



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گیلان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## تأثیر نانو رس و جفت‌کننده MAPP بر خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام طبیعی چندسازه پلی‌پروپیلن - آرد چوب تاغ

\*افسانه شهرکی<sup>۱</sup>، بابک نصرتی ششکل<sup>۲</sup>، رحیم محبّی گرگری<sup>۳</sup> و مجید عبدوس<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه زابل، زابل، ایران، <sup>۲</sup>استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، <sup>۳</sup>مربی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، <sup>۴</sup>دانشیار، گروه شیمی پلیمر، دانشکده مستقل شیمی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۰۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** فرآورده‌های چندسازه چوب پلاستیک گروه جدیدی از مواد مرکب هستند که در مقایسه با فرآورده‌هایی مثل تخته خرده چوب و تخته لایه قدمت چندانی نداشته و در گروه فرآورده‌های جدید قرار می‌گیرند. این دسته از چندسازه‌ها با توجه به دامنه گسترده‌ایی که دارند، امروزه زمینه را برای تحقیقات پژوهشگران فراهم کرده‌اند. از آنجایی که قسمت عمده‌ایی از ترکیب این چندسازه‌ها را چوب و مواد لیگنوسولولزی تشکیل می‌دهد و با توجه به این‌که چوب و مواد لیگنوسولولزی مستعد پوسیدگی هستند، بنابراین این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نانورس و جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی بر خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام طبیعی چندسازه حاصل از پلی‌پروپیلن - آرد چوب تاغ در برابر قارچ رنگین‌کمان انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** برای این منظور آرد چوب تاغ با نسبت وزنی ۵۰ درصد با پلی‌پروپیلن مخلوط گردید. از جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی در دو سطح ۰ و ۳ درصد و نانورس در چهار سطح ۰، ۲، ۴ و ۶ درصد به‌عنوان عوامل متغیر استفاده شد. فرآیند اختلاط مواد در دستگاه اکسترودر و

\*مسئول مکاتبه: [shahreki.afsaneh68@yahoo.com](mailto:shahreki.afsaneh68@yahoo.com)

### نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۲) ۱۳۹۵

نمونه‌های آزمون با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شدند. نمونه‌های آزمون به مدت ۱۴ هفته در معرض قارچ پوسیدگی سفید مطابق با استاندارد EN113 با شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد قرار داده شدند. در نهایت میزان کاهش جرم، مقاومت و مدول خمشی، مقاومت به ضربه، جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی تعیین گردید. جهت ریخت‌شناسی چندسازه‌های ساخته شده از آزمون تفرق اشعه ایکس استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که با افزایش نانو ذرات رس کاهش جرم، مقاومت به ضربه، جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت کاهش یافتند اما مقاومت و مدول خمشی کامپوزیت‌ها افزایش یافتند. همچنین با افزایش جفت‌کننده مقاومت‌های مکانیکی افزایش یافت اما کاهش جرم، جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت کاهش یافتند. مطالعات ساختاری نانو کامپوزیت‌ها نشان داد که توزیع ذرات نانورس در ماتریس از نوع بین لایه‌ای است و با افزایش مقدار نانورس تا ۴ درصد فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانو رس افزایش و با افزایش بیشتر نانو ذرات تا ۶ درصد فاصله بین این لایه‌ها کاهش یافت.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از نانو ذرات رس و ماده جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی از یک طرف مقاومت به پوسیدگی و دوام طبیعی چندسازه چوب پلاستیک در برابر قارچ مولد پوسیدگی سفید را افزایش خواهد داد و از سوی دیگر مانع کاهش قابل توجه خواص فیزیکی و مکانیکی این چندسازه‌ها در اثر حمله قارچی خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** قارچ رنگین‌کمان، چندسازه چوب پلاستیک، دوام طبیعی، آرد چوب تاغ، ساختار بین لایه‌ای

#### مقدمه

استفاده از الیاف طبیعی به‌عنوان یک ماده پرکننده و تقویت‌کننده در صنعت پلیمر منجر به تولید گروه جدیدی از مواد مرکب موسوم به چندسازه‌های چوب پلاستیک شده است. میزان استفاده از الیاف طبیعی در صنعت پلاستیک در طی سالیان اخیر ۸۰ درصد رشد داشته است (۱۸). به‌منظور گسترش استفاده از الیاف طبیعی در صنعت چوب پلاستیک دشواری‌هایی مانند اتصال ضعیف بین

الیاف طبیعی و مواد پلیمری، مستعد بودن الیاف طبیعی به تخریب گرمایی در طول فرآیند ذوب شدن و تخریب محیطی مواد مرکب در طول زمان وجود دارد (۲). از طرف دیگر با توجه به مستعد بودن الیاف لیگنوسلولزی مورد استفاده در چندسازه‌ها به تخریب توسط عواملی مانند قارچ‌ها و تأثیر زیاد پوسیدگی بر خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها، بررسی دوام این محصولات در برابر عوامل مخرب بیولوژیکی اهمیت ویژه‌ای دارد. مطالعه در رابطه با مقاومت به پوسیدگی چندسازه‌های چوب پلاستیک برای مصارف خارج از ساختمان بسیار مهم و ضروری است و بسیاری از تحقیقات پیشین نشان دادند که این چندسازه‌ها مستعد پوسیدگی هستند (۱۱ و ۱۲ و ۱۴ و ۱۶). در این راستا یکی از قارچ‌هایی که باعث پوسیدگی شدید در چوب و فرآورده‌های چوب می‌شود، قارچ رنگین‌کمان نام دارد، که از لیگنین چوب تغذیه می‌کند. قارچ رنگین‌کمان (*Trametes versicolor*) از خانواده *Coriolaceae* از قارچ‌های ساپروفیت شایع و خطرناک گونه‌های چوبی به‌ویژه پهن‌برگان می‌باشد و به شدت چوب را تخریب نموده و از مقاومت‌های آن می‌کاهد. در گذشته راهکارهای متفاوتی برای جلوگیری و یا کاهش خسارات ناشی از حمله قارچی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. از جمله این راهکارها می‌توان به کاهش درصد آرد چوب در ترکیب چندسازه، افزایش درصد پلاستیک (۱۷) و استفاده از الیاف چوبی به‌جای آرد چوب در ساخت چندسازه (۲۰)، اشاره کرد. اما در این تحقیق با استفاده از ذرات نانورس و همچنین ماده جفت‌کننده سعی در کاهش خسارات ناشی از حمله قارچی بر روی چندسازه‌های چوب پلاستیک شده است. در طی چند سال اخیر پژوهش‌های پراکنده‌ایی نیز در این خصوص صورت گرفته است که در اینجا به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

کرد و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر نانو ذرات رس بر دوام طبیعی کامپوزیت آرد چوب- پلی‌پروپیلن در برابر قارچ رنگین‌کمان *Trametes Versicolor* پرداختند، آن‌ها از سطوح مختلف نانورس جهت ارزیابی تأثیرات آن بر روی دوام طبیعی کامپوزیت چوب پلاستیک استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که با افزایش نانو ذرات رس میزان کاهش وزن و درصد جذب آب در کامپوزیت ساخته شده کاهش یافتند. آن‌ها همچنین دریافتند که با افزایش نانورس مقاومت‌های مکانیکی شامل خمش و کشش بهبود یافتند در حالی که مقاومت به ضربه فاق‌دار کاهش یافت (۱۰). کریمی و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثر عامل جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی و آرد چوب افرا بر مقاومت به پوسیدگی چوب پلاستیک پرداختند. در این تحقیق اثر ۰، ۱ و ۲ درصد عامل جفت‌کننده و ۲۵ و ۵۰ درصد آرد چوب بر خواص فیزیکی، مکانیکی و پوسیدگی بررسی شد. کاهش

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۲) ۱۳۹۵

وزن نمونه‌ها پس از ۱۴ هفته قرار گرفتن در معرض قارچ *Coriolus versicolor* اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که عامل جفت‌کننده تأثیر معنی‌داری روی خواص مختلف چندسازه از قبیل مقاومت خمشی، ضربه و جذب آب دارد. همچنین کاهش وزن نمونه‌ها در اثر پوسیدگی در نمونه‌های بدون عامل جفت‌کننده بیشتر بود (۷). ماستری فرهانی و بنی‌کریم (۲۰۱۳) تأثیر نانو ذرات اکسید روی را بر مقاومت به پوسیدگی کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در برابر قارچ‌های *Trametes Versicolor* و *Coniophora puteana* مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که با افزایش نانو ذرات اکسید روی میزان کاهش وزن در کامپوزیت‌های چوب پلاستیک کاهش یافت. آن‌ها همچنین گزارش کردند که پوسیدگی ناشی از قارچ *Trametes Versicolor* شدیدتر از پوسیدگی ناشی از قارچ *Coniophora puteana* می‌باشد (۱۳). با توجه به این‌که در طی سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در خصوص تأثیرات متقابل نانو ذرات رس به همراه جفت‌کننده بر دوام طبیعی کامپوزت چوب پلاستیک صورت نگرفته است، بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر نانورس و ماده جفت‌کننده بر دوام طبیعی کامپوزیت حاصل از پلی‌پروپیلن-آرد چوب تاغ در برابر قارچ رنگین‌کمان می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ار آرد چوب گونه تاغ (*Haloxylon*) با اندازه ابعاد ۲۵۰ تا ۴۰۰ میکرومتر (رد شده از مش ۴۰ و جمع شده روی مش ۶۰) به‌عنوان پرکننده استفاده گردید. پلی‌پروپیلن از پتروشیمی تبریز، با شاخص جریان مذاب<sup>۱</sup> ۱۰ gr / 10 min با نام اختصاصی پلی‌نار تبریز با درجه SI-060 به‌عنوان ماتریس پلیمری و از مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی (PP-g-MA) از محصولات شرکت slovay کشور بلژیک با نام تجاری priex 20070 و شاخص جریان مذاب ۱۰ gr/10 min و ۶۴ gr/10 min و میزان انیدرید پیوند خورده ۰/۲ درصد، به‌عنوان ماده جفت‌کننده استفاده گردید. همچنین از نانورس شرکت Southern-Clay کشور آمریکا با نام تجاری کلوزیت 15A مورد استفاده قرار گرفت. جهت کشت محیط مطلوب برای رشد قارچ، از محیط کشت مالت اکستراکت آگار<sup>۲</sup> استفاده شد. همچنین در این تحقیق از قارچ مولد پوسیدگی سفید<sup>۳</sup> به‌عنوان عامل مخرب زنده استفاده گردید.

1- Melt flow index

2- Malt extract agar

3- *Trametes Versicolor*

فرآیند اختلاط مواد و ساخت نمونه‌های آزمونی: قبل از انجام اختلاط، آرد چوب در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $65 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد مطابق با استاندارد ASTM D618-99 خشک شدند. فرآیند اختلاط مواد مطابق با جدول ۱ توسط دستگاه اکسترودر دو ماردونه ناهمسوگرد واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران انجام شد. دمای اکسترودر در ابتدایی‌ترین قسمت بعد از محفظه ورودی دستگاه ۱۴۰، در قسمت میانی ۱۵۵ و در قسمت پایانی دستگاه ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد بود. مواد داغ شکل‌پذیر به‌دست آمده از فرآیند اختلاط پس از خارج شدن از اکسترودر جمع‌آوری شدند و پس از سرد شدن به‌منظور تهیه گرانول وارد دستگاه خردکن نیمه صنعتی شرکت Wieser مدل WG-LS 200/200 ساخت کشور آلمان شدند. به‌منظور حذف رطوبت، گرانول‌ها به‌مدت ۴ ساعت در خشک‌کن با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و نمونه‌های آزمونی به روش قالب‌گیری تزریقی با دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳ مگاپاسکال، مطابق با استاندارد ASTM D3641-12 ساخته شدند. در نهایت نمونه‌ها قبل از انجام آزمون، در دمای آزمایشگاه (۲۳ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به‌مدت ۴۰ ساعت مطابق با استاندارد ASTM D618-99 قرار داده شدند.

جدول ۱- طرح اختلاط مواد.

Table 1. The mix design of materials.

نانورس (درصد)	جفت‌کننده (درصد)	پلی‌پروپیلن (درصد)	آرد چوب (درصد)	تیماژ
Nano clay (%)	Coupling agent (%)	Polypropylene (%)	Wood flour (%)	Treatment
0	0	50	50	1
2	0	48	50	2
4	0	46	50	3
6	0	44	50	4
0	3	47	50	5
2	3	45	50	6
4	3	43	50	7
6	3	41	50	8

کشت قارچ: جهت بررسی دوام طبیعی مطابق با استاندارد EN113، ابتدا پودر مالت اکستراکت آگار با غلظت ۴۸ گرم بر لیتر با آب مخلوط گردید، سپس این محلول به‌مدت ۱ ساعت بر روی شعله آتش قرار گرفت و در طی این مدت به آرامی هم زده شد و بدین صورت محیط کشت قارچ آماده گردید. سپس محلول مالت اکستراکت آگار به داخل ظروف استریل شده کوله منتقل و به‌مدت ۱ روز در زیر

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۲) ۱۳۹۵

هود استریل شده آزمایشگاهی قرار گرفتند. در روز بعد قارچ مولد پوسیدگی سفید در زیر هود استریل شده آزمایشگاهی و توسط پنس استریل شده به داخل ظروف حاوی مالت اکستراکت آگار منتقل شدند. این ظروف به مدت ۲ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا قارچ، تمامی سطوح محیط کشت را بپوشاند. پس از آن که میسیلیوم قارچ تمامی سطوح محیط کشت را بپوشاند، نمونه‌های آزمون‌ی به داخل ظروف در زیر شعله ملایم آتش منتقل شدند. در نهایت ظروف حاوی قارچ و نمونه‌های چوب پلاستیک در داخل انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد به مدت ۱۴ هفته نگه‌داری شدند.

**اندازه‌گیری‌ها:** پس از ۱۴ هفته و خارج کردن نمونه‌ها از داخل ظروف کوله، میزان کاهش وزن نمونه‌ها با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه گردید. همچنین آزمون خمش مطابق با استاندارد ASTM آیین‌نامه D790 و با سرعت بارگذاری ۲ mm/min بر روی نمونه‌ها صورت پذیرفت. برای این منظور از دستگاه HOUNS مدل H 25 KS با ظرفیت سلول N25000 واقع در آزمایشگاه مکانیک چوب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل استفاده شد. رایانه متصل به دستگاه پس از انجام آزمون مربوط به هر تیمار اطلاعاتی نظیر مقاومت حداکثر، تغییر طول نمونه، مقاومت در حد تناسب و مدول الاستیسیته را ارائه نمود. مقاومت به ضربه فاق‌دار مطابق با استاندارد ASTM آیین‌نامه D256 انجام گردید. برای این منظور از دستگاه ضربه نوع IZOD ساخت شرکت SANTAM تهران استفاده گردید. آزمون‌های فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعتی مطابق استاندارد ASTM آیین‌نامه D7031-04 انجام شد و در نهایت مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت با استفاده از روابط مربوطه محاسبه شدند.

آزمون تفرق اشعه ایکس توسط دستگاه XRD با تشعشع لامپ CuKa، طول موج  $\lambda=1.54$  نانومتر، گام  $0.02$  درجه، سرعت  $0.3$  درجه بر دقیقه و زاویه تابش  $2\theta$  در دامنه  $10-0$  درجه انجام شد. نمونه‌ها به صورت صفحه با ابعاد  $10 \times 10 \times 1$  میلی‌متر جهت انجام این آزمون تهیه شدند.

**محاسبات آماری داده‌ها:** تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح فاکتوریل انجام شد و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار بین سطوح از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار excel استفاده شد.

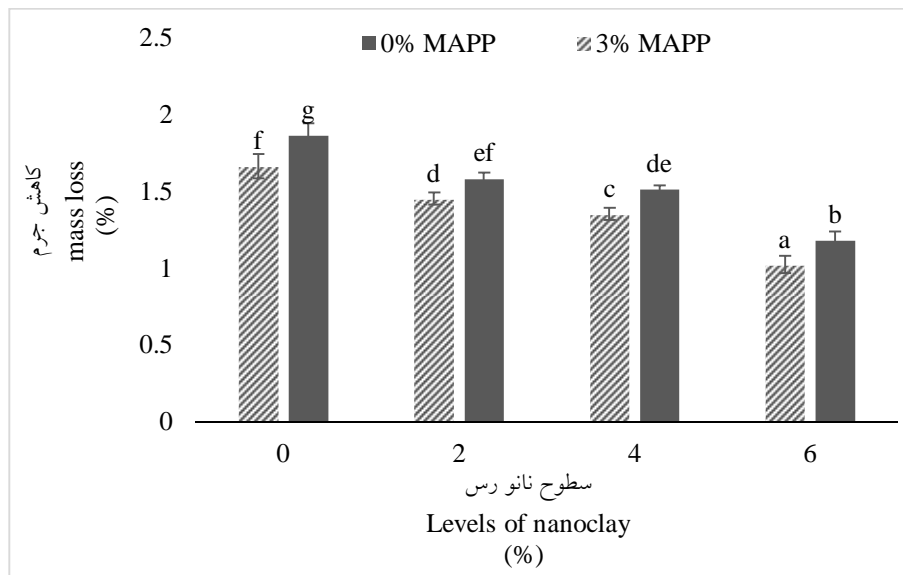
## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری واریانس نشان داد که تأثیرات مستقل سطوح نانورس و سطوح جفت‌کننده و همچنین تأثیر متقابل این دو فاکتور بر روی تمامی خواص بررسی شده شامل کاهش جرم، مقاومت و مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی، مقاومت به ضربه، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی، در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

تأثیر متقابل سطوح نانورس و جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی بر روی کاهش جرم ناشی از فعالیت قارچ رنگین‌کمان در نانوکامپوزیت‌های ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد، با افزایش نانو ذرات رس تا سطح ۶ درصد و ماده جفت‌کننده تا سطح ۳ درصد میزان کاهش جرم در نانوکامپوزیت‌های ساخته شده کاهش می‌یابد. اکسیژن کافی، حرارت خوب و رطوبت مناسب از جمله شرایط ضروری برای فعالیت قارچ می‌باشند. پوسیدگی در کامپوزیت‌های چوب پلاستیک تابعی از مقدار رطوبت موجود در آن است. بنابراین اولین شرط جهت جلوگیری از پوسیدگی، غیر فعال کردن رطوبت در کامپوزیت است (۳ و ۶). در این راستا، ساختار سیلیکاتی نانورس از طریق کاهش میزان جذب آب در نانوکامپوزیت ساخته شده، مانع فعالیت قارچ رنگین‌کمان شده و به تبع آن کاهش جرم کمتری اتفاق می‌افتد. نانورس باعث افزایش دانسیته و به تبع آن کاهش تخلخل کامپوزیت ساخته شده می‌شود و این کاهش تخلخل، دسترسی میسیلیوم‌های قارچ به الیاف لیگنوسلولزی را با مشکل مواجه می‌کند و از سوی دیگر نانورس یک عامل نامطلوب در جیره غذایی قارچ به حساب می‌آید. همچنین می‌توان انتظار داشت ذرات نانورس با تشکیل ساختار بین‌لایه‌ای<sup>۱</sup> جهت دهی پلیمرها را در واکنش با چوب مؤثرتر ساخته و اثر تخریبی قارچ را کاهش دهد (۱۰). از طرف دیگر، به هنگام استفاده از ماده جفت‌کننده فصل مشترک بین دو فاز چوب و پلیمر بهبود یافته و اثر تخریبی قارچ کاهش می‌یابد.

---

1- Intercalation



شکل ۱- تأثیر متقابل سطوح نانورس و جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی بر کاهش جرم.  
Figure 1. Interaction effect of levels of nanoclay and coupling agent on the mass loss.

تأثیر نانورس و جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی بر مقاومت و مدول خمشی نانوکامپوزیت‌های ساخته شده در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس جدول ۲، با افزایش نانو ذرات رس تا سطح ۴ درصد، مقاومت و مدول خمشی افزایش قابل توجهی داشته و سپس با افزایش نانو ذرات رس تا سطح ۶ درصد از میزان این مقاومت‌ها کاسته شده است. همچنین با افزایش مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی تا سطح ۳ درصد خواص ذکر شده افزایش یافتند. به طوری که بیشترین میزان مقاومت خمشی و مدول خمشی مربوط به استفاده از ۴ درصد نانورس، به همراه استفاده از ۳ درصد ماده جفت‌کننده می‌باشد. در واقع ذرات نانورس به دلیل دارا بودن ضریب ظاهری بالا، باعث بهبود مقاومت و مدول خمشی می‌شود (۵ و ۹). همچنین می‌توان گفت که افزایش مدول در نانوکامپوزیت‌ها وابسته به مورفولوژی آن‌ها می‌باشد (۱۹). تأثیر ذرات نانورس بر خواص نانوکامپوزیت‌های پلیمری به شکل، اندازه، ضریب ظاهری، نوع، مقدار و ساختار بلوری و نحوه اتصال آن‌ها با پلیمر در سطح اتصال بستگی دارد (۲۱). از این رو می‌توان افزایش مقاومت و مدول خمشی در هنگام استفاده از ۴ درصد نانورس را به ضریب ظاهری بالای ذرات نانورس و تشکیل ساختار بین لایه‌ای در نانوکامپوزیت چوب پلاستیک مرتبط دانست. ضریب ظاهری بالای



## افسانه شهرکی و همکاران

ذرات رس در قابلیت تقویت کنندگی کامپوزیت نقش دارد و باعث می‌شود تا سطح مشترک بین دو فاز افزایش یابد. همچنین تشکیل ساختار بین لایه‌ای در نانوکامپوزیت به دلیل تأثیر بین سطحی زنجیره‌های آلی و ذرات نانورس و نیز جهت یافتگی ذرات سیلیکات لایه‌ای موجب افزایش خواص مکانیکی می‌شود (۲۳). از طرفی با افزایش نانورس تا سطح ۶ درصد، تراکم و تجمع ذرات نانورس و همچنین تشکیل توده‌های درهم رفته رسی خواص مکانیکی کامپوزیت‌ها را کاهش داد (۲۲). از طرف دیگر، افزایش درصد ماده جفت‌کننده باعث افزایش هر چه بیشتر تقویت فصل مشترک دو فاز لیاف لیگنوسلولزی و پلیمر می‌شود و باعث افزایش مقاومت و مدول خمشی می‌شود، زیرا کامپوزیت متشکل از دو فاز همگن‌تر، رفتار واکنشی نسبتاً یکنواخت‌تری زیر تنش خواهد داشت و در آن تراکم موضعی تنش کمتر اتفاق می‌افتد (۹).

جدول ۲- تأثیر نانورس و ماده جفت‌کننده بر روی مقاومت و مدول خمشی در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی.

Table 2. The effect of nanoclay and coupling agent on bending resistance and modulus in two modes before and after the decay.

کد تیمار Code of treatment	مقاومت خمشی قبل از پوسیدگی Bending resistance before the decay	مقاومت خمشی بعد از پوسیدگی Bending resistance after the decay	مدول خمشی قبل از پوسیدگی Bending modulus before the decay	مدول خمشی بعد از پوسیدگی Bending modulus after the decay
1	38.31±0.40 f	30.04±0.95 g	2985.7±103.21 h	2222±69.19 e
2	45.95±0.30 c	39.68±0.80 d	3811±18.35 d	3021.7±94.30 c
3	41.14±0.74 e	37.39±1.21 e	3215.3±9.29 f	2491±22.06 d
4	49.01±0.31 b	43.94±0.60 b	4100.3±22.67 b	3444.3±39.42 b
5	44.02±0.72 d	40.19±0.29 cd	3551.7±45.70 e	2970.3±84.18 c
6	51.10±0.92 a	47.18±0.72 a	4391±32.18 a	3712±67.80 a
7	39.12±0.61 f	35.54±0.30 f	3096.3±65.57 g	2588±25.53 d
8	45.1±0.90 cd	41.31±0.76 c	3972.4±44.11 c	3509.7±13.05 b

حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن می‌باشد.

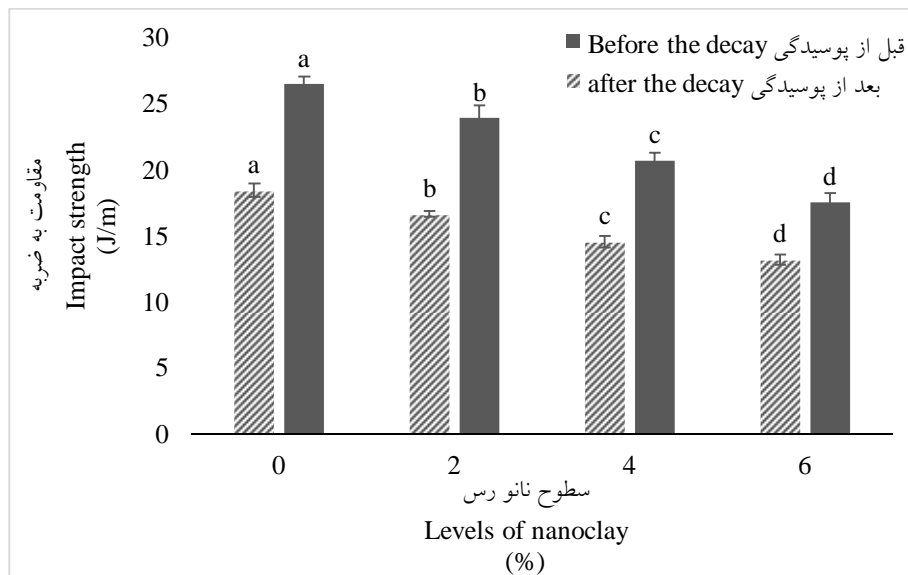
همچنین در جدول ۲ می‌توان مشاهده نمود که در اثر مجاورت نمونه‌ها با قارچ رنگین‌کمان مقاومت و مدول خمشی به شدت کاهش یافته است. این کاهش مقاومت در نمونه بدون سازگارکننده و نانو ذرات بسیار شدید است، اما با افزودن نانو ذرات و ماده جفت‌کننده به تدریج از میزان این اختلاف کاسته شده است. از آنجایی که قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید، لیگنین و یا هر دو پلیمر اصلی موجود در چوب یعنی لیگنین و سلولز را به خصوص در پهن‌برگان مورد حمله قرار می‌دهند (۸)، بنابراین می‌توان انتظار داشت که در اثر مجاورت کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در برابر این قارچ

خواص مکانیکی کاهش یابد. زیرا در این حالت ابتدا لیگنین که نقش اتصال بین الیاف را دارد و سپس سلولز که اسکلت اصلی چوب را شامل می‌شود دچار تخریب می‌شوند (۱۵). با تخریب پلیمرهای موجود در چوب، از مقاومت این ماده در برابر بارهای مکانیکی کاسته می‌شود. در اثر افزودن نانو ذرات و همچنین ماده جفت‌کننده، اثر تخریبی قارچ بر روی خواص مکانیکی تا حدودی کاهش یافت. دلیل این امر را می‌توان از یک طرف به کاهش جرم کمتر آن‌ها در اثر حمله قارچی مرتبط دانست و از طرف دیگر نانو ذرات رس به‌عنوان عامل نامطلوبی در جیره غذایی قارچ‌ها محسوب می‌شوند (۱).

ذکر این نکته حائز اهمیت است که ماده جفت‌کننده از طریق تشکیل پیوندهای استری با ماده لیگنوسلولزی دسترسی میسیلیوم‌های قارچ به دیواره سلولی چوب را کاهش می‌دهد و با کاهش اثر تخریبی قارچ، باعث کاهش اختلاف مقاومت‌ها بین نمونه‌ها در حالت قبل و بعد از پوسیدگی می‌شود. تأثیر مستقل نانو ذرات رس و همچنین تأثیر مستقل ماده جفت‌کننده بر روی مقاومت به ضربه فاق‌دار نانوکامپوزیت‌های ساخته شده به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. براساس شکل ۲، مقاومت به ضربه فاق‌دار نانوکامپوزیت‌ها، با افزایش نانو ذرات رس کاهش یافته است. کاهش مقاومت به ضربه کامپوزیت‌ها در اثر افزایش نانو ذرات رس می‌تواند به دلیل عدم تشکیل ساختار متورق لایه لایه‌ای<sup>۱</sup> در ساختار نانوکامپوزیت باشد (۴، ۵) همچنین در هنگام استفاده از سطوح کم نانو ذرات، اختلاف شدیدی بین نمونه‌ها در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی وجود دارد، اما این اختلاف در هنگام استفاده از مقادیر بالای نانو ذرات رس به حداقل رسیده است. دلیل این امر را می‌توان به کاهش جرم کمتر نمونه‌های حاوی سطوح بالای نانو ذرات مرتبط دانست. همان‌طور که مشخص است، مقاومت به ضربه فرآورده‌های مرکب چوبی در مقایسه با سایر خواص به شدت تحت تأثیر پوسیدگی قرار می‌گیرد و از میزان آن کاسته می‌شود. زیرا مقاومت به ضربه به شدت تحت تأثیر دانسیته فرآورده مرکب ساخته شده قرار می‌گیرد و چون در اثر حمله قارچ مولد پوسیدگی سفید که ابتدا لیگنین را تخریب می‌کند، کاهش جرم و به تبع آن کاهش دانسیته شدیدی در فرآورده ساخته شده اتفاق می‌افتد، مقاومت به ضربه آن نیز به شدت کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج کرد و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد (۱۰).

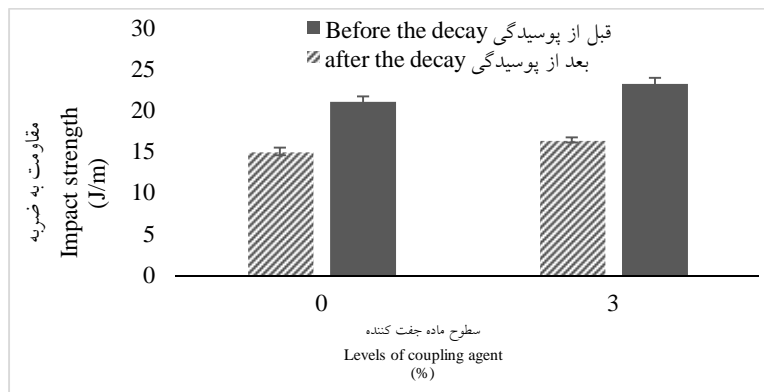
---

1- Exfoliation



شکل ۲- تأثیر مستقل نانو ذرات رس بر مقاومت به ضربه فاقدار کامپوزیت‌ها در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی.  
Figure 2. Independent effect of clay nanoparticles on impact strength of composites in two modes before and after the decay.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش ماده جفت‌کننده مقاومت به ضربه فاقدار نانوکامپوزیت‌های ساخته شده افزایش می‌یابد. افزایش چسبندگی فصل مشترک الیاف سلولزی و ماتریس پلیمری با اضافه شدن ماده جفت‌کننده مانع از رشد ترک می‌شود، هر چه میزان چسبندگی ماتریس با ماده لیگنوسلولزی بیشتر باشد، شکستن کامپوزیت نیروهای بیشتری را طلب می‌کند. کانون‌های جذب انرژی به‌وجود آمده توسط الیاف سبب ایجاد شکاف و بزرگ‌تر شدن آن‌ها می‌شود. شکاف‌ها غالباً از جایی که حداکثر تنش جذب می‌شود آغاز می‌شوند. این محل‌ها شامل انتهای الیاف، نقص‌ها یا نواحی بین سطحی است که چسبندگی بین این دو فاز کمتر است (۱).



شکل ۳- تاثیر مستقل ماده جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه فاق‌دار کامپوزیت‌ها در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی.  
Figure 3. Independent effect of coupling agent on impact strength of composites in two modes before and after the decay.

تأثیر نانورس و جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نانوچندسازه‌های ساخته شده در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، با افزایش نانو ذرات رس و ماده جفت‌کننده جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در نانوکامپوزیت‌های ساخته شده کاهش یافت. به طوری که کمترین درصد جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مربوط به استفاده از ۶ درصد نانورس به همراه ۳ درصد ماده جفت‌کننده و بیشترین درصد این کمیت‌ها مربوط به نمونه فاقد نانورس و جفت‌کننده بود. ویژگی نفوذ ناپذیری ذرات نانورس مانع از نفوذ آب به درون ماتریس پلیمری می‌گردد، برای این منظور سه مکانیسم وجود دارد: مکانیسم اول مرتبط با طبیعت آبریز سطح رس می‌باشد که این ویژگی موجب غیر فعال شدن رطوبت می‌گردد. مکانیسم دوم مرتبط به این ویژگی است که لایه‌های سیلیکاتی رس به دلیل داشتن ضریب ظاهری بالا باعث طولانی‌تر و پر پیچ و خم شدن مسیر عبور مولکول‌ها در ماتریس پلیمری می‌شود که موجب به تعویق انداختن نفوذ آب به داخل کامپوزیت می‌گردد. مکانیسم سوم نیز بر این موضوع دلالت دارد که ذرات نانورس به علت داشتن خاصیت هسته‌زایی موجب تشکیل ساختار بلوری در کامپوزیت می‌گردد، که این موضوع خود به کاهش روند جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کمک می‌کند. این نتایج با نتایج عاشوری و مدهوشی (۲۰۱۴) و ژاوو و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد (۱) و (۲۳). از طرف دیگر، ماده جفت‌کننده به وسیله پیوند با گروه‌های هیدروکسیل آب دوست مواد

## افسانه شهرکی و همکاران

لیگنوسلولزی و تشکیل گروه‌های استری علاوه بر حذف گروه‌های هیدروکسیل قابل دسترس، خاصیت آب‌دوستی الیاف را به آب‌گریزی تبدیل می‌کند (۱).

جدول ۳- تأثیر نانورس و ماده جفت‌کننده بر روی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در دو حالت قبل و بعد از پوسیدگی.

Table 3. The effect of nanoclay and coupling agent on water absorption and thickness swelling in two modes before and after the decay.

کد تیمار Code of treatment	جذب آب قبل از پوسیدگی Water absorption before the decay	جذب آب بعد از پوسیدگی Water absorption after the decay	واکنشیدگی ضخامت قبل از پوسیدگی Thickness swelling before the decay	واکنشیدگی ضخامت بعد از پوسیدگی Thickness swelling after the decay
1	2.22±0.07 g	2.81±0.15 f	1.15±0.02 g	1.38±0.03 f
2	2.03±0.04 f	2.46±0.04 e	1.07±0.01 f	1.25±0.03 e
3	1.91±0.05 e	2.17±0.04 d	1.02±0.02 e	1.14±0.05 d
4	1.64±0.04 d	1.97±0.04 c	0.92±0.02 d	1.09±0.04 cd
5	1.54±0.04 c	1.86±0.08 c	0.88±0.02 c	1.03±0.04 c
6	1.41±0.01 b	1.62±0.02 b	0.72±0.02 b	0.92±0.02 b
7	1.36±0.02 b	1.56±0.04 b	0.71±0.01 b	0.88±0.02 b
8	1.14±0.04 a	1.42±0.02 a	0.62±0.02 a	0.88±0.02 a

حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن می‌باشد.

از جدول ۳ همچنین مشاهده می‌شود که در اثر مجاورت نانوکامپوزیت‌ها در برابر قارچ رنگین‌کمان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت آن‌ها به شدت افزایش یافته است. با ادامه فعالیت قارچ رنگین‌کمان در کامپوزیت‌های چوب پلاستیک، الیاف لیگنوسلولزی دچار تخریب شده و در نهایت فضاهای خالی در بافت آن‌ها ایجاد می‌شود. این فضاهای خالی که عمدتاً در فصل مشترک چوب و پلیمر صورت می‌گیرد باعث تشکیل میکرو ترک‌ها در کامپوزیت می‌شود. با افزایش زمان مجاورت نمونه‌ها در برابر قارچ رنگین‌کمان و تشکیل بیشتر میکرو ترک‌ها، نفوذ آب به داخل کامپوزیت افزایش یافته و در نهایت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد (۶). اختلاف بین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها در حالت قبل و بعد از پوسیدگی در نمونه فاقد شاهد بسیار زیاد است. اما با افزودن نانورس و همچنین ماده جفت‌کننده از میزان این اختلاف کاسته شده است. دلیل این امر را می‌توان با این موضوع مرتبط دانست که در اثر استفاده از نانورس و ماده جفت‌کننده، کمی از

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۳)، شماره (۲) ۱۳۹۵

خاصیت آبدوستی الیاف لیگنوسلولزی کاسته می‌شود و در این حالت فارچ، تأثیر تخریبی کمتری بر روی نمونه‌های با درصد بالای ماده جفت‌کننده و نانو ذرات دارد.

نتایج طیف‌های پراش اشعه ایکس نشان داد که استفاده از ذرات نانورس موجب تشکیل ساختار بین لایه‌ای در نانوکامپوزیت چوب پلاستیک گردیده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس تا ۴ درصد، زاویه پیک تفرق اشعه ایکس در نانوکامپوزیت تغییر کرده و به سمت زوایای کوچکتر حرکت کرده و به تبع آن فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس افزایش یافته است. در حالی‌که با افزایش نانورس تا ۶ درصد، زاویه پیک تفرق اشعه ایکس افزایش یافته و فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس کاهش می‌یابد. به همین دلیل ساختار تشکیل شده در نانوکامپوزیت از نوع بین لایه‌ای می‌باشد، زیرا زاویه پیک تفرق اشعه ایکس مربوط به ناحیه بلوری نانورس کاملاً از بین نرفته و فقط به سمت زوایای کوچکتر حرکت کرده است. به عبارت دیگر فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانورس به دلیل نفوذ زنجیره‌های پلیمر در داخل آن‌ها افزایش یافته ولی از هم گسیختگی کامل لایه‌های رس رخ نداده است. در صورتی‌که اگر ساختار نانوکامپوزیت از نوع ساختار لایه لایه‌ای باشد، به دلیل متلاشی شدن ساختار بلوری رس، زاویه پیک تفرق اشعه ایکس کاملاً از بین می‌رفت. بر اساس جدول ۵، با افزایش ماده جفت‌کننده تا ۳ درصد نیز زاویه پیک تفرق اشعه ایکس کاهش یافته است و فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس افزایش یافته است. پراش اشعه ایکس برای سطوح نانو رس در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- تأثیر مقدار نانورس بر کیفیت پراکنش لایه‌های سیلیکاتی در کامپوزیت چوب پلاستیک.

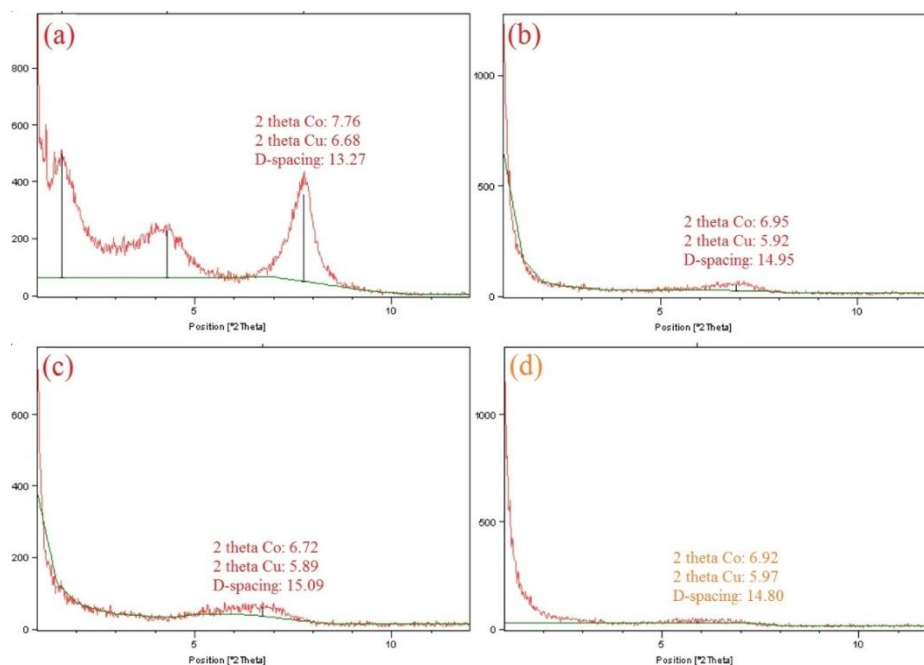
Table 4. The effect of amount of nanoclay on quality distribution of silicate layers in wood plastic composite.

فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس (نانومتر) The distance between the silicate layers of clay (nm)	زاویه پیک تفرق اشعه ایکس (درجه) 2 theta (°)	مقدار نانورس (درصد) Amount of nanoclay (%)
13.27	6.68	Pure nanoclay
14.95	5.92	2
15.09	5.89	4
14.80	5.97	6

جدول ۵- تأثیر مقدار جفت‌کننده بر کیفیت پراکنش لایه‌های سیلیکاتی در کامپوزیت چوب پلاستیک در سطح ۲ درصد نانو رس.

Table 5. The effect of amount of coupling agent on quality distribution of silicate layers in wood plastic composite at the level of 2% of nano clay.

فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس (نانومتر) The distance between the silicate layers of clay (nm)	زاویه پیک تفرق اشعه ایکس (درجه) 2 theta (°)	مقدار جفت‌کننده (درصد) Amount of coupling agent (%)
14.95	5.92	0
15.09	5.89	3



شکل ۴- طیف پراش اشعه ایکس برای سطوح نانو رس، نانو رس خالص (a)، ۲ درصد نانو رس (b)، ۴ درصد نانو رس (c)، ۶ درصد نانو رس (d).

Figure 4. X-ray diffraction for levels of nanoclay, pure nanoclay (a), 2% nanoclay (b), 4% nanoclay (c), 6% nanoclay (d).

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر سطوح نانو ذرات رس و جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی بر روی خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام طبیعی چندسازه حاصل از پلی‌پروپیلن-آرد چوب تاغ در برابر قارچ

رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت، به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که استفاده از ذرات نانو رس و ماده جفت‌کننده تأثیر مثبتی بر خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک دارد. در صورتی که هدف از مصرف چندسازه مقاومت به پوسیدگی و خواص فیزیکی آن باشد، می‌توان از تیمار شماره ۸ یا همان چندسازه حاوی ۶ درصد نانو رس به‌همراه ۳ درصد ماده جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی استفاده نمود، چون با افزایش نانو رس و ماده سازگارکننده جذب آب، واکشیدگی ضخامت و درصد کاهش جرم در چندسازه چوب پلاستیک کاهش یافت. اما اگر اولویت مصرف مقاومت‌های استاتیکی باشد، می‌توان از تیمار شماره ۶ یعنی چندسازه حاوی ۳ درصد جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی به‌همراه ۴ درصد نانو رس استفاده کرد چون مصرف بیش از حد نانو رس مقاومت‌های مکانیکی را کاهش می‌دهد. همچنین اگر هدف از به‌کارگیری چندسازه چوب پلاستیک در مصارفی که در معرض نیروی ضربه هستند باشد، بهتر است از تیمار شماره ۲ یعنی چندسازه فاقد نانو رس و حاوی ۳ درصد مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلنی استفاده کرد زیرا در اثر افزودن نانو رس مقاومت به ضربه به شدت کاهش یافت.

### سپاس‌گذاری

از جناب آقای مهندس سعید اسمعیلی مقدم که در مراحل اجرا و نگارش این مقاله کمک‌های شایانی را انجام داده‌اند، سپاس‌گذاری می‌شود.

### منابع

1. Ashori, A., and Madhoushi, M. 2014. Effects of nanoclay and coupling agent on fungal degradation and water absorption of sanding dust/high density polyethylene composites. *Journal of composite materials*. DOI: 10.1177/0021998314530767.
2. Chow, C.P.L., Xing, X.S., and Li R.K.Y. 2007. Moisture absorption studies of sisal fiber reinforced polypropylene composites. *Journal of Composites Part B*. 67: 306-313.
3. Enoki, A., Tanaka, H., and Fuse, G. 1988. Physical and chemical characteristics of glycopeptide from wood decay fungi. *Holzforchung*, 42: 85-93.
4. Han, G., Lei, Y., Wu, Q., Kojima, Y., and Suzuki, S. 2008. Bamboo-fiber filled high density polyethylene composites; Effect of coupling treatment and Nano clay. *Journal of Polymer Environment*, 21: 1567-1582.



5. Hemmasi, A., Khademieslam, H., Talaiepoor, M., Ghasemi, I., and Kord, B. 2010. Effect of Nano clay on the mechanical and morphological properties of wood polymer Nano composite. *Journal of Reinforced Plastic and Composites*, 29: 7.964-971.
6. Hosseini Hashemi, K., Modirzare, M., Safdari, V., and Kord, B. 2001. Decay resistance, hardness, water absorption, and thickness swelling of a bagasse fiber/plastic composite. *Bioresources*, 6: 3.3289-3299.
7. Karimi, A., Tajvidi, M., and Pourabbasi, S. 2007. Effect of compatibilizer on the natural durability of wood flour/high density polyethylene composites against the rainbow fungus (*coriolus versicolor*). *Polymer Composite*, 28: 273–277.
8. Karimi, A.N., Fatholahzadeh, A., and Kameli, A. 2006. Choice and application of treatment wood. 184p.
9. Kord, B. 2010. Effect of organomodified layered silicates on flammability performance of HDPE/ rice husk flour Nano composite. *Journal of Applied Polymer Science*, 120: 607-610.
10. Kord, B., Jari, E., Najafi, A., and Tazakorrezaie, V. 2014. Effect of Nano clay on the Decay Resistance and Physic-Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Plastic Composites against White-rot Fungi (*Trametes Versicolor*). *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. DOI: 0892705714563343v2-892705714563343.
11. Lomeli Ramirez, M.G., Ochoa Ruiz, H.G., Fuentes Talavera, F.G., Garcia-Enriquez, S., Cerpa Gallegos, M.A., and Silva Guzman, J.A. 2009. Evaluation of accelerated decay of wood plastic composites by Xylophages fungi, *International Bio deterioration and Biodegradation*, 63(8): 1030-1035.
12. Mankowski, M., and Morrell, J.J. 2000. Patterns of fungal attack in wood-plastic composite following exposure in a soil block test. *Wood and Fiber Science*, 32(3): 340-345.
13. Mastari Farahani, M.R., and Banikarim, F. 2013. Effect of Nano-Zinc Oxide on Decay Resistance of Wood-Plastic Composite. *Journal of Bioresources* 8(4): 5715-5720.
14. Mastari Farahani, M.R., and Saffarzadeh, F. 2011. Decay resistance of a commercial pistachio twig-plastic composite. *International Research Group on Wood Protection IRG/WP* 11- 10745.
15. Modirzare, M., Hosseini Hashemi, S.K., Nourbakhsh, A., and Safdari, V. 2011. Investigation of white and brown fungi rots effect on durability and mechanical properties of bagasse-poly propylene composites. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26(1): 173-192. (In Persian)
16. Morrell, J.J., Stark, N.M., Pandleton, D.E., and McDonald, A.G. 2006. Durability of wood-plastic composite. *Wood Design Focus*, 16: 3.7-10.

17. Pandleton, D.E., Hoffard, T., Adcock, T., Woodward, B., and Wolcott, M.P. 2002. Durability of an Extruded HDPE/Wood Composite. *Forest Products Journal*, 52(6): 21-27.
18. Sain, M., Suhara, P., Law, S., and Bloulooux, A. 2005. Interface modification and mechanical properties of natural fiber-polyolefin composite products. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 24(2):121-130.
19. Tjong, S.C. 2006. Structural and mechanical properties of polymer Nano composites; A review. *Material Science and Engineering*, 53: 73-197.
20. Varhey, S.A., and Lakes, P.E. 2002. Fungal resistance of wood fiber/thermoplastic composites, enhancing the durability of lumber and engineered wood product. Orlando, Florida, USA.
21. Wang, H., Zheng, C., Elkovitch, M., Lee, L.J., and Koelling, K.W. 2001. Processing and properties of polymeric Nano composites. *Polymer Engineering Science*, 41(11): 236-246.
22. Wu, Q., Lei, Y., Clemons, C.M., Yao, F., Xu, Y., and Lian, K. 2007. Properties of HDPE/clay/wood nano composites. *Polymer Plastic Technology*, 27: 108-115.
23. Zhao, Y., Wang, K., Zhu, F., Xue, P., and Jia, M. 2006. Properties of poly (vinylchloride)/woodflour/montmorillonite composites: Effects of coupling agents and layered silicate. *Journal of Polymer Degradation and Stability*, 91: 2874-2883.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 23 (2), 2016  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## The effect of nano clay and MAPP coupling agent on physical, mechanical and natural durability of polypropylene *Haloxylon* wood flour composite

A. Shahreki<sup>1</sup>, B. Nosrati Sheshkal<sup>2</sup>, R. Mohebbi Gargari<sup>3</sup> and  
M. Abdouss<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduated of Master Degree of Wood Composite Product, University of Zabol, Zabol, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran, <sup>3</sup>Lecturer, Dept., of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran, <sup>4</sup>Associate Prof., Dept. of Polymer Chemical, Faculty of Chemical, Amirkabir University, Tehran

Received: 02/15/2015; Accepted: 10/23/2015

### Abstract

**Background and objectives:** Wood plastic composite product are a new group of composite materials that in comparison with products such as particleboard and plywood not old and are placed in the group new products. This group of composite considering to their wide range, has provided the groundwork for researchers, nowadays. Since the a major part the combination of these composites to wood and lignocellulosic material was constitute and given that wood and lignocellulosic material are prone to decay, so This research with aim of evaluation the effect of nano clay and Maleic anhydride modified polypropylene maple coupling agent material on physical, mechanical and natural durability of composite from polypropylene/ *Haloxylon* wood flour against the *Coriolus Versicolor* were investigated.

**Materials and methods:** For this purpose *Haloxylon* wood flour with 50 percent weight ratio were mixed with polypropylene. Maleic anhydride modified polypropylene maple coupling agent material at two levels 0 and 3 percent and nano clay at four levels 0, 2, 4 and 6 percent used as variable factors. Material mixing process into the extruder device and test specimens were made using the method of injection molding. The test specimens placed for 14 week exposed to *Coriolus Versicolor* according to EN113 standard with 25 °C temperature condition and 75 percent relative humidity. Finally the amount of mass loss, strength and modulus of bending, impact resistance, water absorption and thickness swelling of

---

\*Corresponding author: shahreki.afsaneh68@yahoo.com

wood plastic composite in two state of before and after decay were determined. For morphological study of composite from X-ray diffraction was used.

**Results:** The results showed that with increasing nano clay mass loss, impact resistance, water absorption and thickness swelling were decreased but strength and modulus of bending of composites were increased. Beside with increasing the coupling agent, mechanical strength were increased but the mass loss, water absorption and thickness swelling were reduced. Structural studies of nano composites indicated that distribution of nano clay particles in matrix were Intercalation and with increasing the amount of nano clay up to 4 percent the spacing in nanolayered silicates were increased and with further increasing of nano clay particles up to 6 percent the distance between these layers were decreased.

**Conclusion:** the use of nanoclay and Maleic anhydride modified polypropylene maple coupling agent material the one hand resistance to decay and natural resistance of wood plastic composite against of the white rot *Coriolus Versicolor* will be a significant increase and on the other hand prevent from a significant reduction physical and mechanical properties of this composite by fungal attack.

**Keywords:** *Coriolus Versicolor*, Wood plastic composite, Natural durable, Haloxylon wood flour, Intercalation