جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٩، شماره ١، بهار ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰

ص ۱۷۳-۱۸٤

تأثیر پوشش‌دهنده‌های گوناگون بر برخی ویژگی‌های سطحی چوب راش

❖ **الهام نوروزی؛** کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
❖ **بهبود محبی** *؛ دانشیار گروه علوم چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

در این پژوهش تأثیر نانوروی، نانوکیتوزان، کیتوزان، روغن سیلیکون و روغن بزرک بر ویژگی‌های سطحی چوب راش شامل تغییر رنگ، زبری سطح و ترشوندگی چوب نسبت به آب بررسی شد. به این منظور، تخته‌هایی از چوب راش به ابعاد ۲۰×۱۰×۲ سانتی‌متر تهیه و با مواد ذکرشده پوشش داده شد. برای بررسی اثر پوشش‌دهی سطح چوب، آزمون‌های رنگ‌سنجی، زاویهٔ تماس و زبری سطح روی نمونه‌ها پیش و پس از پوشش‌دهی انجام گرفت. نتایج رنگ‌سنجی نشان داد که در همهٔ نمونه‌ها پس از پوشش‌دهی تغییر رنگ در سطح چوب روی می‌دهد و نمونه‌ها تیره‌تر می‌شوند، اما تغییر رنگ ناشی از پوشش با کیتوزان و نانوکیتوزان کمتر از دیگر پوشش‌ها بود. اندازه‌گیری زاویهٔ تماس هم نشان داد که سطح چوب پس از پوشش‌دهی آب‌گریزتر می‌شود. نمونه‌هایی که با کیتوزان پوشش داده شدند کمترین تغییر رنگ را داشتند و نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با روغن سیلیکون، تغییر رنگ بیشتری در مقایسه با دیگر پوشش‌ها داشتند. چوب راش بر اثر پوشش‌های نانوروی و نانوکیتوزان به سطح صاف‌تری دست پیدا کرد و از زبری کمتری برخوردار شد.

واژگان کلیدی: تغییررنگ، روغن سیلیکون، زاویهٔ تماس، زبری سطح، کیتوزان، نانوروی، نانوکیتوزان.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۱۱-۴۴۵۵۳۱۰۳، فاکس: ۰۱۱-۴۴۵۵۳۴۹۹
Email: mohebbyb@modares.ac.ir

مقدمه

چوب ماده‌ای مرکب و نوعی زیست‌بسپار طبیعی است که به‌دلیل متخلخل بودن ساختار و ترکیبات آب‌دوست تشکیل‌دهنده‌اش، به‌ویژه سلولز و همی‌سلولز، به‌شدت نم‌پذیر است و در اثر جذب رطوبت دچار واکشیدگی می‌شود. علاوه‌بر این، جذب رطوبت توسط چوب، آن را به محیط مناسبی برای فعالیت برخی از عوامل مخرب قارچی تبدیل می‌کند [۱، ۲]. از سوی دیگر، این ماده در برابر پرتو خورشید از خود مقاومت نشان نمی‌دهد و دچار تغییر رنگ و هوازدگی می‌شود [۳] و در پی آن، ترشوندگی سطح چوب و زبری آن فزونی می‌یابد [٤، ۵] و در نهایت، از بازارپسندی آن نیز کاسته می‌شود. به این دلیل از دید کاربردی، باید سطح چوب با پوشش‌دهنده‌های گوناگون نگهداری شود یا با استفاده از تیمارهای گوناگون، ساختار شیمیایی آن تغییر یابد تا در برابر تغییرات ناشی از هوازدگی یا تبادل رطوبت حفظ شود [٦].

برای نگهداری سطح چوب در برابر شرایط جوی و جذب آب، از روش‌ها و پوشش‌دهنده‌های گوناگونی مانند رزین‌ها، رنگدانه‌ها و پرکننده‌ها، مواد افزودنی و حلال‌های ناقل استفاده می‌شود [۷، ۸]. از بین پوشش‌دهنده‌ها، رزین‌ها بیشترین نفوذ را نشان می‌دهند [۸]. گاهی رطوبت چوب، خود عامل مزاحمی در چسبیدن پوشش‌ها بر روی چوب است [۸]. بنابراین، می‌توان گفت بهترین پوشش چوب، پوششی است که در رطوبت زیاد از سطح چوب کنده نشود. از سوی دیگر، بسته به سلیقهٔ بازار، هرچه پوشش به‌کاررفته تغییر رنگ کمتری در هنگام کاربرد داشته باشد و زیبایی طبیعی چوب را حفظ کند، بازارپسندتر خواهد بود.

ازآنجا که سطح چوب نامنظم و متخلخل است، ترشوندگی سطح و موبینگی آن پیش‌نیاز مهمی برای پوشش‌دهی مناسب سطح است [۸]. این موارد سبب افزایش سطح تماس بین چوب و مادهٔ پوشش‌دهنده می‌شوند، همچنین با پوشش‌دهی مناسب و جلوگیری از تبادل رطوبتی محیط با سطح چوب، تنش‌های ناشی از جذب و دفع رطوبت کاهش می‌یابند. تبادل رطوبتی در حفظ چسبندگی پوشش بر سطح چوب نیز اثرگذار است. هرچه پوشش روی چوب در برابر تبادل رطوبتی مقاوم‌تر باشد، دوام پوشش نیز بیشتر خواهد بود. برای چسبندگی بهتر پوشش‌دهنده بر سطح چوب، دو عامل زیر باید مدنظر قرار گیرد: الف) مادهٔ پوششی باید به‌خوبی درون حفره‌های چوب (به‌ویژه چوب آغاز) نفوذ کند؛ ب) مادهٔ پوشش‌دهنده باید تنش‌های داخلی (ناشی از جذب و دفع رطوبت) را در تمام قسمت‌های چوب به‌طور یکسان به حداقل برساند [۸].

در فناوری‌های نانو برای توسعه و کاربرد مواد، دستگاه‌ها و سیستم‌های گوناگون استفاده می‌شوند. نانوفلزاتی چون نانوروی، نانونقره و ... ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارند که گاهی ممکن است خواص این نانوذرات، کاملاً با ویژگی فلز عنصری آنها متفاوت باشد. با توجه به برخی از ویژگی‌های نانوذرات مانند اندازهٔ ذرات، هزینه و قابلیت پراکندگی یکنواخت آنها، به‌نظر می‌رسد که می‌توان از آنها در زمینهٔ کاربردهای حفاظتی چوب نیز به‌خوبی بهره‌برداری کرد. برای مثال، به‌نظر می‌رسد نانوذرات به‌دلیل اندازهٔ کوچکشان در سطح بیشتر نفوذ می‌کنند [۹]. نانوذرات به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیب‌شده با مواد پوششی قابلیت کاربرد دارند. گسترهٔ پژوهش در این زمینه نیز رو به افزایش است. در بررسی غلامیان و همکاران (۲۰۱۱) [۱۰]

گزارش شده است که با پوشش‌دهی چوب با سیلر و کیلر و نیم پلی‌استر براق و همچنین نانوذرات زایکوفیل و زایکوسیل می‌توان مقاومت چوب به جذب آب را افزایش و نفوذپذیری گاز و مایع را کاهش داد [۱۰]. همچنین در بررسی دیگری، نمونه‌های کاج جنوبی تحت خلأ با نانواکسید روی به میزان ۱، ۲/۵ و ۵ درصد تیمار شدند و نتایج نشان داد که نمونه‌ها در برابر آبشویی و جذب آب و حملات موریانه مقاوم‌اند و با افزایش غلظت نانو، مقاومت چوب نیز بیشتر می‌شود [۱۱]. به‌لحاظ زیست‌محیطی، بهره‌مندی از ترکیبات طبیعت‌ساخته یا مواد حفاظتی و اشباع‌کننده‌های چوب نیز از دیرباز مدنظر محققان بوده است. پژوهشگران در کنار تأثیر حفاظتی این مواد بر چوب، به اثرگذاری آنها در حفاظت سطحی، هوازدگی و تغییر ویژگی‌های سطحی نیز پرداخته‌اند. برای مثال، تمیز و همکاران (۲۰۰۷) [۱۲] به بررسی تغییر رنگ در نمونه‌های برون‌چوب کاج جنگلی حفاظت‌شده با ترکیبات گوناگون پرداختند. آنان نمونه‌های کاج جنگلی را با آرسنات مس، روغن بزرک، کیتوزان، فورفوریل الکل و CCA (ترکیب حفاظتی مس-کروم- آرسنیک) پوشش داده و سپس آنها را به‌مدت ۸۰۰ ساعت در برابر دوره‌های هوازدگی تسریع‌شده قرار دادند که مشخص شد در همهٔ تیمارها به‌جز کیتوزان، تغییر رنگ کمتری نسبت به نمونهٔ شاهد روی می‌دهد، درحالی که تغییر رنگ کیتوزان به اندازهٔ نمونهٔ شاهد است [۱۲].

همان‌گونه که اشاره شد پوشش‌دهنده‌ها در کنار حفاظت سطحی چوب و جلوگیری از تبادل رطوبتی، می‌بایست از دیدگاه بازارپسندی نیز مطلوبیت کافی داشته باشند. آگاهی از تغییر ویژگی‌های سطحی نخستین مرحلهٔ کار یک پژوهشگر در زمینهٔ کاربرد هر پوشش‌دهنده به‌منظور سنجش اثرگذاری پوشش‌های مورد نظر بر سطح چوب است. برخی از پوشش‌ها سبب بهبود ویژگی‌های سطحی چوب مانند رنگ، زبری، نم‌پذیری، پایداری و چسبندگی رنگ بر روی سطح چوب و غیره می‌شوند و برخی دیگر این‌گونه نیستند. در این پژوهش به بررسی اثر چند نوع پوشش دهندهٔ طبیعی و نانو یا ترکیب‌شده با پوشش سنتزی مانند روغن جلا، بر تغییر ویژگی‌های سطحی چوب پیش و پس از پوشش‌دهی پرداخته می‌شود تا قابلیت آنها در تغییر رنگ، زبری و ترشوندگی نسبت به آب سنجیده شود. در پژوهش کنونی، از پوشش‌های کیتوزان و روغن سیلیکون در کنار ذرات نانوروی و نانوکیتوزان ترکیب‌شده با روغن جلا استفاده و اثر آنها بر ویژگی سطحی چوب بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد

مواد استفاده‌شده در این پژوهش شامل موارد زیر بودند:

چوب راش (*Fagus orientalis*)؛ چوب مورد نیاز از جنگل آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ منابع طبیعی تهیه شد. پس از خشک کردن چوب در دستگاه خلأ خشک‌کن (فشار ۷۰ میلی‌متر جیوه و دمای ٦٠ درجهٔ سانتی‌گراد) و رسیدن رطوبت چوب به حدود ۱۰ درصد، نمونه‌هایی با سطح مماسی به ابعاد ۲۰×۱۰×۲ سانتی‌متر تهیه و گندگی شدند تا سطحی یکنواخت و پرداخت‌شده داشته باشند. سطح نمونه‌ها نیز با سمبادهٔ شمارهٔ ۱۲۰ پرداخت کامل شد تا اجرای آزمایش‌های پیش و پس از پوشش‌دهی میسر شود.

پوشش‌دهنده‌ها؛ شامل روغن بزرک (به‌رنگ زرد طلایی، مزهٔ آن شیرین است و بویی خفیف و مخصوص شبیه بوی دانهٔ بزرک دارد و وزن مخصوص آن کمتر از ۰/۹۳۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب است)، روغن سیلیکون ۹۰۰۰ (بی‌رنگ و بی‌بو)، نانوکیتوزان (۱ درصد با pH٤ با اندازهٔ ذرات ۳۹ نانومتر) سنتزشده به‌روش مورا و همکاران (۲۰۰۸) [۱۳]، نانوروی (با خلوص ۹۹ درصد و اندازهٔ ذرات ۳۰-۱۰ نانومتر ساخت شرکت مرک)، مالئیک انیدرید (ساخت شرکت مرک M=۹۸/۰٦۹g/mol). کیتوزان (با درجهٔ استیل‌زدایی بیش از ۸۵ درصد، وزن مولکولی ۳۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ دالتون ساخت شرکت اکروس)، روغن جلا و تینر ۱۰۰۰۰ (تهیه‌شده از بازار داخل) بودند.

روش پژوهش

پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها

پوشش‌دهی سطحی چوب با استفاده از قلم‌موهایی به پهنای ۵ سانتی‌متر و سرنگ‌های ۱۰ سی‌سی انجام گرفت. برای این کار، حجم معینی از پوشش‌دهنده‌ها (٦ میلی‌لیتر) با استفاده از سرنگ بر روی نمونه ریخته و سپس با قلم‌مو بر روی سطح پخش شد. برای هر نوع پوشش قلم‌مویی جداگانه به‌کار رفت. در زیر، شیوهٔ پوشش‌دهی برای هر یک از پوشش‌دهنده‌ها آورده شده است:

ترکیب روغن جلا با نانوکیتوزان: ابتدا نانوکیتوزان با نسبت وزنی ۱ درصد در تینر ریخته شد تا ذرات نانو درون تینر به حالت شناور درآیند. سپس محلول (نانوکیتوزان- تینر) به روغن جلا با نسبت ۱ به ۱ اضافه شد. برای پوشش‌دهی هر یک از نمونه‌ها، ۳ میلی‌لیتر روغن جلا با ۳ میلی‌لیتر محلول (نانوکیتوزان- تینر) ترکیب شد و سپس مخلوط تهیه‌شده بر روی هر نمونه انتقال یافت و پس از آن پوشش‌دهی با قلم‌مو صورت گرفت.

ترکیب روغن جلا با نانوروی: در اینجا نیز همانند بالا، ابتدا نانوروی با نسبت وزنی ۱ درصد در تینر ریخته شد تا ذرات نانو درون تینر به حالت شناور درآیند. سپس محلول (نانوروی- تینر) به روغن جلا اضافه شد. برای پوشش‌دهی هر نمونه، ۳ میلی‌لیتر روغن جلا با ۳ میلی‌لیتر محلول (نانوروی- تینر) درنظر گرفته شد و بر روی هر نمونه انتقال یافت و سپس پوشش‌دهی با قلم‌مو صورت گرفت.

کیتوزان ۵ درصد: ابتدا ۵ میلی‌لیتر استیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده و سپس ۵ گرم کیتوزان به آن اضافه شد و نمونه به‌مدت ۳ ساعت با استفاده از همزن مخلوط شد. پس از آن، با کمک محلول اسیدکلریدریک و هیدروکسید سدیم ۱ مولار، pH ۵ برای محلول تنظیم شد.

روغن بزرک: ابتدا مالئیک انیدرید با نسبت وزنی ۵ درصد به روغن بزرک اضافه شد؛ سپس با استفاده از همزن این ترکیب با هم مخلوط شد و سپس برای آمیختگی بهتر، در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد گرمادهی صورت گرفت. برای پوشش‌دهی نمونه‌های چوب، همانند بالا ٦ میلی‌لیتر از محلول بر سطح هر نمونه منتقل شد و با استفاده از قلم‌مویی به پهنای ۵ سانتی‌متر به طور یکنواخت بر روی سطح چوب پخش شد.

روغن سیلیکون؛ در اینجا نیز همانند روغن بزرک، مالئیک انیدرید با نسبت وزنی ۵ درصد با روغن سیلیکون ترکیب شد و آمیزهٔ تهیه‌شده در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد گرمادهی شد تا به‌خوبی با هم ترکیب

شوند. برای پوشش‌دهی سطح نمونه‌های چوب راش، ٦ میلی‌لیتر از محلول بر روی سطح هر نمونه منتقل شد. از قلم‌مویی به پهنای ۵ سانتی‌متر نیز برای یکنواخت‌سازی پوشش بر سطح نمونه‌ها استفاده شد.

پس از پوشش‌دهی سطح نمونه‌ها، همهٔ آنها در دمای ٦۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت در آون قرار داده شدند تا به‌طور کامل خشک شوند (به‌جز کیتوزان که در دمای محیط و به‌سرعت خشک شد) تا بتوان آزمایش‌های رنگ‌سنجی، زبری سطح، و اندازه‌گیری زاویهٔ تماس بر روی سطح نمونه‌ها انجام گیرد و برآورد دقیقی از اثرگذاری پوشش‌ها بر ویژگی سطحی آنها به‌دست آید. البته نمونه‌ها به‌مدت دو هفته در شرایط کلیماتیزه با دمای حدود ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦۵ درصد قرار داده شدند تا به تعادل رطوبتی با محیط پیرامون خود برسند.

آزمایش‌ها

اندازه‌گیری تغییر رنگ

برای اندازه‌گیری این فاکتور از دستگاه رنگ‌سنج اسپکتروفوتومتر Micromatch- Sheen مجهز به منبع نوری D_{65} و مشاهده‌کنندهٔ استاندارد ۱۰ درجه استفاده شد. پرتوهای ساطع‌شده از این دستگاه در محدودهٔ ۷۰۰ – ٤۰۰ نانومتر (نور مرئی) هستند. داده‌های این دستگاه مطابق با استاندارد ASTM D-2244 [١٤] و در سیستم $L^* a^* b^*$ CIE ارائه می‌شوند. سیستم CIELAB یک فضای رنگی سه‌بعدی است که در آن فاکتور L^* نشان‌دهندهٔ روشنی نمونه‌هاست و از ۰ تا ۱۰۰ متغیر است. حداکثر روشنی ۱۰۰ است که نشان‌دهندهٔ رنگ سفید است و حداقل روشنی صفر است که تیرگی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. a^* و b^* فاکتورهای دیگری‌اند که هر یک به‌ترتیب در امتداد محور Xها از قرمزی (a+) تا سبزی (a-) و در امتداد محورYها از زردی (b+) تا آبی بودن (b-) را نشان می‌دهد. برای مقایسهٔ اختلاف رنگ نمونه‌ها نیز از فاکتور ΔE استفاده می‌شود. این فاکتور براساس رابطه‌های زیر (رابطه‌های ۱–٤) و از ریشهٔ دوم برآیند ΔL^*، Δa^* و Δb^* به‌دست می‌آید و شدت تغییر رنگ نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (۱)$$

$$\Delta L^* = L_b^* - L_a^* \quad (۲)$$

$$\Delta a^* = a_b^* - a_a^* \quad (۳)$$

$$\Delta b^* = b_b^* - b_a^* \quad (٤)$$

اندیس‌های a و b نشان‌دهندهٔ سنجش پارامتر پس و پیش از پوشش‌دهی‌اند.

زبری سطح

برای آگاهی از شدت زبری سطح نمونه‌ها پیش و پس از پوشش‌دهی، از دستگاه زبری‌سنج سطح HUATEC مدل SRT-6200 استفاده شد. این دستگاه دو فاکتور R_a و R_z را اندازه‌گیری می‌کند. R_a میانگین تمام بلندی‌هایی است که سوزن دستگاه (حسگر) در خط سیر تعیین‌شده (۱۷/۵ میلی‌متر) با دقت ۰/۰۵ تا ۱۰ میکرون و کات آف دستگاه ۲/۵ میلی‌متر پس از پیمایش نشان می‌دهد. R_z نیز میانگین ارتفاع ۵ قلهٔ مرتفع و ۵ درهٔ عمیق است.

زاویهٔ تماس

برای پی بردن به کشش سطحی نمونه‌های پوشش‌دارشده نسبت به جذب یا دفع آب از روش تعیین زاویهٔ تماس قطرهٔ آب نسبت به سطح نمونه استفاده شد. برای این کار از دستگاه زاویه‌سنج مدل

PGX-Goniometer ساخت سوئد استفاده شد. زاویهٔ تماس در لحظهٔ فرود قطره یا در همان لحظهٔ صفر تعیین شد. برای سنجش، حجم هر قطره آب برابر ۳/۵ میکرولیتر تنظیم شد.

در کلیهٔ آزمایش‌های بالا، پنج نمونه چوب آزمایش شد و بر روی هر نمونه نیز پنج بار اندازه‌گیری انجام گرفت. برای مقایسهٔ تفاوت نمونه‌ها برای پیش و پس از نوع پوشش‌دهی، داده‌های به‌دست‌آمده نیز به‌روش آزمون آماری t-student (نوع جفتی) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

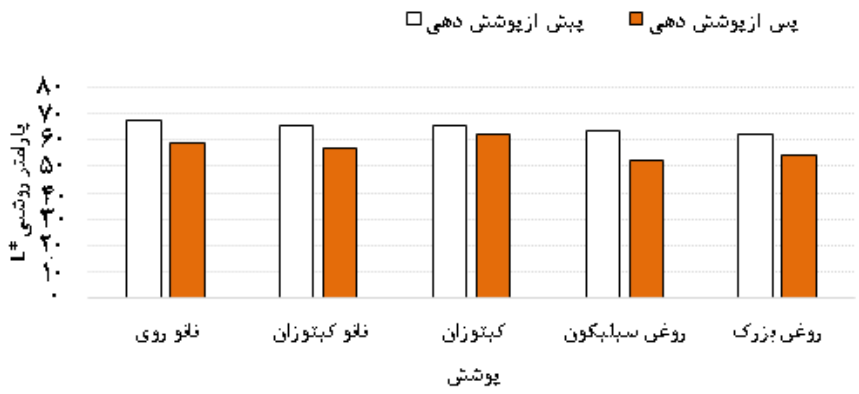
رنگ‌سنجی

نمایی از نمونه‌های پوشش‌دارشده در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش در شکل ۱ دیده می‌شود. در این نمونه‌ها اثر پوشش به‌صورت کلی مشاهده می‌شود. بررسی مشاهده‌ای این پوشش‌ها نشان‌دهندهٔ تیره‌تر شدن سطح چوب راش بود. برای نمایان‌تر شدن این مشاهده، با بهره‌گیری از دستگاه اسپکتروفوتومتر Sheen و مدهای رنگی CIE $L^* a^* b^*$ برای هر نمونه تعیین شدند.

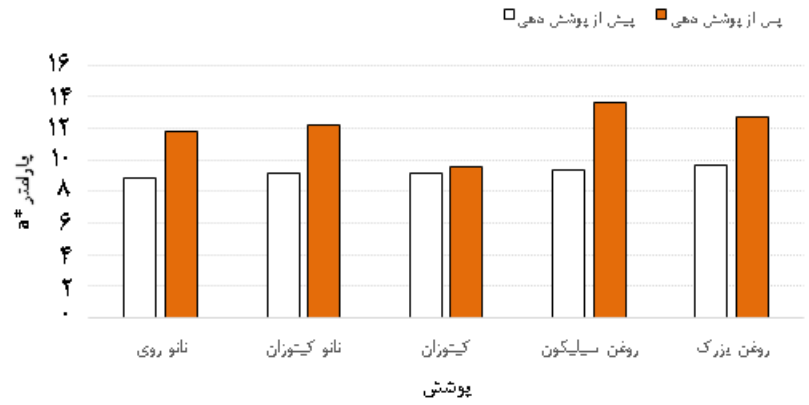
نتایج اندازه‌گیری *L برای همهٔ پوشش‌ها در شکل۲ آمده است. همان‌گونه که در بالا نیز گفته شد، *L نشان‌دهندهٔ میزان روشنی و تیرگی رنگ سطح چوب است. این بررسی نشان داد که در همهٔ نمونه‌ها پس از پوشش‌دهی میزان *L کاهش پیدا کرد. این کاهش بیانگر تیره‌تر شدن سطح نمونه‌ها نسبت به پیش از پوشش‌دهی بود. در نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با کیتوزان، کمترین افت در پارامتر *L روی داد. این بدین معناست که کمترین تیرگی سطح مربوط به این پوشش بوده است. دلیل آن نیز ساختار فیلم‌مانند کیتوزان و بی‌رنگی آن است؛ درحالی که پوشش روغنی سیلیکون و بزرک پس از پوشش‌دهی تیرگی بیشتری را در چوب سبب شدند.

اندازه‌گیری پارامتر *a در نمونه‌های پوشش‌داده‌شده نیز نشان داد که بر اثر پوشش‌دهی این ویژگی افزایش می‌یابد (شکل ۳). این در حالی است که بیشترین افزایش به پوشش‌های روغن سیلیکون و سپس روغن بزرک (مالئیک‌دار شده) مربوط بود و کمترین آن در پوشش کیتوزان دیده شد. افزایش *a بیان‌کنندهٔ تغییر رنگ نمونه‌های چوب به‌سوی قرمزتر شدن است. ازاین‌رو استفاده از پوشش سیلیکون و روغن بزرک سبب قرمزتر شدن سطح نمونه‌های چوب می‌شود. در جایگاه پایین‌تر، پوشش‌دهی با نانوکیتوزان (مخلوط با روغن جلا) و نانوروی (مخلوط با روغن جلا) قرار داشتند. کاربرد کیتوزان برای پوشش‌دهی راش، اندکی سبب قرمزی سطح چوب شد. اثر پوشش‌دهی سطح چوب بر پارامتر *b نیز در شکل ٤ آورده شده است. اندازه‌گیری این پارامتر نشان داد که با پوشش‌دهی سطح چوب، *b افزایش می‌یابد. کمترین افزایش *b مربوط به پوشش کیتوزان بود و سایر پوشش‌ها از مقداری کمتر با وضعیتی مشابه و به‌نسبت یکسانی برخوردار بودند. افزایش *b گواهی بر افزایش تمایل زردی سطح چوب پس از پوشش‌دهی است. با توجه به پوشش فیلم‌گونه و بی‌رنگ کیتوزان، این زیست‌بسپار تغییر چندانی را در نمای سطحی چوب راش به‌وجود نمی‌آورد؛ اما پوشش‌های دیگر، به‌واسطهٔ ساختار شیمیایی و رنگ ذاتی خود و همچنین احتمالاً به‌همراه داشتن ترکیبات و حلال‌های همراه خود در تغییر رنگ سطح چوب تأثیر اندکی دارند.

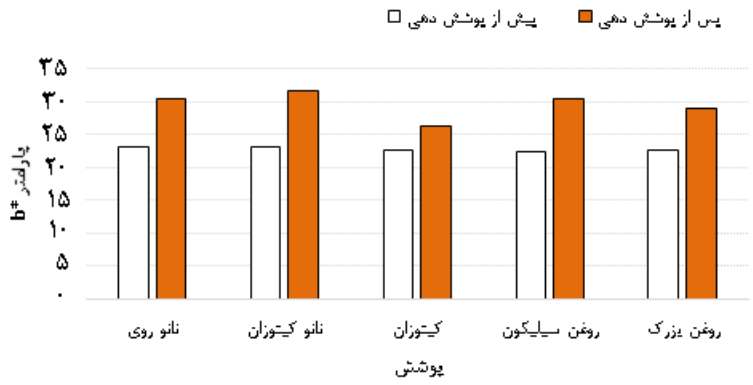
شکل ۱. تغییر رنگ نمونه‌ها پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌دهنده‌های گوناگون
(نمونهٔ بالا: پیش از پوشش‌دهی، نمونهٔ پایین: پس از پوشش‌دهی)



شکل ۲. تغییر پارامتر روشنی L* در چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون

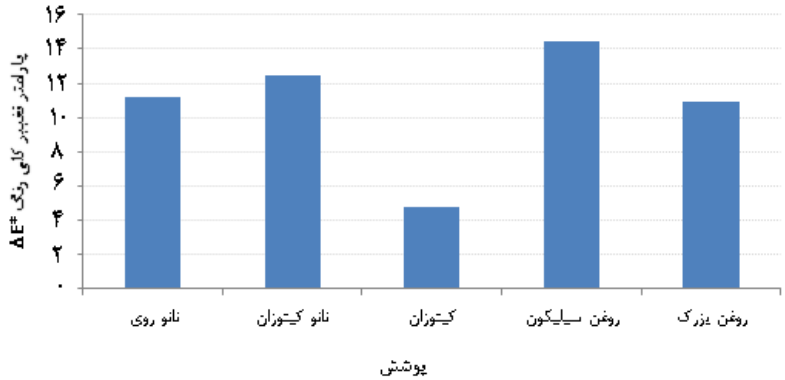


شکل ۳. تغییر پارامتر a* در چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون



شکل ٤. تغییر پارامتر b* در چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون

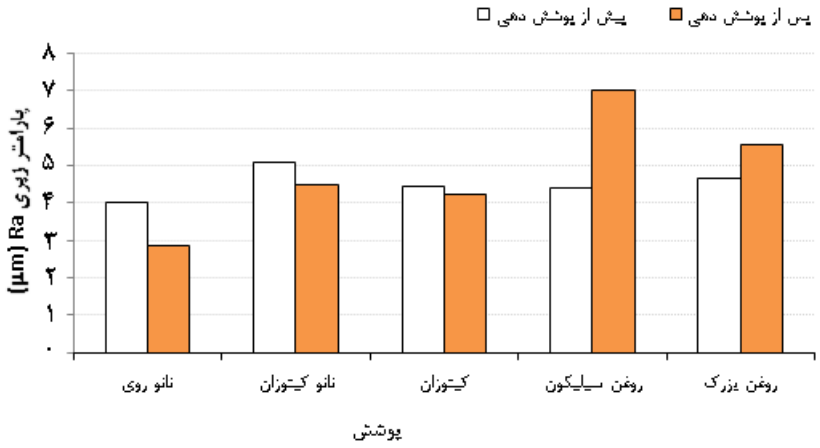
ΔE* پارامتری است که تغییرات کلی رنگ سطح نمونه‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۵). این پارامتر برایند تغییرات همهٔ پارامترهاست. بررسی تغییر کلی رنگ نشان داد که نمونه‌های دارای پوشش کیتوزان دچار کمترین تغییر رنگ شدند و نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با روغن سیلیکون و سپس نانوکیتوزان (مخلوط با روغن جلا) تغییر رنگ بیشتری داشتند. پوشش‌های نانوروی (مخلوط با روغن جلا) و روغن بزرک (مالئیک‌دارشده) در رتبهٔ بعدی قرار داشتند. به‌نظر می‌رسد دلیل تغییر رنگ بیشتر روغن سیلیکون، ساختار شیمیایی و توانایی آن در شکست نور باشد. ضریب شکست نور در هوا ۱ و برای روغن سیلیکون ۱/۵۲ است [۱۵]. کیتوزان به‌دلیل ساختار فیلم‌مانند و بی‌رنگ مانعی در نمایان شدن رنگ طبیعی چوب نمی‌شود و ازاین‌رو تأثیر چندانی در تغییر کلی رنگ ندارد. در میان پوشش‌ها، می‌توان گفت چوب پوشش‌داده‌شده با کیتوزان از نظر رنگ شباهت بیشتری به چوب بدون پوشش دارد.



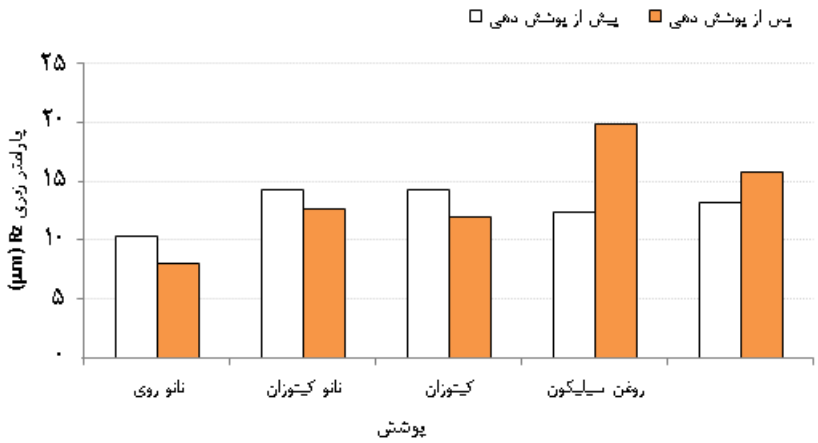
شکل ۵. تغییر رنگ کلی یا ΔE در چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون

زبری سطح

نتایج زبری سطح در شکل‌های ٦ و ٧ آورده شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دو فاکتور Ra و Rz در هر دو شکل تقریباً نتایج یکسانی را برای زبری سطح نمونه‌ها نشان می‌دهند. علت این امر داده‌برداری هم‌زمان هر دو پارامتر در محل اندازه‌گیری است. با مشاهدهٔ فاکتورهای Ra و Rz به‌دست‌آمده پیش و پس از پوشش‌دهی می‌توان نتیجه گرفت که در اثر پوشش‌دهی سطح چوب با نانوروی (مخلوط با روغن جلا)، نانوکیتوزان (مخلوط با روغن جلا) و روغن سیلیکون، زبری سطح کمتر می‌شود، درحالی که بر اثر پوشش‌دهی با کیتوزان و روغن بزرک (مالیئک‌دارشده) زبری سطح چوب راش افزایش نشان می‌دهد. کاهش زبری سطح بر اثر پوشش‌های به‌کاررفته، ممکن است به قابلیت نفوذ این پوشش‌ها به درون فضاهای متخلخل سطح چوب و پر کردن حفره‌های آوندی و الیاف چوب مربوط باشد که بر اثر آن در چوب سطحی صاف‌تر پدید می‌آید، درحالی که پوششی مانند کیتوزان احتمالاً به‌دلیل ایجاد ساختاری فیلم‌گونه در سطح چوب و بروز پستی و بلندی‌های کوچک (اعوجاج احتمالی فیلم) بر سطح آن، زبری را افزایش می‌دهد. نفوذ ناهمگون به درون چوب در پوشش روغن بزرک (مالئیک‌دارشده) نیز ممکن است عامل افزایش زبری سطح بر اثر کاربرد این پوشش باشد.



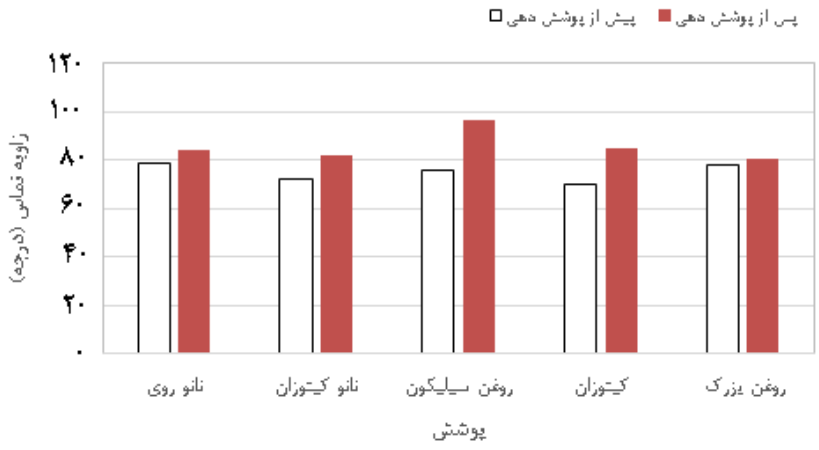
شکل ٦. تغییر پارامتر زبری Ra در چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون



شکل ۷. تغییر پارامتر زبری Rz در چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون

زاویهٔ تماس

افزایش و کاهش زاویهٔ تماس سطح نسبت به قطرهٔ آب نشانهٔ آب‌گریزی یا آب‌دوست‌تر شدن آن است. در شکل ۸ تغییر زاویهٔ تماس قطرهٔ آب در سطح چوب راش، پیش و پس از پوشش‌دهی و در لحظهٔ فرود قطره آب بر سطح چوب (لحظهٔ صفر) نشان داده شده است. نتایج این اندازه‌گیری نشان داد که پوشش‌دهی سطح چوب با هر یک از این پوشش‌ها سبب افزایش زاویهٔ تماس قطرهٔ آب می‌شود. بیشترین افزایش زاویهٔ قطره آب بر اثر پوشش‌دهی با روغن سیلیکون و سپس کیتوزان اندازه‌گیری شد. پوشش‌های دیگر نیز از رتبه‌های پایین‌تری برخوردار بودند. دلیل افزایش زاویهٔ تماس قطره آب، ساختارهای آب‌گریز این پوشش‌ها به‌ویژه روغن سیلیکون است. روغن سیلیکون خود اساساً ماده‌ای آب‌گریز است و کشش سطحی کمی دارد [۱۶].



شکل ۸. زاویهٔ تماس قطرهٔ آب در سطح چوب راش پیش و پس از پوشش‌دهی با پوشش‌های گوناگون

به‌طور کلی می‌توان گفت زبری سطح و زاویهٔ تماس با هم ارتباط دارند. در تیمارهای نانوروی، نانوکیتوزان و سیلیکون که زبری سطح کمتری مشاهده شد، زاویهٔ تماس بزرگ‌تری نیز به‌دست آمد. بهبود مقاومت به جذب آب در همهٔ تیمارها، نشان‌دهندهٔ نفوذ مواد مورد استفاده درون حفره‌ها و روزنه‌های دیوارهٔ سلولی است که موجب بسته شدن منافذ سلول‌های لایه‌های بیرونی چوب می‌شود؛ زیرا کاهش ضریب نفوذپذیری، سبب کم شدن جذب رطوبت می‌شود [۱۰]. تیمار چوب با نانوذره‌ها نیز در کاهش جذب آب اثرگذار است [۱۰].

نتیجه‌گیری

این پژوهش در پی پوشش‌دهی سطح چوب راش و بررسی تغییر ویژگی‌های سطحی چوب راش بر اثر استفاده از ترکیبات کیتوزان، نانوکیتوزان (مخلوط با روغن جلا)، نانوروی (مخلوط با روغن جلا)، روغن سیلیکون و روغن بزرک (ترکیب‌شده با انیدرید مالئیک) پیش و پس از پوشش‌دهی بود. در این بررسی مشخص شد که به‌جز پوشش کیتوزان، همهٔ پوشش‌های به‌کاررفته سبب کاهش روشنی رنگ سطح چوب می‌شوند، درحالی که پوشش کیتوزان با وجود پوشش‌دهی سطح چوب، تغییر رنگ چندانی را موجب نمی‌شود. از دیدگاه آب‌گریزی سطح چوب، هرچند پوشش روغن سیلیکون به‌خوبی سطح چوب را آب‌گریز می‌کند، نسبت به سایر پوشش‌دهنده‌های سطح چوب، رنگ آن را بیشتر تغییر می‌دهد؛ ولی کیتوزان کمترین تغییر کلی رنگ را در چوب سبب می‌شود. همچنین استفاده از این پوشش‌دهنده‌ها سبب دست یافتن به سطحی صاف‌تر با زبری کمتر می‌شود. مادهٔ نانوکیتوزان در مقایسه با کیتوزان از دیدگاه تغییر کلی رنگ، تفاوت بارزی را به جز در روشنی رنگ ایجاد نمی‌کند. از دیدگاه آب‌گریزی نیز این ماده همچون زیست‌بسپار کیتوزان عمل می‌کند و سبب آب‌گریزی سطح چوب می‌شود. اثر نانوروی بر آب‌گریزی سطح چوب هم‌اندازهٔ نانوکیتوزان ترکیب‌شده با روغن جلاست. پوشش‌دهی با ترکیب‌های نانوروی و نانوکیتوزان، از زبری سطح می‌کاهد و سبب صاف شدن سطح می‌شود. البته عملکرد نانوروی در کاهش زبری بهتر از نانوکیتوزان است.

پوشش‌دهی سطح چوب سبب آب‌گریزی آن می‌شود. به‌جز روغن بزرک که کمترین اثر را در افزایش زاویهٔ تماس قطرهٔ آب با سطح چوب دارد، دیگر پوشش‌دهنده‌ها تأثیر بارزی دارند.

References

[1]. Stamm, A.J., and Millett, A. (1940). The internal surface of cellulosic materials. 7th Colloid Symposium, Ann Arbor, Michigan, June 6-8: 43-45.

[2]. Sjöstrom, E. (1992). Wood chemistry fundamentals and applications. Academic Press, San Diego: 293. p.

[3]. Hon, D.N.S. (2001). Wood and cellulosic chemistry, CRC Press, New York: pp. 273-358.

[4]. Evans, P.D., Chowdhury, M.J., Mathews, B., Schamlzl, K., Ayer, S., Kiguchi, M., and Kataoka, Y. (2005). Weathering and surface protection of wood. In: Kutz, M. (Ed.). Handbook of Environmental Degradation of Materials. William Andrew Publishing, Norwich: pp. 277-297.

[5]. Feist, W.C., and Wisconsin, M. (1983). Weathering and protection of wood. In: Proceedings of 79th Annual Meeting of the American Wood-Preservers' Association, April 17-20, Kansas City, Stevensville, MD: American Wood Preservers' Association, Vol. 79: pp. 192-205.

[6]. Hayoz, P., Peter, W., and Roges, D. (2003). A new innovative stabilization method for the protection of natural wood. Progress in Organic Coatings, 48: 297–309.

[7]. Tracton, A.A. (2006). Coatings Technology, Third Edition, Taylor and Francis Group, New York: 18-45.

[8]. Meijer, M.D. (1991). Interactions between wood and coating with low organic solvent content. PhD Thesis, Wageningen University, Netherlands: 183p.

[9]. Clausen, C.A. (2007). Nanotechnology: Implications for the wood preservation industry. The International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden, IRG Document No. IRG/WP/07-30415: 15. p.

[10]. Gholamiyan, H., Tarmian, A., Doost Hosseini, K., and Azadfallah, M. (2011). The effect of clear paints, nanozycofil and nanozycosil on water absorption and contact angle of poplar wood. Journal of Iranian Society of Wood and Paper Sciences and Industries, 2(1): 17-26.

[11]. Clausen, C.A., Green, F., and Kartal, S.N. (2010). Weatherability and leach resistance of wood impregnated with nano-zinc oxide. Journal of Nanoscale Research Letter, 5: 1464–1467.

[12]. Temiz, A., Terziev, N., Eikenes, M., and Hafren, J. (2007). Effect of accelerated weathering on surface chemistry of modified wood. Journal of Applied Surface Science, 253: 5355–5362.

[13]. De Moura, M.R., Aouada, F.A., and Mattoso, L.H.C. (2008). Preparation of chitosan Nano particles using methacrylic acid. Journal of Colloid and Interface Science, 321: 477–483.

[14]. Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, Annual Book of ASTM Standard, **02.04,** D 2224-02, 2002.

[15]. Anonymous. 2014. List of refractive indices. Online at: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_refractive_indices.

[16]. O'Lenick, A.J. (1999). Basic silicone chemistry- A review. Silicon Spectator, SiltechLLC, Dacula, Ga. 30019: 23. p.