

## اثر تیمار ترکیبی نانو نقره کلوئیدی-گرمآبی بر تغییرات وزن و ساختار شیمیایی چوب راش ایرانی

### چکیده

در این تحقیق سنتز نانونقره به شکل کلوئیدی و اثر اصلاح ترکیبی نانونقره کلوئیدی-گرمآبی بر تغییرات وزن و ساختار شیمیایی چوب گونه‌ی راش (*Fagus orientalis*) از طریق طیف‌سنجی FTIR بررسی شد. سطوح تیمار به ۴ گروه شاهد، اشباع با نانونقره کلوئیدی، گرمآبی و نانوگرمآبی دسته‌بندی شدند. اصلاح گرمآبی و نانوگرمآبی به دو زیرگروه دمایی ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و هر کدام در دو سطح زمانی ۳۰ و ۴۵ دقیقه تفکیک شدند که در مجموع ۱۰ سطح تیمار را دربرداشت. نانونقره کلوئیدی مورد استفاده با غلظت ۱۰۰ ppm تهیه شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی، حضور، سایز و توزیع مناسب نانوذرات کلوئیدی نقره در چوب را به‌وضوح اثبات کرده است. بر اساس نتایج تغییرات وزن، اثر اصلاح گرمآبی با افزایش دما و زمان معنی‌دار بود و افزودن نانو موجب کاهش وزن بیشتر نمونه‌ها گردید که این کاهش در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر بوده است. طیف‌سنجی FTIR نشان داد با افزایش دما و زمان تیمار گرمآبی شدت جذب در باندهای  $2234/25 \text{ cm}^{-1}$ ،  $2922/38 \text{ cm}^{-1}$ ،  $1740/55 \text{ cm}^{-1}$ ،  $1330/50 \text{ cm}^{-1}$  و  $1243/39 \text{ cm}^{-1}$  به‌علت شکست گروه‌های استیل همی سلولزها و کاهش مناطق آب‌دوست کاهش یافت. این کاهش در نمونه‌های تیمار شده به روش نانو-گرمآبی نسبت به گرمآبی بیشتر بود.

**واژگان کلیدی:** نانونقره کلوئیدی-گرمآبی، راش، تغییرات وزن، FTIR، تصاویر میکروسکوپ الکترونی.

مریم قربانی<sup>۱\*</sup>  
رحیم آقایی<sup>۲</sup>  
پوریا بی‌پروا<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار، آدانسجوی کارشناسی ارشد، <sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و صنایع 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: ۱۳۹۳/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۹

### مقدمه

تیمار گرمآبی به‌عنوان یکی از روش‌های اصلاح کیفیت چوب و راه‌کاری مفید برای بهبود خواص فیزیکی و زیستی معرفی شده‌است. در اثر تیمار گرمآبی، کاهش مناطق جذب آب و بهبود ثبات ابعاد [۱]، افزایش نواحی بلورین سلولز [۲] و مقدار ظاهری لیگنین [۳] و افزایش مقاومت

در برابر قارچ‌های مولد پوسیدگی [۴] ایجاد می‌گردد. این روش علیرغم ویژگی‌های مثبت فوق، با مصرف انرژی زیاد جهت انتقال حرارت از میان ساختار چوب، به‌عنوان یک ماده عایق حرارت و افت خواص مکانیکی همراه است [۵]. فن‌هایی جهت محدود کردن این معایب انجام گرفته است [۶ و ۷].

آبی و یا آلی، قادر به تشکیل محلول‌های کلونیدی مناسب نمی‌باشند و با ذرات بسیار بزرگ، قدرت نفوذ مناسبی نخواهند داشت.

اثر مثبت عملکرد نانوذرات در اصلاح گرمایی محرز است، ولیکن، هزینه بالای تهیه نانوذرات و مشکلات علمی ورود نانوذرات تجاری، به علت حضور سورفکتانت، تمایل به تولید ارزان‌تر نانوذرات با تسهیل و افزایش نفوذ را به وجود آورده است. با توجه به توضیحات فوق، در تحقیق حاضر، امکان سنتز نانونقره کلونیدی و اثبات حضور نانوذرات نقره در چوب با تصاویر میکروسکوپ الکترونی و اثر اصلاح ترکیبی نانو-گرمایی بر تغییرات وزن و ساختار شیمیایی چوب راش ایرانی (*Fagus orientalis*) از طریق طیف‌سنجی FTIR بررسی گردید.

## مواد و روش‌ها

### تهیه چوب

گونه راش ایرانی از جنگل دارابکلا، واقع در شهرستان ساری، تهیه شد. برای رسیدن به رطوبت تعادل محیط، کرده‌بینه‌ها به الوار تبدیل شدند و حدود یک ماه در محیط کارگاه قرار گرفتند و برای تعیین خواص فیزیکی و اندازه‌گیری وزن مخصوص، بر اساس استاندارد ASTM-D1037 به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  cm<sup>3</sup> تبدیل شدند. نمونه‌ها پس از خشک‌کردن، تحت دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت به‌طور تصادفی در ۴ گروه شاهد، اشباع با نانونقره کلونیدی، گرمایی و نانوگرمایی دسته‌بندی شدند. اصلاح گرمایی به دو زیرگروه دمایی ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و هرکدام در دو سطح زمانی ۳۰ و ۴۵ دقیقه تفکیک شد که در مجموع ۱۰ سطح تیمار را دربرداشت. به‌منظور اندازه‌گیری کاهش وزن، پیش از انجام تیمار، نمونه‌های خشک، با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند.

### تهیه نانو نقره کلونیدی با غلظت ۱۰۰ ppm

در تهیه نانونقره با غلظت ۱۰۰ ppm از سه ماده شیمیایی نیترات نقره ( $AgNO_3$ )، سدیم بوروهیدرید ( $NaBH_4$ ) و دی‌سدیم سیترات ( $C_6H_5Na_2O_7$ ) استفاده شد. به‌منظور تولید نانو، ابتدا مقدار ۰/۱۶ گرم نیترات نقره ۰/۰۰۱ مولار در یک لیتر آب مقطر حل شد. سپس، ۵

افزودن نانوذرات به حلال و تشکیل یک نانوسیال به‌عنوان ایده‌ای نو در جهت افزایش مقدار انتقال حرارت مطرح شد که در نهایت باعث کاهش هزینه‌ها و اصلاح کارآمد در دمای پائین‌تر می‌گردد. افزودن نانوذرات فلزی به چوب و فرآورده‌های آن، هدایت حرارتی و انتقال حرارت را افزایش داد [۸]. Layeghi و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که استفاده از سوسپانسیون نانونقره در غلظت‌های پایین (۲۰ ppm) میزان انتقال حرارت را تا حدود ۴۰ درصد افزایش داد [۹]. Farajollahpoor (۲۰۱۲) گزارش کرد که دمای مغز تخته‌های حاوی نانوذرات نقره و مس در زمان کمتری به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید که نشان‌دهنده افزایش رسانش گرمایی و در نتیجه کاهش زمان پرس بود [۱۰]. در تیمار حرارتی چوب، به علت هدایت حرارتی پائین، گرما در لایه سطحی تجمع می‌یابد. درحالی‌که در تیمار نانو-گرمایی، هدایت حرارتی بالای نانونقره با کاهش تجمع حرارت و اصلاح یکنواخت قسمت‌های عمیق‌تر ساختار چوب، منجر به افزایش اصلاح قسمت‌های درونی و کاهش گروه‌های هیدروکسیل آب-دوست می‌گردد [۱۱ و ۱۲].

روش‌های مختلفی برای سنتز نانوذرات نقره استفاده شده‌اند که می‌توان احیای شیمیایی یون‌های نقره در محلول‌های آبی یا غیرآبی، روش‌های بر پایه بستر، احیای الکتروشیمیایی و ... را نام برد. مهم‌ترین نکته در سنتز نانوذرات نقره جلوگیری از کلوخه‌شدن و به هم چسبیدن نانوذرات در طول سنتز و نگهداری است. معمولاً از مواد آلی خاصی نظیر سورفکتانت‌ها، پلیمرها و لیگاندهای پایدارکننده برای جلوگیری از توده‌ای شدن ذرات استفاده می‌شود. در اکثر روش‌های سنتز نانوذرات نقره از پایدارکننده‌های درشت-مولکول برای ممانعت از به هم چسبیدن ذرات سنتز شده استفاده می‌شود که این مولکول‌ها با ساختن حائل اطراف ذرات، مانع از چسبیدن ذرات و درشت شدن آن‌ها می‌شود. این نکته حائز اهمیت است که این مولکول‌های درشت ساختار به علت برهم‌کنش با ترکیبات چوب (سلولز، لیگنین و همی‌سلولز) مانع از نفوذ مناسب نانوذرات به داخل بافت‌های درونی چوب می‌شود. همچنین، در بسیاری از تحقیقات پیشین نمونه‌های نانو به‌صورت پودر از بازار تهیه و با کمک سیال آب وارد چوب شد [۱۳ و ۱۴]. باید توجه کرد که نمونه‌های پودر نانوذرات، پس از قرار گرفتن در محلول‌های

نمونه‌ها در محلول نانونقره کلوئیدی با غلظت ۱۰۰ ppm در فشار ۴ بار و مدت زمان ۳۰ دقیقه به روش خلا-فشار اشباع شدند. جهت اعمال تیمار نانو-گرمابی، پس از قطع فشار و به‌منظور اعمال حرارت، نمونه‌های تیمار نانوگرمابی و گرمابی تحت دمای ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و در زمان ۳۰ و ۴۵ دقیقه به‌وسیله سیلندر آزمایشگاهی حاوی آب اصلاح شدند (جدول ۱).

میلی‌لیتر محلول دی‌سدیم سیترات ۰/۰۱۷ مولار (ترکیب ۴/۴ گرم دی‌سدیم سیترات در ۱ لیتر آب مقطر) به ۱ لیتر محلول محتوی نیترات نقره اضافه گردید و در نهایت ۳۰ میلی‌لیتر محلول سدیم بوروهیدرید ۰/۰۱ مولار (ترکیب ۰/۳۸ گرم سدیم بوروهیدرید در ۱ لیتر آب مقطر) به محلول اضافه شد. محلول نهایی با رنگ زرد تیره نشان-دهنده حضور نانوذرات نقره کلوئیدی بود [۱۵].

## فرآیند تیمار

جدول ۱- سطوح تیمار مورد تحقیق

شرایط تیمار	سطوح تیمار		گرمابی نشده		گرمابی		نانوگرمابی	
	شاهد	نانو	۱۵۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۷۰	۱۵۰	۱۷۰
دما (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-
زمان (min)	-	-	۳۰	۴۵	۳۰	۴۵	۳۰	۴۵

۴۰۰-۵۰۰ ثابت شد.

## میکروسکوپ الکترونی (SEM)

تأیید حضور نانوذرات در نمونه‌های چوبی توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) مدل EM3200 انجام گردید. با نشان دادن لایه نازکی از طلا بر سطوح نمونه‌های غیرهادی، هدایت الکتریکی ایجاد شد و با دفع الکترون‌های سطحی، وضوح تصاویر بهبود یافت.

## نتایج و بحث

### تغییرات وزن

بر اساس نتایج، حضور نانو در دیواره و حفرات سلولی نمونه‌های تیمار شده با نانو نقره به ماندگاری  $3 \text{ gr/cm}^3$  ۹۱/۱ منتهی شد. تیمار گرمابی و نانو کلوئید نقره-گرمابی نمونه‌های چوب در دما و زمان‌های مختلف نشان داد که در هر سطح دمایی تیمار گرمابی، اثر زمان معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با افزایش زمان از ۳۰ به ۴۵ دقیقه، افت وزن افزایش معنی‌داری یافت. همچنین، افزودن نانو موجب کاهش وزن بیشتر نمونه‌ها گردید که این کاهش در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه معنی‌دار بوده

## محاسبه تغییرات وزن

تغییرات وزن ناشی از حضور نانو، پیرولیز گرمابی و نانو-گرمابی پس از عمل اصلاح با توزین نمونه‌های چوبی خشک و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$W_c = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

$W_c$ : تغییرات وزن (%),  $W_1$ : وزن خشک چوب پس از تیمار (gr),  $W_0$ : وزن خشک اولیه (gr).

تحلیل نتایج از طریق طرح کاملاً تصادفی به‌وسیله نرم‌افزار SPSS انجام شد. همچنین، گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) انجام گردید.

## طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)

جهت تهیه طیف FTIR، کلیه نمونه‌ها پس از آسیاب از یک الک mesh ۸۰ عبور داده شد. سپس قرص‌های کوچکی از برمید پتاسیم (KBr) و آرد خشک چوب به نسبت وزنی ۱:۱۰۰ تهیه گردید. قرص‌های تهیه‌شده توسط دستگاه طیف‌سنج مدل Nexus 670, Thermo Nicolet مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج در طول موج  $\text{cm}^{-1}$

<sup>2</sup> Scanning electron microscope

<sup>1</sup> Fourier Transform Infra-Red Spectrometer

بود. بیشترین کاهش وزن مربوط به نمونه‌های تیمار شده به روش نانو-گرمایی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴۵ دقیقه به مقدار ۹/۰۱ درصد و کمترین کاهش وزن مربوط به نمونه‌های تیمار شده به روش نانو گرمایی در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه به مقدار ۴/۵۵ درصد بود. (جدول ۲).

است. در سطح دمایی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، بین سطوح تیمار گرمایی و نانوگرمایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما با افزایش زمان تیمار از ۳۰ به ۴۵ دقیقه، افت وزن افزایش معنی‌داری یافت. در دمای ۱۷۰ درجه سانتی-گراد، کاهش وزن نمونه‌های نانو-گرمایی بیشتر از گرمایی گزارش گردید و این اختلاف در زمان ۳۰ دقیقه معنادار

جدول ۲- اثر تیمار نانو، گرمایی و نانو-گرمایی بر تغییرات وزن نمونه‌ها

تیمار	گرمایی		نانوگرمایی		صفت
	۱۷۰°C	۱۵۰°C	۱۷۰°C	۱۵۰°C	
	۳۰ دقیقه	۴۵ دقیقه	۳۰ دقیقه	۴۵ دقیقه	
تغییرات	-۷/۲۸	-۶/۵۷	-۴/۵۴	-۶/۰۱	
وزن (%)	d	bc	a	d	

حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن می‌باشد.

گردید. به منظور تسهیل مقایسه، طیف‌های FTIR نمونه‌های شاهد، اشباع شده با نانونقره و نمونه‌های تیمار شده به روش گرمایی و نانو-گرمایی در دمای ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۳۰ و ۴۵ دقیقه بصورت جداگانه ارائه گردید که به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما و زمان تیمار گرمایی، شدت جذب در باندهای  $3422/25\text{ cm}^{-1}$ ،  $2922/38\text{ cm}^{-1}$ ،  $1740/55\text{ cm}^{-1}$ ،  $1330/50\text{ cm}^{-1}$  و  $1243/39\text{ cm}^{-1}$  و  $1053/05\text{ cm}^{-1}$  کاهش یافت که کاهش این مقادیر در نمونه‌های تیمار شده به روش نانو-گرمایی نسبت به گرمایی بیشتر بود. جذب کششی قوی گروه هیدروکسیل موجود در چوب در طول موج  $3500\text{ cm}^{-1}$  و ارتعاش کششی مهم آلیفاتیک C-H در طول موج  $2922/38\text{ cm}^{-1}$ ، در اثر تیمار نانو-گرمایی و گرمایی کاهش پیدا کرد.

کاهش شدت جذب گروه‌های کربونیل و استیل همی-سلولزهای نمونه‌های گرمایی و نانو-گرمایی در طول موج نیز تأییدکننده اعمال تیمار گرمایی و نانو-گرمایی است. تغییرات طول موج  $1507/22\text{ cm}^{-1}$  مربوط به کربن حلقه آروماتیک کششی لیگنین C=C در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد محسوس نبود، اما در درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. جذب کششی مزدوج C-O مربوط به بخش گواپایسیل و سیرینجیل لیگنین به ترتیب

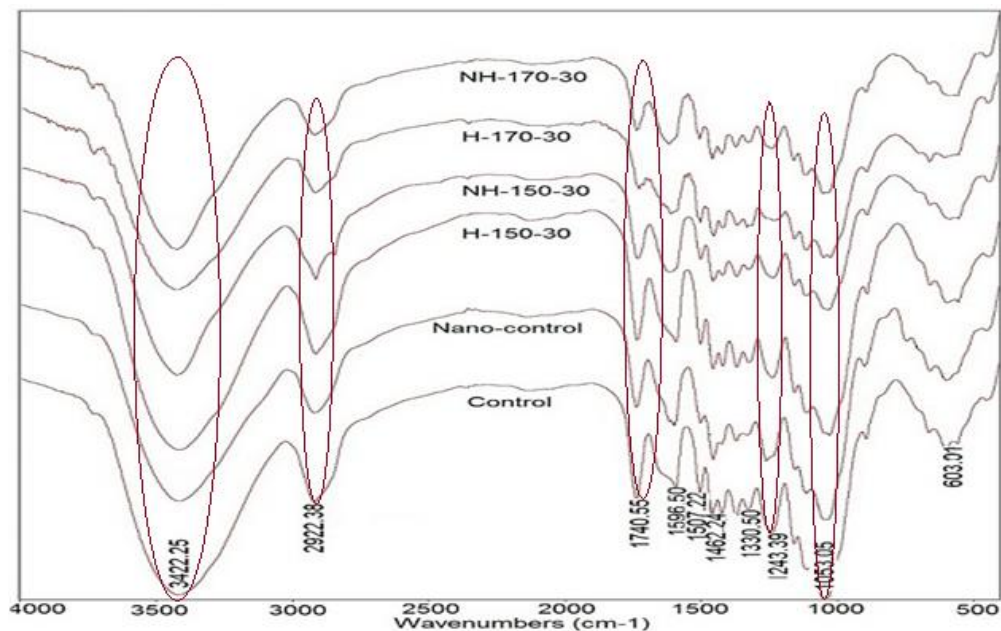
مقایسه بین نمونه‌های تیمار گرمایی و نانوگرمایی نشان داد که نانونقره با هدایت حرارتی بالا، فرایند تخریب و پیرولیز ساختار چوب در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد را شدت بخشید. با افزایش دمای تیمار از ۱۵۰ به ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، کاهش وزن نمونه‌های چوبی افزایش معنی-داریافت. کاهش وزن نمونه‌ها در اثر تیمار گرمایی مربوط به تجزیه حرارتی ساختار چوب می‌باشد. حضور نانو در تیمار نانو نقره-گرمایی، با تسریع فرآیند انتقال حرارت، افزایش فرایند پیرولیز را به دنبال داشته است [۱۱ و ۱۶]. این امر به تخریب اجزای چوب (عمدتاً همی سلولز) به ترکیبات فرار، تبخیر مواد استخراجی و رطوبت تعادل پائین تر نسبت داده می‌شود [۱۷]. همچنین، طی تیمار گرمایی، افزایش نسبت بلورینگی سلولز و کاهش مناطق آمورف میکرو فیبریل‌های سلولزی، می‌تواند باعث کاهش جذب رطوبت شود [۱۸]. حضور نانو در منافذ سلولی دلیلی بر افزایش وزن نمونه‌های تیمار شده با نانو می‌باشد. اعتقاد بر این است که تثبیت نانوذرات از طریق رسوب در حفرات سلولی چوب و لایه‌ی سوم دیواره‌ی سلول چوب رخ می‌دهد [۱۹].

#### طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR)

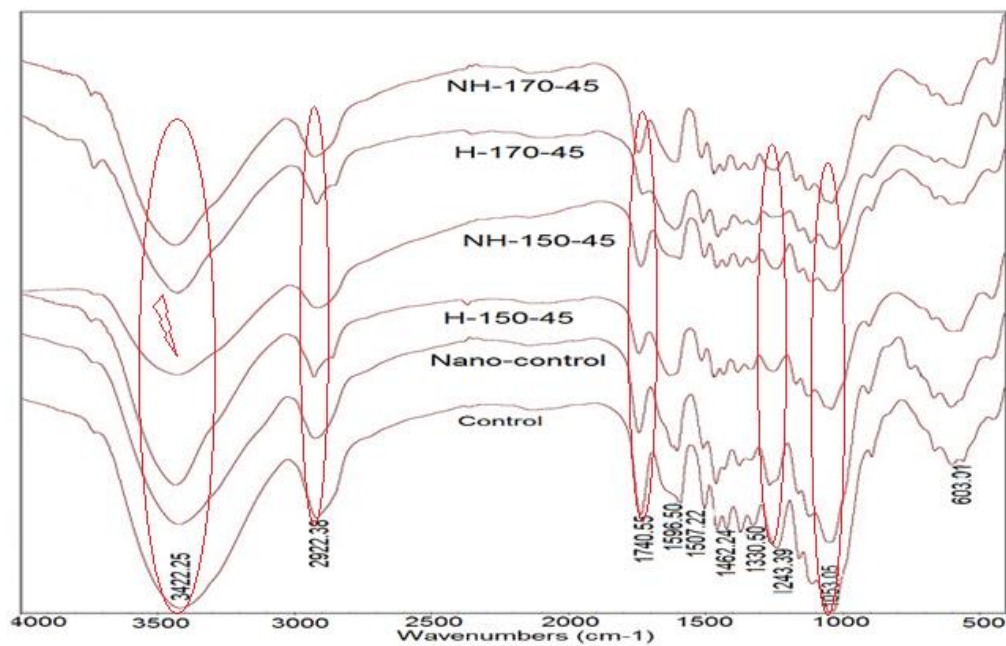
طیف‌های FTIR نمونه‌های آرد چوب شاهد و سطوح مختلف تیمار در طول موج بین  $4000\text{ cm}^{-1}$  -  $500\text{ cm}^{-1}$  تهیه

دمایی مشخص، افزایش زمان تیمار اثر محسوسی بر شدت اصلاح اعمال شده داشت و بین سطوح دمایی نیز اختلاف گزارش گردید.

در طول موج  $1243/39 \text{ cm}^{-1}$  و  $1330/50 \text{ cm}^{-1}$  است و طول موج  $1053 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به خمش C-O می باشد که در نمونه های تیمار گرمایی و نانو-گرمایی کاهش یافته است. بر اساس سطح زیر پیکها، در یک سطح



شکل ۱- طیف های FTIR نمونه شاهد و اصلاح شده در مدت زمان تیمار گرمایی ۳۰ دقیقه

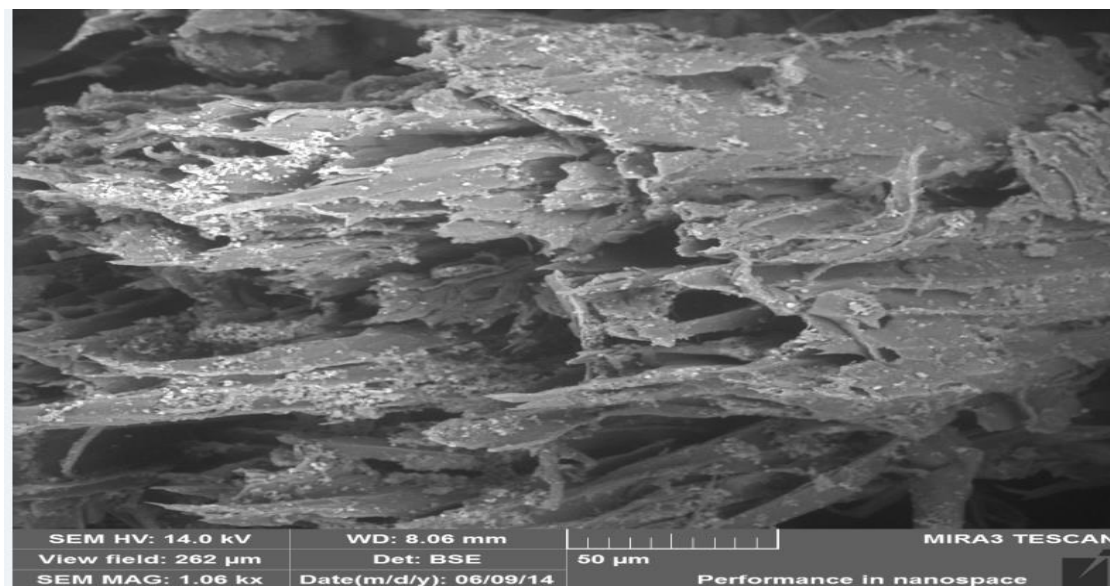
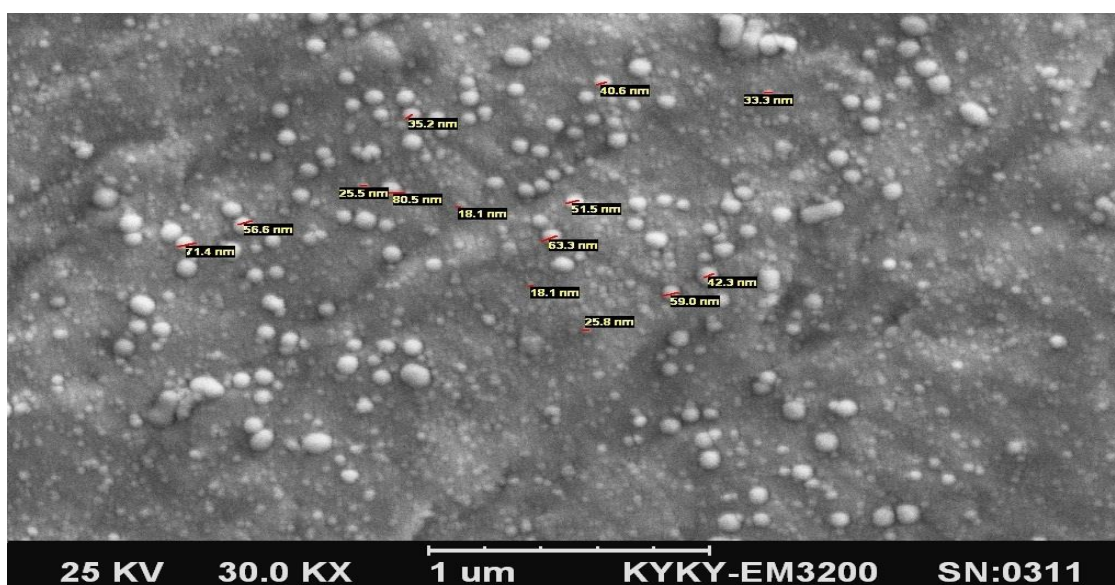


شکل ۲- طیف های FTIR نمونه شاهد و اصلاح شده در مدت زمان تیمار گرمایی ۴۵ دقیقه

### تصاویر SEM از محلول کلوئیدی و چوب حاوی نانونقره

به منظور اطمینان از اندازه نانونقره کلوئیدی تولیدی، حضور نانوذرات در چوب و چگونگی پراکنش آن‌ها از تصویربرداری SEM استفاده گردید. شکل ۳-الف توزیع

مناسب و محدوده‌ی اندازه‌ی نانو نقره (۹۷/۴-۳۵/۵ نانومتر) را مشخص نموده است. همان‌طور که در شکل ۳-ب مشاهده می‌شود، تصویر نشان‌دهنده‌ی حضور نانوذرات کلوئیدی نقره در بین ساختار چوب اشباع شده می‌باشد.



شکل ۳- تصویر SEM: الف) محلول کلوئیدی نانونقره، ب) چوب اشباع شده با نانوذرات کلوئیدی نقره

پیدا کرد [۲۰، ۲۱]، که موید کاهش گروه‌های هیدروکسیل طی تیمار می‌باشد و به بهبود خواص فیزیکی چوب تیمار شده منتهی می‌شود [۲۲]. همچنین باند  $2922/38 \text{ cm}^{-1}$  معرف ترکیبات فرار (هیدروکربن‌ها،

پس از تیمار گرمآبی، تفاوت محسوسی بین طیف FTIR نمونه‌های تیمار شده و شاهد مشاهده گردید که حضور نانونقره این اثر را تشدید نمود. در اثر تیمار نانو-گرمآبی و گرمآبی شدت جذب طول موج  $3400-3500 \text{ cm}^{-1}$  کاهش

محلول کلوئیدی نانونقره و نمونه‌های چوبی اشباع شده موعید اندازه نانومتری ذرات نقره و توزیع مناسب آن‌ها در ساختار درونی چوب می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، افزایش دما و زمان تیمار گرمایی، اثر محسوسی بر شدت اصلاح اعمال شده داشت. همچنین، افزودن نانو موجب کاهش وزن بیشتر نمونه‌ها گردید که این کاهش در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه حداکثر بوده است. اشباع چوب با محلول کلوئیدی نانونقره به علت حضور نانو در دیواره و حفرات سلولی، منجر به افزایش وزن گردید و با افزایش دما، تیمار نانو-گرمایی تشدید کاهش وزن را به دنبال داشت. علت این پدیده، حضور یون نقره داخل ساختار چوب است که باعث تسریع و یکنواختی انتقال حرارت در اجزای مختلف خرده-چوب شد. نتایج FTIR، تخریب حرارتی ساختار چوب با اختلاف بارز بین سطوح دمایی و زمانی را نشان داد. هم-چنین تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM اندازه نانومتری ذرات نقره و توزیع مناسب آن‌ها در چوب را تأیید کردند.

اسیدهای چرب، استروئیدها، لاکتون‌ها، فوران‌ها، ترپن‌ها و ... کاهش یافت [۲۳]. کاهش در شدت جذب ناحیه ۱- $\text{cm}^{-1}$  ۱۷۴۰، شکست و حذف گروه‌های استیل همی‌سلولز را نشان می‌دهد [۲۴، ۲۰]. گروه‌های استیل اغلب در درجه حرارت بالا تجزیه می‌شود. در اثر شکسته شدن گروه‌های استیل همی‌سلولز، اسیدکربنیک‌ها و عمدتاً اسیداستیک در چوب تشکیل می‌شود [۲۳]، که براساس نتایج تحقیقات پیشین، این امر منجر به کاهش خواص مقاومتی در سطوح دمایی بالا می‌شود [۲۵]. کاهش جذب در طول موج  $1507/22 \text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده تجزیه ترکیبات زنجیره لیگنین و شکل‌گیری پیوند عرضی توسط واکنش‌های متراکمی لیگنین است که این امر می‌تواند جذب آب و در نتیجه همکشیدگی و واکنشیدگی چوب را کاهش دهد [۱۷، ۲۱]. کاهش شدت جذب در باند  $\text{cm}^{-1}$  ۱۲۴۳/۳۹ و  $1330/50 \text{ cm}^{-1}$  شکستگی گروه‌های استیل همی‌سلولزها و تشکیل اسیدهای کربنی را تأیید می‌کند [۲۰]. این اسیدها می‌توانند باعث تسریع هیدرولیز و در نتیجه کاهش درجه پلیمریزاسیون شوند [۲۱]. کاهش شدت پیک در طول موج  $1053 \text{ cm}^{-1}$  مرتبط با گروه هیدروکسیل سلولز و همی‌سلولز، می‌تواند به تجزیه حرارتی ساختار همی‌سلولزها طی تیمار گرمایی و نانو-گرمایی نسبت داده شود. نتایج حاصل از تصویربرداری SEM

### مراجع

- [1] Hill, C., 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal, and Other Processes, John Wiley and Son, Wiley Series in Renewable Resources, 239 p.
- [2] Udaka, E. and Furuno, T., 2003. Change in crystalline structure of compressed wood by treatment with a closed heating system. Mokuza Gakkaishi, 49(1): 1-6.
- [3] Kamdem, D.P., Pizzi, A. and Jermannaud, A., 2002. Durability of heat-treated wood. HolzRoh-Werkst, 60: 1-6.
- [4] Khademi Bami, L. and Mohebbi, B., 2011. Bioresistance of poplar wood compressed by combined hydrothermo-mechanical wood modification (CHTM): Soft rot and brown-rot. International Biodeterioration & Biodegradation, 65: 866-870.
- [5] Mohebbi, B., Ilbeighi, F. and Kazemi-Najafi, S., 2007. Influence of hydrothermal modification of fibers on some physical and mechanical properties of medium density fiberboard (MDF). HolzRoh-und Werkstoff, 66: 213-218.
- [6] Awoyemi, L. and Westermarck, U., 2005. Effects of borate impregnation on the response of wood strength to heat treatment. Wood Science and Technology, 39: 484-491.



- [7] Awoyemi, L., 2008. Prefreezing as a pre-treatment for thermal treatment of wood in soy oil. Part 1. Oil uptake, mass loss, mechanical properties and wood-water relationships. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 5(1&2): 1–15.
- [8] Taghiyari, H. R., Rassam, G., LotfinejadSani, S. and Karimi, A., 2012. Effects of nano-silver impregnation on some mechanical properties of ice-blasted wood specimens. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1): 83–88.
- [9] Layeghi, M., Bina, M. and Hashemi, A., 2010. Investigation on the effect of nano silver on mechanical and heat transfer coefficient of particleboard. National conference in wood and paper industries. Azad Islamic university of Chaloos, May 18-19, 1-8 (In Persian).
- [10] Farajallahpour, M. and Doosthoseini, K., 2012. Effect of mat moisture content and Cu nanoparticles on heat transfer and physical and mechanical properties of poplar particleboard. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 27 (2): 360-348.
- [11] Ghorbani Kookandeh, M., Taghiyari, H.R. and Siahposht, H., 2014. Effects of heat treatment and impregnation with zinc oxide nanoparticles on physical, mechanical, and biological properties of beech wood. *Wood science and technology*, 48:727–736.
- [12] Moradi Malek, B., Ghorbani Kookandeh, M., Taghiyari, H.R. and Mirshokraie, S.A., 2013. Effect of silver nanoparticles and fungal degradation on density and chemical composition of heat-treated poplar wood (*Populus euroamerica*). *European journal of wood and wood products*, 71: 491-495.
- [13] Gholamian, H., Taromian, A., Doosthosseini, K. and Azadfallah, M., 2011. Investigation on the effect of clear paints, zycophil and zycosil nanoparticles on contact angle and water absorption of poplar wood. *Iranian Journal of Wood and paper industries*, 2(1): 17-26 (In Persian).
- [14] Kartal, S.N., Green, F. and Clausen, C.A., 2009. Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites? *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63: 490–495.
- [15] Biparva, P., Abedirad, S.M. and Kazemi, S.Y., 2015. Silver nanoparticles enhanced a novel TCPO-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-safranin o chemiluminescence system for determination of 6-mercaptopurine. *Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 145: 454-460.
- [16] Taghiyari, H.R., 2011. Study on the effect of nano-silver impregnation on mechanical properties of heat-treated *Populus nigra*. *Wood Science and Technology*, 45: 399 – 404.
- [17] Boonstra, M.J. and Tjeerdsma, B., 2006. Chemical analysis of heat treated softwoods. *Holz Roh Werkst.*, 64: 204-211.
- [18] Mohebbi, B. and Sanaei, I., 2005. Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of beech wood (*Fagus orientalis*). The International Research Group on Wood Preservation, IRG Document No. IRG/WP 05-40303. 9 p.
- [19] Matsunaga, H., Kiguchi, M. and Evans, P., 2007. Micro-distribution of metals in wood treated with a Nano-Copper wood preservative. The International Research Group on Wood preservation, IRG Document No. IRG/WP/07-40360. 10 p.
- [20] Hatefnia, H., Enayati, A.A., Doosthosseini, K. and Azadfallah, M., 2011. Determination of physical and mechanical properties of particleboard made of hygrothermal treated poplar wood particles. *Wood and paper science research*, 4(26): 785-797 (In Persian).
- [21] Kocaefe, D., Poncsak, S. and Boluk, Y., 2008. Effect of thermal treatment on the chemicals composition and mechanical properties of birch and aspen. *BioResources*, 3(2): 517-537.



- [22] Pandey, K.K., and Pitman, A.J., 2003. FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 52(3): 151-160.
- [23] Tjeerdma, B.F. and Militz, H., 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydro thermal and dry heat-treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63(2): 102-111.
- [24] Ates, S., Akyildiz, M.H. and Ozdemir, H., 2009. Effects of heat treatment on calabrian pine (*pinus brutia* ten.) wood. *BioResources*, 4(3): 1032-1043.
- [25] Sundqvist, B., Karlsson, O. and Westermark, U., 2006. Determination of formic-acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness. *Wood Science and Technology*, 40: 549-561.

## The effect of combined colloidal nano silver hydrothermal treatment on weight changes and chemical structure of beech wood (*Fagus orientalis*)

### Abstract

In this research, synthesis of colloidal silver nano-particles, as well as the effect of combined colloidal nano-silver and hydrothermal modification on weight and chemical changes of beech (*Fagus orientalis*) wood through spectroscopic FTIR was investigated. Treatment levels were divided into 4 groups namely, control, nano-impregnated, hydrothermal, and nano-hydrothermal. Hydrothermal and nano-hydrothermal treatments were separated into two temperatures (150 and 170°C) and two times (30 and 45 min) with total of 10 treatment levels. Colloidal Nano silver with 100 ppm concentration was prepared. The scanning electron microscope images clearly proved the presence, size and appropriate distribution of colloidal silver nanoparticles in wood particles. With regard to the results, increasing the time and temperature of hydrothermal treatment had significant effect on weight changes. Also, colloidal nano silver intensified weight loss, which was maximum at 170°C. The FTIR spectra indicated that increase in the temperature and time of hydrothermal treatment declined absorbance intensities in wave numbers of 3422.25, 2922.38, 1740.55, 1330.50, 1243.39, and 1053.05cm<sup>-1</sup> due to breakdown of acetyl groups in hemicelluloses and decrease in hydrophilic sites. These reductions were more obvious in samples treated with nano hydrothermal method compared to those which were hydrothermally treated.

**Keywords:** Colloidal nano silver- hydrothermal, beech, weight changes, FTIR, Scanning electron microscope.

**M. Ghorbani**<sup>1\*</sup>  
**R. Aghaie**<sup>2</sup>  
**P. Biparva**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, <sup>2</sup> M.Sc. Student, <sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

Received: 2014.12.16  
Accepted: 2015.04.18