بررسی خواص سطحی چوب تبریزی پوشش داده‌شده با نانو ذرات سیلیس

مصطفی امام پور[۱]
حبیب اله خادمی اسلام[۲*]
محمدمهدی فائزی پور[۳]
محمد طلایی پور[٤]

[۱] دانشجوی دکتری گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۲] استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۳] استاد، گروه صنایع چوب، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

[۴] دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
hkhademieslam@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴

چکیده

این مطالعه به بررسی تأثیر پوشش‌دار کردن چوب تبریزی با نانوذرّات سیلیس روی برخی خصوصیات کارکردی آن می‌پردازد. چوب تبریزی با نانوذرات سیلیس (۳، ۵ و ۷ درصد) و زایکوسیل با استفاده از روش پوشش دهی لایه نشانی، پوشش داده شد و نتایج حاصل با چوب‌های شاهد تبریزی و نراد مقایسه شدند.ویژگی‌های ساختاری نمونه‌های چوب با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی و طیف‌سنج مادون‌قرمز بررسی شدند. خصوصیات عملکردی چوب شامل میزان جذب آب، زاویه تماس و دانسیته بررسی شدند. نتایج نشان داد که پیوندهایی بین زایکوسیل و نانو سیلیس در سطح چوب تشکیل شد. پوشش‌دار کردن چوب با نانوذرّات سیلیس در غلظت‌های ۵٪ و ۷٪به همراه زایکوسیل جذب آب را در مقایسه با چوب تبریزی شاهد کاهش داد ($P<0.05$). چوب‌های پوشش‌دار شده با نانوسیلیس و زایکوسیل، زاویه تماس بزرگتری و دانسیته‌ی بیشتری در مقایسه با چوب شاهد تبریزی نشان دادند ($P<0.05$).

واژگان کلیدی: پوشش‌دار کردن، خصوصیات ساختاری، خصوصیات عملکردی، چوب تبریزی، نانوذرات سیلیس.

مقدمه

چوب از قدیمی‌ترین مواد اولیه و سرمایه‌ای گران‌بها برای انسان بوده است و از زمان‌های گذشته به‌صورت رایگان در دسترس انسان قرار داشته و از عوامل رشد تمدن، فرهنگ و به‌طورکلی پیشرفت بشر به شمار می‌رود. چوب به علت مزایای فراوان، نقش بزرگی در تاریخ زندگی بشر داشته و در زمینه‌ها و صنایع مختلفی مورداستفاده قرار می‌گیرد. از مزایای ساختار چوب، استفاده آسان و تجدید پذیر بودن آن است [۱]. خواص و قابلیت‌های مختلف چوب به حدّی متنوع می‌باشد که استفاده از آن در صنایع مختلف رواج دارد. از خواص مهم چوب، سبکی، مقاومت مکانیکی، عایق بودن به صدا و حرارت، شکل-پذیری، زیبایی و ... است. چوب نسبت به آب و رطوبت به علت منافذ کوچک و دیواره سلولی آب‌دوست، حساس می‌باشد [۲].بااین‌حال، چوب دارای معایبی ازجمله، تغییرات ابعادی چوب در هنگام قرارگیری آن در رطوبت-های مختلف، حساسیت به تجزیه زیستی توسط میکروارگانیسم‌ها و سریع و راحت سوختن مواد چوب می-باشد [۳].روش‌های مختلفی برای بهبود دادن خصوصیات

عملکردی چوب استفاده می‌شوند، همانند استیلاسیون، پلیمریزاسیون و افزودن فلاونوئیدها به داخل ساختار چوب.بااین‌حال، این روش‌ها، از کارایی کافی به دلیل عدم پایداری، برخوردار نیستند [۴]؛ بنابراین، نیاز است که از موادی پایدار در ساختار چوب استفاده شود که بتوانند خصوصیات فیزیکی چوب را بهبود بخشند و از کارایی طولانی‌مدت برخوردار باشند. محققین، استفاده از نانوذرّات برای بهبود دادن، کارکرد نانوکمپوزیت‌ها توصیه کرده‌اند [۵-۷]. از نانوذرات مختلفی برای پوشش‌دار کردن ساختار چوب استفاده می‌شود، همانند نانوذرات سیلیس.نانوذرات سیلیس، دارای برخی خصوصیات شیمیایی و یا ساختاری هستندکه استفاده از آن‌ها رادر برخی از صنایع به‌عنوان یک پوشش ممکن ساخته است [۸]. نانو ذرّات سیلیس با خصوصیات ساختاری و آب‌گریزی منحصربه‌فرد، می‌توانند همانند یک پوشش عمل کنند. این نانوذرّات دارای ساختار شیمیایی هستند که امکان انحلال در حلال‌های آبی و بسیاری از حلال‌های مرسوم غیرآبی را ندارند و این ویژگی تعلیق پایدار آن‌ها در بسیاری از مصارف صنعتی مورد توجّه قرار داده است [۹].Wangو همکاران (۲۰۱۳) [۱۰]. در مطالعه‌ای سطح چوب را با نانوذرات سیلیس پوشش دادندو نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار کردن سطح چوب با نانوسیلیس زاویه‌ی تماس را در مقایسه با شاهد افزایش داد.Liuو Cao(۲۰۱۸)[۱۱]. در مطالعه‌ای سطح چوب را با یک امولسیون حاوی روغن سیلیس تیمار کردند و نشان دادند که تیمار کردن سطح چوب با روغن سیلیس توانست به‌طور معنی‌داری زاویه‌ی تماس را افزایش دهد.در این مطالعه، همچنین از زایکوسیل در ترکیب با نانو ذرات سیلیس استفاده شد. زایکوسیل ماده نانوتکنولوژی اورگانوسیلان است.زایکوسیل هم توانسته خصوصیات ترکیبات اورگانوسیلان پایه حلالی را به همراه داشته باشد و هم به دلیل نانو بودن بسیار باصرفه است. وقتی محلول زایکوسیل به‌عنوان پوشش به همراه نانو ذرات سیلیس استفاده می‌شود، با سیلیس واکنش داده و با تغییر ماهیت شیمیایی، آن را از حالت آب‌دوست به آب‌گریز تبدیل می‌کند. زایکوسیل با گروه عاملی-OH چوب، پیوند قوی سیلوکسان Si-O-Si ایجاد می‌کند و به‌این‌ترتیب، پوشش چوب را از حالت آب‌دوست به آب‌گریز تبدیل می‌کند [۱۲]. Taghiyari، (۲۰۱۳) نشان داد که افزودن زایکوسیل به ساختار MDF، جذب آب را کاهش داد [۱۳]. در مطالعه‌ی حاضر، از چوب تبریزی استفاده شد که در ایران دارای مصارف زیادی از گذشته تا حال بوده است، ولی این چوب دارای خواص مکانیکی ضعیفی است که استفاده از آن را با محدودیت روبه‌رو ساخته است [۱۴]. ظاهراً، استفاده از نانو سیلیس می‌تواند اتصالات مکانیکی با زایکوسیل در سطح چوب ایجاد نماید و به خاطر اندازه ریز آن در تمام منافذ چوب نفوذ کرده و آن را پر می‌نماید و باعث بهبود خصوصیات فیزیکی چوب می‌شود. لذا در این تحقیق، فرض شد که استفاده از نانوذرات سیلیس به‌همراه زایکوسیل بتواند در ساختار چوب تبریزی نفوذ نماید و برخی خصوصیات فیزیکی آن را بهبود بخشد و سبب افزایش کارایی آن شود؛ بنابراین هدف از این مطالعه، تأثیر پوشش‌دار کردن چوب تبریزی با نانو ذرات سیلیس روی برخی خصوصیات عملکردی این چوب بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۱۸ نمونه چوب تبریزی(سه سطح در یک پوشش از نانوذرّات و در سه تکرار) که از پنج‌پایه درخت در استان کردستان (شهرستان سنندج تنگه زیاران) با جهت برش شعاعی و مماسی، با رطوبت ۱۲ درصد تهیه شدند.این چوب‌ها با سه تکرار به ابعاد استاندارد D0143-94ASTM-/1037ASTM[1]D ۵×۲۰×۳۰ میلی‌متر که ازنظر ظاهری کاملاً تمیز و بدون آلودگی بودند، تهیه شدند. چوب نراد نیز که در این مطالعه به‌عنوان شاهد استفاده شد، از منطقه‌ی آستارا در همین ابعاد تهیه شد. نمونه‌های چوب بیشتر به‌صورت شعاعی برش داده شدند. نانو ذرّات سیلیس و زایکوسیل، به ترتیب از شرکت‌های مرک[2]آلمان و شرکت زایدکس[3]هندوستان تهیه شدند. برای انجام آزمون، ابتدا نمونه‌ها با دقّت ۰/۰۰۱ با استفاده از ترازوی ساخت شرکت سارتوریوس[4]کشورآلمان (مدل S313 TE)، وزن شدند.

[1] American society for testing and materials
[2] Merck(Germany)
[3] Zaydex
4Sartorius

مشخصات تیمارها

برای تهیه تیمارها به روش لایه نشانی، از نانوذرّات سیلیس در غلظت‌های ۳، ۵ و ۷ درصد، برای پوشش دادن روی نمونه‌های چوب تبریزی استفاده شد و از زایکوسیل به‌عنوان تسریع‌کننده در مقاوم‌سازی نسبت به رطوبت در ترکیب با نانوذرّات سیلیس (به نسبت ۲۰ به ۱) استفاده شد.همچنین در این تحقیق از سه عدد چوب تبریزیو سه عدد چوب نرّادپوشش دار نشده به‌عنوان شاهد، استفاده شدند. جدول یک، تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهد.

هدف از آوردن شاهد تبریزی این بود که با پوشش‌دار کردن نمونه‌ها با نانوذرات و زایکوسیل، تغییراتی که ایجاد می‌شود، مقایسه شوند و بررسی شود که میزان بهبود در مقایسه با شاهد تبریزی چقدر بوده است. هدف از بررسی کردن چوب نراد نیز این بوده است که چوب نراد، یک چوب دارای کارایی بهتر در مقایسه چوب تبریزی بود و محققین به دنبال بررسی این موضوع بودند که با بهبود دادن خصوصیات چوب تبریزی، این چوب می‌تواند با چوب نراد رقابت نماید.

جدول ۱ تیمارهای آزمایشی

تیمارها	نانو ذرات سیلیس	زایکوسیل
شاهد نراد	-	-
شاهد تبریزی	-	-
تبریزی ۳٪	۳٪	+
تبریزی ۵٪	۵٪	+
تبریزی ۷٪	۷٪	+

روش لایه نشانی

برای انجام فرایند لایه نشانی، نمونه‌های چوب از قبل تمیز و بدون پرز آماده‌سازی شدند، سپس در محفظه دستگاه T.D.I.90.m4 (دانشگاه صنعتی شریف) قرار داده شدند و در ادامه مقداری از محلولآماده‌شده (به میزان چهار قطره در مرکز قطعه چوب) با درصدهای ۳، ۵ و ۷ روی چوب ریخته شد و دَرِ محفظه بسته گردید، سپس پمپ خلأ متصل به دستگاه روشن شد و در سرعت ۳۶۰-۱۵۰۰ دور در ثانیه و به مدّت ۶۰ ثانیه، لایه نشانی کار انجام گرفت. پس از فرآیند پوشش دهی و اشباع، نمونه‌های چوب به مدّت ۳۰ روز (یک ماه) در شرایط و محیط آزمایشگاه مطابق استاندارد ۱۷۰۲۵ قرار گرفتند، تا به رطوبت تعادل برسند. سپس آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی روی نمونه‌ها مطابق با استانداردهای مربوطه انجام گرفت. قابل‌ذکر است چون نمونه‌ها از ابعاد کوچکی برخوردار بودند، جذب محلول و به تعادل رسیدن در مدّت زمان کوتاهی انجام شد.

آنالیزهای FTIR و SEM

برای انجام آنالیزهای[1] FTIR و[2] SEM نمونه‌های چوب، به ترتیب از دستگاه‌های FTIR ساخت شرکت NICOLUS کشور امریکا (مدل NEXUS-870) و SEM ساخت شرکت LEO کشور انگلستان (مدل LEO 440i) واقع در مجتمع رازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران استفاده شد.

میزان جذب آب

برای انجام آزمون میزان جذب آب نمونه‌های چوب، ابتدا نمونه‌های چوبباستفاده از ترازوی ساخت شرکت سارتوریوس[3] کشورآلمان (مدل S313 TE) با دقّت ۰/۰۰۱ وزن شدند.جهت اندازه-گیری جذب محلول نمونه‌های چوب، نمونه‌های چوب مطابق استاندارد (ASTM D 7031) بررسی شدند. در ابتدا نمونه‌های چوب برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در داخل آون قرار

[1] Fourier-transform infrared spectroscopy
[2] Scanning electron microscopy(SEM)
[3] Sartorius

گرفتند و وزن هر یک از نمونه‌ها قبل از اشباع، اندازه‌گیری گردید (P_1و سپس نمونه‌های چوب در داخل ظرف اشباع قرار گرفتند. بعد از اتمام مرحله‌ی اشباع، نمونه‌های آزمونی بلافاصله مطابق با روش استاندارد، مجدداً وزن گردیدند (P_2) و سپس با استفاده از فرمول زیر، درصد جذب اولیه محلول اشباع نسبت به وزن اولیه نمونه‌های آزمونی محاسبه شد.

$$\%P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 \quad (1)$$

آزمون زاویه تماس

برای انجام آزمون زاویه تماس نمونه‌های چوب موردبررسی، از دستگاه ساخت شرکت CAM کشور فنلاند (مدل KSV-CAM200) واقع در مجتمع معاونت پژوهش و فنّاوری در دانشگاه شریف استفاده شد. اندازه‌گیری زاویه تماس نمونه‌های چوب صرفاً با قطره آب(با حجم ۴ میکرولیتر) توسط سیستمی مجهّز به یک دوربین CCD[1]باقابلیت عکس‌برداری از قطره و دارای نرم‌افزار سنجش زاویه تماس قطره با سطح موردنظر انجام شد.

آزمون دانسیته

برای انجام آزمون تعیین دانسیته‌ی نمونه‌های چوب از دستگاه ساخت شرکت Rad way از کشور آلمان (مدل YDK04) استفاده شد. برای اندازه‌گیری دانسیته‌ی نمونه‌های چوب مطابق با استاندارد ASTM D792, ISO 1183 استفاده شد.

آنالیز آماری

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و بررسی معنی‌دار بودن از نرم‌افزار SPSS[2] نسخه‌ی ۲۳ استفاده شد. برای بررسی وجود و عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده گردید و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد.

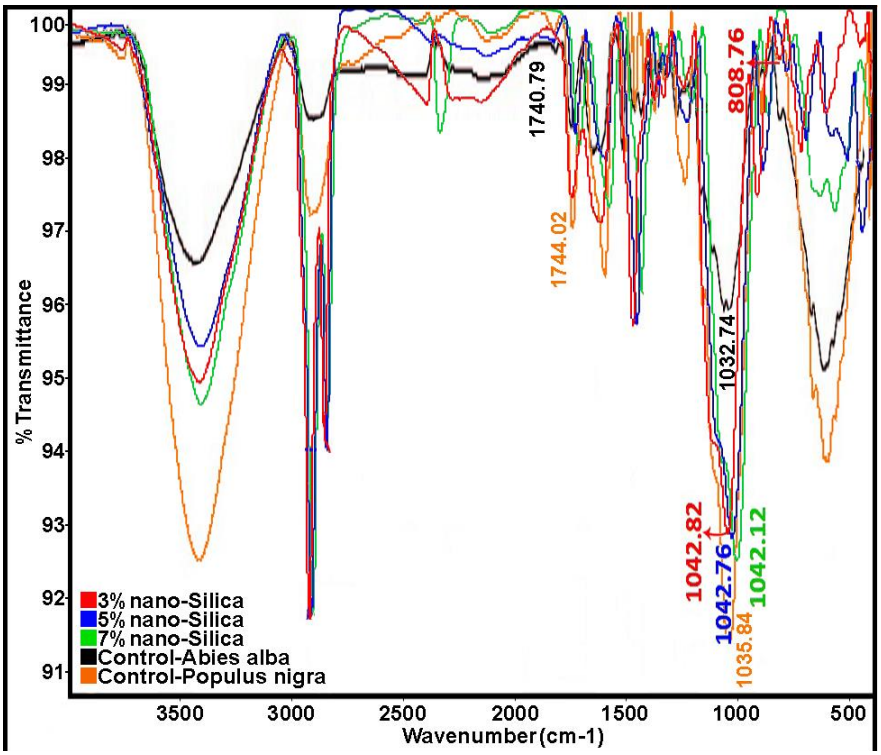
نتایج و بحث

آزمون طیف‌سنجی مادون‌قرمز FTIR

نتایج برای FTIRدر نمونه‌های شاهد در شکل ۱ نشان داد که در هردو نوع چوب الکل‌ها، فنول‌ها و اسیدها (عدد موجی ۳۴۱۵-۳۴۲۵)،CH_2, CH,CH_3(عدد موجی ۲۹۷۰-۲۸۵۰)،C=Oاسترها، کتون‌ها، آلدهیدها، اسیدها (عدد موجی ۱۷۴۴)، حلقه آروماتیک (عدد موجی ۱۵۱۵-۱۵۰۰) و C-O-C(۱۰۲۵-۱۰۳۷) مشاهده شد. بااین‌حال تنها اختلاف بین این دو نوع چوب مربوط به Lignin S and G units and OH(اعداد موجی ۱۳۳۰-۱۲۳۰) بود که تنها در نمونه تبریزی مشاهده شد و همچنین گروه عاملی آلکین‌هاو آلکیل هالیدها (۶۰۷-۶۰۰) مشاهده شد [۱۵]. این اختلاف احتمالاً مربوط به گونه‌ی چوب‌ها و منطقه‌ی جمع‌آوری آن می‌باشد. در یک مطالعه در اسپانیا که محققین گونه‌های بومی چوب در مناطق مختلف این کشور را جمع‌آوریکرده بودند و توسط روش FTIRبررسی کرده بودند، نتایج مطالعه نشان داد که گونه‌های بومی چوب، اعداد موجی مختلفی را از ۸۰۵ تا ۱۷۱۳ نشان دادند که آن را به گونه‌های مختلف چوب و منطقه‌ی جغرافیایی نسبت دادند [۱۵]. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد، هردو نمونه دارای گروه‌های عاملی مشترک می‌باشند و تنها اختلاف بین نمونه‌های شاهد، در این است که در نمونه‌های شاهد تبریزی، گروه‌های لیگنینی کمی مشاهده می‌شود ولی در چوب شاهد نراد،لیگنین بیشتری مشاهده می‌شود. همچنین آلکین‌ها و آلکین هالیدها در نمونه چوب شاهد نراد مشاهده می‌شود ولی در چوب شاهد تبریزی مشاهده نمی‌شود. اعداد موجی cm^{-1} ۸۱۰ و ۱۰۴۱ و ۱۰۴۳ پیوندهایSi-O-Si، Si-O-, Si-C, Si-O C را نشان می‌دهند. عدد موجی ۱۰۸۹ مربوط به گروه عاملی Si-OHمی‌باشد. در غلظت ۳ و ۵ درصد سیلیس، اعداد موجی در ۸۱۰ و ۱۰۴۱ مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده پیوندهایSi-O-Siو Si-O-Cبه ترتیب می‌باشد. بااین‌حال، در غلظت ۷ درصد تنها یک پیک در ۱۰۴۱ مشاهده شد که مربوط به پیوند Si-O-Cمی‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد در بزرگ‌ترین غلظت، یعنی ۷ درصد، پیوند کمتری در مقایسه با غلظت‌های ۳ و ۵ درصد ایجادشده است. همسو با نتایج این مطالعه،Mhaisagarو همکاران

[1] Charge-coupled device
[2] Statistical package for the social sciences

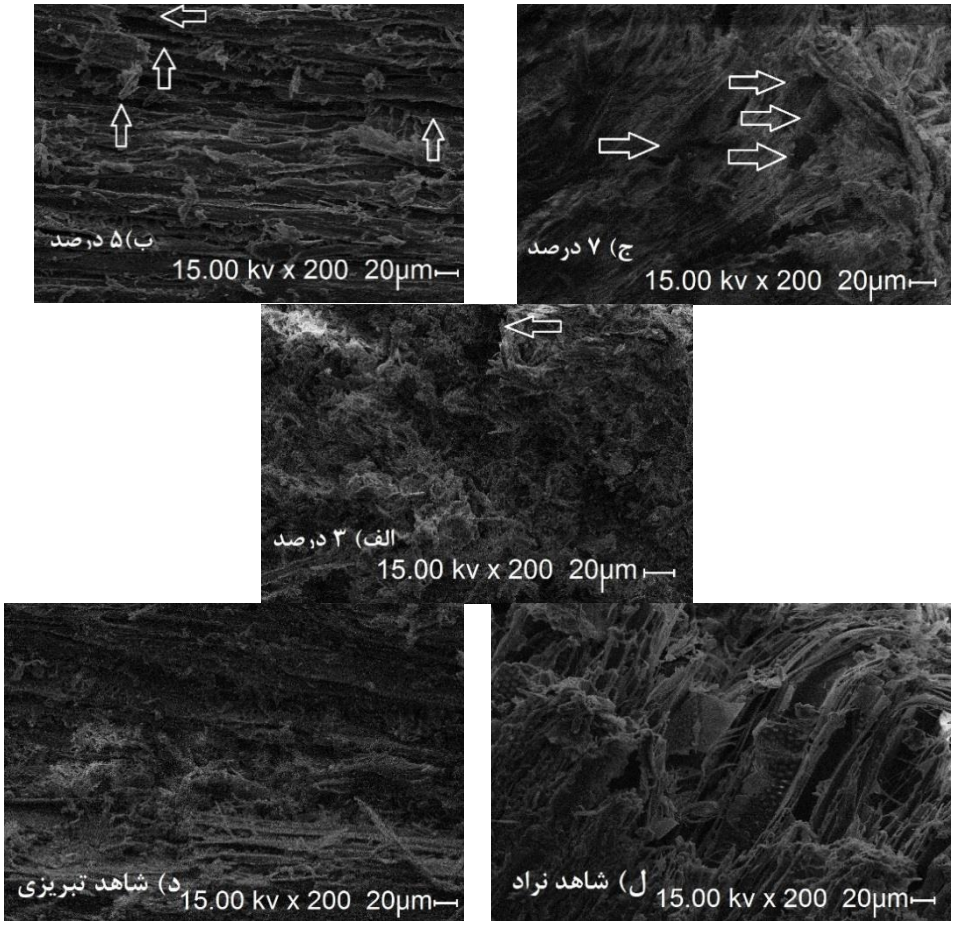
(۲۰۱۲) مطالعه‌ای با عنوان اصلاح غلظت فیلم‌ها با استفاده از روش لایه نشانی و با استفاده از اکسید سیلیس انجام دادند و مشاهده کردند که سیلیس با استفاده از این روش روی غلظت فیلم‌ها رسوب کرد [۱۶].این محققین اعداد موجی در ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ مشاهده کردندو آن را به سیلیس نسبت دادند. در مطالعه‌ای دیگر Wangو همکاران (۲۰۱۳)به بررسی، اصلاح و آب‌گریزی غلظت چوب با استفاده از نانوذرّات سیلیکا پرداختند و پیوند سیلیکا بر غلظت چوب در ناحیه ۱۳۰۰-۱۱۰۰ مشاهده شد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد [۱۰].درمجموع نتایج این بخش نشان می‌دهد که طول‌موج‌هایی برای سیلیس و زایکوسیل با استفاده از این روش تشکیل‌شده است که نشان می‌دهد که استفاده از این روش باعث شده است که لایه‌های سیلیسی با زایکوسیل روی غلظت چوب تشکیل شود.



شکل ۱- طیف‌سنج مادون‌قرمز چوب تبریزی (الف) حاوی نانو ذرّه سیلیس ۳ درصد، (ب) چوب حاوی نانو ذرّه سیلیس ۵ درصد، (ج) چوب حاوی نانو ذرّه سیلیس ۷ درصد به روش لایه نشانی

آزمون SEM

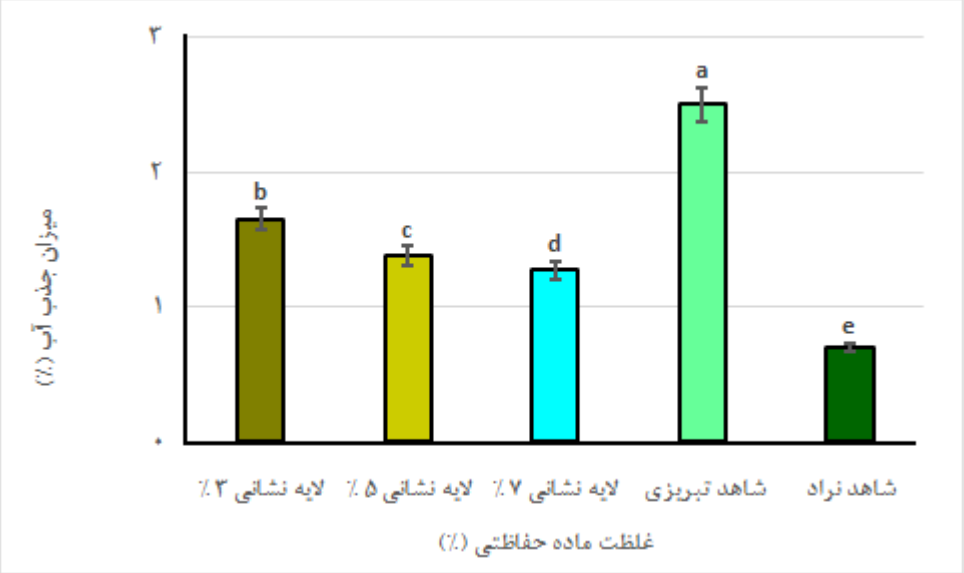
نتایج SEM در نمونه‌های شاهد تبریزی و نرّاد با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر مشخص‌شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، تنها اتصالات مکانیکی بین رشته-های چوب مشاهده می‌شود. ظاهر چوب‌های شاهد تبریزی و نراد تفاوت خاصی را نشان نمی‌دهند. نتایج مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی درروش لایه نشانی برای نانوسیلیس در شکل (۲) نشان داده‌شده است. داده‌های حاصله بیانگر آن است که منافذی روی سطح چوب ایجادشده که با افزایش درصد نانوسیلیس بیشتر افزایش‌یافته است. ظاهراً نوعی نیروی مکانیکی دافعه ایجادشده است که این منافذ بیشتر و بزرگ‌تر می‌شوند. لایه‌های سیلیس مواد بیشتری را دفع می‌کنند و منافذ بزرگ‌تری تشکیل می‌شود.



شکل ۲-SEMدر چوب تبریزی (الف) حاوی نانو ذرّه سیلیس ۳ درصد، (ب) چوب حاوی نانو ذرّه سیلیس ۵ درصد، (ج) چوب حاوی نانو ذرّه سیلیس ۷ درصد به روش لایه نشانی، (د) شاهدتبریزی (ل) شاهد نراد

اندازه‌گیری میزان جذب آب

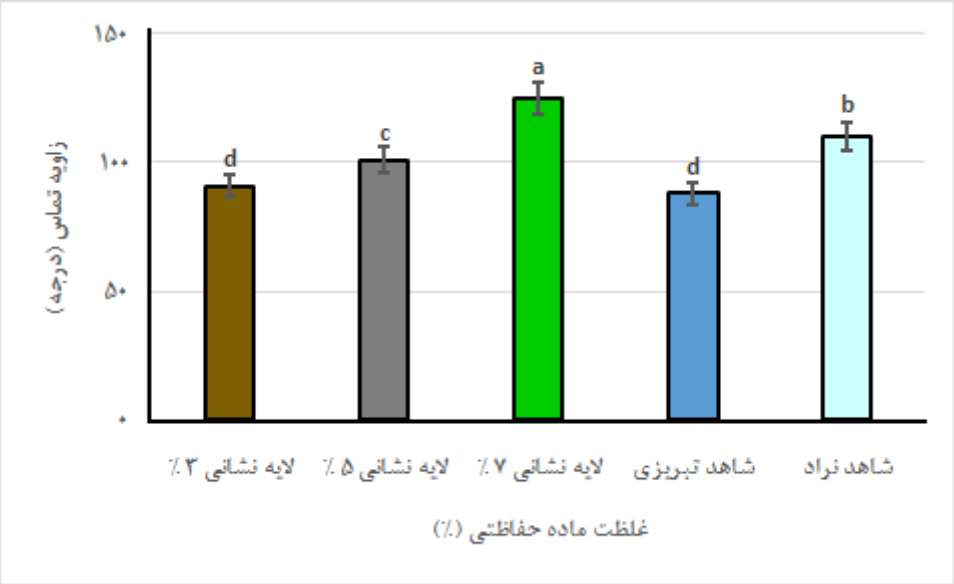
اندازه‌گیریدرصد میزان جذب آب در نمونه‌های شاهد تبریزی و شاهد نرّاد بررسی شد و نتایج به‌صورت میانگین و انحراف معیار گزارش گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین و انحراف معیار در نمونه‌های شاهد تبریزی و نرّاد به ترتیب ۲/۵۰±۰/۳۰ درصد و ۰/۰±۷۰/۱۰ درصد بودند که بین نمونه‌های شاهد تبریزی و نرّاد برای جذب آب تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج به‌دست‌آمده به‌نوعی نشان می‌دهد که ساختار چوب تأثیر بسزایی بر درصد جذب آب دارد. در ساختار چوب نرّاد، حالت صمغ مانندی وجود دارد که مانع از جذب بیشتر آب می‌شود. درصد جذب آب در نمونه‌های تبریزی تیمار شده با غلظت‌های ۳، ۵ و ۷ درصد سیلیس توسط روش لایه نشانی در شکل۳ نشان داده‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد با افزودن غلظت سیلیس، درصد جذب آب کاهش یافت و میانگین و انحراف معیار داده‌ها به ترتیب ۱٪/۰±۶۵/۲۰، ۱٪/۰±۳۸/۱۰ و ۱/۲۷±۰/۱۰ درصد در تیمارهای ۳، ۵ و ۷ درصد بود. این داده‌ها حاکی از آن است که تیمار ۷ درصد، جذب پایین‌تری در مقایسه با تیمارهای ۳ و ۵ درصد داشت و تیمار ۳ درصد جذب بیشتری در مقایسه با تیمار ۵ درصد داشت. نتایج بیانگر آن است که در آن کریستال‌ها و پیوندهای سیلیسی تشکیل‌شده است و درنتیجه مانع بزرگی برای نفوذ آب به داخل ساختار چوب می‌باشند. این روش نیز مشابه روش قبلی به علت پیوند بین زایکوسیل و سیلیس مانع از نفوذ آب‌شده است و منافذ بجای اینکه با آب پر شوند با ذرّات سیلیس و زایکوسیل پرشده‌اند و بعد از گذشت ۳۰ روز این مواد در ساختار چوب باقی‌مانده‌اند.



۳- درصد جذب آب در نمونه‌های تبریزی تیمار شده با غلظت‌های ۳، ۵ و ۷ درصد سیلیس توسط روش لایه نشانی

زاویه تماس

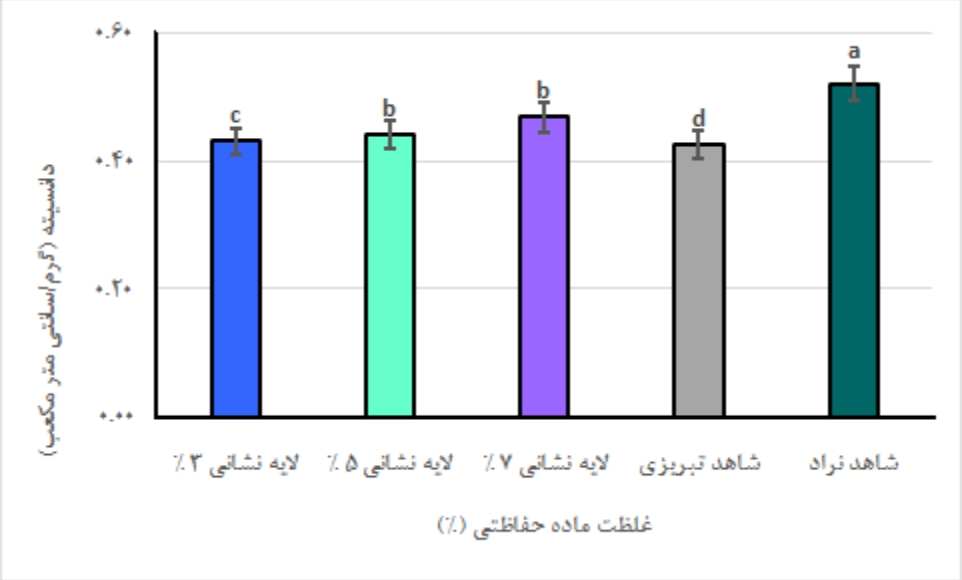
نتایج برای زاویه‌ی تماس در شکل ۴ نشان داده‌شده است. داده‌های حاصله از این پژوهش، بیانگر آن است که میانگین و انحراف معیار زاویه‌ی تماس در نمونه‌های شاهد تبریزی و نرّاد، به ترتیب ۹/۰۰±۸۸/۰۰ و ۳/۰۰±۱۱۰/۰۰ درجه بود. این نتایج نشان می‌دهد که زاویه‌ی تماس در نمونه‌های شاهد نرّاد در مقایسه با نمونه‌ی شاهد تبریزی به‌طور قابل توجّه‌ی بزرگ‌تر بود. این نتایج تأییدکننده‌ی نتایج به‌دست‌آمده برای جذب آب می‌باشد که نشان داد میزان جذب آب در نمونه‌های شاهد نرّاد، پایین‌تر از نمونه‌های شاهد تبریزی بود. نتایج نشان داد که شکل زوایا در نمونه‌های شاهد تبریزی به حالت خمیده می‌باشد و تقریباً همانند یک نیم‌دایره است، درحالی‌که در شاهد نرّاد، حالتی نسبتاً دایره‌ای به خود گرفته است. اختلاف بین نمونه‌های شاهد تبریزی و نرّاد مربوط به ساختار هردو می‌باشدکه در نرّاد آب‌گریز می‌باشد ولی در چوب تبریزی آب‌دوست می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که میانگین و انحراف معیار زاویه تماس برای تیمارهای ۳، ۵ و ۷ درصد به ترتیب ۸/۰۰±۹۱/۰۰، ۵/۰۰±۱۰۱/۰۰ و ۰۰/۰۰±۱۲۵/۱۱ درجه بود. این نتایج نشان می‌دهد که در این روش، با افزایش دادن غلظت، زاویه‌ی تماس افزایش می‌یابد و بین تیمار ۳ درصد با ۵ و ۷ درصد و بین تیمار ۵ درصد با ۷ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این نتایج حاصله کاملاً هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده برای جذب آب می‌باشند. درمجموع تیمار کردن چوب تبریزی با غلظت ۳، ۵ و ۷ درصد، توانست زاویه‌ی تماس را در روش لایه نشانی افزایش دهد و یک ارتباط خطی بین غلظت سیلیس و زاویه‌ی تماس مشاهده شد. این داده‌ها نشان می‌دهد که در غلظت ۳ درصد که پایین‌ترین زاویه‌ی تماس بود، باز سطح آب‌گریز بود (۹۱ درجه) و بیانگر آن است که سطح چوب‌های تیمار شده با درصد بزرگ‌تر نانوسیلیس، سطح یک دست و صاف‌تری را نشان دادند که ممکن است دلیلی برای افزایش زاویه تماس و آب‌گریزی بوده باشد [۱۰ و ۱۱].



شکل۴- اندازه‌گیری زاویه‌ی تماس در نمونه‌های سیلیس تیمار شده به روش لایه نشانی

دانسیته

برای بررسی میزان فضاهای خالی داخل بافت نمونه-های چوب،دانسیته مورد بررسی قرار گرفت و این فراسنجه ارتباط مستقیمی با جذب آب دارد. داده‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که میانگین و انحراف معیار برای دانسیته در نمونه‌های شاهد تبریزی و نرّاد به ترتیب ۰/۰±۴۲۵/۰۱ و ۰/۰۲±۰/۵۲۰ گرم/سانتی‌متر مکعب بود. این داده‌ها به‌خوبی بیشتر بودن دانسیته را در نمونه‌ی شاهد نرّاد نشان می‌دهد. در نمونه‌های شاهد نرّاد، جذب آب در مقایسه با نمونه‌های شاهد تبریزی پایین‌تر بود و فضای خالی بیشتری در داخل نمونه‌های شاهد تبریزی وجود دارد، درحالی‌که در نمونه‌های نرّاد، فضای خالی وجود ندارد. طبیعی است که اگر فضای خالی وجود نداشته باشد و یا موادی غیر از آب پر شود، دانسیته بیشتر می‌شود.مشابه نتایج در بخش قبلی، داده‌ها در این روش نیز نشان داد که تیمار کردن با نانوسیلیس توانست دانسیته را افزایش دهد نمودار۵. در این بخش نیز ارتباط خطی بین غلظت نانوسیلیس و دانسیته مشاهده شد. میانگین و انحراف معیار داده‌ها برای غلظت‌های ۳، ۵ و ۷ درصد بهترتیب ۰/۰۲±۰/۴۳۰، ۰/۰۱±۰/۴۴۱ و ۰/۰±۴۶۹/۰۲ گرم/ سانتی‌متر مکعب بود. هم‌راستا با نتایج، Ghorbani1و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد که نشان دادند با افزایش دادن غلظت نانو سیلیس، چگالی افزایش یافت.اینداده‌ها نشان می‌دهد که با افزودن غلظت بیشتری از نانوسیلیس، دانسیته نیز افزایش می‌یابد [۱۷]. این موضوع بیانگر آن است که روش لایه نشانی نیز باعث می-شود شکاف با ذرات سیلیس پر شود و حفرات مونومرهای بیشتری را به خود جذب کنند، درنتیجه باعث افزایش دانسیته می‌شود. مشابه به این نتایج برای جذب آبکه با افزایش غلظت نانوسیلیس، جذب آب کاهش یافت و در این روش نیز با افزایش غلظت نانوسیلیس، دانسیته افزایش یافت.



شکل۵- اندازه‌گیری دانسیته در نمونه‌های تبریزی تیمار شده با نانوسیلیس به روش لایه نشانی

نتیجه‌گیری

درمجموع، پوشش‌دار کردن سطح چوب تبریزی با استفاده از ترکیبی از نانو ذرات سیلیس و زایکوسیل توانست برخی خصوصیات سطحی همانند جذب آب، زاویه‌ی تماس و دانسیته را بهبود بخشد. استفاده از غلظت‌های ۵ و ۷ درصد توانست کارایی بهتری در مقایسه با غلظت ۳ درصد داشته باشد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، پوشش‌دار کردن سطح چوب با استفاده از ترکیبی از نانو ذرات سیلیس و زایکوسیل اگرچه خصوصیات سطحی چوب را بهبود بخشید، ولی نتوانست کارایی آن را به‌اندازه‌ی چوب نراد افزایش دهد. این مطالعه برای اولین بار به بررسی پوشش‌دار کردن چوب تبریزی با استفاده از ترکیبی از نانو ذرات سیلیس و زایکوسیل پرداخت و نتایج این مطالعه می‌تواند راه را برای مطالعات آتی در این زمینه هموار سازد.

تشکر و قدردانی

در پایان، نویسندگان از گروه صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران که این مطالعه را موردحمایت قراردادند، کمال تشکّر و قدردانی را دارند.

منابع

[1] Petric, M., 2013. Surface modification of wood: A critical review. Reviews on Adhesion Adhesives, 2: 216-247.

[2] Wegner, T.K.E., Skog, P.J., and Michler, C.J., 2012. Uses and desirable properties of wood in the 21st century. Journal of Forestry, 108: 165–173.

[3] Mantanis, G.I., and Papadopoulos, A.N., 2010. The sorption of water vapour of wood treated with a nanotechnology compound, Wood Science and Technology, 44(3): 515-522.

[4] Chang, H., Tu, K., Wang, X., and Liu, J., 2015. Facile preparation of stable superhydrophobic coatings on wood surfaces using silica-polymer nanocomposites. Bioresource. 10: 2585-2596.

[5] Hwang, S.S., Liu, S.P., Hsu, P.P., Yeh, J.M., Chang, K.C., and Lai, Y.Z. 2010. Effect of organoclay on themechanical/thermal properties of microcellular injection molded PBT–claynanocomposites. InternationalJournal of Communication Heat Mass Transfer, 37:1036–43.

[6] Ha, S.R., Rhee, K.Y., Park, S.J., and Lee, J.H., 2010.Temperature effects on the fracture behaviourand tensile properties of silane-treated clay/epoxy nanocomposites. CompositionPart B: Engineering, 41:602–7.

[7] Zainuddin, S., Hosura, M.V., Zhoua, Y., Narteha, A.T., Kumarb, A., and Jeelani, S., 2010. Experimentaland numerical investigations on flexural and thermal properties of nanoclay–epoxy nanocomposites. Materials Science Engineering A, 527:7920–6.

[8] Kiaei, M., Amiri, H., Samariha, A., and Amani, N. 2018. Effect of nanosilica on thermal, flammability, and morphological properties of WF/rPS-based nanocomposites. CERNE, 24:59-66.

[9] Wang, C., Zhang, M., Xu, Y., Wang, S., Liu, F., Ma, M., Zang, D., and GAO, Z., 2014. One-step synthesis of unique silica particles for the fabrication of bionic and stably superhydrophobic coatings on wood surface. Advanced Powder Technology, 25: 530–535.

[10] Wang, X., Chai, Y., and Liu, J., 2013. Formation of highly hydrophobic wood surfaces using silica nanoparticles modified with long-chain alkylsilane. Holzforschung, 67(6): 667–672.

[11] Liu, Z., and Cao, J., 2018. Fabrication of superhydrophobic wood surface with a silica/silicone oil complex emulsion. Wood Research. 63:353-364.

[12] Mylsamy, B., Kumar Palaniappan, K., Subramani, S.P., Kumar, P., and Aruchamy, K., 2019. Impact of nanoclay on mechanical and structuralproperties of treated Cocciniaindicafibre reinforced epoxy composites. Journal of Materials Research Technology. 2019. 10:20-35.

[13] Taghiyari, H.R. 2013. Nano-zycosil in MDF: gas and liquid permeability. European Journal of Wood Production, 71:353–360.

[14] Alimohamadi, A., Asadi, F., Aghdaei, R.T. 2012. Genetic diversity in Populusnigra plantations from west of Iran. Annals Forestry Research, 56(1): 165-178.

[15] Traore, M., Kaal, J., andCortizas, A.M., 2018. Differentiation between pine woods according to speciesand growing location using FTIR-ATR. Wood Science and Technology, 52:487–504.

[16] Mhaisagar, Y.S., Joshi, B.N., and Mahajan, A., 2012. Surface texture modification of spin-coated SiO2 xerogel thin films by TMCS silylation. Bulletin Material Science, 35: 151–155.

[17] Ghorbani1, M., Biparva, P.,and Hosseinzadeh, S., 2017.Effect of colloidal silica nanoparticles extracted from agricultural waste on physical, mechanical and antifungal properties of wood polymer composite. European Journal of Wood Production, 10: 43-53.

The investigation of surface properties of Populus nigra wood coated with silica nanoparticles

M. Emampour[1]
H. L. Khademieslam[2*]
M. M. Faezipour[3]
M. Talaeipoor[4]

[1] Ph. D Student, Department of Conservation and Modified Wood, Department of Wood and Paper Science, College of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2] Professor, Department of Wood and Paper Science, College of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[3] Retired Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

[4] Member of the Department of Wood and Paper Science and Technology – Deputy of Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran, Iran

Corresponding author:
hkhademieslam@gmail.com

Received: 2021/01/21
Accepted: 2021/02/02

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of coating *Populus nigra* with silica nanoparticles on some performance parameters. Wood samples of *P. nigra*were were coated with a combination of silica nanoparticles (3%, 5% and 7%) and zycosil by spin coating method and the obtained results were compared with controls of *A. alba* and *P. nigra*. Structural properties of wood samples were investigated by SEM and FTIR tests. Performance properties of wood samples, including water absorption, contact angle and density were investigated. The results showed formation bonds between silica nanoparticles and zycosil. Coating wood samples with silica nanoparticles in the concentrations of 5% and 7% in combination with zycosil decreased water absorption compared to *P. nigra* control (P<0.05). The wood samples coated with nanosilica and zycosil had a higher contact angle and density compared to *P. nigra*control (P<0.05).

Keywords: Coating, Structural properties, Performance properties, Populusnigra, silica nanparticles.