

## اثر شرایط مختلف اصلاح روغن گرمایی بر ساختار شیمیایی و خواص فیزیکی چوب گونه لرگ

*(Pterocarya fraxinifolia)*

## چکیده

چوب یکی از منابع بسیار مهم طبیعی بوده و حفاظت از آن برای افزایش طول عمر محصولات ساخته شده، امری اجتناب ناپذیر است. اصلاح با روغن‌های داغ سبب می‌شود که گرما به صورت یکنواخت به داخل چوب منتقل شود و با ایجاد تغییر شیمیایی در ماکرومولکول‌های چوب، آب‌دوستی آن را کم کند. در این پژوهش اثر اصلاح روغن گرمایی در حضور روغن بزرک بر خواص فیزیکی و ساختار شیمیایی چوب گونه‌ی لرگ بررسی گردید. برای این منظور نمونه‌های چوبی در محیط روغن بزرک، تحت دمای ۱۴۰، ۱۷۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در دو بازه زمانی ۲ و ۴ ساعت گرمادهی شدند. بر اساس نتایج، جذب آب نمونه‌های اصلاح شده کمتر از شاهد بود و مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت با افزایش دمای تیمار کاهش یافت اما زمان اصلاح گرمایی تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین طیف‌سنجی مادون قرمز مؤید کاهش گروه‌های هیدروکسیل چوب، در نمونه‌های اصلاح روغن گرمایی شده می‌باشد که با افزایش دمای اصلاح، این کاهش محسوس‌تر گردید.

**واژگان کلیدی:** اصلاح روغن گرمایی، روغن بزرک، چوب لرگ، کارایی آب‌گریزی، ساختار شیمیایی.

رئوفه عابدینی<sup>۱\*</sup>مریم گرچی<sup>۲</sup>

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

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

مسئول مکاتبات:

[r.abedini@sanru.ac.ir](mailto:r.abedini@sanru.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۳۰

## مقدمه

چوب ماده‌ای طبیعی، تجدیدپذیر با تنوع وسیع از نظر بافت، رنگ و دانسیته می‌باشد. گروه‌های هیدروکسیل ترکیبات تشکیل‌دهنده چوب، آن را مستعد تغییر ابعاد و تخریب توسط ریزجانداران می‌کند که به کاهش عمر مفید چوب در زمان مصرف می‌انجامد [۱]. از جمله راهکارهای تثبیت ابعاد چوب، اصلاح چوب با مواد شیمیایی، اشباع با مونومر و اصلاح گرمایی می‌باشد [۲]. اساس روش‌های اصلاح گرمایی، تغییر شیمی پایه چوب با استفاده از گرمادهی در دمای بالا می‌باشد. دماهای بالاتر سبب تغییر ماهیت شیمیایی مواد تشکیل‌دهنده دیواره سلولی (بیشتر همی سلولز و لیگنین) می‌شوند؛ ساختار همی سلولز در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و لیگنین

در دمای بالای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌یابد [۳]. تخریب همی سلولزها طی اصلاح گرمایی، منجر به تغییر رنگ چوب، بهبود مقاومت در برابر پوسیدگی، افزایش ثبات ابعاد و همچنین کاهش مقاومت‌های مکانیکی می‌گردد [۴]. اصلاح گرمایی در محیط‌های مختلف از جمله آب، بخار آب، نیتروژن و روغن داغ انجام می‌شود. روغن داغ انتقال حرارتی سریع و یکسان را در تمامی عناصر چوب به وجود آورده و سبب می‌شود که گرما به صورت یکنواخت به داخل چوب منتقل شود [۵].

در اصلاح روغن گرمایی، روغن‌های گیاهی به دلیل ساختار فیزیکی و شیمیایی و همچنین تجدید پذیری و غیر سمی بودن مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳، ۵]. اصلاح روغن گرمایی، با دفع آب در حضور روغن به کاهش

این گونه اگرچه با گونه گردو در یک خانواده قرار دارد و شباهت‌های ظاهری زیادی با درختان گردو دارد، اما برخلاف گردو، چوبی سبک و کم‌دوام دارد که سبب کاهش کاربرد آن شده است. در تحقیق حاضر سعی بر آن است که با بررسی تغییرات ایجاد شده در خواص فیزیکی و شیمیایی گونه‌ی چوبی لرگ اصلاح گرمایی شده تحت سطوح دمایی و زمانی مختلف در محیط روغن بزرک، به شرایط بهینه اصلاح این گونه دست یافت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه نمونه‌های چوبی

در این پژوهش چوب گونه لرگ راست‌تار و فاقد عیب تهیه و پس از خشک شدن در هوای آزاد، بر اساس استاندارد ASTM-D4442 نمونه‌هایی از برون‌چوب با ابعاد  $20 \times 20 \times 20$  میلی‌متر در ۵ تکرار برای هر سطح اصلاح آماده شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $2 \pm 10.3$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن و ابعاد خشک به ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت  $0.01$  گرم و کولیس با دقت  $0.01$  میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

### اصلاح روغن گرمایی

برای اصلاح روغن گرمایی در روغن بزرک خام نمونه‌های آزمونی غوطه‌ور در روغن بزرک، در پنج تکرار تحت دماهای ۱۴۰، ۱۷۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، در دو بازه زمانی ۲ و ۴ ساعت در آون گرمادهی شدند؛ پس از اتمام فرآیند اصلاح، وزن و ابعاد آن‌ها اندازه‌گیری شد.

### طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR)

برای ارزیابی ساختار شیمیایی نمونه‌های شاهد و اصلاح‌شده به‌وسیله طیف‌سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه، پودر چوب با اندازه کوچک‌تر از مش ۸۰ تهیه شد و در آون با دمای  $2 \pm 10.3$  درجه خشک شد. سپس پودر چوب توسط دستگاه طیف‌سنجی Algilent مدل Cary 630، ساخت آمریکا، بررسی گردید و نتایج در طول موج  $4000-500$   $\text{cm}^{-1}$  ثبت شد.

رطوبت تعادل، افزایش پایداری ابعاد و متعاقباً کاهش تخریب ناشی از حشرات و قارچ منتهی می‌گردد. روغن بزرک یکی از موادی است که به‌طور سنتی در سطح گسترده‌ای جهت تیمار سطحی آثار چوبی در ایران، استفاده می‌شود. روغن بزرک به دلیل داشتن مقدار زیادی اسیدهای چرب پلیمری غیراشباع مانند لینولنیک و لینولئیک‌اسید و اسیدهای غیراشباع مونومری مثل اولئیک‌اسید، به‌عنوان روغن خشک‌کننده شناخته شده‌اند [۶]. روغن بزرک داغ با انتقال یکنواخت گرما در چوب به بهبود خواص فیزیکی و زیستی چوب می‌انجامد [۷، ۸].

Lyon و همکاران (۲۰۰۷)، گزارش کردند اصلاح روغن گرمایی با روغن بزرک دوام گونه‌های چوبی *Cryptomeria japonica* و *Fagus crenata* در برابر حمله قارچ مولد پوسیدگی سفید و قهوه‌ای را بهبود بخشید [۶]. Ahmed و همکاران (۲۰۱۷)، اظهار داشتند که اصلاح روغن گرمایی چوب گونه‌های راش و صنوبر با روغن تانگ و ترکیبی از روغن بزرک و روغن تار کاج، سبب بهبود پایداری ابعاد و کاهش جذب آب و تخریب قارچی گردید [۹].

Chehreh و همکاران (۲۰۱۲)، اظهار داشتند اعمال اصلاح گرمایی با روغن کلزا به افزایش پایداری ابعاد و کاهش جذب آب نمونه‌های چوبی صنوبر انجامید و این بهبود با افزایش دما و زمان اصلاح محسوس‌تر بود [۲]. Asadi Khorramabadi و همکاران (۲۰۱۴)، بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی چوب راش اصلاح گرمایی شده با روغن سوپای اصلاح‌شده را گزارش کردند [۱۰]. Ghorbani و Hosseinzadeh (۲۰۱۵)، نیز اظهار داشتند افزایش دما و زمان اصلاح روغن گرمایی در حضور روغن پنبه‌دانه، به بهبود معنی‌دار پایداری ابعاد و مقاومت به پوسیدگی نمونه‌های چوبی راش، منتهی شد [۱۱]. بر اساس تحقیقات انجام‌شده، اصلاح گرمایی در محیط روغن گیاهی به بهبود برخی خواص چوب‌های کم‌دوام خواهد انجامید، ولیکن تعیین شرایط بهینه اصلاح برای گونه‌های متفاوت نیاز به تحقیق دارد.

لرگ (*Pterocarya fraxinifolia* (Lam) Spach)، گونه‌ای تند رشد [۱۲] متعلق به خانواده Juglandaceae یکی از گونه‌های جنگل‌های خزری است که در حقیقت باقیمانده جنگل‌های دوران سوم زمین‌شناسی است.

## خواص فیزیکی

ASE: کارایی ضد واکشیدگی چوب اصلاح شده (%).

S1: واکشیدگی چوب شاهد (%). S2: واکشیدگی چوب اصلاح شده (%).

## نتایج و بحث

## طیف زیر قرمز

شکل ۱ نتایج طیف‌سنجی زیر قرمز و جدول ۱ مهم-ترین گروه‌های عاملی مشاهده شده در طیف نمونه‌های شاهد و اصلاح شده در دماهای مختلف طی مدت‌زمان ۴ ساعت را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج طیف‌سنجی، پیک  $3400\text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاشات کششی گروه هیدروکسیل چوب می‌باشد که بیشترین و کمترین شدت آن به ترتیب مربوط به سطوح شاهد و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد/ ۴ ساعت بود. افزایش دما باعث کاهش شدت پیک مربوط به گروه هیدروکسیل الکی، فنلی و اسیدی شده است که نشان-دهنده کاهش گروه‌های هیدروکسیل آزاد چوب و کاهش ظرفیت جذب رطوبت در چوب اصلاح گرمایی شده می‌باشد [۱۳]. طی اصلاح گرمایی ابتدا همی سلولزها، سپس بخش آمورف سلولز و لیگنین تخریب می‌شوند [۱۴]. همی سلولزها پایداری حرارتی کمی دارند و با اعمال حرارت گروه‌های استیل آن به اسید استیک تبدیل می‌شود [۱۳]. تغییرات شیمیایی با جدا شدن گروه استیل از همی سلولز شروع می‌شود و سپس در حضور اسیداستیک آزاد شده، باز شدن زنجیره (دپلمیریزاسیون) همی سلولز رخ می‌دهد. همزمان، با از دست دادن گروه‌های هیدروکسیل، همی سلولز تخریب می‌شود [۱۵].

برای تعیین خواص فیزیکی، پس از اندازه‌گیری وزن و حجم خشک، نمونه‌ها در آب غوطه‌ور شده و تا رسیدن به وزن ثابت، وزن و حجم‌تر آن‌ها در بازه‌های زمانی مختلف اندازه‌گیری شد. در نهایت جذب آب، کارایی آب‌گیری، واکشیدگی حجمی و کارایی ضد واکشیدگی نمونه‌ها مطابق روابط ۱ تا ۵ محاسبه گردید:

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

WPG: افزایش وزن (%).  $W_1$ : وزن خشک قبل از اصلاح (g).  $W_2$ : وزن خشک نمونه‌های اصلاح گرمایی شده (g).

$$W_A(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

W<sub>A</sub>: جذب آب (%).  $W_2$ : وزن بعد از غوطه‌وری در آب (g).  $W_1$ : وزن قبل از غوطه‌وری در آب (g).

$$WRE(\%) = \frac{W_{ac} - W_{at}}{W_{ac}} \times 100 \quad (3)$$

WRE: کارایی آب‌گیری (%).  $W_{ac}$ : جذب آب چوب شاهد (g).  $W_{at}$ : جذب آب چوب اصلاح شده (g).

$$S(\%) = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 \quad (4)$$

S: واکشیدگی حجمی (%).  $V_2$ : حجم چوب پس از غوطه‌وری در آب ( $\text{cm}^3$ ).  $V_1$ : حجم چوب قبل از غوطه‌وری در آب ( $\text{cm}^3$ ).

$$ASE(\%) = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 \quad (5)$$

جدول ۱: مهم‌ترین گروه‌های عاملی مشخص شده در طیف مادون‌قرمز در اصلاح گرمایی ۴ ساعت

عدد موج در هر تیمار				گروه عاملی
۴-۲۰۰h	۴-۱۷۰h	۴-۱۴۰h	شاهد	
۳۳۴۰	۳۳۳۱	۳۳۲۶	۳۳۳۲	OH الکل، فنل و اسید [۱۴]
۲۹۲۲	۲۹۲۳	۲۹۲۲	۲۹۲۲	ارتعاش کششی نامتقارن C-H در گروه متیلن (CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> ) سلولز [۱۹ و ۱۶]
۲۸۵۳	۲۸۵۳	۲۸۵۴	۲۸۵۳	CH(CH <sub>2</sub> ) [۱۷]
۱۷۴۲	۱۷۴۲	۱۷۳۹	۱۷۳۴	ارتعاش کششی گروه‌های کربونیل (C=O) همی سلولز، کربوکسیل و استیل [۱۵]
۱۲۳۵	۱۲۳۴	۱۲۳۴	۱۲۳۵	ارتعاش کششی C-O در Ph-O-C همراه با ارتعاش حلقه آروماتیک لیگنین و ارتعاش کششی C-O در زایلوگلوکان [۱۸]

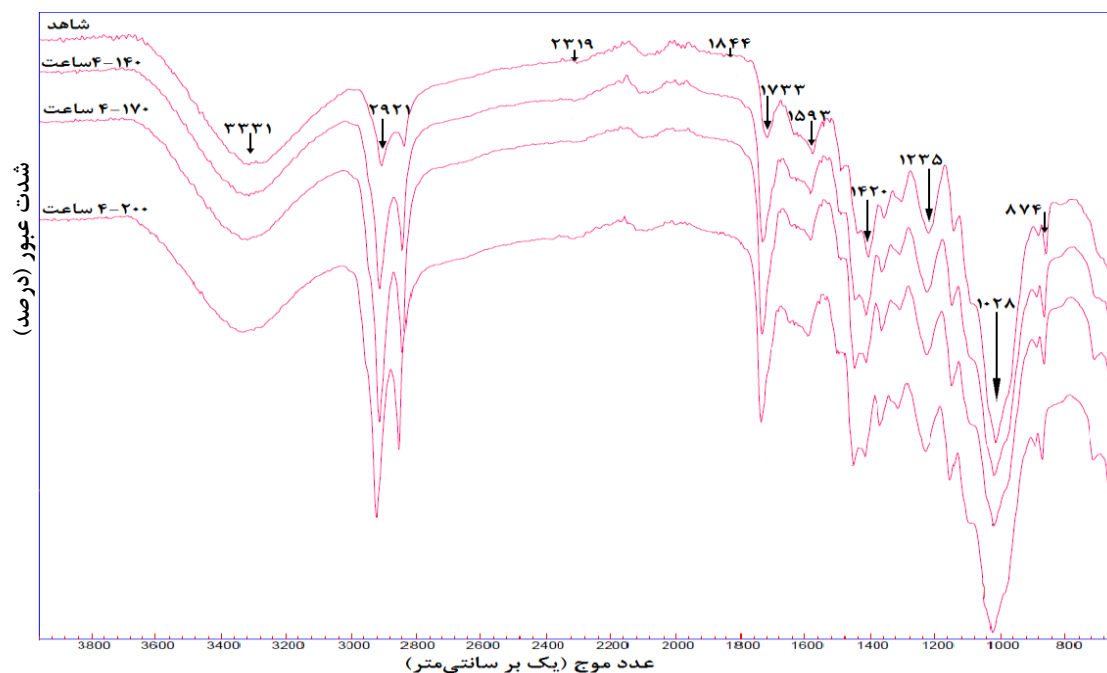
۲۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد (جدول ۱). از آنجا که عدد موج  $1720-1740 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به پیوند  $C=O$  در آلدئیدها می‌باشد [۴، ۱۵] این جابجایی می‌تواند به علت افزایش آلدئیدهای آزاد موجود در لیگنین باشد [۱۹]. پیک  $1420$  مربوط به ارتعاش حلقه آروماتیک لیگنین و ارتعاش خمشی  $C-H$  سلولز می‌باشد [۱۵] که اصلاح سبب کاهش شدت آن گردید. پیک  $1235 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش کششی  $C-O$  حلقه آروماتیک لیگنین و ارتعاش کششی  $C-O$  در زایلوگلوکان می‌باشد [۱۸] که شدت آن در تیمار  $170-4$  ساعت و  $200-4$  ساعت، کمتر از نمونه شاهد و مؤید از دست دادن گروه‌های استیل بود [۱۸].

### اثر اصلاح بر خواص فیزیکی

خواص فیزیکی چوب لرگ اصلاح گرمایی شده با روغن بزرک و چوب تیمار نشده (شاهد)، اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

پیک‌های ناحیه  $2855-2950 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاشات کششی نامتقارن  $C-H$  و  $CH_2$  در گروه‌های متیل سلولز می‌باشد [۱۶، ۱۹] و همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت پیک آن در سطح شاهد کمترین و در سطح  $200$  درجه سانتی‌گراد/۴ ساعت بیشترین بوده است. جذب  $C-H$  کششی مربوط به اسیدهای کربوکسیلیک روغن بزرک موجب تشدید نوارهای جذبی این محدوده شده است [۱۹].

پیک ناحیه  $1740 \text{ cm}^{-1}$  شاخص سنجش گروه کربونیل ( $C=O$ ) چوب است و شدت این پیک در نمونه‌های اصلاح-شده بیشتر از شاهد بود. حضور اسیدهای کربوکسیلیک اشباع و غیراشباع در روغن بزرک سبب شدت یافتن پیک کربونیل در طول موج  $1740 \text{ cm}^{-1}$  شده است [۱۹]. با اعمال اصلاح گرمایی شدت این پیک افزایش یافت و از عدد موج  $1734 \text{ cm}^{-1}$  در نمونه شاهد به عدد موج بالاتر  $1742 \text{ cm}^{-1}$  در نمونه‌های اصلاح‌شده در دمای  $170$  و



اصلاح‌شده و شاهد سطوح مختلف: سطوح زیر قرمز فوریه تبدیل شکل ۱- طیف

جدول ۲- میانگین خواص فیزیکی پس از ۵۰۴ ساعت غوطه‌وری بلندمدت

تیمار	جذب آب	کارایی آب‌گریزی	واکشیدگی حجمی	کارایی ضد واکشیدگی
شاهد	۱۷۸/۷۷	-	۲۵/۹۶	-
	a	-	a	-
	(۹/۵۷)	-	(۳/۷۲)	-
۱۴۰-۲ ساعت	۳۳/۸۷	۸۱/۰۵	۲۲/۰۱	۱۳/۶۶
	b	c	b	bc
	(۱/۱۶)	(۰/۶۵)	(۱/۷۴)	(۳/۱۴)
۱۴۰-۴ ساعت	۳۶/۱۵	۷۹/۷۷	۲۱/۷۴	۱۶/۹۳
	b	c	b	c
	(۲/۳۲)	(۱/۳۰)	(۱/۸۰)	(۲/۳۱)
۱۷۰-۲ ساعت	۳۶	۷۹/۸۶	۲۰/۸۵	۲۱/۲۹
	b	bc	b	c
	(۹/۶۴)	(۵/۳۹)	(۱/۴۳)	(۴/۰۹)
۱۷۰-۴ ساعت	۳۱/۲۹	۸۲/۵۰	۱۹/۳۵	۲۵/۶۲
	b	b	b	bc
	(۱/۹۰)	(۱/۰۶)	(۱/۳۵)	(۲/۸۸)
۲۰۰-۲ ساعت	۲۸/۸۹	۸۳/۸۴	۱۴/۹۵	۴۰/۷۰
	bc	a	c	a
	۴/۳۷	(۲/۴۵)	(۱/۳۸)	(۵/۴۸)
۲۰۰-۴ ساعت	۲۲/۴۷	۸۷/۰۴	۱۳/۱۶	۴۷/۷۹
	c	a	c	b
	(۰/۶۹)	(۰/۳۸)	(۱/۴۷)	(۵/۸۴)

\* حروف بیانگر گروه‌بندی دانکن و اعداد داخل پرانتز بیانگر انحراف معیار می‌باشند.

### افزایش وزن

شکل ۲ افزایش وزن نمونه‌های شاهد و تیمار شده را نشان می‌دهد. تغییرات دانسیته ناشی از اصلاح گرمایی، از نظر آماری معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین میزان افزایش وزن به ترتیب مربوط به سطوح اصلاح با روغن بزرک در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد/ ۲ ساعت و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد/ ۴ ساعت مشاهده شد. در اثر تیمار گرمایی، ترکیبات چوب (همی سلولز، سلولز و لیگنین) تخریب شده، وزن چوب کاهش می‌یابد. از آنجایی که مقدار جذب روغن خیلی بیشتر از کاهش وزن در اثر تخریب ترکیبات چوب می‌باشد، وزن نمونه‌ها در اثر تیمار گرمایی با روغن گیاهی افزایش یافت [۱۱]. بر اساس نتایج آماری، زمان در اصلاح با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر معنی‌داری در جذب روغن نداشت؛ اما در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش زمان اصلاح، افزایش وزن کمتری در اثر جذب روغن، نسبت به دیگر سطوح اصلاح ایجاد نمود که این امر می‌تواند ناشی از تخریب ترکیبات

چوب در دمای بالا و زمان طولانی باشد. تحقیقات Karlssone و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد اصلاح روغن گرمایی در دمای ۱۸۰ درجه سبب افزایش وزن نمونه‌های اصلاح شده گردید، اما افزایش دما به ۲۱۰ و ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش وزن شد که این کاهش وزن در زمان طولانی‌تر بیشتر بود [۸].

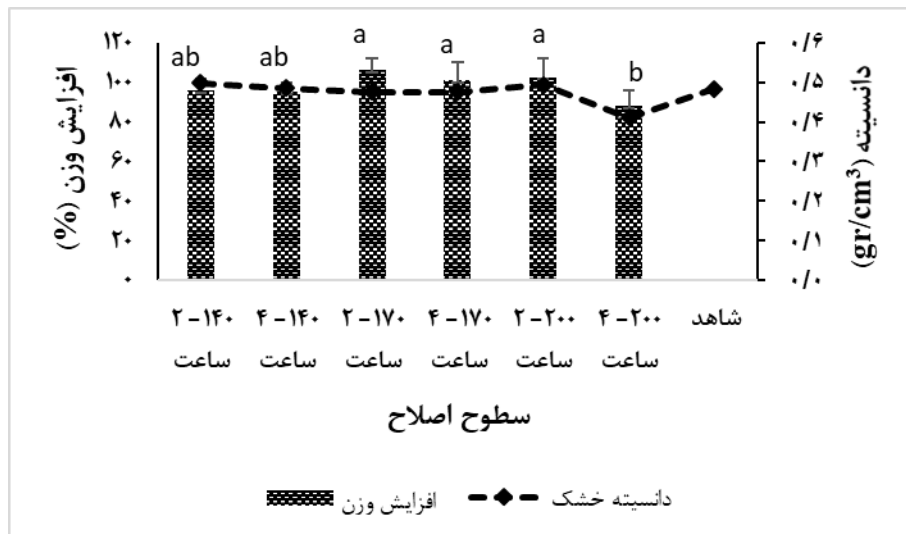
Spear و همکاران (۲۰۰۶) در اصلاح روغن گرمایی چوب کاج و Bazya (۲۰۱۲)، در اصلاح روغن گرمایی چوب صنوبر با روغن بزرک افزایش وزن ناشی از جذب روغن را در حدود ۸۷ درصد گزارش نمودند [۷، ۲۰]. جذب زیاد روغن اگرچه ممکن است سبب بهبود خواص فیزیکی شود اما فاکتور مطلوبی در این نوع تیمار نیست. دلایل مختلفی برای جذب متفاوت روغن ذکر شده است که می‌توان اندازه نمونه‌ها [۷، ۲۱]، گونه‌ی چوبی [۸] آناتومی و ساختمان چوب را نام برد [۷، ۸]. افزایش منافذ چوب در اثر تخریب ترکیبات دیواره سلولی

سلول‌های پارانشیمی با منافذ درشت و متعدد [۲۴] می‌تواند از مهم‌ترین عوامل در جذب زیاد روغن در این چوب باشد.

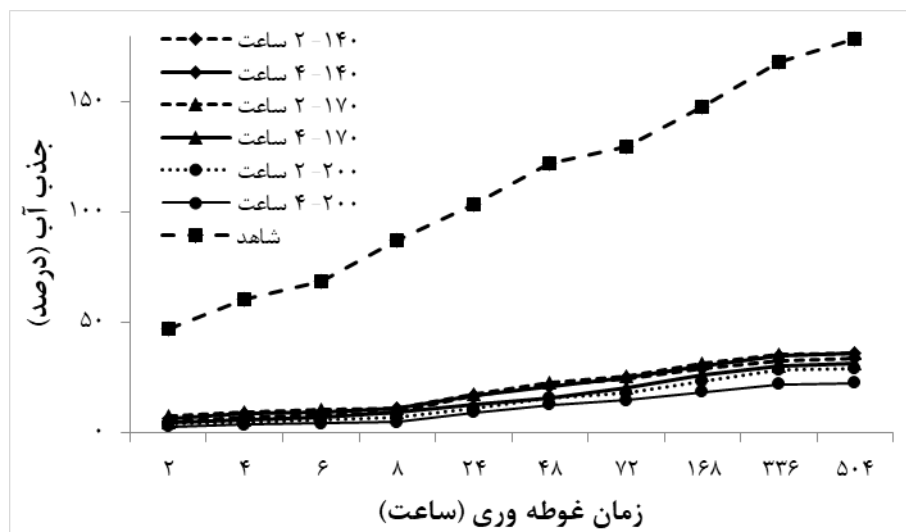
### جذب آب

روند جذب آب طولانی‌مدت نمونه‌های شاهد و اصلاح-شده و تحلیل آماری مربوط به آن در شکل ۳ و جدول ۳ نشان داده شده است.

طی اصلاح [۲۲]، فروپاشی آوندها و تغییر شکل فیبرهای نزدیک آوندها [۲۳] به افزایش جذب روغن می‌انجامد. نقطه اشباع بالا الیاف [۱۲] و دانسیته کم چوب لرگ نیز ممکن است از عوامل مؤثر در جذب زیاد روغن باشد. ساختمان بافت چوبی لرگ با حفرات آوندی متوسط و منافذ بین آوندی درشت و متعدد، بافت فیبرتراکئید بیشتر (دارای منافذ فراوان‌تر در مقایسه با فیبر لیبریفرم) و همچنین



شکل ۲- درصد افزایش وزن نمونه‌های اصلاح‌شده



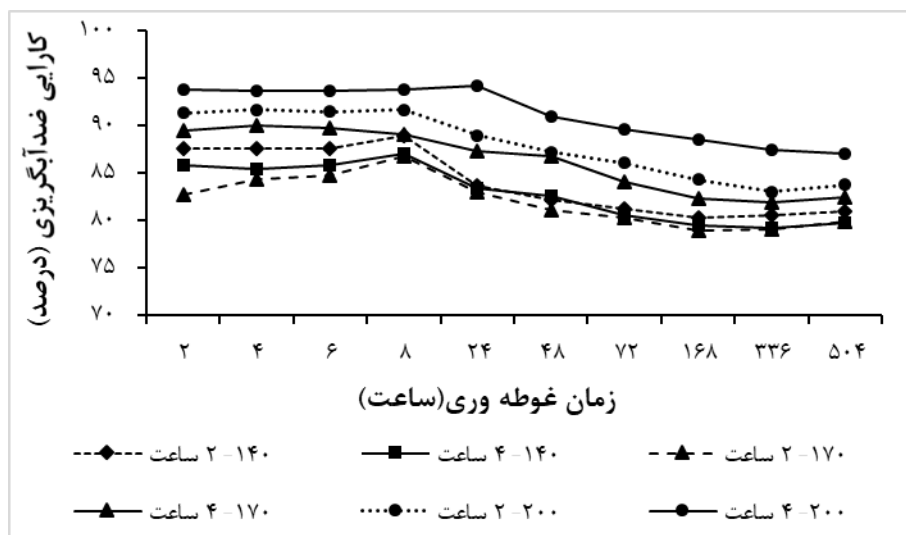
شکل ۳- درصد جذب آب نمونه‌های شاهد و اصلاح‌شده

داری بین سطوح اصلاح‌شده با شاهد مشاهده شده و افزایش دمای اصلاح سبب کاهش ظرفیت جذب آب چوب

نتایج نشان داد جذب آب نمونه‌های اصلاح‌شده کمتر از شاهد بود. در کل بازه زمانی غوطه‌وری، اختلاف معنی-

مشاهده می‌گردد. اختلاف معنی‌داری بین کارایی آب‌گریزی کمترین و بیشترین دمای اصلاح گرمایی وجود دارد (جدول ۲). در خاتمه بازه غوطه‌وری، بیشترین میزان کارایی آب‌گریزی در سطح اصلاح ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد/ ۴ ساعت و کمترین میزان در سطح اصلاح ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد/ ۴ ساعت مشاهده شد.

گردید، اما زمان اصلاح گرمایی تأثیر معنی‌داری نداشت. در پایان دوره غوطه‌وری کمترین جذب آب در سطح تیمار ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد/ ۴ ساعت به میزان ۲۲/۴۷ درصد اندازه‌گیری شد، درحالی‌که در همین مدت‌زمان، نمونه‌های شاهد تا ۱۷۹ درصد جذب آب داشتند. کارایی آب‌گریزی سطوح مختلف اصلاح در شکل ۴

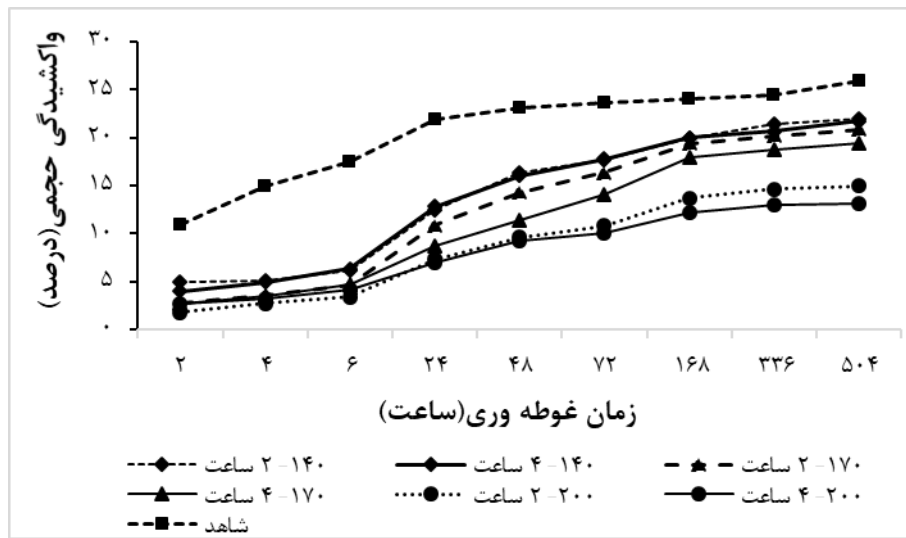


شکل ۴- کارایی آب‌گریزی نمونه‌های اصلاح‌شده

در نتیجه نقاط جذب رطوبت کاهش می‌یابد. گروه‌های استیل جدا شده از همی سلولز با سلولز پیوند استری می‌دهند؛ این امر نیز می‌تواند در کاهش جذب آب مؤثر باشد [۲۷].

شکل ۵ واکنش‌دهی حجمی سطوح مختلف اصلاح را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج میانگین واکنش‌دهی حجمی نمونه‌های سطوح مختلف اصلاح در جدول ۲، پس از خاتمه بازه غوطه‌وری بیشترین واکنش‌دهی حجمی در نمونه‌های شاهد مشاهده شد. در میان نمونه‌های اصلاح روغن گرمایی شده بیشترین و کمترین واکنش‌دهی حجمی در سطح ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد/ ۲ ساعت و سطح ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد/ ۴ ساعت به ترتیب ۲۲/۰۱ درصد و ۱۳/۱۶ درصد بود. افزایش دما و زمان اصلاح روغن گرمایی به کاهش معنی‌دار واکنش‌دهی نمونه‌های اصلاح‌شده نسبت به شاهد انجامید.

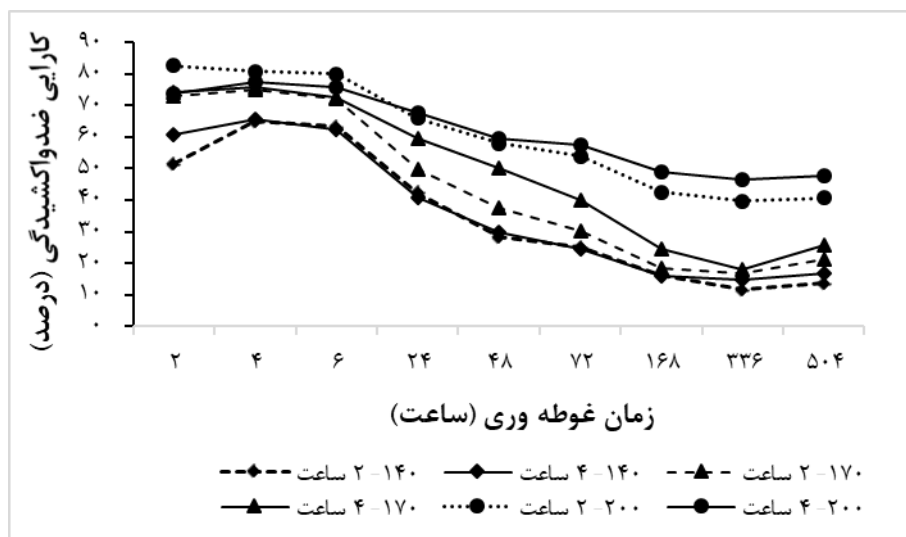
اصلاح روغن گرمایی به کاهش جذب آب و افزایش کارایی آب‌گریزی چوب اصلاح‌شده می‌انجامد [۷، ۲۵]. روغن‌های گیاهی غیر قطبی با مولکول‌های درشت قادر به نفوذ در دیواره سلولی و واکنش‌دهی کردن دیواره نیستند و در حفره سلولی باقی می‌مانند، ولیکن لایه‌ای آب‌گریز را روی الیاف ایجاد می‌کنند و سبب کاهش جذب آب چوب می‌شوند [۷، ۲۶]. روغن بزرک با مولکول‌های درشت‌تر نسبت به آب، موجب کاهش دسترسی مولکول‌های آب به گروه‌های هیدروکسیل چوب می‌شوند [۱۹]. همچنین تغییر ساختار شیمیایی چوب اصلاح گرمایی شده (شکل ۱) نیز اهمیت بسزایی در کاهش جذب آب و متعاقب آن افزایش کارایی آب‌گریزی و ثبات ابعاد چوب دارد. در دسترس‌ترین گروه‌های هیدروکسیل آب‌دوست در ساختار همی سلولزها وجود دارند. طی اصلاح گرمایی ساختار همی سلولزها زودتر [۱۴] از سلولز تخریب می‌شود و



شکل ۵- واکسیدگی حجمی نمونه‌های شاهد و اصلاح‌شده

اصلاح روغن گرمایی سبب کاهش تغییر ابعاد چوب و افزایش کارایی ضد واکسیدگی آن گردید [۷]. روغن داغ با تغییر ماهیت شیمیایی و تخریب مواد سازنده دیواره سلولی به‌خصوص همی سلولزها، جذب آب و واکسیدگی چوب را کاهش می‌دهند که افزایش دما می‌تواند این پدیده را تشدید کند [۱۱]. کاهش نسبت مناطق بی‌شکل سلولز طی اصلاح گرمایی نیز می‌تواند سبب کاهش واکسیدگی شود [۲۷].

پس از پایان بازه غوطه‌وری، بیشترین کارایی ضد واکسیدگی در سطح ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد/۴ ساعت به میزان ۴۷/۷۹ و کمترین میزان آن در سطح ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد/۲ ساعت برابر با ۱۲/۶۷ درصد بود (شکل ۶). اصلاح در دمای بالاتر به افزایش کارایی ضد واکسیدگی منتهی گردید. خاصیت آب‌گریزی ایجادشده توسط روغن گیاهی [۷، ۲۸] و تخریب گروه‌های هیدروکسیل آب‌دوست در اثر



شکل ۶- کارایی ضد واکسیدگی نمونه‌های اصلاح‌شده

کم‌دوامی مانند لرگ باشد. اصلاح گرمایی در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، با تغییر ساختار شیمیایی چوب که توسط طیف مادون‌قرمز تأیید شد، بیشترین ثبات ابعاد را

### نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد اصلاح روغن گرمایی می‌تواند روشی مؤثر در بهبود خواص فیزیکی چوب‌های



ایجاد نمود و به کاهش معنی‌دار و اکسیدگی ناشی از جذب آب انجامید، افزایش زمان تیمار از ۲ ساعت به ۴ ساعت سبب اختلاف معنی‌دار در خواص چوب اصلاح روغن- گرمایی شده نشد.

## منابع

- [1] Sobhani Oskouie, F., Ghorbani, M. and Amininasab, S.M., 2016. The effects of modification with silan compound on physical properties of poplar wood (*Populus Deltoids*). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31: 458-471.
- [2] Chehreh, F., Mastari Farahani, M.R. and Sadeghi Mahounak, A.R., 2012. Effect of rapeseed oil heat treatment using rapeseed oil on dimensional stability of *Populus deltoides* wood. Journal of wood and forest science and technology, 19: 105-117.
- [3] Tanaomi, A.R., Mohebbi, B. and Ghahri, S., 2012. The Effect of Oleo-thermal Treatment on Physical and Mechanical Properties of Beech Wood. Journal of wood and forest science and technology, 19: 111-126.
- [4] Dastoorian, F., Farhadi, F., Hoseinzadeh, F. and Zabihzadeh, S.M., 2018. Effect of thermal modification on chemical and physical properties of Iranian Beech (*Fagus orientalis*) and Velvet Maple (*Acer velutinum*) wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 33:142-154.
- [5] Hosseini Fard, M.S., Khojasteh Khosro, S. and Mohebbi, B., 2015. Evaluate the effect of oil-heat treatment of Fir species on contact angle and adhesion strength of water based clear and acid catalyzed transparent coat. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30: 173-181.
- [6] Lyon, F., Thevenon, M.F., Hwang, W.J., Imamura, Y., Gril, J. and Pizzi, A., 2007. Effect of an oil heat treatment on the leachability and biological resistance of boric acid impregnated wood. Annals of Forest Science, Springer Verlag/EDP Sciences, 64: 673-678.
- [7] Bazyar, B., 2012. Decay resistance and physical properties of oil heat treated Aspen wood. BioResources, 7: 696-705.
- [8] Karlsson, O., Sidorova, E. and Moren, T., 2011. Influence of heat transferring media on durability of thermally modified wood. BioResources, 6: 356-372.
- [9] Ahmed, S.A., Moren, T., Sehlstedt-Persson, M. and Blom, A., 2017. Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood. Journal of Wood Science, 63: 74-82.
- [10] Asadi Khorramabadi, L., Khazaeian, A., Masteri Farahani, M. and Shakeri, A., 2014. Effect of heat treatment with modified soybean oil on mechanical properties of beech wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29: 208-219.
- [11] Ghorbani, M. and Hosseinzadeh, S., 2015. Effect of heat-treatment with raw cotton seed oil on decay resistance and dimensional stability of Beech (*Fagus orientalis*). Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 6: 119-131.
- [12] Gungor, M., Kartal, N. and Kantay, R., 2007. Technological properties of wingnut (*Pterocarya fraxinifolia* (LAM.) Spach.) wood and characteristics of plywood from wingnut wood. Building and Environment, 42(8): 3108-3111.
- [13] Dubey, M.K., Pang, Sh. and Walker, J., 2011. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment. Holzforschung, 65: 1-9.
- [14] Esteves, B., Graça, J. and Pereira, H. 2008b. Extractive composition and summative chemical analysis of thermally treated eucalypt wood. Holzforschung 62(3): 344-351.

- [15] Esteves, B., Marques A.V., Domingos, I., and Pereira, H., 2013. Chemical changes of heat treated pine and eucalypt wood monitored by FTIR. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 15(2): 245-258.
- [16] Okon, K. E., Lin, F., Chen, Y. and Huang, B., 2017. Effect of silicone oil heat treatment on the chemical composition, cellulose crystalline structure and contact angle of Chinese parasol wood. *Carbohydrate Polymers*, 164: 179-185.
- [17] Viguerie, L., Payard, P.A., Portero, E. P. and Walter, Ph., 2016. The drying of linseed oil investigated by Fourier transform infrared spectroscopy: Historical recipes and influence of lead compounds. *Progress in Organic Coatings*, 93:46-60.
- [18] Li, M.Y., Cheng, S.C., Li, D., Wang, S.N., Huang, A.M., and Sun, S.Q., 2015. Structural characterization of steam-heat treated *Tectona grandis* wood analyzed by FT-IR and 2D-IR correlation spectroscopy, *Chinese Chemical Letters*, 26(2): 221-225.
- [19] Mohammadi Achachluei, M., Ahmadi, H. and Pourtahmasi, K., 2014. Study of linseed oil on white poplar wood (*Populus alba* L.) as a traditional treatment for historical wooden relics against weathering. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 5:103-116.
- [20] Spear, M., Hill, C., Curling, S. and Jones, D., 2006. Assessment of the Envelope Effect of Three Hot Oil Treatments: Resistance to Decay by *Coniophora puteana* and *Postia placenta*. In: *Proceeding of 37th International Conference on Wood Protection (IRG37)*. June 18-22 Tromsø, Norway.
- [21] Jones, D., Tjeerdsma, B.F., Spear, M. and Hill, C., 2005. Properties of wood following treatment with a modified hot oil, *European Conference of Wood Modification*. Gottingen, Germany.
- [22] Hietala, S., Maunu, S.L., Sundholm, F., Jämsä, S. and Viitaniemi, P., 2002. Structure of Thermally Modified Wood Studied by Liquid State NMR Measurements. *Holzforschung*, 56: 522-528.
- [23] Boonstra, M.J., Rijdsijk, J.F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., van Acker, J. and Stevens, M., 2006. Microstructural and physical aspects of heat treated wood. Part 2. *Hardwoods, Maderas. Ciencia y tecnología*. 8(3): 209-218.
- [24] Parsa-pajouh, D., Schweingruber, F.H., 2011. *Atlas of the Woods of the North of Iran: Microscopic identification of important species*. University of Tehran Press. 136p. (In Persian).
- [25] Hofland, A. and Tjeerdsma, B.F. 2005. *Wood Protection by Chemical Modification*. ECOTAN 3th report, part 3.
- [26] Hill, C. A. S. (2006). *Wood Modification: Chemical, Thermal, and Other Processes*, Wiley, Chichester, England.
- [27] Abde, M.R., Saei, A.M., Mohebbi, B. and Kazemi-Najafi, S., 2015. Influence of Temperature and Holding Time in Oil Heat Treatment on Physical and Mechanical Properties of Fir Wood (*Abies* Sp.). *Journal of Forest and Wood Products*, 68: 303-315.
- [28] Panove, D. and Terziev, N., 2015. Durability of epoxy-oil modified and alkoxy silane treated wood in field testing. *BioResources*, 10(2): 2479-2491.

## Effect of different oil heat treatment conditions on chemical structure and physical properties of wingnut (*Pterocarya fraxinifolia*) wood

### Abstract

Wood is one of the most important natural resources and its preservation is unavoidable for increasing the service life of wooden products. Wood modification with hot oil causes a steady transfer of heat into the wood and reduce its hydrophilicity through a chemical change of wood macromolecules. This study investigated the effect of oil heat treatment with linseed oil on the chemical structure and physical properties of wingnut wood. Specimens were heated at 140, 170, and 200 C° for 2 and 4 hours. Results showed that water absorption of modified samples were lower than the control ones, and subsequently water absorption and thickness swelling of the modified samples decreased with increasing temperature. However, the time of modification had no significant effect. Also, Fourier-transform infrared (FTIR) analysis confirmed the reduction of hydroxyl groups in the modified samples, which this reduction was more sensible with increasing the temperature of modification.

**Keywords:** Oil heat modification, linseed oil, wingnut wood, water repellent efficiency, chemical structure.

**R. Abedini<sup>1</sup>\*  
M. Gorji<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari, Iran

<sup>2</sup> M.Sc. student, Department of wood and paper science and technology, Sari agricultural sciences and natural resources university, Sari, Iran

Corresponding author:  
[r.abedini@sanru.ac.ir](mailto:r.abedini@sanru.ac.ir)

Received: 2019/09/28  
Accepted: 2019/10/22