms (*Agaricus bisporus*) mediated biosynthesis of silver nanoparticles, characterization and their antimicrobial activity. International Journal of Nano Dimension, 2(1): 29 – 36.
- [7] Kang, H.U., Kim, S.H., Oh, J.M. 2006. Estimation of thermal conductivity of nanofluid using experimental effective particle volume, Experimental Heat Transfer, 19: 181-191.
- [8] Taghiyari, H.R., Rangavar, H., Farajpour Bibalan, O., 2011. Nano-Silver in Particleboard. BioResources, 6(4): 4067 – 4075.
- [9] Kartal, S.N., Green, F., Clausen, C.A., 2009. Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites?. International biodeterioration and biodegradation, 63: 490-495.
- [10] Clausen, C.A., 2007. Nanotechnology: implication for the wood preservation industry, the 38<sup>th</sup> annual meeting of IRG, 10p.
- [11] Leach, R. M. and Zhang, J., 2005. Micronized wood preservative formulation. World Patent, 2005104841, 26.
- [12] Chen, R., Chen, D, and Li, H., 2006. Wood preservative containing copper and ammonium compounds, Chinese Patent 1883899, 10.
- [13] Devi, R. and Maji, T.K., 2012. Effect of nano-SiO<sub>2</sub> on properties of wood/polymer/clay nanocomposites. Wood Science and Technology, 46(6): 1151-1168.



- [14] Zahedsheijani, R. and Gholamiyan, H., 2010. The Potential Use of Nanozycosil and Sodium Montmorillonite (NaMMT) nanoclay to decrease Water Absorption in MDF. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 1(2): 69-81, (In Persian).
- [15] Yousefi, M., Tavakolinia, F. and Hassanzadeh, S.M., 2011. Comparison of antibacterial activities of di- and tri-tin (IV) carboxylate complexes. International Conference on Biology, Environment and Chemistry, Singapore.
- [16] Soneij, N.J., Penninks, A.H., Seinen, W., 1987. Biological Activity of Organotin Compounds--An Overview. Environmental research, 44: 335-353.
- [17] Stamm, A.J., Baechler, R.H., 1960. Decay resistance and dimensional stability of five modified woods. Forest Products Journal, 10: 22-26.
- [18] Kamdem, D.P., Pizzi, A., Jermannaud, A., 2002. Durability of heat-treated wood. Holz Roh Werkst, 60:1-6.
- [19] Kocaefer, D., Poncsak, S., Boluk, Y., 2008. Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen. BioResources, 3(2):517e37.
- [20] Hakkou, M., Petrissans, M., Gerardin, P., Zoulalian, A., 2006. Investigations of the reasons for fungal durability of heat-treated beech wood. Polymer Degradation and Stability, 91:393-397.
- [21] Sivonen, H., Maunu, S.L., Sundholm, F., Jämsä, S., Viitaniemi, P., 2002. Magnetic resonance studies of thermally modified wood. Holzforschung, 56(6):648-654.
- [22] Nuopponen, M., Vuorinen, T., Jamsa, S., Viitaniemi, P., 2004. Thermal modifications in softwood studied by FT-IR and UV resonance Raman spectroscopies. Journal Wood Chemistry and Technology, 24(1):13-26.
- [23] Matsunaga, H., Kigushi, M. and Evans, P., 2007. Micro-distribution of metals in wood treated with a nano-copper wood preservative. International Research Group on Wood Protection, 7p, Sweden.
- [24] Tjeerdsma, B., and Militz, H., 2005. Chemical changes in hydroheat wood: FTIR analysis of combined hydroheat and dry heat-treated wood. Holz Roh-Werkst, 63: 102-111.
- [25] Boonstra, M., and Tjeerdsma, B., 2006. Chemical analysis of heat-treated softwood. Holz Roh-Werkst, 64, 204-211.
- [26] Alén, R., Kotilainen, R., and Zaman, A., 2002. Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies*) at 180-225°C. Wood science and technology, 36: 163-171.
- [27] Sun, Q., Yu, H., Liu, Y., Li, J., Lu, Y. and Hunt, J.F., 2010. Improvement of water resistance and dimensional stability of wood through titanium dioxide coating. Holzforschung, 64: 757-261.
- [28] Hass, P., Wittel, F., McDonald, S.A., Marone, F., Stampanoni, M., Herrmann, H.J. and Niemzi, P., 2010. Pore space analysis of beech wood: The vessel network. Holzforschung, 64: 639-644.
- [29] Dagu, D., Kose, C., Kartal, S.N. and Edrin, N., 2011. Wood modification of wooden marine piles from the ancient byzantine port of eleutherius/Theodosius, Bioresources, 6(2): 987-1018.
- [30] Matsunaga, H., Kiguchi, M. and Philip, D., 2009. Micro distribution of copper-carbonate and iron oxide, nanoparticles in treated wood. Journal of Nanoparticle Research, 11:1087-1098.

## Effect of tin oxide nano particles and heat treatment on decay resistance and physical properties of beech wood (*Fagus orientalis*)

### Abstract

This research was conducted to investigate the effect of Tin oxide nanoparticles and heat treatment on decay resistance and physical properties of beech wood. Biological and physical test samples were prepared according to EN-113 and ASTM-D4446-05 standards respectively. Samples were classified into 4 groups: control, impregnation with Tin oxide nanoparticles, heat treatment and nano-heat treatment. Impregnation with Tin oxide nano at 5000ppm concentration was carried out in the cylinder according to Bethell method. Then, samples were heated at 140, 160 and 185°C for 2 and 4 hours. According to results, decay resistance improved with increasing time and temperature of heat treatment. Least weight loss showed 46.39% reduction in nano-heat samples treated at 180°C for 4 hours in comparison with control at highest weight loss. Nano-heat treated samples demonstrated the maximum amount of water absorption without significant difference with control and nanoparticles treated samples. Increase in heat treatment temperature reduced water absorption so that it is revealed 47.8% reduction in heat treated samples at 180°C for 4h after 24h immersion in water. In nano-heat treated samples at 180°C for 2h was measured least volume swelling. Volume swelling in nano-treated samples decreased 8.7 and 22.76% after 2 and 24 h immersion in comparison with the control samples respectively.

**Keywords:** heat treatment, physical properties, decay resistance, tin oxide nano.

**M. Ghorbani**<sup>1\*</sup>  
**F. Bavanaghi**<sup>2</sup>  
**A. Azarhazin**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate Prof., <sup>2</sup> M.Sc., <sup>3</sup> M.Sc.  
Student, Department of Wood & Paper,  
Faculty of Natural Resources, Sari  
Agricultural Sciences and Natural  
Resources University, Sari, Iran

Corresponding author:  
ghorbani\_mary@yahoo.com

Received: 2013.08.27  
Accepted: 2014.03.04