بررسی خاصیت فتوکاتالیستی نانو دی‌اکسید تیتانیوم در جلوگیری از تغییر رنگ چوب صنوبر

یونس محمدنیا افروزی[1*]، اصغر امیدوار[1]، محمدرضا ماستری فراهانی[1] و محراب مدهوشی[2]

۱) گروه حفاظت و اصلاح چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، گرگان، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: younesmohamadnia@yahoo.com

۲) گروه فرآورده‌های مرکب چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۰/۰٤/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۳/۲۸

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی خواص تجزیه نوری نانو دی‌اکسید تیتانیوم به وسیله تابش اشعه فرابنفش فرابنفش (UV) می‌باشد. در این مطالعه از نمونه‌های چوب صنوبر که به تابش اشعه فرابنفش حساس بوده و در اثر تابش این اشعه خورشیدی به اسانی تغییر رنگ خواهد داد، برای سنجش میزان تجزیه نوری استفاده شده است. این نمونه‌های چوبی با نانو دی‌اکسید تیتانیوم با سه غلظت ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد اشباع شدند. سپس داخل دستگاه هوازدگی مصنوعی در بازه‌های زمانی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ ساعت تحت تاثیر شرایط تابشی اشعه فرابنفش قرار گرفته و تغییرات رنگی آنها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که تغییر رنگ در نمونه‌های اشباع شده با نانو دی‌اکسید تیتانیوم کمتر از نمونه‌های تیمار نشده بود، به گونه‌ای که اثر حفاظتی نانو دی‌اکسید تیتانیوم در برابر خسارت‌های اشعه فرابنفش بعد از این دوره زمانی به طور واضحی نسبت به نمونه‌های تیمار نشده قابل مشاهده بود. قهوه‌ای شدن در نمونه‌هایی اشباع از نانو دی‌اکسید تیتانیوم به طور مشخص کم شد در حالی که این تغییر رنگ در همه نمونه‌های شاهد رخ داده بود. از این مشاهدات نتیجه گرفته شد که نانو دی‌اکسید تیتانیوم با خواص مقاومتی خود می‌تواند در فرمول‌بندی‌های مربوط به حفاظت چوب در برابر خسارت فرابنفش مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: نانو دی‌اکسید تیتانیوم، فتوکاتالیستی، اشعه فرابنفش، فاز آناتاز، صنوبر.

مقدمه

عبور از مقیاس میکرو به نانو موجب افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم می‌گردد. افزایش سطح با افزایش تعداد اتم یا مولکول‌های موجود توده نمونه در سطح باعث می‌گردد که واکنش‌پذیری نانو مواد به شدت افزایش یابد (Yeo & Jeong, 2003). مواد در مقیاس نانو، رفتار کاملا متفاوت، نامنظم و کنترل نشده‌ای از خود بروز می‌دهند که خواص آنها نیز با این کاهش اندازه تغییر خواهد کرد. سطح مخصوص بسیار بالای نانو ذرات منجر به ایجاد زمینه‌های کاربردی زیادی برای آنها شده است (Yeo & Jeong, 2003).

نانو دی‌اکسید تیتانیوم از اکسیدهای فلزی است که

کاربردهای زیادی در زندگی روزمره دارد. این ماده پودر سفید رنگی با سه فاز کریستالی آناتاز، روتایل و بروکیت است که به عنوان رنگدانه سفید در صنعت استفاده می‌شود. نانو دی‌اکسید تیتانیوم خواص دی‌اکسید تیتانیوم با قابلیت و اثرکنندگی بیشتر را دارا بوده و فعالیت فتوکاتالیستی آن به دلیل اندازه کوچک و افزایش نسبت سطح به حجم در این مقیاس می‌تواند افزایش یابد (Sawhney & Condon, 2008). شکاف انرژی (گاف انرژی)[1] بین بالاترین تراز الکترونی پر شده و پایین ترین تراز الکترونی پرنشده نوع آناتاز در حدود ۳/۲ الکترون ولت است که می‌تواند نور فرابنفش را جذب و تجزیه کند (Armelao et al ,2007). فاز آناتاز نانو دی‌اکسید تیتانیوم با دارا بودن این گاف انرژی فعالیت فتوکاتالیستی مناسب‌تری نسبت به دیگر فازهای این ماده داشته و در صنایع مربوط به تصفیه پساب و پوشش لایه‌های مختلف برای جلوگیری از تاثیر اشعه فرابنفش کاربرد دارد (Julson & Ollis, 2006؛ Armelao et al, 2007). بنابراین نانودی‌اکسید تیتانیوم با ممانعت از عبور اشعه فرابنفش می‌تواند در جذب و تجزیه نور فرابنفش در کرم های ضد افتاب استفاده شود (Walid et al, 2005؛ Wong et al, 2006؛ Marsh & Riley, 2009).

سطح چوب در برابر عوامل مخربی مانند تابش نور خورشید (اشعه فرابنفش و نور مرئی) بسیار آسیب‌پذیر است. حفاظت چوب با نانو مواد می‌تواند پیشرفت با اهمیت و چشمگیری در راستای دوام، عملکرد و حفظ ظاهر زیبای چوب داشته باشد. رادیکال‌های آزاد در اثر تابش اشعه فرابنفش با اکسیژن واکنش داده و گروه‌های رنگی کربونیل و کربوکسیل را تولید می‌کنند (Hon & shiraishi, 1991؛ Hon & Feist, 1992)، بنابراین جهت حفاظت چوب در برابر تغییر رنگ به خاطر اشعه فرابنفش باید از ایجاد رادیکال‌های برانگیخته شده توسط اشعه فرابنفش جلوگیری شود (Arnold et al,1991). در تحقیقاتی که توسط Saha و همکاران (۲۰۱۰) صورت گرفت از نانو دی‌اکسید تیتانیوم به صورت پوشش سطحی در برابر اشعه فرابنفش استفاده شد. میزان تغییرات رنگ تمامی نمونه‌ها در زمآنهای ابتدایی این ازمایش بالا بود، اما با افزایش زمان میزان تغییرات رنگ نمونه‌های تیمار شده با نانو ذرات اکسید تیتانیوم حفاظت بیشتری را نسبت به دیگر نمونه‌ها ایجاد کرد.

Rassam و همکاران (۲۰۱۱) از پوشش نانو ذرات اکسید تیتانیوم که به روش سل- ژل برای حفاظت سطح چوب از اشعه فرابنفش استفاده کردند که نتایج حاصل از طیف‌سنجی مادون قرمز آنها حاکی از کاهش تخریب لیگنین و کربونیل نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش بود. همچنین نانواکسید روی با اندازه ذرات بین ۵ تا ۷ نانومتر و شدیدا بلوری، تابش در ناحیه مرئی نور خورشید را به خود جذب می‌کند (Kumar & Sahu,2010). گزارشات اخیر در مورد نانو اکسید روی بهبود ثبات رنگی این نانوماده را به صورت پوشش‌دهنده با جلوگیری از نفوذ اشعه فرابنفش نشان داد (Gayen et al, 2005؛ Clausen et al, 2010؛ Clausen et al, 2011). قابلیت ویژه نانو اکسیدروی آن را به ماده مفیدی در محصولات ضدافتاب تبدیل کرده است (Clausen et al, 2010). اهمیت ویژه این ماده، توانایی در جذب UVA و UVB همراه با پراکندگی نور توسط ذرات نانواکسید روی می باشد (Hegdus et al, 2008).

این پژوهش در واقع بر این فرض استوار است که با اشباع چوب با نانو دی‌اکسید تیتانیوم و نفوذ این ماده در لایه‌ها و دیواره سلولی، با افزایش سطح تماس

[1] Band Gap

این نانو ماده و خاصیت تجزیه نوری که از خود بروز می دهد، مانع از تماس و اثر اشعه فرابنفش به مواد چوبی می‌شود، ضمن اینکه از تغییر رنگ چوب جلوگیری کرده و یا تغییرات اندکی را بر آن پدید می‌آورد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه آزمونی

تعداد ٢٤ نمونه چوب صنوبر با اندازه ابعاد ۳ ×۵۰ ×۵۰ میلی متر (به ترتیب طولی، مماسی و شعاعی) برای هر آزمون آماده تهیه و به مدت ٢٤ ساعت در اون در حرارت ۳±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. سپس نمونه‌ها برای متعادل‌سازی در اتاق کلیماتیزه (بارطوبت نسبی٦٥ درصد و دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد) پیش از اشباع شدن با دی‌اکسید تیتانیوم قرار داده شدند.

اشباع نمودن با نانو دی‌اکسیدتیتانیم

نمونه‌های چوب صنوبر پس از فرایند متعادل‌سازی، با نانو دی‌اکسید تیتانیوم با اندازه ذرات ۲۰ نانومتر اشباع شدند. برای این منظور ابتدا سوسپانسیونی از نانو دی‌اکسیدتیتانیم با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد هر یک با شش تکرار آماده شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از روش سلول‌پر (حفره سلولی پر از مواد حفاظتی) مطابق با استاندارد امریکایی انجمن حفاظت چوب E10-08 برای آزمون حفاظت چوب اشباع شدند. از نمونه‌های تیمار نشده به عنوان نمونه‌های شاهد استفاده گردید.

تابش اشعه فرابنفش

نمونه‌ها پس از اشباعیت با نانو دی‌اکسید تیتانیوم در داخل دستگاه هوازدگی مصنوعی قرار داده شدند (شکل ۱). به دلیل اینکه هدف از این مطالعه تنها بررسی اثر فتوکاتالیستی این نانو ماده و تاثیر حفاظتی آن بر روی چوب بود، اسپری اب دستگاه متوقف و سیستم گرمایشی نیز خاموش شد تا تنها تاثیر اشعه فرابنفش بر نمونه‌ها اعمال شد. اشعه فرابنفش که بر نمونه‌ها تابیده شد از نوع UVA با طول موجی در محدوده ۳۲۰ تا ٤۰۰ نانومتر بود. نمونه‌ها در داخل دستگاه هوازدگی به گونه‌ای چیده شدند که تنها یک سطح از آن در تماس با اشعه فرابنفش قرار داشتند. اشعه فرابنفش با توجه به هدف مطالعه در بررسی تاثیر زمان تشعشع بر چوب صنوبر در بازه‌های زمانی ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ ساعت بر نمونه‌ها تابیده شد. تغییر رنگ نمونه‌ها سپس با اتمام هر مرحله زمانی اندازه‌گیری شد، تا اثرات تجزیه نوری این ماده در نمونه‌های تیمار شده با افزایش زمان به دست آید.

شکل ۱. دستگاه هوازدگی مصنوعی (اختراع ثبت شده دکتر محمد رضا ماستری فراهانی)

سنجش رنگ

تغییرات رنگ سطح نمونه از طریق کنترل بصری و فتوگرافی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری رنگ (اسپکتروفتومتر) مطابق با استاندارد ISO-4287-2 ارزیابی شد. پارامترهای L*،a* و b* را قبل و بعد از هوازدگی برای محاسبه تغییر رنگ نمونه‌های تیمار شده و نشده اندازه‌گیری نموده و سپس تغییر رنگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\Delta E^* = \left(\Delta l^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}\right)^{1/2}$$

که در معادله فوق، l^* نشان‌دهنده میزان روشنایی که مقدار آن از صفر برای سیاه تا صد برای سفید در نوسان بود، b^* و a^* مختصات رنگ‌پذیری ($+a^*$ برای قرمز، $-a^*$ برای سبز، $+b^*$ برای زرد، $-b^*$ برای آبی) و Δa^*، Δb^* و Δl^* به ترتیب برابر تغییرات a^*، b^* و l^* قبل و بعد از هوازدگی بودند.

تجزیه و تحلیل آماری

تحلیل آماری داده‌های به دست آمده پس از انجام آزمون هوازدگی و استخراج با استفاده از نرم افزار SPSS پذیرفته و توسط آنالیز واریانس فیشر اختلاف هر یک از پارامترها و معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد تعیین شد.

نتایج

آزمون تغییر رنگ به سبب تابش اشعه فرابنفش در نمونه‌های تیمار شده و نشده با نانو دی‌اکسیدتیتانیم در طول این مطالعه بر طبق پیش‌نویس PREN927-6(CEN2004) انجام شد. بر طبق این استاندارد انرژی انتقال یافته به نمونه‌ها در طول موج ۳۲۰ تا ٤۰۰ نانومتر که پیک آن بر روی ۳٤۰ نانومتر است، حدود ٤۰۰۰ کیلوگرم بر مترمربع بود. به طور کلی تابش اشعه فرابنفش تغییر رنگ کمتری برای نمونه‌های تیمار شده با نانو دی‌اکسید تیتانیوم در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده که بدون تیمار در معرض اشعه فرابنفش قرار داده شدند را در بر داشته است، به گونه‌ای که سطح نمونه‌های تیمار شده شفافیت بیشتری نسبت به نمونه‌های تیمار نشده دارا بودند (شکل۲).

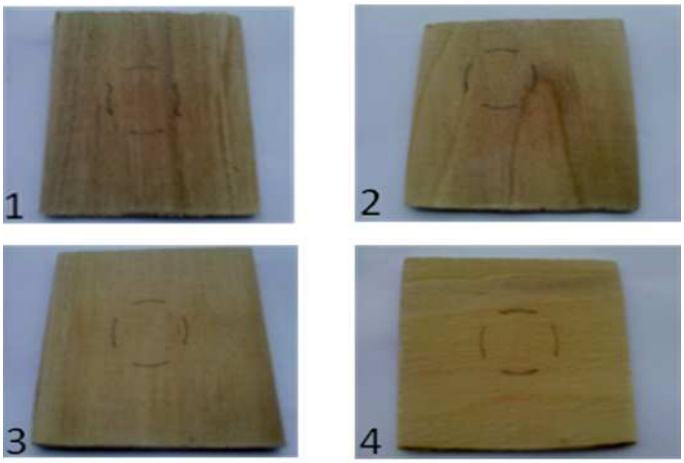
تجزیه تحلیل آماری بر اساس آزمون فیشر نیز حاکی از اختلاف معنی‌دار بین نمونه های تیمار شده و نمونه‌های شاهد داشت. در نمونه‌های تیمار شده نیز فقط بین غلظت‌های ۱ و ۰/۷۵ درصد در دوره زمانی ۱۰۰ ساعت اختلاف معنی‌داری ایجاد نشده بود. همچنین در مقایسه بصری تغییرات سطحی نمونه‌های تیمار شده و نمونه‌های تیمار نشده می‌توان به وضوح پرزدار شدن نمونه‌های تیمار نشده را مشاهده نمود که حاصل تخریب در اثر اشعه فرابنفش می‌باشد. این در حالی است که در نمونه‌های تیمار شده مخصوصا در غلظت ۱ درصد چندان قابل مشاهده نمی‌باشد.

با توجه به اینکه در این تحقیق قارچ‌ها برخلاف هوازدگی طبیعی (که نمونه‌ها به سمت خاکستری شدن پیش می‌روند) تاثیرگذار نیستند، نمونه‌ها به سمت قهوه‌ای شدن میل نمود.

قهوه‌ای شدن به طور معنی‌داری در نمونه‌های تیمار شده با نانو دی‌اکسید تیتانیوم به ویژه در غلظت‌های بالاتر کاهش یافت، هر چند که به طور کامل برطرف نشد. تغییرات رنگ نیز به آرامی در همه نمونه های تیمار شده رخ داد.

در نمونه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۵ درصد نانو دی‌اکسید تیتانیوم تغییرات رنگی واضح‌تری نسبت به نمونه‌های با غلظت بالاتر روی داده بود (جدول۱)، به طوری که میزان شفافیت و روشنایی سطحی نمونه‌ها با افزایش غلظت به نحو مطلوب‌تری حفظ شده بود. همچنین اثر غلظت بیشتر با افزایش زمان نمایان شد و اختلاف کم بین غلظت‌ها با افزایش زمان از ۱۰۰ ساعت به ٤۰۰ ساعت بیشتر شد و میزان تغییر

پارامترهای رنگی و در نهایت تغییر رنـگ از ۰/۵ تـا ۱ درصد به طور محسوسی کـاهش داشـت. بـه عبـارت دیگر نمونه‌های تیمار شده با نانو دی‌اکسید تیتـانیم بـا غلظت ۱ درصد بهترین عملکرد در بهبود مقاومت بـه تغییر رنگ را از خود نشان داد.



شکل ۲. نمونه‌ها پس از ٤۰۰ ساعت هوازدگی مصنوعی: (۱) نمونه شاهد، (۲، ۳ و ٤) به ترتیب نمونه‌های با غلظت ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد نانودی‌اکسید تیتانیوم.

جدول ۱. تغییرات رنگ چوب صنوبر اشباع شده با نانو دی‌اکسید تیتانیوم بعد از تابش اشعه فرابنفش. اعداد داخل پرانتز درصد انحراف از استاندارد بوده و به ترتیب DE: تغییر رنگ، Db: تغییر درجه زرد و آبی بودن، Da: تغییر درجه قرمز و سبز بودن، DL: تغییر روشنایی می‌باشند.

	٤۰۰ ساعت				۲۰۰ ساعت				۱۰۰ ساعت			
	DE*	Db*	Da*	DL*	DE*	Db*	Da*	DL*	DE*	Db*	Da*	DL*
شاهد	۹/۱۵ (۳/۸٤)	۰/۱۸ (۱/۷۱)	−۳/۱٤ (۲/۲)	−۸/٦۰ (۲/۳۱)	۲٤/۳٤ (۰/٦٦)	−۳/۷٦ (۲/۰۱)	−۲/٦۳ (۱/۲۹)	−۲۳/۹۱ (۰/۵۵)	۳۰/۲۸ (۳/۸۵)	−۵/۲٦ (۱/۵۷)	۱/۷۲ (۲/۳۳)	−۲۹/۷۸ (٦/۹٦)
۰/۵ درصد نانودی‌اکسید تیتانیوم	٤/۳۰ (۱/۹۲)	۱/۰۷ (۱/۲۹)	۰/۵۷ (۰/۳۸)	−٤/۱۳ (۲/٤۰)	۸/۲۳ (٤/۱۵)	−۲/۷۵ (۲/۰۲)	−۰/۳۲ (۱/۰۳)	−۷/۷٦ (۳/۸۵)	۱۳/٦۱ (٤/۷٦)	−۳/٦۷ (۲/۰٦)	−۲/۳۷ (۰/۸۱)	−۱۲/۸۹ (٤/۲۹)
۰/۷۵ درصد نانودی‌اکسید تیتانیوم	۲/۷٤ (۰/۸۰)	۱/۷۲ (۱/۵۲)	۰/۸۹ (۰/۳۲)	−۱/۹۵ (۱/۲۲)	٤/٦۹ (۳/۰۲)	−۱/٦٦ (۱/۸۰)	−۰/۷۰ (۰/۷۷)	−٤/۳٤ (۲/٦۷)	۹/۹۷ (۲/۷۹)	−۲/۳۲ (۱/۷۸)	−۱/۰٤ (۰/۷۱)	−۹/٦۵ (۲/۲۳)
۱ درصد نانودی‌اکسید تیتانیوم	۲/۵۱ (۰/۷۵)	۲/۱۸ (۰/۸۱)	۱/۰۷ (۱/۱۱)	−۰/٦٦ (۱/۹٤)	۳/٦۲ (۳/۳۳)	۰/۳۲ (۱/۲۰)	۰/۷۱ (۱/٤۵)	−۳/۵٤ (٤/۰٤)	۷/۱۷ (۳/۵۲)	−۱/۲۸ (۱/۰۱)	۰/۲۰ (۱/۲۷)	−۷/۰٦ (۳/٤۱)

بحث و نتیجه‌گیری

نانو دی‌اکسید تیتانیوم تاثیر فوق‌العاده‌ای در محصولات ضد آفتاب برای جلوگیری از اشعه فرابنفش دارد که ممکن است عملکرد مشابهی در حفاظت از چوب در برابر اشعه فرابنفش خورشیدی داشته باشد. این ماده به دلیل جذب قوی اشعه فرابنفش می‌تواند به‌عنوان محافظت کننده در برابر اشعه فرابنفش استفاده شود (Yu et al, 2010).

لیگنین حدود ۹۰-۸۰ درصد اشعه فرابنفش که به چوب تابیده می‌شود را جذب کرده و سبب تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود (Norrstrm, 1969). رادیکال‌های آزاد با اکسیژن واکنش داده و گروه‌های رنگی کربونیل و کربوکسیل را تولید می‌کنند، که این گروه‌ها مسئول تغییر رنگ چوب هستند و باعث تیرگی سطح چوب می‌شوند (Hon & shiraishi, 1991؛ Hon & Feist, 1992؛ Dirckx et al, 1992؛ Ayadi et al, 2003). کاهش قابل توجه تغییر رنگ در اثر اشعه فرابنفش نسبت به نمونه‌های تیمار شده می‌تواند به دلیل خاصیت جذب و تجزیه نوری فاز آناتاز نانو دی‌اکسید تیتانیوم باشد (Armelao et al, 2007) که در نتیجه از تاثیر اشعه فرابنفش بر لیگنین و تخریب آن جلوگیری می‌کند.

نفوذ اشعه فرابنفش در چوب در حدود ۷۵ میکرومتر از سطح چوب می باشد (اختری و عارف خانی، ۱۳۸۹). بنابراین واکنش انجام شده اثری سطحی داشته و تنها موجب تغییر رنگ سطوح چوب شده است. مطالعه در این زمینه توسط محققان زیادی و با استفاده از روش‌های مختلفی انجام شده است، هرچند که تحقیقات چندانی در زمینه استفاده از نانو مواد برای مقابله صورت نگرفته است. Saha و همکاران (۲۰۱۰) در استفاده از نانو دی‌اکسید تیتانیوم به صورت پوشش سطحی در برابر اشعه فرابنفش به نتایج مشابهی رسیدند، اگرچه مشکل تثبیت نانو دی‌اکسید تیتانیوم در مطالعه آنها وجود داشت. مشکل تثبیت نانودی‌اکسید تیتانیوم در چوب در این پژوهش با تزریق آن برطرف گردید و نتایج مطلوب‌تری با افزایش زمان بدست آمد. Clausen و همکاران (۲۰۱۱) برای حفاظت چوب از نانواکسیدروی استفاده کردند و ضمن تحقیقات خود بیان داشتند که نانواکسید روی با افزایش سطح تماس مانع از اثر اشعه فرابنفش بر چوب می‌گردد.

امتیازی که نانودی‌اکسید تیتانیوم نسبت به نانو اکسیدروی دارد این است که فاز آناتاز نانو دی‌اکسید تیتانیوم علاوه بر افزایش سطح تماس، خاصیت جذب و تجزیه نوری بالایی دارد (Sawhney & Condon, 2008). خاصیت تجزیه نوری نانو دی‌اکسید تیتانیوم با افزایش غلظت به شکل مؤثرتری صورت گرفته است (جدول ۱)، به نحوی که بیشترین فرآیند فتوکاتالیستی در غلظت ۱ درصد صورت پذیرفته است. این خاصیت مقاومت به تغییرات رنگ چوب به نحو مطلوب‌تری بهبود بخشیده است. مشاهدات فوق بیانگر این مطلب می‌باشد که نانو دی‌اکسیدتیتانیم می‌تواند چوب صنوبر را با افزایش سطح تماس و خاصیت تجزیه نوری در برابر اشعه فرابنفش حفظ کند. همچنین رنگ اولیه چوب با تزریق نانودی‌اکسید تیتانیوم به چوب بر خلاف بسیاری از مواد بدون تغییر می‌ماند (شکل ۲). بنابراین عدم تغییر در رنگ اولیه چوب و کاهش تغییر رنگ بعد از تابش اشعه فرابنفش مزیتی است که می‌تواند نانودی‌اکسیدتیتانیم را به ماده‌ای با اهمیت برای حفاظت چوب صنوبر تبدیل کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی گرگان به خصوص خانم جلالی به دلیل کمک‌های ایشان در انجام تحقیق کمال تشکر را دارند.

منابع

اختری، م.، عارف خانی، م. (۱۳۸۹) بررسی هوازدگی در چوب راش استیله شده با استفاده از طیف سنجی و میکروسکوپ الکترونی. دو فصل نامه علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۵ (۱): ٦١-٤٨.

American Wood Protection Association Standards. (2008) In: Ann. Book AWPA Stds E10-08. 364–372.

Armelao, L., Barreca, D., Bottaro, G., Gasparotto, A., Maccato, C., Maragno, C. and Tondello, E. (2007) Photocatalytic and antibacterial activity of TiO_2 and Au/TiO_2 nanosystems. Nanotechnology (Bristol). 18 (7): 709-713.

Arnold, M., Sell, J. and Feist, W.C. (1991) Wood weathering in fluorescent ultraviolet and xenon arc chambers. Forest Forest Journal, 41(2):40–44.

Ayadi, N., Lejeune, F., Charier, F., Charier, B. and Merlin, A. (2003) Colour stability of heat treated wood during artificial weathering. Holz als Roh- und Werkstoff Journal- springer, 61(3): 221-226.

Clausen, C.A., Green, F., Kartal, N.S. (2010) Weatherability and leach resistance of wood impregnated with Nano-Zinc Oxide. Nanoscale Research, 5(6):1464–1467.

Clausen, C.A., Kartal, N.S., Arango, R.A. and Green, F. (2011) The role of particle size of particulate nano-zinc oxide wood preservatives on termite mortality and leach resistance. Nanoscale Research, 6(1):427-431.

Dirckx, O., Tribolot-Trouy, M.C., Merlin, A. and Deglise, X. (1992) Modification de la couleur du bois d abies grandis expose a La lumiere solaire. Annals of Forest Science, 49(5): 425-447.

Draft Document - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 6: Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV and water. (2004) German version, PREN 927-6.

Gayen, A., Prakash, A.S. and Hegde, M.S. (2005) Influence of cerium precursor on the size and solid solubility of transition metals in combustion synthesized Ce1-xMxO2-δ (M = Cu, Pd) nano crystallites: Enhancement of redox properties and catalytic activity. Indian journal of chemistry, 44(1): 34- 48.

Hegedus, C., Pepe, F., Lindenmuth, D. and Burgard, D.J. (2008) Zinc Oxide Nanoparticle Dispersions as Unique Additives for Coatings. Journal Coating Technology(JCT), 5(4): 42–52.

Hon, D.N.S. and shiraishi, N. (1991) Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker Incorporated. Inc New York (USA), 1020 p.

Hon, D.N.S. and Feist, W.C. (1992) Hydroperoxidation in photo irradiated wood surfaces. Wood Fiber Science, 24 (4): 448-455.

ISO 4287-2: 1984 Surface Roughness-Terminology-Part 2: Measurements of Surface Roughness Parameters. Geneva: International Organisation for Standards.

Julson, A.J., Ollis, D. F. (2006) Kinetics of dye decolorization in an air-solid system. Applied Catalysis B-Environmental, 65 (3): 315-325.

Kumar, M. and Sahu, S.S. (2010) Zinc Oxide nanostructures synthesized by Oxidization of Zinc. A thesis for the degree of Bachelor of Technology in Metallurgical & Materials Engineering. National Institute of Technology Rourkela, 37p.

Marsh, D.H., Riley, D.J. and York, D. (2009) Sorption of inorganic nanoparticles in woven cellulose fabrics. Particuology Journal, 7(2): 121-128.

Norrstrm, H. (1969) Light absorbing propertise of pulp and pulp components. Svensk Papperstidning, 72(2):25-31.

Rassam, G., Abdi, Y. and Abdi, A. (2011) Deposition of tio2 nano- particles on wood surfaces for UVand moisture protection. Journal of Experimental Nanoscience, 7(4): 1-9.

Saha, S., Kocaefe, D., Sarkar, D. K., Boluk, Y. and Pichette, A. (2010) Effect of TiO2-containing nano-coatings on the color protection of heat-treated jack pine. Journal Coating Technology (JCT), 8(2):183-190.

Sawhney, A.P.S. and Condon, B. (2008) Effect of cotton pectin content and bioscouring on alkyl-dimethyl-benzyl-ammonium chloride adsorption. Textile Research Journal, 78(1): 60–72.

Wong, Y.W.H., Yuen, C.W.M., Leung, M.Y.S., Ku, S.K.A. and Lam, H.L.I. (2006) Selected applicatin of Nanotechnology in Textiles. Autex Research Journal, 6(1):1-8

Walid, A., Daoud, J., Xin, H., Zhang,Y., Kaihong, Qi. (2005) Surface characterization of thin titania films preparedat low temperatures. Journal of Non-Crystalline Solids, 351(16): 1486–1490.

Yeo, S.Y. and Jeong, S.H. (2003) Fiber to Fabric Processability of Silver/Zinc-loaded Nanocomposite Yarns. Journal of Materials Science, 83(6): 2143- 2147.

Yu, Y., Jiang, Z., Wang, G. and Song, Y. (2010) Growth of ZnO nanofilms on wood with improved photostability. Holzforschung - International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood, 63 (3): 385–390.

Photocatalyst Property of Nano-Titanium Dioxide to Prevent Color Change of Poplar (*Populus deltoides*) Wood

Younes Mohammadnia Afrouzi[1], Asghar Omidvar[1], Mohammadreza Masteri Pharahani[1] and Mehran Madhoshi[2]

1) Department of Wood Conservation and Breeding, Faculty of Forestry and Wood Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Gorgan, Iran. *Corresponding Author Email Address: younesmohamadnia@yahoo.com
2) Department of composite wood products, Faculty of Forestry and Wood Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Gorgan, Iran. *Corresponding Author Email Address: younesmohamadnia@yahoo.com

Abstract

This study was conducted to analyze optical properties of nano-titanium dioxide by radiation UV. In this study, is used to poplar samples for measure analyze optical that are sensitive to UV radiation and will be color change easily. The samples impregnated by nano titanium dioxide with three concentrations of 5/0, 75/0, and 1%. Then in artificial weathering system in time intervals of 100, 200 and 400 h placed in a condition which was applied only the UV radiation. Color changes measured using spectrophotometer. Results showed that in treated samples with nano titanium dioxide created little color change rather than untreated samples. So that the effect of nano titanium dioxide protective against UV damage after this period was clearly observeable to untreated samples. Browning in samples that were impregnated with nano titanium dioxide, significantly reduced while the color change occurred in all control samples. Of this observations, concluded that nano titanium dioxide can be used in formulations for wood protection against UV damage.

Keywords: Nano titanium dioxide, photocatalysty, UV, anatase phase, poplar.