

## چین خوردگی و ترشوندگی چوب تیمار شده به روش گرمآبی

قانع میرزایی<sup>۱</sup>، بهبود محبی<sup>۲\*</sup> و تقی طبرسا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور  
<sup>۲</sup> دانشیار، گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور  
<sup>۳</sup> دانشیار، گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده فن آوری چوب و جنگل، دانشگاه گرگان، گرگان

### چکیده

بررسی چین خوردگی شدن چوب‌های راش (*Fagus orientalis*) و پالونیا (*Fagus orientalis*) بر اثر تیمار گرمآبی در کنار ویژگی‌های ترشوندگی و قابلیت جذب آنها هدف‌های اصلی این پژوهش بودند. بدین خاطر، نمونه‌های چوب با ابعاد ۶×۶×۵۰ سانتی‌متر تهیه شدند و سپس در درون رآکتور ویژه اصلاح چوب و در شرایط آبی، در دماهای ۱۳۰ و ۱۵۰ درجه سلسیوس و مدت زمان ماندگاری ۳۰ دقیقه تیمار شدند. وزن و ابعاد خشک نمونه‌ها پیش و پس از تیمار گرمآبی تعیین شدند تا چگالی، چین خوردگی، افت وزن ناشی از تیمار آنها تعیین شوند. هم‌چنین نمونه‌های کوچکی نیز تهیه شد و به مدت ۱۰۰۰ ساعت در آب غوطه‌ور شدند تا میزان جذب آب آنها اندازه‌گیری شود. زاویه ترشوندگی چوب‌ها نیز تعیین شد تا میزان آب‌گریزی آنها مشخص شود. نتایج نشان دادند که با افزایش دمای تیمار تا ۱۵۰ درجه سلسیوس، چگالی چوب‌ها افزایش یافت و چوب‌ها در همه جهت‌های خود دچار چین خوردگی شدند؛ ولی چین خوردگی مماسی چوب‌های تیمار شده بیش از جهت‌های دیگر بود. زاویه ترشوندگی چوب‌ها نیز با افزایش دمای تیمار بیش‌تر شد. تیمار گرمآبی سبب کاهش میزان جذب آب چوب‌های تیمار شده و افزایش ویژگی آب‌گریزی آنها شد.

**واژه‌های کلیدی:** تیمار گرمآبی، چوب‌های راش و پالونیا، چین خوردگی شدن، ترشوندگی، آب‌گریزی

## مقدمه

چوب از جمله موادی است که در صنعت و برای ساخت سازه‌های گوناگون کاربردهای فراوانی دارد. دلیل توجه صنایع به این ماده، ویژگی‌های کاربردی خوب آن است. چوب با وجود چگالی کم از مقاومت‌های مکانیکی بالایی برخوردار است. خواص زیبایی بسیاری دارد. ماده‌ای است که قابلیت کاربرد در ساخت جداکننده (ایزولاسیون)‌های گرمایی و صوتی را دارد. اما با وجود کاربردهای بسیار، این ماده مهندسی به دلیل داشتن برخی از ایرادها با محدودیت کاربرد روبه‌رو است. برای مثال این زیست بسپار طبیعی با مشکل تخریب زیستی رو به روست؛ به دلیل سرشت نم پذیرش، رطوبت را به خود جذب می‌کند؛ در برابر اشعه فرابنفش خورشید دچار تخریب می‌شود. دانشمندان سعی کردند که با شیوه‌های گوناگون حفاظتی بسیاری از این مشکلات را بر طرف نمایند. بدین خاطر، در دهه‌های گذشته تغییرات شگرفی در زمینه حفاظت چوب و کاربرد مواد حفاظتی ایجاد شد. امروزه استفاده از مواد حفاظتی مانند کرئوزوت و پنتا کلروفنول، به علت داشتن اثرگذاری‌های منفی بر محیط زیست، در بازار ممنوع شده‌اند و روز به روز از شمار آن‌ها نیز کاسته می‌شود [۱۸]. از سوی دیگر، تقاضا برای چوب‌های تیمار شده با روش‌های دوستدار طبیعت در سراسر جهان در حال افزایش می‌باشند. به همین دلیل، تیمارهایی پا به عرصه نهاده‌اند که با هدف اصلاح و حفاظت چوب، بدون استفاده از میکروبوکش‌ها و دیگر مواد حفاظتی سمی، ایجاد شده باشند.

دانش اصلاح چوب با نگرشی چند جانبه درصدد تغییر ویژگی‌های چوب، اصلاح ویژگی‌های و افزایش توانمندی‌های آن و برداشتن موانع موجود برای بازتر کردن گستره کاربردهای این ماده مهندسی است. در فرایندهای اصلاحی چوب، تلاش بر آن است تا ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی به سوی بهتر شدن پیش روند. روش‌های اصلاح چوب گوناگون هستند. اصلاح گرمایی از روش‌های اصلاحی است که در چرخه آن، با بهره‌گیری از گرما، ساختار چوب تغییر می‌یابد. این روش نیز خود انواع گوناگونی دارد که بسته به محیط گرمادهی (آب، بخار آب، روغن، نیتروژن، هوای خشک) نام ویژه‌ای دارد. تیمار

گرمایی یکی از شیوه‌های اصلاح گرمایی است که در چرخه آن، چوب در یک محیط آبی و در دمای بالاتر از نقطه جوش آب، تیمار می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهند که کلیه روش‌های اصلاح گرمایی بر ویژگی‌های چوب اثرگذار هستند. بر پایه گزارش‌ها، چوب تیمار شده توسط گرما دارای جذب رطوبت پایین [۱۹، ۱۴، ۱۵، ۹، ۲۴] و ثبات ابعاد بالا [۱۶] می‌باشد. هم‌چنین دوستدار محیط زیست بودن [۱] و ویژگی‌های بهینه دیگر این تیمار، افق جدیدی را به روی علم اصلاح چوب گشوده است. تأثیر تیمارهای گرمایی بر ویژگی‌های چوب بسته به نوع گونه متفاوت بوده است. برخی گزارش‌ها به کاهش چگالی بر اثر تیمارهای گرمایی پرداخته‌اند [۱۶، ۲۵]؛ اما در کنار آن به تغییر ابعاد ناشی از خروج مواد استخراجی حاصل از تخریب گرمایی اشاره‌ای نکرده‌اند و تنها به بروز پدیده چین خوردگی سلولی پرداخته‌اند [۵، ۶]. تجربه عملی نگارندگان این مقاله بیانگر تغییر ابعاد چوب در طی تیمار گرمایی بوده است؛ ولی این نکته از بعد ماکروسکوپی بررسی نشده است. بررسی رابطه پدیده چین خوردگی در کنار ویژگی‌های ترشوندگی و جذب آب چوب‌های تیمار شده، پرسشی است که قابلیت بررسی دارد. در این پژوهش با در نظر گرفتن دو گونه چوبی سبک (پالونیا) و نیمه سنگین (راش)، تأثیر تیمار گرمایی بر ویژگی‌های چین خوردگی شدن و دیگر ویژگی‌های فیزیکی مد نظر قرار گرفتند.

## مواد و روش انجام تحقیق

## تهیه چوب

برای تهیه نمونه‌های آزمونی، سه درخت راش (*Fagus orientalis*) (۶۰ ساله و دارای قطر برابر سینه ۶۰ سانتی-متر) از جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان نور (جنگل صلاح الدین کلا) و هم‌چنین سه درخت پالونیا (*Paulownia fortunei*) (هفت ساله و دارای قطر برابر سینه ۴۰ تا ۵۰ سانتی-متر) از جنگل آموزشی و پژوهشی واقع در منطقه شصت کلاته استان گرگان، قطع شدند و پس از حمل گرده بینه‌ها، نمونه‌هایی به ابعاد (ضخامت×پهنا×طول) ۶×۶×۵۰ سانتی‌متر تهیه شدند؛ به

این نمونه‌ها پس از جای گرفتن در سبدهای فلزی کوچک، همراه با نمونه‌های اصلی در رآکتور تیمار شدند. پس از تیمار، نمونه‌ها دوباره برای اندازه‌گیری وزن و ابعاد در آن خشک شدند (دمای  $103 \pm 2$  درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت) تا تغییر وزن و چین خوردگی ناشی از تیمار گرمابی بر پایه رابطه‌های ۲ و ۳ تعیین شوند.

$$M_f = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

$M_1$  = کاهش جرم (%)،  $M_1$  = وزن خشک نمونه پیش از تیمار گرمابی (g)،  $M_2$  = وزن خشک نمونه پس از تیمار گرمابی (g)

$$C_v = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100 \quad \text{رابطه ۳}$$

$C_v$  = چین خوردگی حجمی (%)،  $V_1$  = حجم خشک نمونه پیش از تیمار گرمابی (g)،  $V_2$  = حجم خشک نمونه پس از تیمار گرمابی (g)

#### جذب آب

از نمونه‌های تیمار شده به روش گرمابی و شاهد (راش و پالونیا)، نمونه‌هایی به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر تهیه شد و پس از خشک شدن در آن (دمای  $103 \pm 2$  درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت)، وزن و ابعاد آنها با دقت  $0.001$  گرم تعیین شدند. سپس نمونه‌ها به مدت  $1000$  ساعت، در آب مقطر غوطه ور شدند و در زمان‌های مختلف وزن‌شان دو باره اندازه‌گیری شد تا میزان جذب آب از رابطه ۴ تعیین شود.

$$W_A = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad \text{رابطه ۴}$$

$W_A$  = جذب آب (%)،  $M_1$  = وزن نمونه پس از خشک شدن در آن (g)،  $M_2$  = وزن تر نمونه پس از غوطه‌وری در آب (g)

طوری که محورهای هندسی و اورتوتروپیک (هم‌سونایکسان) آنها بر هم منطبق باشند.

#### تیمار گرمابی

برای یکسان سازی رطوبت چوب‌ها، نخست تکه‌های چوبی راش و پالونیا به مدت ۲۴ ساعت در بشکه‌های پلاستیکی دارای آب غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌های مزبور در درون رآکتور ویژه اصلاح چوب و مواد لیگنوسولوزی دارای آب جای داده شدند و در دماهای  $130$  و  $150$  درجه سلسیوس و به مدت زمان ماندگاری  $30$  دقیقه تیمار شدند. پس از تیمار، نمونه‌ها هوا خشک شدند.

#### آزمون‌های فیزیکی

##### چگالی (دانسیته)

چگالی نمونه‌ها بر پایه استاندارد ASTM D ۲۳۹۵ اندازه‌گیری شد [۲]. از تکه‌های چوب تیمار شده به روش گرمابی و شاهد (راش و پالونیا)، نمونه‌هایی به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر تهیه شدند و برای رسیدن به وزن و ابعاد ثابت در آن با دمای  $103 \pm 2$  درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و وزن آنها با دقت  $0.001$  گرم اندازه‌گیری شد. سپس ابعاد آنها نیز با دقت  $0.01$  میلی‌متر تعیین شد تا با استفاده از رابطه ۱ چگالی خشک نمونه‌ها محاسبه شود.

$$D_0 = \frac{M_0}{V_0} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

$D_0$  = چگالی خشک ( $\frac{g}{cm^3}$ )،  $M_0$  = وزن خشک نمونه (g)،  $V_0$  = حجم خشک نمونه ( $cm^3$ )

#### کاهش جرم و چین خوردگی شدن

برای کنترل تغییرات جرم و حجم، از چوب‌های راش و پالونیا نمونه‌هایی به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر تهیه شدند و پس از خشک شدن در آن (دمای  $103 \pm 2$  درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت)، با ترازوی Sartorius با دقت  $0.001$  گرم توزین شدند و ابعاد این نمونه‌ها نیز به کمک کولیس با دقت  $0.01$  میلی‌متر اندازه‌گیری شدند.

## ترشوندگی سطح

مماسی) قرار داده شد. به محض قرارگیری قطره آب روی سطح تکه چوبی، به کمک یک میکروسکوپ نوری، پخش شدن قطره آب تا لحظه تبدیل آن به یک فیلم نازک تصویر برداری شد (شکل ۱). سپس با استفاده از نرم افزار Movie Maker و در توالی زمانی هر ۵ ثانیه یک بار از تغییر تدریجی قطره عکس تهیه شد. بر روی عکس‌های مزبور و در محیط نرم افزار Image Tools زاویه تماس قطره با سطح چوب و در هر دو سوی قطره آب اندازه گیری شد تا روند تغییر زاویه تماس قطره آب و تحلیل رفتن آن در هر تیمار تعیین شود [۱۷]. این مشخصه (پارامتر) نشان دهنده شدت آب‌دوستی چوب می‌باشد.

فرآیند به وجود آمدن تماس کامل و پیوسته بین یک مایع و سطح یک ماده جامد را ترشوندگی می‌گویند و مهم‌ترین روش اندازه‌گیری آن، زاویه تماس است. از تکه های چوبی راش و پالونیا (تیمار شده به روش گرمایی و تیمار نشده به ابعاد (ضخامت×پهنا×طول)  $4/5 \times 5 \times 2$  سانتی‌متر برای انجام این آزمایش استفاده شد. تکه های چوبی تهیه شده پس از خشک شدن در آون، در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند. در مرحله بعد، پس از سنباده زنی، به کمک میکرو پیپت، یک قطره آب مقطر به حجم ۱۰ میکرو لیتر روی سطح تکه چوبی (سطح



شکل ۱- شیوه اندازه گیری زاویه تماس

پالونیا افزایش یافت. با افزایش دما از ۱۳۰ به ۱۵۰ درجه سلسیوس، مقدار چگالی چوب راش به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ ولی چگالی چوب پالونیا نسبت به دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس تغییری نکرد (جدول ۱). این بدین معنی است که چوب تیمار شده پالونیا چگالی بیشتری نسبت به شاهد داشت و چوب تیمار شده راش در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس از چگالی بالاتری برخوردار بود.

## نتایج

### چگالی

تغییرات چگالی چوب‌های راش و پالونیا طی تیمار گرمایی در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با افزایش دمای تیمار تا ۱۳۰ درجه سلسیوس، مقدار چگالی چوب راش، تغییر معنی‌داری نسبت به نمونه تیمار نشده از خود نشان نداد؛ در حالی که مقدار چگالی چوب

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس چگالی و مقایسه میانگین به روش دانکن

گروه بندی دانکن***		تجزیه واریانس	
دمای تیمار (C°)		اثر مستقل دما	گونه چوب
۲	۱		
۱۵۰	شاهد، ۱۳۰	۰/۰۱۷	راش
۱۵۰، ۱۳۰	شاهد	۰/۰۰۰	پالونیا

\*معنی‌دار در سطح اعتماد آماری بیش از ۹۵ درصد، \*\*معنی‌دار در سطح اعتماد آماری بیش از ۹۹ درصد، \*\*\*گروه بندی دانکن از کم‌ترین مقدار (۱) به بیش‌ترین مقدار (۲) می‌باشد. چند تیمار در یک گروه به معنی نبود تفاوت بین آن‌ها است.



شکل ۲- اثر دمای تیمار گرمایی بر چگالی و چین خوردگی حجمی چوب راش؛ حرف‌های a و b نشان دهنده گروه بندی دانکن به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقادیر چگالی می‌باشند.



شکل ۳- اثر دمای تیمار گرمایی بر چگالی و چین خوردگی حجمی چوب پالونیا؛ حرف‌های a و b نشان دهنده گروه بندی دانکن به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقادیر چگالی می‌باشند.

داشت (شکل‌های ۲ و ۳). بررسی چین خوردگی در جهت‌های مختلف چوب نیز نشان داد که میزان کاهش در جهت مماسی بیش از شعاعی و طولی بود (جدول ۲). نمونه‌ای از چین خوردگی حجمی چوب پالونیا در شکل ۴ نشان داده شده است. به خوبی می‌توان دید که چوب آغاز بیش از چوب پایان دچار چین خوردگی شده است؛ در حالی که نمونه تیمار نشده ساختاری به طور کامل سالم دارد.

**تغییر جرم و حجم چوب**- بررسی تغییر جرم و حجم یا چین خوردگی شدن چوب‌های تیمار شده نشان داد که با افزایش دمای تیمار در هر دو گونه چوب افت وزن روی می‌دهد (جدول ۲). این افت در دمای بالاتر بیش‌تر بود. در گونه پالونیا نیز میزان افت وزن بیش از راش بود. کاهش حجم یا چین خوردگی چوب نیز به دنبال افزایش دمای تیمار روی داد؛ به گونه ای که در دمای بالاتر، میزان کاهش حجم در هر دو گونه بیش‌ترین مقدار را

جدول ۲- کاهش وزن و حجم نمونه‌های تیمار شده به روش گرمابی

گونه چوب	دمای تیمار (C°)	کاهش وزن (%)	کلاپس (%)		
			طولی	شعاعی	مماسی
راش	۱۳۰	۲/۹ ± ۰/۳*	۰/۵	۲/۲	۳/۱
	۱۵۰	۳/۹ ± ۰/۳	۰/۹	۲/۷	۵/۲
پالونیا	۱۳۰	۳/۳ ± ۱/۱	۰/۴	۱/۹	۵/۲
	۱۵۰	۷/۸ ± ۰/۸	۰/۷	۲/۳	۵/۶

\* انحراف معیار ± میانگین



تیمار نشده



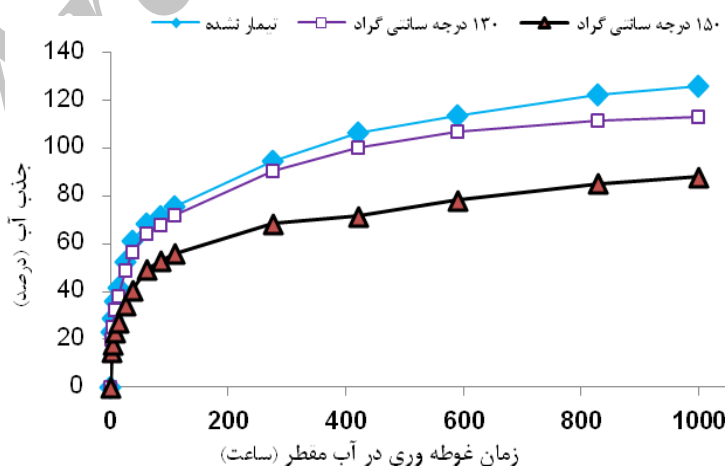
تیمار شده

شکل ۴- کلاپس شدن چوب پالونیا بر اثر تیمار گرمابی (مقطع عرضی)؛ R: شعاعی، T: مماسی؛ نمونه‌ها در اون خشک شده‌اند.

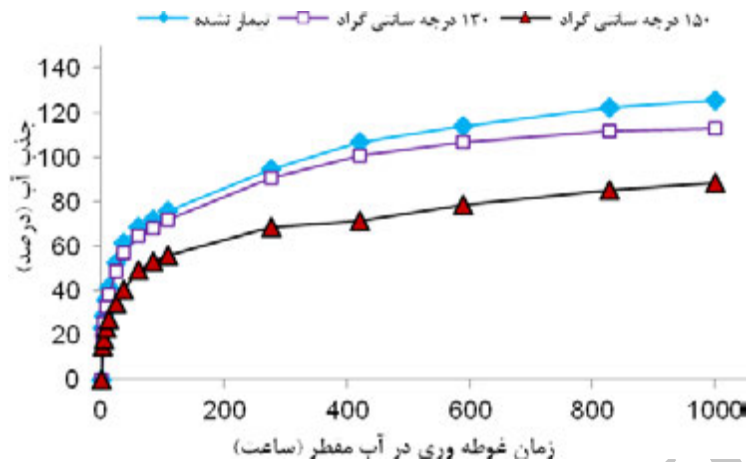
تیمار گرمابی، میزان جذب آب در هر دو گونه چوب کاهش یافت. میزان این کاهش، در چوب راش بارزتر از چوب پالونیا بود (شکل‌های ۵ و ۶).

### جذب آب

نتایج مربوط به جذب آب چوب‌های راش و پالونیا در طی ۱۰۰۰ ساعت غوطه‌وری نشان دادند که با افزایش دمای



شکل ۵- اثر دمای تیمار گرمابی بر جذب آب دراز مدت چوب راش

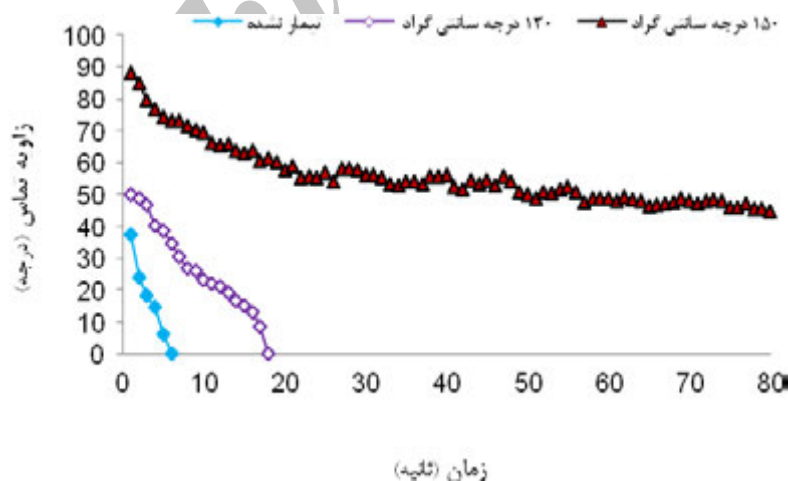


شکل ۶- اثر دمای تیمار گرمایی بر جذب آب دراز مدت چوب پالونیا

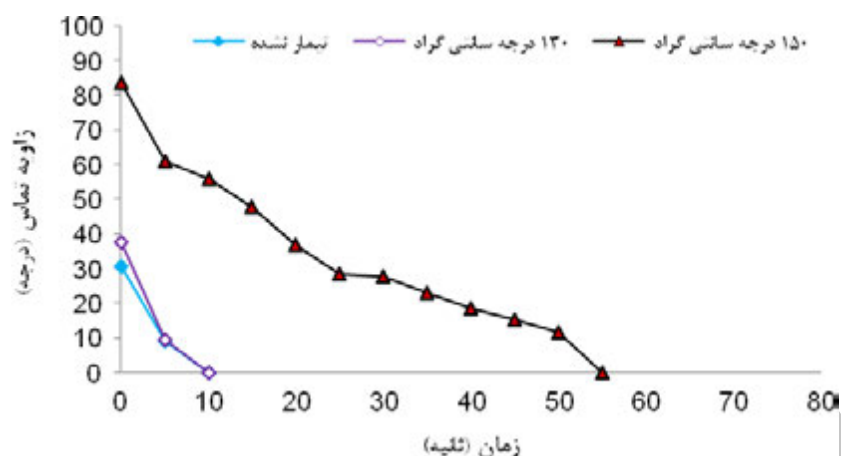
پالونیا کماکان بیش از چوب راش بود. با دقت در هر دو شکل می‌توان دید که زاویه تماس در هنگام فرود قطره بر روی سطح چوب‌های تیمار شده، به گونه‌ای است که با افزایش دمای تیمار زاویه تماس بزرگ‌تر می‌شود. این بدین معنی است که چوب‌های تیمار شده آب‌گریزتر می‌شوند.

### زاویه تماس

نتایج به دست آمده از بررسی زاویه تماس نشان دادند که با افزایش دمای تیمار گرمایی، سرعت پخش شدن و تحلیل رفتن قطره آب کاهش یافت و زمان لازم برای کوچک شدن زاویه تماس قطره آب در روی سطح چوب-های راش و پالونیا افزایش نشان داد (شکل‌های ۷ و ۸). هم چنین دیده شد که سرعت افت زاویه تماس در چوب



شکل ۷- اثر دمای تیمار گرمایی بر زاویه تماس در چوب راش



شکل ۸- اثر دمای تیمار گرمآبی بر زاویه تماس در چوب پالونیا

## بحث

بر پایه نتایج این بررسی، با افزایش دمای تیمار از وزن هر دو گونه کاسته شد و حجم چوب‌های تیمار شده نیز کم شد و نمونه‌ها دچار چین خوردگی شدند؛ اما چگالی هر دو گونه افزایش نشان داد (جدول ۲). در بیان دلیل افزایش چگالی به تناسب شدت تیمار، می‌توان چنین گفت که در واقع، چگالی نسبت جرم به حجم می‌باشد؛ لذا تغییر در هر جز از این نسبت، سبب تغییر در مقدار چگالی خواهد شد. یعنی هرگونه افزایش جرم و یا کاهش حجم در این نسبت، سبب افزایش چگالی می‌شود. گزارش‌ها نشان می‌دهند که بر اثر تیمارهای گرمایی و تخریب بخشی از ساختار بسیاری دیواره‌های سلولی (به ویژه همی سلولزها) و خروج آنها، افت وزن روی می‌دهد [۲۳، ۷] و بر اثر آن پدیده چین خوردگی سلولی [۵، ۶] بروز می‌کند و به دنبال آن، کاهش حجم چوب روی می‌دهد. بدیهی است که خروج ماده سلولی و کاهش حجم به طور هم زمان، چگالی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ لذا هر چه میزان کاهش حجم چوب بیش‌تر باشد، سبب افزایش چگالی می‌گردد. بنابر این، می‌توان گفت که در هر دو گونه راش و پالونیا میزان کاهش حجم بیش از کاهش جرم بوده است؛ پس افزایش چگالی قابل پیش بینی است. از آن جایی که خروج مواد تخریبی ناشی از تیمار گرمآبی [۱۰] سبب فرو ریختن ساختار دیواره‌های

سلولی می‌شود [۵، ۶]. بدین سبب می‌توان دلیل کاهش حجم و افزایش چگالی را بدان نسبت داد. برای بیان دلیل کاهش جذب آب می‌توان چنین گفت که با توجه به نتایج به دست آمده در مورد کاهش وزن و حجم نمونه‌های تیمار شده به روش گرمآبی (جدول ۲)، چین خوردگی ایجاد شده که ناشی از کاهش حجم نمونه‌ها می‌باشد؛ منجر به کاهش فضاهای خالی موجود در بافت چوب شده است [۸]. پس می‌توان احتمال داد که در نتیجه کاهش فضاهای خالی و بسته شدن روزنه های موجود در دیواره‌های سلولی، فضای لازم برای استقرار مولکول‌های آب در چوب، کم شده است و در نهایت، جذب آب و رطوبت کاهش یافته است. از آن‌جا که آب‌دوست بودن ساختار چوب از گروه‌های هیدروکسیل مستقر در روی بسپارهایی مانند سلولز و همی سلولز منشا می‌گیرد؛ بنابر این، کاهش شمار این گروه‌ها در تیمار گرمآبی [۲۲] را می‌توان دلیل مهم دیگری برای کاهش جذب رطوبت و آب در چوب‌های تیمار شده ذکر کرد. در دماهای بالا، همی سلولزها ممکن است که به بسپارهای دیگری مانند فورفورال تبدیل شدند که این بسپارها تا حدودی آب‌گریز می‌باشند [۱۲، ۷]. اسیدهای ناشی از کنده شدن گروه‌های استیل موجود در روی همی سلولزها (در دماهای بالا) [۱۰، ۲۰، ۲۱] قادر به برقراری پیوندهای استری با گروه‌های هیدروکسیل



عرضی بین بسپارهای سازنده دیواره‌های سلولی و انجام واکنش‌های استری مربوط دانست [۲۰، ۲۱، ۲۲]. با توجه به این که رطوبت می‌تواند دمای انتقال شیشه‌ای بسپارهای سازنده دیواره‌های سلولی را کاهش دهد [۱۳]؛ به احتمال آبی بودن شرایط تیمار در مرحله اول تیمار گرمایی و دمای بالا، می‌تواند دمای انتقال شیشه‌ای لیگنین را کاهش دهد. در این شرایط، تحرک لیگنین بیش‌تر می‌شود و می‌تواند مکان‌های جذب آب و رطوبت در چوب (گروه‌های هیدروکسیل) را مسدود (بلوکه) کند و مانع از دسترسی مولکول‌های آب به این مکان‌ها شود و در نهایت ترشوندگی سطح چوب را کاهش دهد.

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار گرمایی باعث بروز پدیده چین خوردگی در همه ابعاد چوب می‌شود و میزان چین خوردگی در جهت مماسی بیش از دیگر جهت‌ها می‌باشد. از سوی دیگر، تیمار گرمایی کاهش جذب آب و ترشوندگی و هم چنین افزایش چگالی نمونه‌های راش و پالونیا را به همراه دارد.

موجود در دیگر بسپارهای سازنده دیواره‌های سلولی می‌باشند [۲۰، ۲۱]. واکنش‌های استری شدن نیز به نوبه خود می‌توانند نم‌پذیری چوب را کاهش دهند [۲۲]. چنانچه به نمودارهای جذب آب مربوط به چوب‌های راش و پالونیا دقیق‌تر نگریسته شود، می‌توان گفت که این چوب‌ها آهسته‌تر و کم‌تر از چوب‌های شاهد، آب را به خود جذب کرده‌اند. پس می‌توان این نکته را دلیلی بر آبریز شدن بافت چوب در طی تیمار گرمایی بیان کرد [۱۱، ۱۶]. افزایش بلورینگی سلولز بر اثر تیمارهای گرمایی [۳، ۴] و تخریب نواحی بی‌شکل موجود در ریز تار نارک (میکروفیبریل)های سلولزی را دلیل دیگر کاهش جذب آب چوب تیمار شده به روش گرمایی بیان کرده‌اند.

سلولز و همی سلولز بسپارهایی هستند که دارای گروه‌های هیدروکسیل می‌باشند و قادر به تشکیل پیوند هیدروژنی با آب می‌باشند. بنابر این، هنگامی که مولکول‌های آب در تماس با این گروه‌های آب‌دوست قرار می‌گیرند، جذب چوب می‌شوند. بخشی از بالا بودن زاویه تماس را می‌توان به کاهش شمار گروه‌های هیدروکسیل مستقر بر روی زنجیرهای سلولز و همی سلولز، افزایش بلورینگی سلولز، انجام واکنش‌های منتج به ایجاد پیوند

### منابع

- 1- Anonymous, 2002. The Plato technology: A novel wood upgrading technology, Online at: [www.platwood.nl](http://www.platwood.nl).
- 2- American Society for Testing of Materials, ASTM D 2395-02, 2003. Standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials.
- 3- Ayrilmiş, N., Laufenberg, T.L. and Winandy, J. E., 2009. Dimensional stability and creep behavior of heat treated exterior medium density fiberboard, *European Journal of Wood Products*, Vol. 67: 287-295.
- 4- Bhuiyan, M.R.T., Hirai, N., and Sobue, N., 2002. Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions, *Wood Science*, Vol. 46: 431-436.
- 5- Boonstra, M.J., Rijdsdijk, J.F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., van Acker, J. and Stevens, M., 2006a. Microstructural and physical aspects of heat treated wood. I. Softwoods, *Maderas. Ciencia Y Tecnologia*, Vol. 8 (3):193-208.
- 6- Boonstra, M.J., Rijdsdijk, J.F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H. and van J. Stevens M., 2006b: Microstructural and physical aspects of heat treated wood. II. Hardwoods, *Maderas. Ciencia Y Tecnologia* Vol. 8 (3): 209-217.
- 7- Boonstra, M.J. and Tjeerdsma, B., 2006. Chemical analysis of heat treated softwoods, *Holz als Roh- Und Werkstoff*, Vol. 64 (3): 204-211.
- 8- Christiansen, A.W., 1990. How overdrying wood reduces its bonding to phenol formaldehyde adhesives: a Critical Review of the literature. Part I. Physical responses, *Wood and Fiber Science*, Vol. 22: 441-459.
- 9- Esteves, B., Marques, A.V., Domingis, I. and Pereira, H., 2007. Influence of steam heating on the properties of pine and eucalypt woods, *Wood and Science Technology*, Vol. 41: 193-207.

- 10- Garrote, G., Domínguez, H. and Parajo, J.C., 1999. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials; Holz als Roh- und Werkstoff, Vol. 57 (3): 191-202.
- 11- Gündüz, G., Aydemir, D. and Karakas, G., 2009. The Effect of thermal treatment on the mechanical properties of wild pear (*Pyrus elaeagnifolia*) wood and changes in physical properties, Materials and Design, Vol. 30: 4391-4395.
- 12- Hillis, W.E., 1984. High temperature and chemical effects on wood stability, Wood Science and Technology, Vol. 18: 281-293.
- 13- Kelley, S.S., Rials, T.G. and Glasser, W.G., 1987. Relaxation behavior of the amorphous components of wood, Journal of Materials Science, Vol. 22: 617-624.
- 14- Kubojima, Y. and Ohta, M., 2000. Bending strength and toughness of heat treated wood, Journal of Wood and Fiber Science, Vol. 46: 8-15.
- 15- Metsä-Kortelainen, S., Antikainen, T. and Vittaniemi, P., 2005. Water absorption of sapwood and heartwood of Scots pine and Norway spruce heat treated at 170°C, 190°C and 230°C, Holz als Roh-und Werkstoff, Vol. 64: 192-197.
- 16- Mohebbi, B. and Sanaei, I., 2005. Influence of hydrothermal treatment on physical properties of beech wood, The International Research Group on Wood Preservation, IRG Document No. IRG/WP 05-40303.
- 17- Mohebbi, B., Fallah-Moghadam, P., Ghotbifar, A. R. and Kazemi-Najafi, S., 2011: Influence of Maleic-Anhydride-Polypropylene (MAPP) on Wettability of Polypropylene/Wood Flour/GlassFiber Hybrid Composites, J. Agri. Sci., Vol. 13: 877-884.
- 18- Poncsak, S., Kocaefe, D., Gastonguay, L. and Younsi, R., 2006. Thermal treatment of electrical poles, Wood Science and Technology, Vol. 43: 471-486.
- 19- Santos, J.A., 2000. Mechanical behaviour of eucalyptus wood modified by heat, Wood Science and Technology, Vol. 34: 39-42.
- 20- Sundqvist, B., Westermark, U. and Eriksson G., 2006a. Degradation of cellulose during hydrothermal treatment of wood (*Betula pubescens* Enrh.), Cellulose Chemistry and Technology, Vol. 40 (3): 217-221.
- 21- Sundqvist, B., Karlsson, O. and Westermark, U., 2006b. Determination of formic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness, Wood Science and Technology, Vol. 40 (7): 549-561.
- 22- Tjeerdma, B.F. and Militz, H., 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood, Holz als Roh-und Werkstoff, Vol. 63(2): 102-111.
- 23- Weiland, J.J. and Guyonnet, R., 2003. Study of chemical modification and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy, Holz als Roh- und Werkstoff, Vol. 61: 216-220.
- 24- Winandy, J.E. and Smith, W.R., 2006. Enhancing composite durability: Using thermal treatments, In: Barnes, H.M. (ed.), Proceed. Wood Protection, March 21–23, Forest Products Society, New Orleans, Louisiana, pp 195–199.
- 25- Yildiz, S. and Gümüşkaya, E., 2007. The effect of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood, Building and Environment Vol. 42(4): 62-67.

## Collapsibility and Wettability of Hydrothermally Treated Wood

Gh. Mirzaei<sup>1</sup>, B. Mohebbi<sup>\*2</sup> and T. Tabarsa<sup>3</sup>

### Abstract

Study on collapsibility of oriental beech (*Fagus orientalis*) and paulownia (*Paulownia fortune*) woods due to their hydrothermal modification as well as the wettability and the water absorption were the main concerns of this research work. Out of these species, blocks of sizes 50×6×6cm were prepared and treated at temperatures of 130 and 150°C with a holding time of 30min in a stainless steel reactor containing the water. Oven dried weights and dimensions of the blocks were measured before and after the hydrothermal treatment to determine the density, collapsibility and mass loss due to applied treatment. Furthermore, small blocks of the treated wood were prepared and soaked in water for 1000-hr to determine their water absorption. The wettability of the woods were also measured to determine the water repellency. Results revealed that any raise of treatment temperature up to 150°C increases the density and the collapsibility. Treated wood collapsed in all directions; however, tangential collapse was much worse than the other directions. The contact angle was increased by rise of the treatment temperature. Hydrothermal treatment has reduced water absorption and increased the hydrophobicity of the woods.

**Keywords:** Hydrothermal treatment, Beech and paulownia, Collapsibility, Wettability, Hydrophobicity

\* Corresponding author: Email: mohebbiyb@modares.ac.ir