

تاثیر پوشش حاصل از روغن‌های گیاهی حاوی جاذب‌های نور فرابنفش در مقاومت به هوازدهی چوب اصلاح حرارتی شده

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تأثیر استفاده از روغن گیاهی محتوی جاذب نوری به‌عنوان پوشش بر مقاومت به هوازدهی چوب اصلاح حرارتی شده بود. برای این منظور، مقدار 180 gr/m^2 روغن (کتان یا سویا) به همراه ۰ و ۰/۵ درصد جاذب نور فرابنفش (نانواکسید روی یا تینوین ۳۲۶) به‌عنوان پوشش در سطح نمونه‌ها به‌وسیله قلم‌مو اعمال شد و سپس مقاومت به هوازدهی این نمونه‌ها بعد از ۶ ماه هوازدهی طبیعی به‌وسیله آزمون‌های رنگ‌سنجی، زبری سطح، طیف‌سنجی ATR-FTIR و استریو میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون رنگ‌سنجی نشان داد که در ماه اول هوازدهی پوشش‌های حاوی روغن سویا تغییرات رنگی کمتری را نسبت به پوشش‌های حاوی روغن کتان داشته‌اند؛ اما در پایان هوازدهی، نمونه‌های دارای پوشش روغن کتان (خالص و حاوی نانو اکسیدروی) و سویا حاوی نانو اکسید روی کمترین تغییرات رنگ را نسبت به سایر تیمارها داشتند. نتایج حاصل از آزمون زبری سطح مشخص کرد که پوشش‌های روغنی تا حدی توانسته جلوی افزایش زبری سطح در اثر هوازدهی را بگیرند اما جاذب‌های نوری تأثیر مثبتی از خود در این زمینه نشان ندادند. تجزیه و تحلیل نتایج طیف‌سنجی ATR-FTIR نشان داد که کم‌ترین تخریب سطح در نمونه‌های پوشش داده‌شده با روغن سویا اتفاق افتاده است. تصاویر استریو میکروسکوپ نیز حاکی از آن بود که نمونه‌های حاوی پوشش دارای شدت تخریب و ترک سطحی کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش هستند.

واژگان کلیدی: هوازدهی طبیعی، چوب اصلاح حرارتی شده، روغن‌های گیاهی، جاذب‌های نوری.

داود رسولی^{۱*}
فاطمه مهاجر^۲
محمدرضا ماستری فراهانی^۳
محراب مدهوشی^۲

^۱ مسئول مکاتبات و استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته حفاظت و اصلاح چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

^۳ دانشیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:

Rasouli@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵

مقدمه

امروزه از چوب به دلیل تجدید پذیر بودن، داشتن ویژگی‌های مکانیکی مناسب، دانسیته و انبساط حرارتی پایین، زیبایی و ... به‌طور گسترده استفاده می‌شود. البته این ماده دارای معایبی نیز می‌باشد که می‌توان به عدم ثبات ابعادی آن در برابر رطوبت، تخریب بیولوژیکی، هوازدهی و ... اشاره نمود. جهت بهبود ثبات ابعادی و

مقاومت به پوسیدگی چوب می‌توان از تیمار حرارتی در دمای نسبتاً بالا استفاده نمود. تیمار حرارتی باعث اصلاح شیمیایی ترکیبات دیواره سلولی می‌شود که این تغییرات شیمیایی طی حرارت دهی، نقش مهمی در خصوصیت آبریزی چوب ایفا می‌کند. اصلاح ساختار لیگنین، تخریب شدید همی سلولزها و تغییر در نسبت آمورف با کریستالی سلولز تیمار حرارتی باعث تغییر رنگ در چوب شده و

پایه هیدرو کسی بنزوفنون^۱ و هیدرو کسی فنیل بنزوتیرازول^۲ هستند که نور فرابنفش خورشید را به‌طور مؤثری فیلتر می‌کنند و بدین ترتیب با عدم عبور این امواج مضر، سطح پوشش داده موردنظر را در برابر این امواج محافظت می‌نمایند [۱۲، ۱۳]. رنگ‌های مورد استفاده در صنعت چوب برای محیط‌های بیرونی به دلیل داشتن حلال‌های آلی دارای ترکیبات فراری آلی^۳ (VOCs) می‌باشند این ترکیبات خطرانی فراوانی برای محیط‌زیست و سلامتی انسان‌ها دارند. همین امر باعث شده تلاش‌های فراوانی جهت حذف یا کاهش این ترکیبات صورت گیرد. از جمله می‌توان به رنگ‌های پایه آب و پخت با نور فرابنفش^۴ اشاره کرد. همچنین از پوشش‌های دیگر برای چوب در این زمینه می‌توان به پوشش‌های بر پایه روغن اشاره نمود. روغن کتان یا بزرک که سابقه استفاده از آن در حفاظت چوب به زمان‌های گذشته برمی‌گردد مجدداً مورد توجه قرار گرفته است. این روغن می‌تواند به درون چوب نفوذ کرده و در اثر واکنش‌های خوداکسایشی، خشک گردد و بدین ترتیب اثر حفاظتی مناسبی در برابر نفوذ آب نشان دهد [۱۴، ۱۵]. مطالعات Gholamiyan و Moradpour (۲۰۱۹) نشان داد روغن کتان می‌تواند مقاومت به هوازگی چوب‌های تیمار شده را افزایش دهد [۱۶]. از معایب این پوشش می‌توان به مقاومت به سایش پایین و تمایل به زرد شدن به دلیل حضور اسید چرب لینولنیک در ساختار آن اشاره کرد [۱۴، ۱۷]. روغن سویا نیز به‌عنوان یک ماده اولیه در صنایع رنگ و پلیمر کاربرد دارد. این روغن جز روغن‌های نیمه‌خشک‌شونده بوده و در حضور هوا قسمت‌هایی از آن به شکل جامد درمی‌آید. Ozgenc و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که روغن‌های طبیعی و از جمله روغن سویا می‌توانند باعث کاهش تغییرات رنگی نمونه‌های چوبی در طی ۶۰۰ ساعت هوازگی مصنوعی گردند [۳]. پژوهش حاضر جهت بررسی تأثیر روغن گیاهی (کتان و سویا) و حضور جاذب نور فرابنفش در ساختار این روغن‌ها در بهبود مقاومت به هوازگی ترمووود انجام شد.

خواص جدیدی از قبیل بهبود ثبات ابعادی و دوام در برابر قارچ‌ها را ایجاد می‌کند [۱، ۲]. علی‌رغم این‌که با اصلاح حرارتی چوب، ثبات رنگی و مقاومت آن در برابر هوازگی نیز افزایش می‌یابد [۳] اما همچنان این محصول نیز در برابر هوازگی آسیب‌پذیر بوده و در اثر هوازگی رنگ و زیبایی آن به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۴، ۵]. هوازگی عموماً به معنی تخریب آهسته تحت عوامل محیط بیرونی می‌باشد نور خورشید (به‌ویژه اشعه فرابنفش) و آب ناشی از بارندگی‌ها از عوامل اصلی ایجاد پدیده هوازگی هستند [۶]. این پدیده در چوب اغلب با تغییر رنگ، تخریب فیزیکی در سطح و ایجاد شکاف نمایان می‌شود [۲، ۷]. این عوامل عمدتاً به دلیل تغییرات شیمیایی در لایه‌های سطحی چوب و بخصوص ساختار لیگنین ایجاد می‌شوند. حضور قارچ‌های باختگی در سطح چوب نیز موجب تشدید پدیده هوازگی شده و به‌مرور باعث خاکستری شدن رنگ چوب آلات مربوطه می‌گردد [۸]. با استفاده از رنگ‌ها و پوشش‌های مناسب می‌توان مقاومت به هوازگی چوب را افزایش داد [۵]. رنگ‌های مات به دلیل اینکه دارای رنگ‌دانه می‌باشند اجازه عبور نور را به سطح چوب نمی‌دهند و در نتیجه به نحو مؤثری سطح چوب را در برابر هوازگی محافظت می‌نمایند. اما از آنجایی‌که این نوع رنگ‌ها زیبایی و بافت چوب را می‌پوشانند استفاده از رنگ‌های شفاف در صنعت چوب بسیار متداول‌تر می‌باشد [۹]. برای افزایش کارایی رنگ‌های شفاف در محیط‌های بیرونی می‌بایستی از افزودنی‌های مناسب جهت بهبود کارایی این رنگ‌ها در برابر هوازگی استفاده کرد زیرا این رنگ‌ها به‌راحتی امواج نور خورشید را از خود عبور داده و باعث تخریب سطح چوب پوشش داده‌شده می‌شوند برای جلوگیری از عبور نور فرابنفش از رنگ، جاذب‌های نور فرابنفش استفاده می‌شود [۱۰، ۱۱]. نانو اکسید روی می‌تواند طیف وسیعی از امواج فرابنفش را جذب نماید و در صورت پراکنده‌سازی مناسب، تأثیری در شفافیت پوشش ایجاد نمی‌کند. مطالعات صورت گرفته نشان داده استفاده از این ماده در ساختار رنگ‌ها موجب بهبود در مقاومت به هوازگی چوب‌های پوشش شده می‌شود [۲]. جاذب‌های نوری آلی نیز از جمله ترکیبات آلی بر

¹ Hydroxy Benzophenone

² Hydroxy Phenyl Benzotriazole

³ volatile organic compounds

⁴ UV curing

مواد و روش‌ها

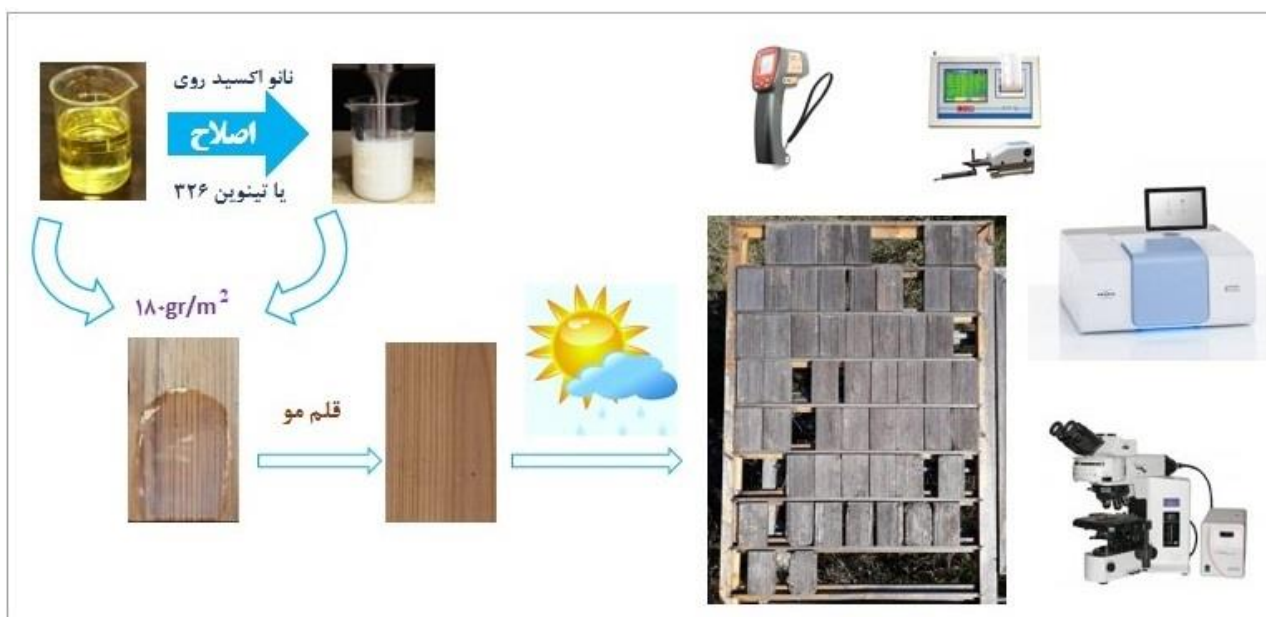
خصوصیات مواد اولیه

در این تحقیق، نمونه‌های آزمونی بدون عیب و گره به ابعاد $2 \times 6 \times 10$ (L, R, T) سانتی‌متر از چوب اصلاح حرارتی شده کاج (*Pinus Sylvestris*) شرکت بالتیروئال^۱ (استونی) تهیه شدند. همچنین در این بررسی، روغن کتان بکر (شرکت ورژن)، روغن سویا تصفیه‌شده بدون آنتی‌اکسیدان (شرکت رعنا)، نانو اکسید روی با اندازه متوسط ذرات ۶۰ نانومتر (آلفا ایسر^۲ آمریکا) و تینوین ۳۲۶ (شرکت BASF) مورد استفاده قرار گرفت. جهت اصلاح روغن با نانو اکسید روی، ۰/۵ گرم نانو اکسید روی به ۱۰۰ گرم روغن مورد نظر اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه به وسیله همزن مغناطیسی به هم زده شد و در نهایت در معرض امواج التراسونیک به مدت ۵ دقیقه با توان ۳۰۰ وات قرار گرفت. جهت اصلاح روغن با تینوین ۳۲۶، این

ماده به مقدار ۰/۵ درصد وزنی به روغن مورد نظر اضافه و بوسیله همزن مغناطیسی به هم زده شد.

برای پوشش دهی نمونه‌ها، از مقدار روغن ۱۸۰ گرم بر مترمربع استفاده گردید که توزیع و پخش آن در سطح نمونه‌ها به وسیله قلم‌مو انجام شد. به منظور سهولت در بررسی نتایج علامت اختصاری در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این بررسی برای هر تیمار از سه تکرار استفاده شد که در مجموع تعداد ۲۱ نمونه آماده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای انجام آزمون هوازگی طبیعی، نمونه‌های آزمونی به سمت جنوب تحت زاویه ۴۵ درجه و با ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین به مدت ۱۸۰ روز (خرداد-آبان ۹۷) در جنگل شصت کلاته گرگان قرار داده شدند. داده‌های هواشناسی این منطقه در طی دوره هوازگی در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۱- تصویر شما تیک از مراحل انجام تحقیق

¹ Baltiroyal

² Alfa Aeser

جدول ۱- کد شناسایی نمونه‌ها

توضیح	کد شناسایی
روغن کتان	K
روغن کتان حاوی تینوین ۳۲۶	K-Tin
روغن کتان حاوی نانوآکسید روی	K-Zno
روغن سویا	S
روغن سویا حاوی تینوین ۳۲۶	S-Tin
روغن سویا حاوی نانوآکسید روی	S-Zno
نمونه‌های فاقد پوشش	C

جدول ۲- میانگین شاخص‌های هواشناسی گرگان از خرداد تا آبان ۹۷

دمای روزانه (°C)	رطوبت نسبی روزانه (%)	میزان بارندگی ماهانه (mm)	ساعت آفتابی ماهانه (hrs)
۲۵/۳	۶۳/۴	۲۴/۹	۲۳۰/۸

سطحی به‌عنوان اندازه‌گیری اولیه یا به‌عنوان مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد، RZ (میانگین ارتفاع ده نقطه از پروفیل زبری که شامل پنج قله و پنج دره)، Rq (انحراف معیار زبری)، محاسبه گردید [۱۹]. همچنین زبری نسبی نمونه‌ها برای هر یک از پارامترهای زبری سطح با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید. در تعداد اندازه‌گیری برای هر تیمار سه

$$R' = R_m / R_0 \quad (2)$$

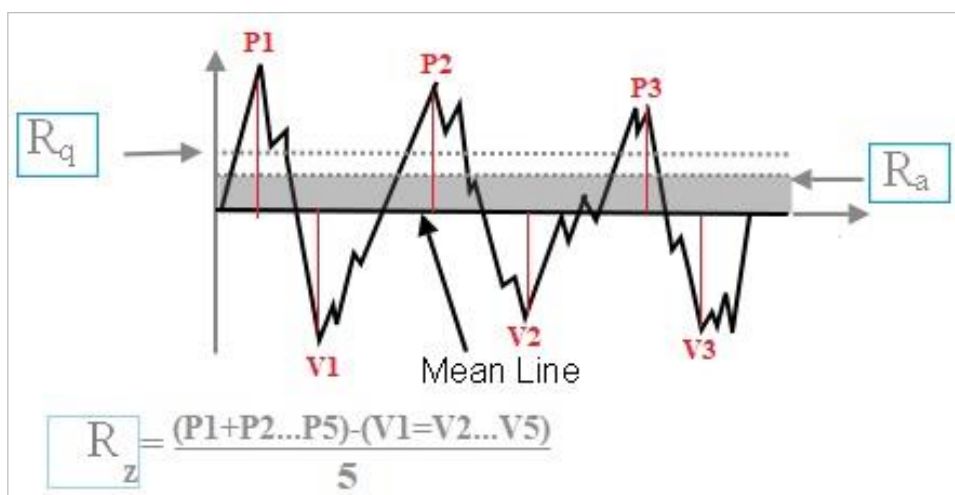
R: پارامتر زبری نسبی پارامتر زبری قبل از هوازده‌گی: R_0 پارامتر زبری بعد از هوازده‌گی: R_m
 ۳- به‌منظور بررسی تغییرات شیمیایی سطح نمونه‌ها قبل و بعد از هوازده‌گی از طیف‌سنجی ATR-FTIR با استفاده از دستگاه Bruker مدل Tensor II استفاده گردید.
 ۴- به‌منظور بررسی تغییرات سطح نمونه‌ها بعد از هوازده‌گی از دستگاه استریو میکروسکوپ 8ZX16 OLYMPUS استفاده شد.

به‌منظور بررسی شدت هوازده‌گی بر روی نمونه‌ها، آزمون‌های زیر قبل و بعد از هوازده‌گی بر روی آن‌ها انجام گردید:

۱- خصوصیات رنگی سطح نمونه‌ها بر اساس استاندارد ASTM D2244 به‌وسیله دستگاه TES A135 بر اساس سیستم CIE-lab، مورد ارزیابی قرار گرفت و تغییرات رنگی (ΔE) بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید [۱۸]. لازم به ذکر است در هر دوره زمانی بر روی هر نمونه، تعداد هفت اندازه‌گیری رنگ‌سنجی (بیست‌ویک اندازه-گیری برای هر تیمار) انجام شد.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

۲- کیفیت سطح نمونه‌ها قبل و بعد از هوازده‌گی به‌وسیله دستگاه زبری سنج سوزنی Bocchi مدل RTP80 و طبق استاندارد ISO 4287 اندازه‌گیری شدند. تعداد اندازه‌گیری برای هر تیمار سه تکرار بود. برای این منظور از سطح هر نمونه یک پروفیل از قسمت وسط در جهت عمود بر الیاف با سرعت ثابت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و به طول ۵۰/۱۷ میلی‌متر بدست آمد. انواع پارامترهای سطح شامل Ra (زبری متوسط) که در بیشتر اندازه‌گیری‌های بافت



شکل ۲- تصویر شماتیک از سه پارامتر اصلی زبری

شکل (۳b) تأثیر هوازدهگی بر میزان قرمزی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار میزان شاخص a نمونه‌ها بعد از قرارگیری در معرض هوازدهگی کاهش یافته است به طوری که میزان قرمزی آن‌ها کمتر شده و نمونه‌ها تمایل به رنگ سبز پیدا کرده‌اند. در بین تمامی تیمارها، تنها در یک ماه اول هوازدهگی، پوشش سویا (S) و پوشش سویا حاوی تینوین (S-Tin) تغییرات کمتری از خود نشان دادند.

شکل (۳c) تأثیر هوازدهگی بر روی میزان زردی سطح نمونه‌های پوشش داده شده را نشان می‌دهد. بعد از قرارگیری در معرض هوازدهگی شاخص زردی تمامی نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است. این امر نشان‌دهنده آن است که نمونه‌ها بعد از قرارگیری در معرض هوازدهگی تمایل به رنگ آبی دارند و از میزان زردی آن‌ها کاسته شده است. تغییرات کاهش زردی تیمار در طی دوره هوازدهگی روند تقریباً مشابهی در بین تیمارها داشته و اختلاف قابل ملاحظه‌ای در بین آنها مشاهده نمی‌شود.

نتایج تغییرات رنگی نمونه‌ها در طی هوازدهگی نشان داد که در ماه اول هوازدهگی، نمونه‌های دارای پوشش روغن سویا از میزان تغییرات رنگی کمتری نسبت به نمونه‌های دارای پوشش روغن کتان برخوردار هستند (شکل ۳d). بررسی نتایج در ماه‌های پایانی هوازدهگی نشان داد که نمونه‌های دارای سه پوشش روغن کتان، روغن کتان حاوی نانو اکسید روی و روغن سویا حاوی نانو اکسید روی دارای تغییرات رنگی کمتری نسبت به بقیه پوشش‌ها و نمونه‌های بدون پوشش می‌باشند. استفاده از تینوین ۳۲۶

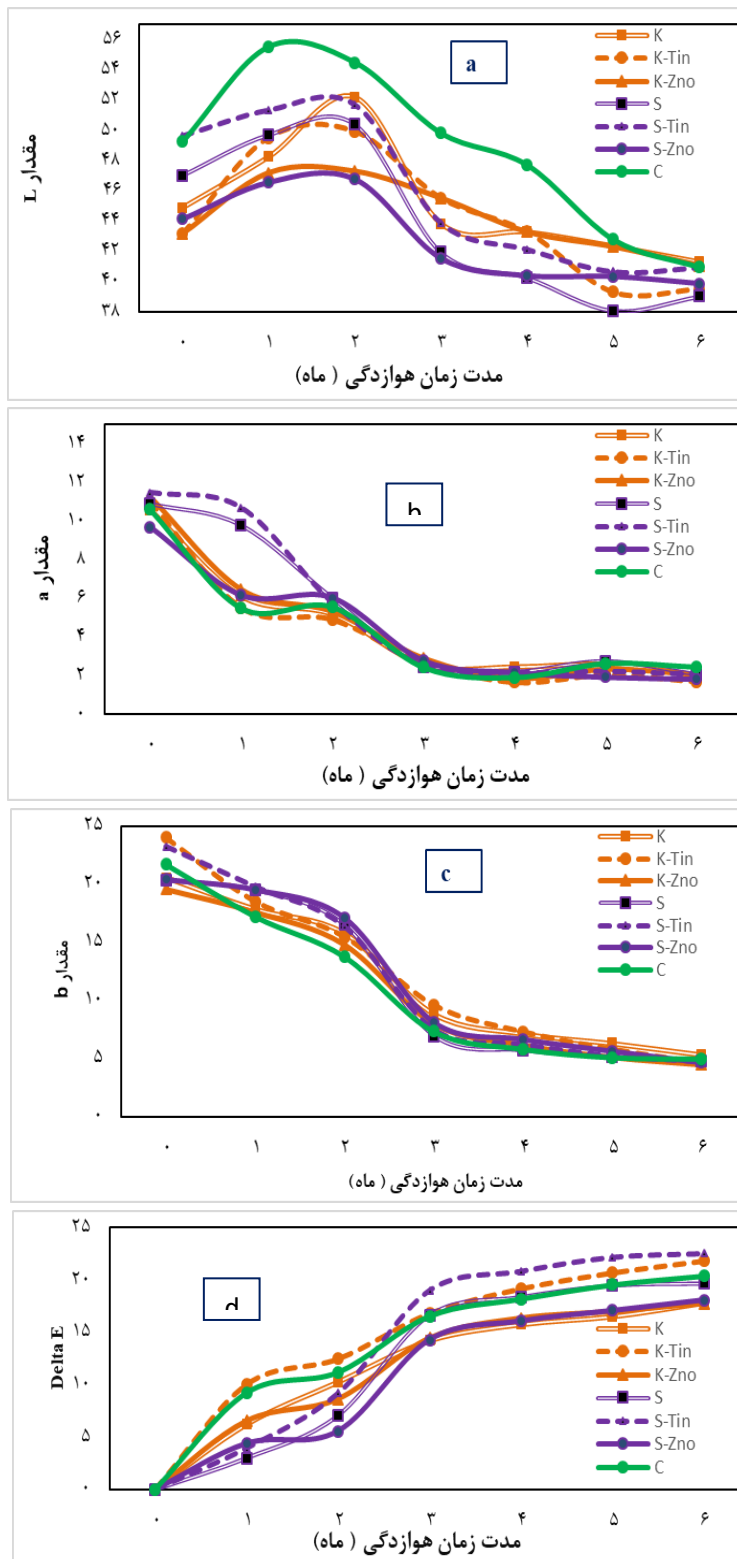
نتایج و بحث

رنگ سنجی

در شکل (۳a) تغییرات شاخص روشنایی در نمونه‌ها در طول مدت زمان هوازدهگی ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین تغییرات مربوط به نمونه‌های بدون پوشش می‌باشد، در این نمونه‌ها در یک ماه اول هوازدهگی، میزان روشنایی به سرعت افزایش یافته است و پس از آن شاهد کاهش آن در طی هوازدهگی می‌باشیم. این در حالی است که در نمونه‌های پوشش داده شده با روغن میزان روشنایی با شیب کمتری و در طی دو ماه اول هوازدهگی روند صعودی داشته و بعد از آن سیر نزولی خود را آغاز کرده است. در بین تمامی تیمارها، کمترین میزان تغییرات روشنایی در طی هوازدهگی در نمونه‌های پوشش داده شده با روغن کتان و سویا حاوی نانو اکسید روی مشاهده گردید به طوری که در این تیمارها شیب تغییرات ملایم‌تر از سایر تیمار بود. از جمله عواملی که می‌تواند باعث تغییر رنگ چوب در طی هوازدهگی شود، شکسته شدن زنجیره‌های پلیمری و ترکیبات آلی در سطح توسط اشعه فرابنفش طی واکنش‌های رادیکالی است که در ادامه واکنش‌های رادیکال آزاد با اکسیژن موجب تشکیل گروه‌های رنگی کربونیل و کربوکسیل می‌گردد که این گروه‌ها عامل تغییر رنگ چوب می‌باشند [۲۰]. شسته شدن این ترکیبات رنگی توسط باران موجب روشن شدن رنگ چوب و حضور قارچ‌های مولد کپک می‌تواند موجب تیره‌تر شدن سطح چوب گردد [۶].

مربوطه بیشترین تغییرات رنگی حتی بیشتر از نمونه‌های فاقد پوشش را داشته باشند.

در ساختار روغن‌ها نه تنها تأثیر مثبتی در کاهش تغییرات رنگی در پایان هوازگی نداشت بلکه باعث شد نمونه‌های



شکل ۳- میزان شاخص روشنایی (a) زردی (b) و قرمزی (c) تغییرات رنگی نمونه‌ها (d) نمونه‌ها قبل و بعد از هوازگی

جدول ۳- داده‌های پارامترهای زبری نسبی نمونه‌ها بعد از شش ماه هوازگی

تیما شاخص	C	S-Zno	S-Tin	S	K-Zno	K-Tin	K
R'a	۵/۱۷	۳/۹۷	۴/۶۷	۳/۸۲	۳/۵۷	۴/۰۸	۴/۱۲
R'z	۳/۴۹	۲/۹۳	۳/۸۶	۲/۶۴	۳/۱۱	۲/۹۷	۲/۶۴
R'q	۴/۶۷	۳/۶۹	۴/۶۵	۳/۵۶	۳/۹۶	۳/۵	۳/۷۳

**بیشترین و کمترین مقدار برای هر پارامتر به ترتیب بارنگ قرمز و سبز مشخص شده است

نتایج آزمون زبری سنج

داده‌های مربوط به زبری نسبی نمونه‌های تیمار شده در جدول ۳ ارائه شده است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که بعد از هوازگی شاهد افزایش در مقدار پارامترهای زبری هستیم. در بین تیمارها مقایسه زبری نسبی نشان داد که بیشترین افزایش پارامترهای زبری در نمونه‌های بدون پوشش (C) روی داده است. استفاده از روغن به‌عنوان پوشش در سطح نمونه‌ها تا حدودی از افزایش پارامترهای زبری جلوگیری کرده است. اما استفاده از جاذب‌های نوری در ساختار روغن‌ها تأثیر چندانی مثبتی در جلوگیری از افزایش پارامترهای زبری نداشته و حتی در این زمینه برخی تأثیر منفی از خود به‌جا گذاشته است. به‌عنوان مثال اصلاح روغن سویا با تینوین ۳۲۶ باعث افزایش بیشتر زبری نسبت به روغن سویا خالص شده است.

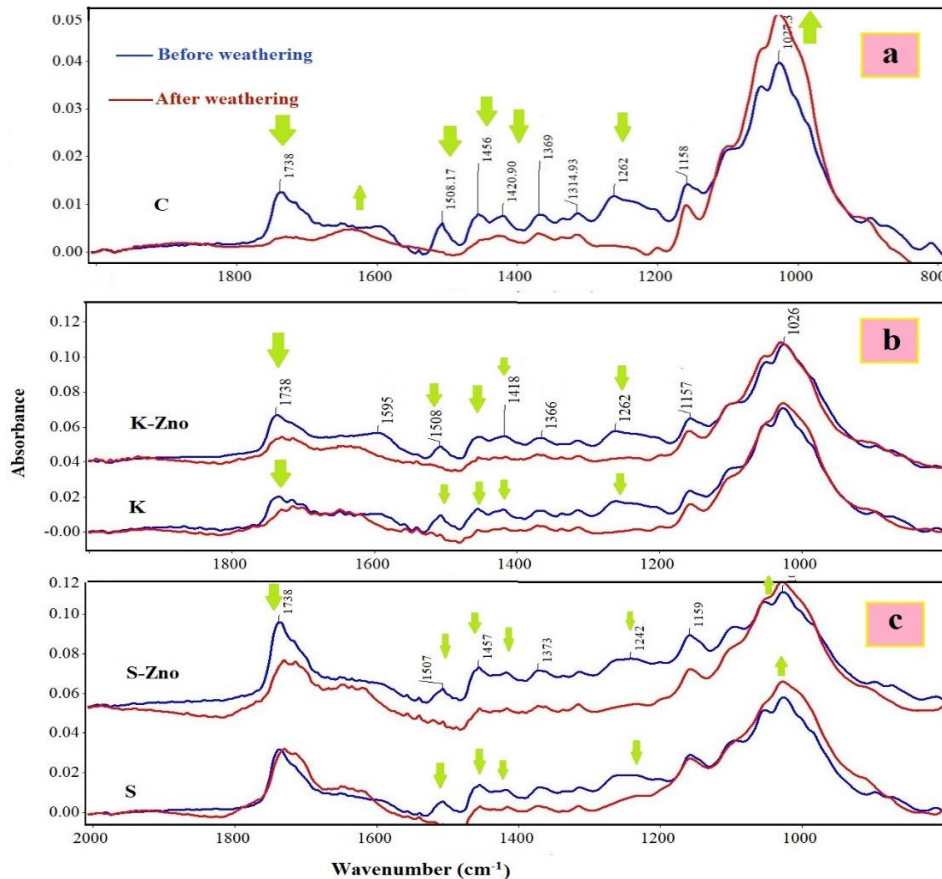
طیف‌سنجی مادون قرمز (ATR-FTIR)

به‌منظور بررسی تغییرات شیمیایی نمونه‌ها در پایان هوازگی از آزمون ATR-FTIR استفاده شد. نتایج طیف‌سنجی‌ها نشان داد که عمده تغییرات صورت گرفته در پیک‌های ATR-FTIR در محدوده $2000-800 \text{ cm}^{-1}$ بوده است طیف مربوط به چوب اصلاح حرارتی شده فاقد پوشش در شکل (۴a) ارائه شده است. پیک‌های 1262 ، 1420 ، 1456 و 1508 cm^{-1} مشاهده شده در این طیف-سنجی، مربوط ساختار لیگنین چوب اصلاح حرارتی شده می‌باشد [۱، ۲۱] که بعد ۶ ماه هوازگی شاهد کاهش بارز و مشخص در این پیک‌ها هستیم که این امر نشان‌دهنده تخریب لیگنین در طی هوازگی می‌باشد. در مطالعات صورت گرفته نیز مشخص شده است که لیگنین اصلی‌ترین ترکیب چوب می‌باشد که طی هوازگی تخریب می‌شود و میزان آن کاهش می‌یابد [۳، ۲۲]. پیک 1030 cm^{-1} که

ناشی از ارتعاش خمشی گروه‌های C-O سلولز چوب می‌باشد [۲۳]. نتایج نشان می‌دهد که شدت این پیک بعد از هوازگی افزایش یافته است. این امر ناشی از تخریب لیگنین در اثر هوازگی و افزایش نسبت سلولز در سطح چوب هوازده می‌باشد. کاهش قابل‌ملاحظه در پیک 1 cm^{-1} بعد از هوازگی نشان می‌دهد که غلظت گروه‌های کربونیل در ساختار اسیدهای کربوکسیلیک، استیل و ... به‌شدت کاهش یافته است. این موضوع را می‌توان به تخریب همی‌سلولز و همچنین تخریب ترکیبات کربونیل شکل‌گرفته به‌هنگام اصلاح حرارتی چوب نسبت داد [۲۴]. افزایش پیک 1650 cm^{-1} بعد از هوازگی مربوط به کربونیل آریل کتون‌ها می‌باشد. مطالعات صورت گرفته نشان داده که در اثر هوازگی چوب، ترکیبات کینونی و کینون متیدی ناشی از تخریب لیگنین شکل می‌گیرد [۱]. در شکل (۴b) نتایج مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با روغن کتان و روغن کتان حاوی نانو اکسیدروی قبل و بعد از هوازگی ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در پیک‌های لیگنین (1508 ، 1456 ، 1261) شاهد کاهش می‌باشیم که این امر نشان‌دهنده تخریب لیگنین در این نمونه‌ها می‌باشد. همچنین میزان کاهش در پیک 1735 cm^{-1} کمتر از چوب اصلاح حرارتی اندود نشده است. بررسی نمودار پوشش حاوی نانو اکسید روی نشان می‌دهد این افزودنی تا حدی توانسته تغییرات برخی از پیک‌های مورد اشاره را نسبت به نمونه حاوی روغن خالص کتان کاهش دهد. در شکل (۴c) پیک‌های مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با روغن سویا و روغن سویا حاوی نانو اکسید روی قبل و بعد از هوازگی ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در تیمار روغن سویا، پیک 1738 cm^{-1} تغییری بعد از هوازگی نداشته است. همچنین میزان کاهش در پیک‌های مربوط به لیگنین

شده پیک 1650 cm^{-1} نسبت به نمونه خالص سویا از میزان کاهش بیشتری برخوردار باشد.

($1508, 1420, 1369, 1314, 1262, 1158, 1026\text{ cm}^{-1}$) و افزایش در پیک 1650 cm^{-1} نسبت به نمونه فاقد پوشش (c) کمتر می‌باشد. استفاده از نانو اکسید روی در ساختار روغن سویا باعث

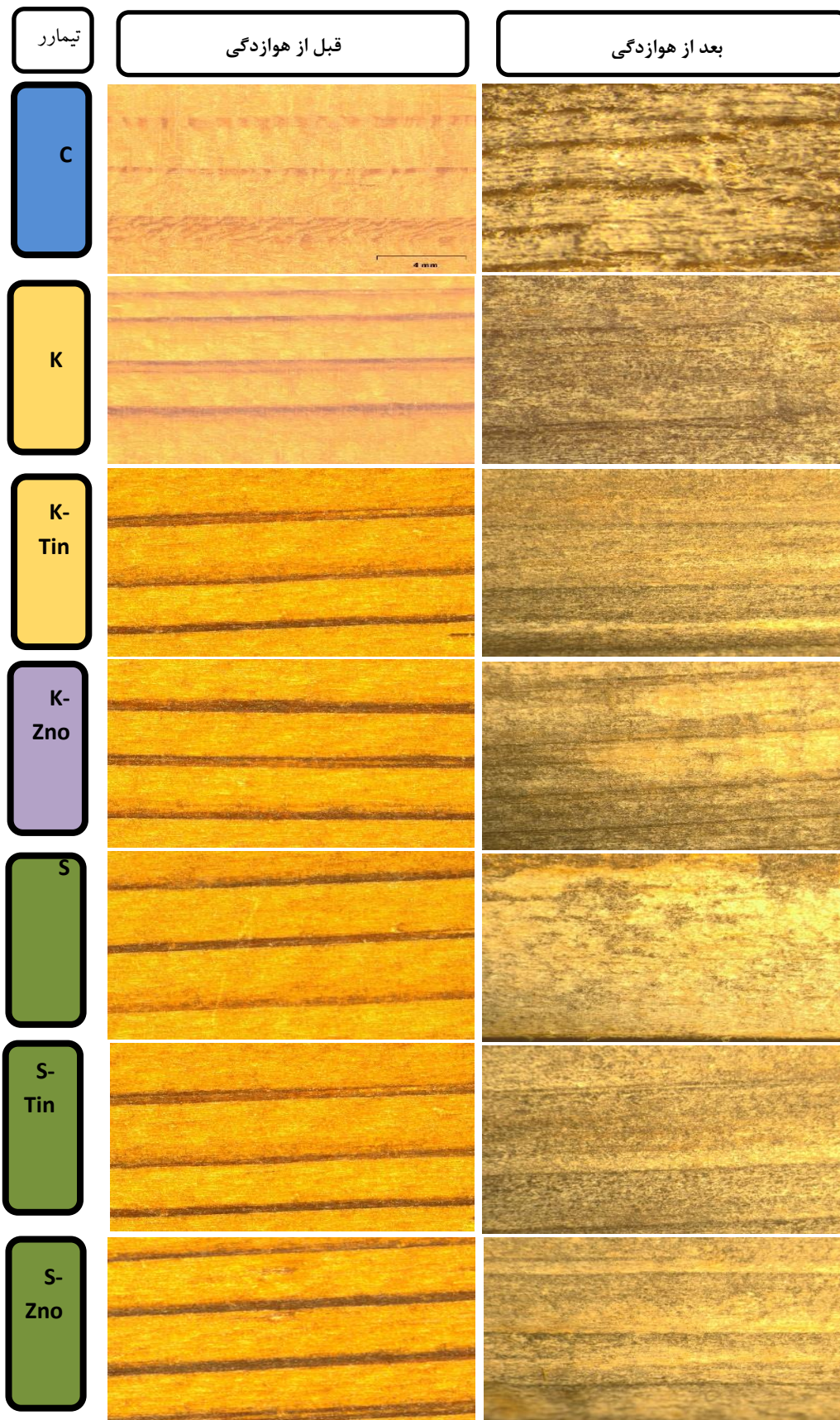


شکل ۴- نمودارهای طیف‌سنجی ATR-FTIR نمونه‌های چوب اصلاح حرارتی شده (a)، پوشش داده‌شده با روغن کتان و روغن کتان حاوی نانو اکسید روی (b)، روغن سویا و روغن سویا حاوی نانو اکسید روی (c)

که مقدار و شدت آن نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده و همچنین وجود الیف سست و کنده‌شده این موضوع را نشان می‌دهد که در اثر تخریب نوری، الیف سطح چوب اصلاح حرارتی شده تخریب گردیده و بارندگی‌ها باعث جدا شدن و شسته شدن آنها گردیده است. رشد عوامل قارچی کمتر در این نمونه‌ها نیز می‌تواند ناشی از فرسایش سطح چوب و در نتیجه شسته شدن کپک‌های مذکور باشد. بررسی نمونه‌های حاوی پوشش روغن نشان می‌دهد علی‌رغم فرسایش و ترک کمتر در این نمونه‌ها، رشد کپک در سطح این نمونه‌ها به‌خوبی نمایان است و استفاده از جاذب‌های نوری در این روغن‌ها نیز نتوانسته از رشد کپک‌ها جلوگیری نماید.

تصاویر استریو میکروسکوپ

تغییرات به وجود آمده در سطح نمونه‌های با استفاده از استریو میکروسکوپ مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت (شکل ۵). با مقایسه تصاویر نمونه‌ها قبل و بعد از هوازگی و همچنین نمونه‌های بدون پوشش (C) با نمونه‌های با پوشش می‌توان به تغییرات سطح پی برد. تغییرات رنگی سطح چوب لزوماً به‌تنهایی توسط پرتو فرابنفش ایجاد نمی‌شود. ممکن است تحت شرایط مرطوب‌تر در نتیجه فعالیت کپک *Aurobasidium pullulans* و قارچ‌های مشابهی که از محصولات تجزیه‌ای تغذیه می‌کنند دچار تغییرات رنگی بیشتری نیز شود. [۲۵]. بررسی سطح نمونه‌های چوب اصلاح حرارتی شده بدون پوشش نشان می‌دهد که در اثر هوازگی ترک‌هایی در سطح ایجاد شده



شکل ۵- تصاویر استریو میکروسکوپی از سطح نمونه‌ها قبل و بعد از هوازگی

نتیجه‌گیری

نیز تا حدودی شدت تخریب سطح را کاهش داد همچنین استفاده از نانو اکسید روی در ساختار این روغن، موجب بهبود عملکرد این روغن در این زمینه شد. نتایج تصاویر استریو میکروسکوپ حاکی از تخریب و ترک کمتر نمونه‌های حاوی پوشش نسبت به نمونه‌های فاقد پوشش بود هرچند که جاذب‌های نوری در این زمینه تأثیر مثبتی از خود نشان ندادند. علی‌رغم تأثیر مثبت برخی از پوشش‌های این تحقیق در بهبود مقاومت به هوازدهی نمونه‌های چوب اصلاح حرارتی شده، اما هیچکدام از این روغن‌ها نتوانسته حتی در حضور جاذب‌های نوری، نمونه‌های چوب اصلاح حرارتی شده را برابر هوازدهی به‌طور کامل و مؤثر محافظت نمایند به‌طوری‌که رنگ تمامی نمونه‌ها بعد از ۶ ماه هوازدهی طبیعی، تغییرات شدیدی نسبت به قبل از هوازدهی داشته‌اند لذا هیچکدام از این نوع روغن‌ها نمی‌توانند پوشش مناسبی را برای چوب‌های اصلاح حرارتی شده در محیط‌های بیرونی ایجاد نمایند.

نتایج حاصل از نتایج رنگ سنجی نشان داد که پوشش‌های مورد استفاده در کوتاه‌مدت تغییرات رنگی را به تأخیر انداخته‌اند ولی در طولانی‌مدت به‌خوبی مدت نتوانسته‌اند از تغییرات رنگی نمونه‌ها در طی هوازدهی جلوگیری نمایند در پایان هوازدهی کمترین تغییرات رنگی در تیمارهای روغن کتان، روغن کتان و سویا حاوی نانو اکسید روی و بیشترین تغییرات رنگی در روغن سویا، سویا و کتان حاوی تینوین ۳۲۶ مشاهده شد. بر پایه نتایج آزمون زبری، استفاده از پوشش روغن تا حدی توانسته از افزایش زبری سطح نمونه‌ها جلوگیری نماید اما جاذب‌های نوری مورد استفاده تأثیر مثبت و بارزی را در این زمینه از خود نشان ندادند. نتایج طیف‌سنجی ATR-FTIR مشخص کرد سطح نمونه‌های حاوی روغن سویا به میزان کمتری در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش و سایر نمونه‌ها در طی هوازدهی دچار تخریب شده است. پوشش روغن کتان

منابع

- [1] Huang, X., Kocaefe, D., Kocaefe, Y. and Boluk, Y., 2012. Pichette A. Study of the degradation behavior of heat-treated jack pine (*Pinus banksiana*) under artificial sunlight irradiation. *Polymer Degradation and Stability*, 97(7):1197-214.
- [2] Rasouli, D., Akbarnejad, M., Mashkour, M. and Yousefi, H., 2019. Improving weathering performance of beech wood coated with acrylic paint by nano zinc oxide and nanocellulose. *Iranian journal of Wood and Paper industries*, 10(2):311-21. (In Persian).
- [3] Ozgenc, O., Okan, O.T., Yildiz, U.C. and Deniz, I., 2013. Wood surface protection against artificial weathering with vegetable seed oils. *BioResources*, 8(4): 42-62.
- [4] Jämsä, S., Ahola, P. and Viitaniemi, P., 2000. Long-term natural weathering of coated ThermoWood. *Pigment & resin technology*, 29(2): 68-74.
- [5] Kocaefe, D. and Saha S., 2012. Comparison of the protection effectiveness of acrylic polyurethane coatings containing bark extracts on three heat-treated North American wood species: Surface degradation. *Applied surface science*, 258(13):5283-90.
- [6] Williams, R.S., 2005. Weathering of wood. *Handbook of wood chemistry and wood composites*, CRC press, 7:85-139.
- [7] Terzi, E., Kartal, S.N., Yılgör, N., Rautkari, L. and Yoshimura, T., 2016. Role of various nano-particles in prevention of fungal decay, mold growth and termite attack in wood, and their effect on weathering properties and water repellency. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 107:77-87.
- [8] Ghosh, S.C., Militz, H. and Mai, C., 2009. Natural weathering of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) boards modified with functionalised commercial silicone emulsions. *BioResources*, 4(2):659-73.

- [9] Evans, P., Chowdhury, MJ., Mathews, B., Schmalzl, K., Ayer, S. and Kiguchi, M., 2005. Weathering and surface protection of wood. Handbook of environmental degradation of materials, 277-97.
- [10] Singh, AP. and Dawson, BS., 2003. The mechanism of failure of clear coated wooden boards as revealed by microscopy. IAWA journal, 24(1):1-11.
- [11] Saha, S., Kocafe, D., Boluk, Y. and Pichette, A., 2013. Surface degradation of CeO₂ stabilized acrylic polyurethane coated thermally treated jack pine during accelerated weathering. Applied surface science, 276:86-94.
- [12] Decker, C., Biry, S. and Zahouily, K., 1995. Photostabilisation of organic coatings. Polymer degradation and stability, 49(1):111-9.
- [13] Rasouli, D., Faezipour, M., Masteri, FM. and Tajvidi, M., 2013. The effect of zinc borate and additives on weathering performance of wood-high density polyethylene composite, 20(2):41-58. (In Persian).
- [14] Veigel, Sm., Lems, E-M., Grill, G., Hansmann, C., Rosenau, T. and Zimmermann, T., 2017. Simple green route to performance improvement of fully bio-based linseed oil coating using nanofibrillated cellulose. Polymers, 9(9):425.
- [15] Boyatzis, S., Ioakimoglou, E. and Argitis, P., 2002. UV exposure and temperature effects on curing mechanisms in thin linseed oil films: spectroscopic and chromatographic studies. Journal of applied polymer science, 84(5):936-49.
- [16] Gholamiyan, H., Moradpour, P., 2019. The effect of accelerated weathering on the abrasion resistance of wood-species coated with linseed oil. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 26(3):43-54. (In Persian).
- [17] Kumarathanan, R., Rajkumar, AB., Hunter, NR. and Gesser, HD., 1992. Autoxidation and yellowing of methyl linolenate. Progress in lipid research, 31(2):109-26.
- [18] Standard Test Method for Calculation of Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. Annual Book of ASTM Standard, D 2244-09a, 2009.
- [19] Gadelmawla, E., Koura, M., Maksoud, T., Elewa, I. and Soliman, H., 2002. Roughness parameters. Journal of materials processing Technology, 123(1):133-45.
- [20] Feist, WC. and Hon, DN., 1984. Chemistry of weathering and protection. ACS Publications, 450 p.
- [21] Faix, O., 1991. Classification of lignins from different botanical origins by FT-IR spectroscopy. Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood, 45(s1):21-28.
- [22] Altgen, M. and Militz, H., 2016. Photodegradation of thermally-modified Scots pine and Norway spruce investigated on thin micro-veneers. European Journal of Wood and Wood Products, 74(2):185-90.
- [23] Zhang, M., Zhang, S., Wang, M., Lu, Z., Jia, W., 2019. Effects of dehumidification drying parameters on physical and chemical properties of biomass brick. Construction and Building Materials. 215:696-708.
- [24] Özgenç, Ö., Durmaz, S., Boyaci, IH., Eksi-Kocak, H., 2017. Determination of chemical changes in heat-treated wood using ATR-FTIR and FT Raman spectrometry. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 171:395-400.
- [25] Rowell, RM., 2012. Handbook of wood chemistry and wood composites: CRC press, 669 p.

Effect of vegetable oils coatings containing UV absorbents on weathering resistance of heat-treated wood

Abstract

The aim of this Study was to investigate on the effect of using vegetable oil containing UV absorbent as coating on the weathering resistance of heat-treated wood. For this purpose, 180 gr/m² of vegetable oil (linseed or soybean) containing 0 and 0.5 wt% of UV absorbent (nano ZnO or Tinvin 326) was applied to the surface of the specimens by brush. The weathering resistance of these specimens after six months of natural weathering was examined by colorimetry, roughness, ATR-FTIR spectroscopy and stereomicroscope. The results of colorimetry indicated that in the first month of weathering, coatings containing soybean oil had less color changes than coatings containing linseed oil. But at the end of the weathering, specimens coated with linseed oil (pure and containing nano ZnO) and soybean oil containing nano ZnO had the least color changes compared to other treatments. The results of the roughness test revealed that the oil coatings have partially reduced surface roughness increasing due to weathering but the UV absorbents did not have a positive effect in this regard. Stereomicroscope images also indicate that coated heat-treated wood specimens had less surface degradation and surface crack than uncoated specimens.

Keywords: Natural weathering, Heat-treated wood, vegetable oils, UV absorbents.

D. Rasouli^{1*}
F. Mohajer²
M. Mastri Farahani³
M. Madhoushi²

¹ Corresponding author and Assistant Prof, Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

² MSc Graduated in Wood Preservation and Modification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

³ Associate Prof, Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Corresponding author:
Rasouli@gau.ac.ir

Received: 2020/03/10
Accepted: 2020/04/03