

# تأثیر سفیدگری و رنگرزی طبیعی الیاف چوب بر خواص کامپوزیت چوب-پلاستیک زمینه پلی وینیل کلراید

## Effect of bleaching and natural dyeing on properties of PVC based wood-plastic composite

فاطمه جمیلی<sup>۱</sup>، محمد میر جلیلی<sup>۱\*</sup>، حسن علی زمانی<sup>۲</sup>

۱- یزد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۸۹۱۹۵-۱۵۵

۲- مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، دانشکده شیمی، صندوق پستی ۹۱۷۳۵-۴۱۳

### چکیده

در این پژوهش، روشی جدید برای تولید کامپوزیت چوب-پلاستیک زمینه پلی وینیل کلراید با ویژگی‌های رنگی، مکانیکی و ضد میکروبی بهبود یافته بررسی شده است. در این راستا ابتدا الیاف چوب با کلریت سدیم سفیدگری و لیگنین زدایی شده و پس از آن با رنگرزی طبیعی مستخرج از پوست گردو رنگرزی شده است. در مرحله بعد کامپوزیت چوب-پلاستیک با ترکیب الیاف چوب عمل آوری شده و پلیمر پلی وینیل کلراید انجام شده است. پس از سفیدگری، مقدار ۵۸/۸٪ لیگنین الیاف چوب از سلولز جدا شده و شفافیت الیاف چوب افزایش یافته است. شکل شناسی سطح کامپوزیت به وسیله تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) مطالعه شده است. همچنین، تأثیر سفیدگری و رنگرزی طبیعی بر رنگ، خواص مکانیکی و خاصیت ضد میکروبی کامپوزیت های تولید شده ارزیابی شده است. کامپوزیت‌های عمل شده با الیاف چوب رنگرزی شده فعالیت ضد میکروبی بالایی در برابر دو باکتری *Escherichia coli* و *Staphylococcus aureus* نشان داده و میزان کاهش باکتری‌ها ۱۰۰٪ بوده است. همچنین، نتایج نشان دادند که تأثیر تابش نور خورشید بر رنگ کامپوزیت ناچیز بوده و ثبات رنگی کامپوزیت تولیدی عالی بوده است.

### مقدمه

محصولات تولیدی از این کامپوزیت‌ها مورد مصرف بخش‌های مختلفی از قبیل ساختمان‌سازی، خودروسازی (وسایل تزئینی داخلی)، دکوراسیون، مبلمان، تجهیزات ورزشی، هواپیماسازی و کشتی‌سازی می‌باشند [۹-۱۲]. تولید کامپوزیت‌های الیاف چوب/ پلیمر تحت تأثیر عوامل مختلفی صورت می‌گیرد. این نوع کامپوزیت‌های پلیمری معمولاً از طریق ترکیب کردن الیاف چوب و پلیمرها و یا با افزودن الیاف چوب بعنوان پرکننده و تقویت‌کننده در ماتریس پلیمر و به کمک عمل پرس کردن یا قالب ریزی در شرایط دما و فشار تولید می‌گردند [۱۳-۱۵]. چوب تقویت‌کننده می‌تواند به صورت آرد یا الیاف استفاده شود. استفاده از انواع الیاف طبیعی شامل: سلولز، چوب، کتان، ابریشم، کنف، پنبه توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار

کامپوزیت چوب-پلاستیک از ترکیب یک فاز پلیمر طبیعی مانند: الیاف چوبی، کاه گندم، کاه جو، کنف، پوست گیاهان، ساقه برنج، خاک اره و سلولزی و یک فاز پلیمر مصنوعی (ترموپلاست‌ها و ترموست‌ها) حاصل می‌شود [۱-۳]. در این چنین کامپوزیت‌هایی، پلیمر طبیعی نقش مقاومتی داشته و خواص مکانیکی ماتریکس را بهبود می‌دهند. در حالی که نقش اصلی پلیمر مصنوعی، احاطه کردن و نگهداری الیاف تقویت‌کننده و انتقال نیرو و از سوی دیگر جلوگیری از تخریب محیطی الیاف طبیعی نیز می‌باشد [۴ و ۵]. هزینه تولید پایین، ثبات ابعادی عالی، دوام و عمر بالا و هزینه نگهداری پایین جزو مزیت‌های اصلی محصولات چوب-پلاستیک می‌باشند [۶-۸].

### کلمات کلیدی

کامپوزیت چوب-پلاستیک، سفیدگری، پوست گردو، ضد میکروبی

\* مسئول مکاتبات، پیام نگار: dr.mirjalili@iauyazd.ac.ir

گرفته است [۱۶]. پلیمرهای مورد استفاده در فرایند تولید چوب پلاستیک بیشتر ترموپلاستیک‌های پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌وینیل کلراید می‌باشند. البته از پلیمرهای دیگری همچون پلی‌استایرن و پلیمرهای ترموست همانند اکریلات‌ها و اوره-فرم‌الدئید نیز گاهی استفاده می‌شود [۱۷ و ۱۸].

پلی‌وینیل کلراید پلاستیکی با استفاده نامحدود بوده و در شرایط حاضر یکی از ارزشمندترین محصولات صنعت پتروشیمی است. به علت ارزانی و سادگی در سرهم‌بندی از پلی‌وینیل کلراید به عنوان جایگزین مواد سنتی نظیر چوب، سیمان و سفال در صنایع ساختمانی استفاده می‌شود. بهترین استحکام و سختی برای کامپوزیت‌های الیاف چوب/پلیمر به‌وسیله پلی‌وینیل کلراید حاصل می‌شود [۱۹]. هر چه درصد الیاف چوب بیشتر باشد، خواص مکانیکی کامپوزیت بالاتر خواهد بود. با این وجود یک ارتباط مستقیم بین درصد چوب و میزان جذب رطوبت کامپوزیت وجود دارد. زمانی که مقدار الیاف چوب به بیش از ۶۵٪ وزنی برسد، میزان جذب آب نیز افزایش می‌یابد زیرا احتمال احاطه شدن الیاف چوب توسط زمینه بسیاری کم می‌شود [۲۰ و ۲۱].

## روش‌ها

### سفیدگری الیاف چوب

به منظور لیگنین زدایی، الیاف چوب با استفاده از کلریت سدیم سفیدگری شده است. الیاف چوب در محلولی محتوی ۰/۳g کلریت سدیم و ۱ml اسید استیک با حجم مایع به وزن کلای ۱۵:۱ در دمای ۷۰°C به مدت یک ساعت عمل‌آوری شدند. پس از آن الیاف چوب جداسازی شده و ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد [۲۶].

### رنگرزی الیاف چوب با رنگزای پوست گردو

رنگرزی الیاف چوب در سیستم رنگرزی Turbomat مدل AHIBA 1000 با بهره‌گیری از رنگزای پوست گردو انجام شده است. در حمام رنگرزی، OWF ۱۰٪ پودر رنگزای پوست گردو و ۱ ml اسید استیک و حجم مایع به وزن کلای ۴۰:۱ استفاده شد. دمای حمام در مدت ۲۰ min به دمای جوش رسانده شد. الیاف چوب در شرایط جوش به مدت ۱۲۰ min در حمام باقی ماندند. در انتها، نمونه‌ها ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو شده و در آن با دمای ۱۰۰°C به مدت ۴۸ h ساعت خشک شدند.

### فرآیند تولید کامپوزیت چوب-پلاستیک

ابتدا الیاف چوب خام و فراوری شده در سیستم خشک‌کن (Flash dryer) با دمای ۱۴۰°C فرآوری شده تا الیاف چوب با رطوبت باقیمانده کمتر از ۲٪ حاصل شود. کامپوزیت چوب-پلاستیک با بهره‌گیری از اکسترودر دو مارپیچه پروفیل ساز شرکت Jwell چین با اندازه مارپیچ D65/132 تهیه شد. مطابق جدول ۱ مواد توزین و وارد میکسر گرم با سرعت بالا (high speed mixer) شده و تا دمای ۱۲۰°C مخلوط کردن ادامه می‌یابد که در این دما پلیمر پلی‌وینیل کلراید به حالت ژله‌ای تبدیل می‌شود و سپس وارد میکسر سرد شده و دمای آن تا ۵۰ درجه تقلیل می‌یابد. در مرحله بعد مواد مخلوط شده حاصله توسط سیستم تغذیه مواد وارد دستگاه اکسترودر پروفیل‌ساز شد. مواد مخلوط شده با سرعت ۱۲ دور بر دقیقه به داخل سیلندر و مارپیچ وارد شده، پس از ذوب شدن، مذاب حاصله از درون قالب کفیوش خارج شده و وارد کالیبراتور و خنک‌کننده آبی می‌گردد. نهایتاً، کامپوزیت چوب-پلاستیک سرد شده برش داده شد.

### آزمون‌ها

درصد جذب آب نمونه کامپوزیت‌ها مطابق استاندارد ASTM 1037

بخش چوبی کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک ویژگی‌های مفیدی نسبت به پلاستیک در اختیار می‌گذارند؛ با این وجود مشکلات عمومی الیاف چوب را نیز به همراه دارند. مهم‌ترین معایب الیاف چوب در کامپوزیت‌ها عبارت‌اند از: دمای مجاز پایین‌تر برای فراوری، دشواری پراکنده کردن و پخش این پرکننده‌ها در ماده زمینه پلیمری، ناسازگاری الیاف طبیعی آب دوست و پلیمرهای آب‌گریز و احتمال جذب رطوبت توسط الیاف و به دنبال آن کامپوزیت تولید شده است. قابل ذکر است که سرعت نفوذ آب نسبت به سایر کامپوزیت‌های چوبی و یا چوب خالص کمتر است اما با این وجود نفوذ آب می‌تواند باعث پوسیدگی و یا کپک‌زدگی شود. همچنین افزودن چوب به ترموپلاست‌ها باعث ناپایداری رنگ شده و سطح چوب-پلاستیک‌ها در مجاورت نور خورشید تغییر رنگی مایل به سفید و یا خاکستری خواهند داشت [۲۲-۲۵].

در این مطالعه برای اولین بار به منظور بهبود خواص کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک، الیاف چوب سفیدگری و با رنگزای طبیعی رنگ شده است. در این راستا، ابتدا الیاف چوب به‌وسیله کلریت سدیم سفیدگری و لیگنین‌زدایی شده و پس از آن با رنگزای طبیعی استخراج شده از پوست گردو رنگرزی شده است. همچنین، تأثیر سفیدگری و رنگرزی طبیعی الیاف چوب بر خواص کامپوزیت چوب-پلاستیک زمینه پلی‌وینیل کلراید همچون ویژگی‌های رنگی، مکانیکی و ضدمیکروبی بررسی شده است.

## تجربیات

### مواد

در این تحقیق، از پلی‌وینیل کلراید (polyvinyl chloride) تولید شده توسط شرکت پتروشیمی بندر امام با نام تجاری پی‌وی‌سی گرید ۶۵۵۸ (PVC grade 6558) استفاده شد. پودر تالک (Talc powder) به عنوان قوام‌دهنده، واکس پلی‌اتیلن به عنوان روان‌کننده داخلی، استئارات

جدول ۱- شرایط تولید نمونه‌های مختلف چوب-پلاستیک

WPC4	WPC3	WPC2	WPC1	نمونه‌ها غلظت مواد کامپوزیت (/.)
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	پودر پلی‌وینیل کلراید
۲	۲	۲	۲	واکس پلی‌اتیلن
۳	۳	۳	۳	استئارات کلسیم
۲	۲	۲	۲	پایدارکننده
۶	۶	۶	۶	تالک
۳	۳	۳	۳	کربنات کلسیم
-	-	-	۵۰	الیاف چوب خام
-	-	۵۰	-	الیاف چوب سفیدگری شده
-	۵۰	-	-	الیاف چوب رنگرزی شده با پوست گردو
۵۰	-	-	-	الیاف چوب سفیدگری شده و رنگرزی شده با پوست گردو

تابش نوری قرار گرفتند. رنگ‌پیردگی نمونه‌ها پس از ۳۰۰ ساعت تابش نوری اندازه‌گیری شد.

Minolta CR-200 Chroma Meter برای اندازه‌گیری مولفه‌های رنگی با استفاده از سیستم (Robertson 1977)  $L^* a^* b^*$  (CIE 1976) مورد استفاده قرار گرفت.  $L^*$  در محدوده بین ۰ و ۱۰۰ (به ترتیب سیاه و سفید) می‌باشد. مختصات رنگ  $a^*$  و  $b^*$  از ۱۵۰- تا ۱۵۰+ است. آن‌ها به صورت مختصات قرمز/سبز تعریف می‌شوند.

فعالیت ضد میکروبی نمونه‌ها با استفاده از باکتری گرم مثبت Staphylococcus aureus و باکتری گرم منفی Escherichia coli طبق روش استاندارد 100-2004 AATCC ارزیابی شد. درصد کاهش باکتری با استفاده از رابطه (۲) بدست آمده است:

$$(R)\% = (A-B)/A \times 100 \quad (2)$$

در این معادله A تعداد کلونی‌های اولیه تعلیق (شاهد)، B تعداد کلونی‌های ثانویه (محلول مجاور شده با کامپوزیت) و R درصد کاهش باکتری است. برای شکل‌شناسی سطحی نمونه‌ها میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل MIRA3 ساخت شرکت TESCAN بکار گرفته شده است.

## نتایج و بحث

### اثر سفیدگری بر میزان لیگنین باقیمانده در الیاف چوب

میزان لیگنین در چوب‌های معمولی ۳۵-۲۰٪ می‌باشد. قرارگیری چوب در محیط باز و در معرض نور خورشید موجب زردی آن می‌شود که علت این امر می‌تواند شکستن لیگنین موجود در چوب و ایجاد گروه‌های کروموفور باشد. فرآیند سفیدگری به منظور بهبود ثبات نوری الیاف چوب

اندازه‌گیری شده است. در این آزمون نمونه‌هایی با ابعاد  $1 \times 10 \times 10$  سانتی‌متر تهیه شده و به مدت ۲۴ h در آون با دمای  $100^\circ\text{C}$  قرار داده شدند. نمونه‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. پس از آن، نمونه‌ها به مدت ۲۴h در ظرف آب با دمای  $25^\circ\text{C}$  غوطه‌ور شد. در نهایت وزن نمونه‌ها مجدداً اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه ۱ درصد جذب رطوبت آن‌ها محاسبه شد.

$$(1) \quad 100 \times \text{وزن حالت خشک} / (\text{وزن حالت خشک} - \text{وزن حالت مرطوب}) = \text{٪ جذب رطوبت}$$

چندین روش استاندارد جهت تعیین مقدار لیگنین در الیاف چوب وجود دارد. مقدار لیگنین در چوب به دو روش مستقیم و غیرمستقیم تعیین می‌گردد. در این تحقیق از روش Klason بر اساس اندازه‌گیری مستقیم لیگنین باقیمانده در اسیدسولفوریک استفاده شده است. این روش بر اساس هیدرولیز و حلالیت سلولز و همی سلولز نمونه‌های چوب با اسیدسولفوریک ۷۲٪ می‌باشد. مقدار  $0/175$  الیاف چوب به  $1/5$  ml اسید سولفوریک اضافه شده و در دمای  $30^\circ\text{C}$  به مدت ۶۰ min همزده شد. ماده باقی‌مانده و حل نشده خشک و توزین شد. مقدار جامد وزن شده معادل لیگنین Klason می‌باشد.

استحکام کششی نمونه‌ها مطابق استاندارد ISIRI 14564 ID 1033 با استفاده از دستگاه استحکام‌سنج Zwick مدل 1496-2D اندازه‌گیری شده است. همچنین، جهت اندازه‌گیری مقاومت فشاری کامپوزیت‌ها مطابق با استاندارد ISIRI 14564 ID 1037 از دستگاه SANTAM مدل STM-SO استفاده شده است.

آزمون‌های ثبات نوری با استفاده از دستگاه زنو تست اطلس در آزمایشگاه شرکت پویا گستر خراسان در شهرک صنعتی طوس مشهد انجام شده است. نمونه‌های چوب-پلاستیک در دستگاه نورپردازی نور کمان xe-non-arc قرار گرفته و بر اساس روش استاندارد ASTM D 2565 مورد

جدول ۲- مقادیر لیگنین اندازه گیری شده

لیگنین جدا شده (%)	لیگنین باقیمانده (%)	وزن باقیمانده (g)	وزن اولیه (g)	نمونه الیاف چوب
۰	۲۹/۱۴	۰/۰۵۱	۰/۱۷۵	الیاف چوب خام
۵۸/۸	۱۲	۰/۰۲۱	۰/۱۷۵	الیاف چوب سفیدگری شده

جدول ۳- مقادیر روشنایی نمونه کامپوزیت های چوب-پلاستیک

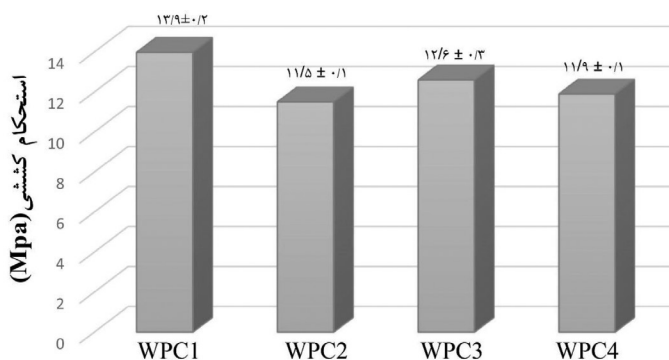
نمونه ها	L* قبل از تابش نور	L* بعد از تابش نور	$\Delta L^*$
WPC1	۴۷	۸۲	۳۵
WPC2	۵۲	۶۵	۱۳
WPC3	۳۹	۶۰	۲۱
WPC4	۴۹	۵۴	۵

انجام شده است. میزان لیگنین الیاف چوب خام و سفیدگری شده در جدول (۲) ارائه شده است. با انجام سفیدگری توسط کلریت سدیم، مقدار ۵۸/۸٪ از لیگنین الیاف چوب در فرایند سفیدگری از سلولز جدا شده است. زنجیره های لیگنین مانند تارهایی اطراف زنجیره های سلولزی تنیده شده اند که حذف آن ها موجب افت خواص مکانیکی می شود. از طرفی با کاهش لیگنین شفافیت و سفیدی الیاف چوب بیشتر می شود (شکل ۱). در مطالعه ای مشابه، از کلریت سدیم برای فرآوری چوب استفاده شده و با کاهش لیگنین موجود در چوب، محصولی با شفافیت عالی حاصل شده است [۲۷].

ثبات نوری یکی از مشکلات کامپوزیت های چوب-پلاستیک که کاربرد این محصولات را محدود کرده، تغییر رنگ و رنگ پریدگی در شرایط بیرونی و جوی می باشد. میزان تجزیه اجزاء چوب به میزان زیادی به توانایی آن ها در جذب اشعه فرابنفش بستگی دارد. از آنجایی که جایگاه بیشتر کروموفورهای چوب در لیگنین می باشد، لذا لیگنین ۸۰٪ جذب نور را به خود اختصاص می دهد و تجزیه نوری آن سهم قابل توجهی در تغییر رنگ چوب دارد [۷]. جذب اشعه فرابنفش منجر به تشکیل رادیکال های آزاد در سطح چوب و تخریب لیگنین و اکسیداسیون نوری سلولز و هموسولوز می شود. به طور کلی چوب در محیط های بیرونی در ابتدا به دلیل اکسیداسیون نوری لیگنین زرد یا قهوه ای رنگ شده و سپس به دلیل اشباع شدن محصول از لیگنین اکسید شده به رنگ خاکستری در می آید [۲۲ و ۲۳].

### ویژگی های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت ها

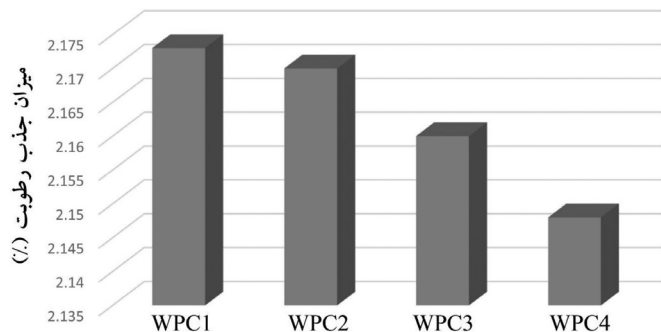
نتایج حاصل از آزمون استحکام کششی و مقاوت فشاری در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است. ویژگی های مکانیکی کامپوزیت چوب-پلاستیک سفیدگری شده با توجه به لیگنین زدایی الیاف چوب افت قابل ملاحظه ای داشته است. با توجه به نتایج میزان استحکام نمونه سفیدگری شده (WPC2) نسبت به نمونه خام (WPC1) ۲۰/۶٪ افت استحکام را نشان می دهد. نمونه های رنگ شده افت استحکام و مقاوت فشاری کمتری را نسبت به نمونه سفیدگری شده نشان می دهند. دلیل افت خواص مکانیکی در نمونه های رنگرزی شده (WPC3)، می تواند در اثر آسیب به سلولز در شرایط رنگرزی جوش و دمای فرآیند بالا و تخریب پیوندهای هیدروژنی سلولز باشد [۲۸]. از طرفی نمونه سفیدگری و رنگرزی شده (WPC4) میزان افت بیشتری را نسبت به نمونه های تنها رنگرزی شده نشان می دهد.



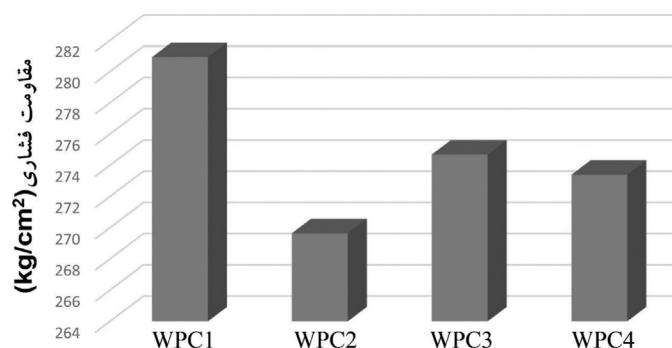
شکل ۲- استحکام کششی کامپوزیت های چوب-پلاستیک



شکل ۱- تصاویر الیاف چوب خام و سفیدگری شده



شکل ۵- میزان جذب رطوبت کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک



شکل ۳- مقاومت فشاری کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک

موتری در کاهش هر دو باکتری داشته است. میزان کاهش باکتری‌ها برای نمونه کامپوزیت چوب-پلاستیک WPC4 ۱۰۰٪ بوده است. علت این امر را می‌توان به حضور ترکیبات نفتوکینون و فنولیک نسبت داد [۳۱]. این ترکیبات با تأثیر روی غشاء، ترکیب با پروتئین‌های خارج سلولی یا تشکیل کمپلکس با دیواره سلولی مانع رشد میکروارگانیسم‌ها می‌گردند [۳۲ و ۳۳].

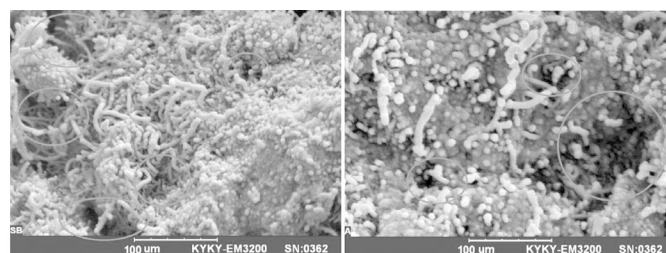
جدول ۴- مقادیر درصد کاهش باکتری‌ها در مجاورت با نمونه کامپوزیت‌ها

نمونه‌ها	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
WPC1	٪۰	٪۰
WPC2	٪۰	٪۰
WPC3	٪۷۰	٪۶۵
WPC4	٪۱۰۰	٪۱۰۰

افت خواص مکانیکی کامپوزیت چوب-پلاستیک زمینه پلی‌وینیل کلراید در مطالعه انجام شده توسط Taneerat و Ratanawilai تایید شده است [۲۹]. بسیاری از ویژگی‌های کامپوزیت‌ها متأثر از مورفولوژی آنها می‌باشد. در شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی از سطح مقطع شکسته کامپوزیت WPC4 ارائه شده است. در کامپوزیت حضور دو فاز و شکاف‌های کوچک فراوان بین الیاف چوب و ماتریس پلیمری قابل مشاهده است. بنابراین افت خواص مکانیکی را می‌توان به برهمکنش ضعیف بین الیاف چوب و پلیمر پلی‌وینیل کلراید نسبت داد. میزان جذب رطوبت کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک با غوطه‌وری نمونه‌ها در آب ارزیابی شد. درصد جذب رطوبت کامپوزیت‌های عمل شده با انواع الیاف چوب در شکل ۵ آمده است. براساس نتایج، میزان جذب رطوبت نمونه‌ها را می‌توان به صورت WPC1 < WPC2 < WPC3 < WPC4 رتبه‌بندی کرد. پایین‌ترین درصد جذب رطوبت مربوط به کامپوزیت تهیه شده از الیاف سفیدگری و رنگریزی شده می‌باشد. علت این امر می‌تواند مسدود شدن گروه‌های آبدوست سلولزی الیاف چوب با مولکول‌های رنگ طبیعی باشد.

### خاصیت ضد میکروبی

کارایی ضد میکروبی نمونه کامپوزیت‌ها در کاهش دو گونه رایج باکتری گرم مثبت *S. aureus* منشأ عفونت‌های چشمی، پوستی، استخوان و مفاصل و باکتری گرم منفی *E. coli* منشأ عفونت‌های ادراری، بیمارستانی و خون مورد بررسی قرار گرفت [۳۰]. تصاویر و نتایج کمی آزمون ضد میکروبی نمونه‌ها در جدول ۴ گزارش شده است. کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک تولید شده با الیاف چوب خام و سفیدگری شده خاصیت ضد میکروبی نداشتند. رنگریزی الیاف چوب با رنگزای طبیعی پوست گرداثر ضد میکروبی



شکل ۴- تصاویر SEM کامپوزیت چوب-پلاستیک تهیه شده با الیاف چوب سفیدگری و رنگریزی شده (WPC4)

## نتیجه گیری

شده است. کامپوزیت چوب-پلاستیک با ویژگی ضد میکروبی عالی تولید شده و همچنین پایداری آن در برابر جذب آب بهبود یافته است. علاوه بر این، رنگرزی الیاف چوب با رنگزای پوست گردو موجب بهبود ثبات نوری نمونه‌ها شده و رنگ‌پایداری آنها کاهش یافته است. از این رو، کامپوزیت تولیدی می‌تواند به منظور بهداشت محیط اماکن عمومی در بخش‌های ساختمان‌سازی، دکوراسیون و مبلمان استفاده شود.

در پژوهش حاضر، برای اولین بار از الیاف چوب سفیدگری و رنگرزی شده (با رنگزای طبیعی پوست گردو) برای تولید کامپوزیت چوب-پلاستیک زمینه پلی‌وینیل کلراید استفاده شده است. فرآیندهای سفیدگری و رنگرزی طبیعی الیاف چوب باعث بهبود ویژگی‌های کامپوزیت‌های تولیدی

## مراجع

1. Stark, N. M., Matuana, L. M., Characterization of weathered wood-plastic composite surfaces using FTIR spectroscopy, contact angle, and XPS, *Polym. Degrad. Stabil.*, 92, 1883-1890, 2007.
2. Soury, E., Behraves, A. H., Esfahani, E. R., Zolfaghari, A., Design, optimization and manufacturing of wood-plastic composite pallet, *Mater. Design*, 30, 4183-4191, 2009.
3. Wechsler, A., Hiziroglu, S., Some of the properties of wood-plastic composites, *Build. Environ.*, 42, 2637-2644, 2007.
4. Chaharmahali, M., Tajvidi, M., Najafi, S. K., Mechanical properties of wood plastic composite panels made from waste fiberboard and particleboard, *Polym. Compos.*, 29, 606-610, 2008.
5. Bouafif, H., Koubaa, A., Perré, P., Cloutier, A., Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites, *Compos. PT A Appl. Sci. Manuf.*, 40, 1975-1981, 2009.
6. Ayrimis, N., Kaymakci, A., Güleç, T., Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite, *Ind. Crop. Prod.*, 74, 279-284, 2015.
7. Migneault, S., Koubaa, A., Perré, P., Riedl, B., Effects of wood fiber surface chemistry on strength of wood-plastic composites, *Appl. Surf. Sci.*, 343, 11-18, 2015.
8. Gardner, D. J., Han, Y., Wang, L., Wood-plastic composite technology, *Curr. For. Rep.*, 1, 139-150, 2015.
9. Ashori, A., Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries!, *Bioresource Technol.*, 99, 4661-4667, 2008.
10. Chen, Y., Stark, N., Tshabalala, M., Gao, J., Fan, Y., Weathering characteristics of wood plastic composites reinforced with extracted or delignified wood flour, *Materials*, 9, 610, 2016.
11. Friedrich, D., Luible, A., Investigations on ageing of wood-plastic composites for outdoor applications: A meta-analysis using empiric data derived from diverse weathering trials, *Constr. Build. Mater.*, 124, 1142-1152, 2016.
12. Vercher, J., Fombuena, V., Diaz, A., Soriano, M., Influence of fibre and matrix characteristics on properties and durability of wood-plastic composites in outdoor applications, *J. Thermoplastic Compos. Mater.*, 0892705718807956, 2018.
13. Perisic, S. D., Radovic, I., Petrovic, M., Marinkovic, A., Stojanovic, D., Uskokovic, P., Radojevic, V., Processing of hybrid wood plastic composite reinforced with short PET fibers, *Mater. Manuf. Processes*, 33, 572-579, 2018.
14. Toghiani, A. E., Matthews, S., Varis, J., Feasibility Assessment of a Wood-Plastic Composite Post-Production Process: Cuttability, *Procedia Manuf.*, 25, 271-278, 2018.
15. [15] Effah, B., Van Reenen, A., Meincken, M., Mechanical properties of wood-plastic composites made from various wood species with different compatibilisers, *Europ. J. wood wood prod.*, 76, 57-68, 2018.
16. La Mantia, F. P., M. Morreale, Green composites: A brief review, *Compos. Pt A Appl. Sci. Manuf.* 42, 579-588, 2011.
17. Najafi, S. K., Use of recycled plastics in wood plastic composites—A review, *J. Waste Manag.*, 33, 1898-1905, 2013.
18. Markarian, J., Wood-plastic composites: Current trends in materials and processing, *Plastic. additives Compounding*, 7, 20-26, 2005.
19. Jiang, H., Kamdem, D. P., Development of poly (vinyl chloride)/wood composites. A literature review, *J. Vinyl Addit. Techn.*, 10, 59-69, 2004.
20. Fabiyi, J. S., McDonald, A. G., Morrell, J. J., Freitag, C., Effects of wood species on durability and chemical changes of fungal decayed wood plastic composites, *Compos. Pt A Appl. Sci. Manuf.*, 42, 501-510, 2011.
21. Kuo, P. Y., Wang, S. Y., Chen, J. H., Hsueh, H. C., Tsai, M. J., Effects of material compositions on the mechanical properties of wood-plastic composites manufactured by injection

- molding, *Mater. Design*, 30, 3489-3496, 2009.
22. Fabiyi, J. S., McDonald, A. G., Wolcott, M. P., Griffiths, P. R., Wood plastic composites weathering: Visual appearance and chemical changes, *Polym. Degrad. Stabil.*, 93, 1405-1414, 2008.
  23. Fabiyi, J. S., McDonald, A. G., Effect of wood species on property and weathering performance of wood plastic composites, *Compos. Pt A Appl. Sci. Manuf.*, 41, 1434-1440, 2010.
  24. Wei, L., McDonald, A. G., Freitag, C., Morrell, J. J., Effects of wood fiber esterification on properties, weatherability and biodurability of wood plastic composites, *Polym. Degrad. Stabil.*, 98, 1348-1361, 2013.
  25. Stark, N. M., Matuana, L. M., Clemons, C. M., Effect of processing method on surface and weathering characteristics of wood-flour/HDPE composites, *J. Appl. Polym. Sci.*, 93, 1021-1030, 2004.
  26. Li, Y., Fu, Q., Rojas, R., Yan, M., Lawoko, M., Berglund, L., Lignin-Retaining Transparent Wood, *ChemSusChem*, 10, 3445-3451, 2017.
  27. Wu, J., Wu, Y., Yang, F., Tang, C., Huang, Q., Zhang, J., Impact of delignification on morphological, optical and mechanical properties of transparent wood, *Compos. Pt A Appl. Sci. Manuf.*, 117, 324-331, 2019.
  28. Migneault, S., Koubaa, A., Perré, P., Riedl, B., Effects of wood fiber surface chemistry on strength of wood-plastic composites, *Appl. Surf. Sci.*, 343, 11-18, 2015.
  29. Ratanawilai, T., Taneerat, K., Alternative polymeric matrices for wood-plastic composites: Effects on mechanical properties and resistance to natural weathering, *Construc. Build. Mater.*, 172, 349-357, 2018.
  30. Montazer, M., Behzadnia, A., Pakdel, E., Rahimi, M. K., Moghadam, M. B., Photo induced silver on nano titanium dioxide as an enhanced antimicrobial agent for wool, *J. Photochem. Photobiol. B*, 103, 207-214, 2011.
  31. Mirjalili, M., Karimi, L., Extraction and characterization of natural dye from green walnut shells and its use in dyeing polyamide: Focus on antibacterial properties, *J. Chem.*, Article ID 375352, 2013.
  32. Sadeghi-Kiakhani, M., Tehrani-Bagha, A. R., Gharanjig, K., Hashemi, E., Use of Pomegranate peels and Walnut Green husks as the green antimicrobial agents to reduce the consumption of inorganic nanoparticles on wool yarns, *J. Clean. Produc.*, 231, 1463-1473, 2019.
  33. Jabli, M., Sebeia, N., Boulares, M., Faidi, K., Chemical analysis of the characteristics of Tunisian *Juglans regia* L. fractions: Antibacterial potential, gas chromatography-mass spectroscopy and a full investigation of their dyeing properties, *Indus. Crop. Produc.*, 108, 690-699, 2017.

# Effect of bleaching and natural dyeing on properties of PVC based wood-plastic composite

Fatemeh Jamili<sup>1</sup>, Mohammad Mirjalili<sup>1\*</sup>, and Hasan Ali Zamani<sup>2</sup>

1. Department of Textile and Polymer Engineering, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran, P.O. Box:89195-155

2. Department of Chemistry, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran, P.O. Box:91735-413

## Abstract

This study examined an innovative approach for imparting enhanced mechanical, antimicrobial and coloration properties to wood-plastic composites. In this regard, the wood fibers were primarily bleached with sodium chlorite and dyed with green walnut shells (natural colorants). In the next step, a wood-plastic composite was prepared by mixing the colored wood fibers and polyvinyl chloride (PVC). After bleaching, 58.8 wt.% of lignin was removed. The bleached fibers had a brighter color compared to original wood fibers. The structure and morphology of the composite were examined by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). The effects of bleaching and natural dyeing on color, antibacterial and mechanical properties of the composite were investigated. The wood-PVC composite showed excellent antibacterial activity measured against two common pathogenic bacteria namely *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* with 100% reduction. Furthermore, the color variation of the bleached sample after sunlight irradiation was negligible, which demonstrated the proper color fastness of the composite

## Keywords

Wood-plastic composite,  
bleaching,  
walnut shells,  
antibacterial

(\*) Address Correspondence to M. Mirjalili, Email: [dr.mirjalili@iauyazd.ac.ir](mailto:dr.mirjalili@iauyazd.ac.ir)