

تأثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر دوام طبیعی، خواص حرارتی و ریخت‌شناسی چندسازه چوب پلاستیک در برابر قارچ رنگین کمان (*Trametes Versicolor*)

سعید اسمعیلی مقدم^{۱*}، افسانه شهرکی^۲، فاطمه دهدست^۳ و ملیحه آصفی^۳

- (۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه زابل، زابل، ایران. * رایانامه نویسنده مسئول: saeed.am17358@gmail.com
- (۲) دانشجوی دکتری تخصصی رشته فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
- (۳) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۱۸

چکیده

دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک با آرد چوب اصلاح شده در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. اصلاح شیمیایی آرد چوب در ۴ سطح بدون تیمار، مرسریزاسیون، بنزیلاسیون و استیلاسیون به‌عنوان متغیرهای پژوهش حاضر در نظر گرفته شدند. فرآیند اختلاط مواد توسط دستگاه اکسترودر انجام شد و نمونه‌های آزمون از طریق روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شدند. نمونه‌های آزمون به مدت‌های ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته در مجاورت قارچ رنگین کمان با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد مطابق با استاندارد BS 838:1961 قرار گرفتند. کاهش جرم چندسازه و همچنین کاهش جرم آرد چوب به‌عنوان معیارهای آزمون اندازه‌گیری شدند. جهت اطمینان از اصلاح شیمیایی آرد چوب و جهت اطلاع از میزان واکنش آرد چوب با مواد شیمیایی به‌ترتیب از آزمون‌های طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) و درصد تغییرات وزن (WPG) استفاده شد. خواص حرارتی چندسازه‌های چوب پلاستیک در سطوح مختلف پوسیدگی توسط آزمون TGA انجام شد. جهت مطالعه ریخت‌شناسی چندسازه‌های ساخته شده نیز از میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) استفاده گردید. نتایج نشان داد که در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب، کاهش جرم چندسازه چوب پلاستیک و کاهش جرم آرد چوب کاهش یافته است. به طوری که بهترین مکانیسم اصلاح شیمیایی در کنترل پوسیدگی، تیمار استیلاسیون و بیشترین میزان درصد تغییرات وزن مربوط به تیمار بنزیلاسیون بود. نتایج مربوط به خواص حرارتی چندسازه‌های چوب پلاستیک نشان داد که با افزایش پوسیدگی در خواص حرارتی افت شدیدی حاصل شد. نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز نیز انجام اصلاح شیمیایی آرد چوب را تایید کرد. تصاویر میکروسکوپی حاکی از آن بود که با افزایش زمان پوسیدگی به میزان ترک و شکاف‌ها در چندسازه افزوده شد، اما در اثر اصلاح شیمیایی، به خصوص در تیمارهای استیلاسیون و بنزیلاسیون میزان این ترک‌ها کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: اصلاح شیمیایی، چندسازه چوب پلاستیک، خواص حرارتی، دوام طبیعی.

مقدمه

یکی از راهکارهای مناسب برای جلوگیری از تخریب بیش از حد این فرآورده‌ها توسط قارچ، استفاده از تکنیک‌هایی است که منجر به کاهش جذب رطوبت

از آنجایی که بیش از ۵۰ درصد وزن چندسازه‌های چوب پلاستیک را مواد لیگنوسلولزی تشکیل می‌دهد،

همچنین پژوهش‌هایی در رابطه با بررسی میزان خسارت ناشی از قارچ رنگین‌کمان بر چندسازه‌های چوب پلاستیک انجام شده که به برخی از آنها اشاره می‌شود. اسمعیلی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر خواص فیزیکی و مکانیکی نانوحندسازه‌های چوب پلاستیک پرداختند. آنها از سه نوع اصلاح شیمیایی شامل مرسیزاسیون، بنزیلاسیون و استیلاسیون به منظور اصلاح آرد چوب استفاده کردند و از آنها در ساخت چندسازه‌های چوب پلاستیک بهره بردند.

نتیجه مطالعه آنها نشان داد که در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب خواص مکانیکی شامل خمش، کشش و خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بهبود یافتند.

مسعودی‌فر و همکاران (۱۳۹۴) تاثیر نوع تیمار ماده چوبی شامل استیلاسیون، تیمار قلیایی و تیمار آب گرم بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک را مورد مطالعه قرار دادند و دریافته‌اند که در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌ها بهبود می‌یابد. کلاگر و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی تاثیر تیمار سیلانی بر خواص چندسازه‌های چوب پلاستیک پرداختند و دریافته‌اند که استفاده از تیمار سیلانی ماده لیگنوسولزی باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک به دلیل بهبود در فصل مشترک بین دو فاز چوب و پلاستیک می‌شود. اسمعیلی-مقدم و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که چندسازه‌های چوب پلاستیک مستعد حمله قارچی هستند و در اثر تخریب توسط قارچ خسارت شدیدی به آنها وارد می‌شود. آنها استفاده از ذرات نانو سیلیکا را یکی از روش‌های مناسب برای جلوگیری از تخریب قارچی معرفی کردند.

شهرکی و همکاران (۱۳۹۵) تاثیر قارچ رنگین‌کمان بر خواص چندسازه‌های چوب پلاستیک را مورد مطالعه

توسط چندسازه‌ها اصلاح شیمیایی^۱ آرد چوب است. اصلاح شیمیایی الیاف طبیعی یکی از ساده‌ترین و در عین حال موثرترین روش‌ها جهت بهبود اتصالات مابین ترکیبات لیگنوسولزی و پلیمر گرمانرم می‌باشد.

مواد شیمیایی مصرفی ممکن است گروه‌های هیدروکسیل موجود در الیاف طبیعی را غیرفعال ساخته یا مکان‌های جدیدی را به وجود آورند که پتانسیل تولید اتصال موثر با پلیمر گرمانرم را دارند.

به هر حال توسعه تئوری‌های قاطع در مورد مکانیسم فرآیند اتصال توسط مواد شیمیایی با مشکلات پیچیده‌ای روبه‌رو هستند (Hill, 2006). در روش‌های اصلاح شیمیایی چندین ویژگی به‌طور همزمان با فرآوری به دست می‌آیند، مانند آب‌گریز شدن چوب، افزایش دوام زیستی و در بسیاری موارد افزایش دوام در برابر هوازگی (Li et al., 2007). مواد شیمیایی که با چوب واکنش می‌دهند به دو دسته تقسیم می‌شوند: الف- موادی که پس از واکنش دادن با گروه هیدروکسیل پلیمری می‌شوند، مانند ایجاد اتصالات عرضی؛ ب- موادی که فقط با یک گروه هیدروکسیل واکنش می‌دهند و پلیمری نمی‌شوند مانند استیله کردن.

برخی از تیمارهای شیمیایی عبارتند از: تیمار قلیایی (مرسیزه کردن^۲)، استیلاسیون، بنزیلاسیون، تیمار پرمنگنات، تیمار ایزوسیانات، تیمار کلراید سدیم، تیمار پروکسید، سیلان، تیتانات، انیدرید مالئیک، اکریلاسیون و تعدادی دیگر از تیمارها (Li et al., 2007; Kalia et al., 2009).

در طی سال‌های اخیر، پژوهش‌های گسترده‌ای در رابطه با تاثیر اصلاح شیمیایی بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک انجام شده است.

¹ Chemical modification

² Mercerization

درصد به‌عنوان عامل سازگارکننده استفاده شد. جهت تیمار کردن آرد چوب، از هیدروکسید سدیم با جرم مولی ۴۰ گرم بر مول و بنزین کلرید، با جرم مولی ۱۲۶/۵۹ گرم بر مول ساخت شرکت تیتراکم (ایران) استفاده شد. همچنین از اسید استیک با جرم مولی ۶۰/۰۵ گرم بر مول ساخت شرکت مرک^۳ آلمان نیز استفاده گردید. اتانول نیز از صنایع شیمیایی غدیر با غلظت ۹۶ درصد تهیه شد.

پیش تیمار قلیایی: قبل از تیمارهای بنزینی و اسیدی، ابتدا آرد چوب توسط هیدروکسید سدیم پیش تیمار قلیایی شد. هدف از انجام این کار، آماده‌سازی آن جهت انجام تیمار اسیدی و بنزینی بود. برای این منظور، ابتدا محلولی با غلظت ۱۵ درصد هیدروکسید سدیم تهیه گردید. نسبت وزنی محلول به الیاف ۱:۲۰ بود، سپس آرد چوب به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط و فشار اتمسفر در این محلول غوطه‌ور شد و در پایان ۲۴ ساعت برای خارج کردن هیدروکسید سدیم اضافی، آرد چوب با آب مقطر شستشو داده شد. آرد چوب شستشو داده شده به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه (دمای 20 ± 3 درجه سانتی‌گراد) و سپس در آن در دمای 103 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شود. به این ترتیب آرد چوب پیش تیمار شد و برای تیمارهای اسیدی و بنزینی آماده شد.

تیمار مرسریزاسیون: در این مرحله، ابتدا محلول هیدروکسید سدیم با غلظت ۴ درصد آماده شد. آرد چوب، به مدت ۳۰ دقیقه در این محلول غوطه‌ور شد و در پایان ۳۰ دقیقه برای خارج کردن هیدروکسید سدیم اضافی، آرد چوب با آب مقطر شستشو داده شد. آرد چوب شستشو داده شده به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه (دمای 20 ± 3 درجه سانتی‌گراد) و سپس در

قرار دادند و عنوان کردند که استفاده از سازگارکننده و نانو ذرات رس تا حد زیادی می‌تواند مانع فعالیت قارچ رنگین‌کمان شود. Malekani و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر استیلاسیون بر دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک پرداختند و بیان کردند که استفاده از تیمار استیلاسیون تا حد زیادی از کاهش جرم چندسازه ساخته شده در برابر قارچ رنگین‌کمان می‌کاهد. همان‌طور که ذکر گردید، پژوهش‌های گسترده‌ای در رابطه با تاثیر اصلاح شیمیایی بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک و همچنین پژوهش‌های زیادی در رابطه با تاثیر قارچ رنگین‌کمان بر چندسازه‌های چوب پلاستیک انجام شده است، اما تعداد بسیار اندکی از آنها به تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک پرداخته است. بنابراین با توجه به مطالب بیان شده و نظر به اینکه در رابطه با مکانیسم‌های اصلاح شیمیایی بر دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک تحقیق جامعی وجود ندارد؛ بنابراین انجام این پژوهش ضروری به نظر می‌رسد و هدف از انجام آن، بررسی تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر دوام طبیعی چندسازه چوب پلاستیک است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از آرد چوب مخلوط پهن‌برگ شمال ایران به ابعاد ۶۰ مش (۴۲۵ میکرومتر) به‌عنوان تقویت‌کننده، از پلی‌پروپیلن درجه Pi 0800 با شاخص جریان مذاب $g/10min$ ۸ از محصولات شرکت پتروشیمی اراک به‌عنوان ماتریس پلیمری و از انیدرید مالئیک جفت شده با پلی‌پروپیلن تهیه شده از شرکت اسلوی^۱ کشور بلژیک و نام تجاری پریکس^۲ 20070 با شاخص جریان مذاب $g/10min$ ۶۴ و میزان انیدرید ۰/۱

^۱ Slovay

^۲ Priex

^۳ Merk

و در فویل آلومینیومی قرار داده شد و سپس به مدت ۵ ساعت در داخل آن با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

بعد از گذشت ۵ ساعت نمونه‌ها از آن خارج و پس از خنک شدن با آب مقطر شستشو شدند. پس از آن آرد چوب به مدت ۱ ساعت در اتانول غوطه‌ور شد و مجدد با آب مقطر شست‌وشو گردید. در نهایت به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه (دمای 20 ± 3 درجه سانتی‌گراد) و بعد به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا خشک شود.

فرآیند اختلاط و ساخت چندسازه چوب پلاستیک: قبل از اختلاط مواد، آرد چوب تیمار شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای 65 ± 2 سانتی‌گراد قرار گرفت. فرآیند اختلاط مواد مطابق با جدول ۱ توسط دستگاه اکسترودر دو ماردونه ناهم‌سورگرد واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران انجام شد.

آون در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شود.

تیمار بنزیلاسیون: جهت انجام تیمار بنزیلی نیز ابتدا محلولی با غلظت ۵ درصد هیدروکسید سدیم آماده گردید، سپس به ازای هر یک لیتر محلول ۵۰ میلی‌لیتر بنزیل کلرید به آرامی به آن اضافه شد. سپس آرد چوب پیش تیمار شده، به مدت ۳۰ دقیقه در این محلول قرار گرفت و بعد از آن به وسیله آب مقطر شستشو گردید. سپس به مدت یک ساعت در اتانول غوطه‌ور شد و به‌طور مجدد با آب مقطر شستشو داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه (دمای 20 ± 3 درجه سانتی‌گراد) و بعد به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت.

تیمار استیلاسیون: ابتدا محلول اسید استیک گلاسیال با غلظت ۵۵ درصد تهیه شد. بخشی از آرد چوب پیش تیمار شده در داخل اسید استیک به مدت ۱ ساعت غوطه‌ور شد. بعد از ۱ ساعت آرد چوب زهکشی

جدول ۱. طرح اختلاط مواد

نوع اصلاح شیمیایی	آرد چوب (%)	پلی پروپیلن (%)	جفت‌کننده (phc)*
بدون تیمار	۶۰	۴۰	۴
استیلاسیون	۶۰	۴۰	۴
بنزیلاسیون	۶۰	۴۰	۴
مرسریزاسیون	۶۰	۴۰	۴

* Per hundred compound

مگا پاسکال، مطابق با استاندارد ASTM D3641- (2012) 12 ساخته شدند. در نهایت نمونه‌ها قبل از انجام هر گونه آزمون، در دمای آزمایشگاه (۲۳ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به مدت ۴۰ ساعت مطابق با استاندارد ASTM D618-13 (2013) قرار داده شدند.

کشت قارچ و انجام آزمون پوسیدگی: برای انجام آزمون پوسیدگی مطابق با استاندارد BS 838:1961 (1961) و روش انجام شده توسط منابع، ابتدا نمونه‌هایی به ابعاد $100 \times 13 \times 5$ (ضخامت \times پهنا \times طول) میلی‌متر تهیه

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 ویزر مدل WG-LS 200/200 ساخت کشور آلمان شدند. به‌منظور حذف رطوبت، گرانول‌ها به مدت ۴ ساعت در خشک‌کن با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و نمونه‌ها توسط دستگاه تزریق نیمه صنعتی ساخت شرکت ایمن ماشین تهران با دمای ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳

کد ۲a تا ۳b یعنی ناخن قسمتی از نمونه را به صورت تراشه به نسبت بزرگ برمی‌دارد.

محاسبه کاهش جرم: نمونه‌ها پس از زدودن میسیلیوم از روی سطح‌شان توزین شدند، سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی-گراد خشک گردید و درصد کاهش جرم نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد که در این روابط، $WLC =$ میزان کاهش جرم چندسازه (%)، $WLW =$ میزان کاهش جرم آرد چوب (%)، $Mb =$ وزن خشک نمونه قبل از پوسیدگی (گرم)، $Ma =$ وزن خشک نمونه بعد از پوسیدگی (گرم) و $X =$ نسبت آرد چوب می‌باشد. از هر تیمار ۵ نمونه به‌عنوان تکرار انتخاب شد. لازم به توضیح است که پلیمرهای ترموپلاستیک نسبت به حمله قارچی مقاوم هستند، بنابراین کاهش جرم بر اساس وزن خشک آرد چوب از طریق رابطه (۲) محاسبه گردید.

$$WLC = \frac{Mb - Ma}{Mb} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$WLW = \frac{Mb - Ma}{X \times Mb} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

مطالعه ریخت‌شناسی: جهت مطالعه ریخت‌شناسی

تأثیر قارچ مولد پوسیدگی سفید بر روی چندسازه‌های چوب پلاستیک از میکروسکوپ الکترونی پویشی مدل EM3200، ساخت شرکت KYKY کشور چین با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت و محدوده بزرگ‌نمایی صفر تا ۷۵۰۰۰ برابر استفاده گردید.

طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز^۴: به‌منظور

بررسی تغییرات تیمارهای شیمیایی بر روی آرد چوب از طیف‌سنجی مادون قرمز (دستگاه طیف‌سنج PUYCOM مدل (SP 1100) استفاده گردید. برای این منظور، ابتدا آرد چوب به صورت پودر با ماده برمید پتاسیم مخلوط و به وسیله پرس دستی فشرده شد، سپس دیسک تولید

گردید. برای محاسبه وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس بعد از توزین و محاسبه وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در داخل اتوکلاو مرطوب با دمای ۱۲۶ درجه سانتی‌گراد و فشار ۲ بار استریل شدند. برای کشت قارچ از محیط کشت قارچ مالت اکستراکت آگار استفاده گردید. ۴۸ گرم پودر مالت اکستراکت آگار در یک لیتر آب حل شد و محلول در داخل اتوکلاو مرطوب با دمای ۱۲۶ درجه سانتی‌گراد و فشار ۲ بار به مدت ۱ ساعت قرار گرفت. پس از استریل شدن محیط کشت، میزان ۱۲۰ گرم مالت اکستراکت آگار در داخل ظروف از قبل استریل شده کوله ریخته شد.

قارچ مولد پوسیدگی سفید^۲ در زیر هود آزمایشگاهی و در مجاورت شعله آتش به داخل ظروف منتقل گردید، ظروف حاوی محیط کشت قارچ و همچنین قارچ رنگین‌کمان به مدت ۲ هفته در داخل انکوباتور قرار داده شدند تا قارچ تمامی سطح کشت را بپوشاند.

پس از آنکه قارچ تمامی سطح کشت را بپوشاند، نمونه‌های چوب پلاستیک در زیر هود آزمایشگاهی و در مجاورت آتش و توسط پنس استریل شده آزمایشگاهی به درون ظروف کوله منتقل شد و به مدت ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد قرار داده شدند (اسمعیلی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۴). پس از گذشت زمان‌های یاد شده، نمونه‌ها از داخل ظروف خارج شدند و ابتدا سطحی از نمونه که توسط میسیلیوم قارچ پوشش داده شده بود محاسبه گردید و سپس آزمون ویلیتینیر^۳ (اثر ناخن) بر روی نمونه‌ها انجام شد. بر مبنای آزمون ویلیتینیر کد ۱، یعنی قارچ اثر مخربی بر روی نمونه نداشته است. کد ۱ تا ۲a یعنی ناخن قسمت کوچکی از نمونه را برمی‌دارد و

^۱ Kolle flask

^۲ Trametes Versicolor

^۳ Willitnear

^۴ Fourier transfer infrared spectroscopy

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 و جهت منظم کردن نمودار آنالیز حرارتی از نرم‌افزار Civil 3D استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری بر روی میزان کاهش جرم چندسازه چوب پلاستیک و کاهش جرم آرد چوب در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد در بین تیمارهای مختلف وجود دارد.

نتایج مربوط به سطح پوشش چندسازه‌های چوب پلاستیک توسط میسیلیوم‌های قارچ و اثر ناخن که مطابق با معیار ویلتنیر صورت می‌پذیرد، در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش مدت زمان مجاورت نمونه‌ها در محیط قارچ، سطحی از نمونه‌ها که توسط میسیلیوم‌های قارچ پوشیده می‌شود، افزایش می‌یابد.

شده در سلول دستگاه تحت تابش طیف مادون قرمز در دامنه ۴۲۰۰-۶۰۰ Cm-1 با درجه تفکیک ۴ Cm-1 قرار گرفت و با انجام اسکن از هر نمونه طیف مربوطه جدا شد. در نهایت تجزیه و تحلیل طیف‌سنجی از طریق شدت طیف و جذب در نواحی مختلف انجام شد.

آنالیز حرارتی: آنالیز حرارتی (TGA) با استفاده از آنالیزگر حرارتی مدل TGA-1500 ساخت کشور انگلستان موجود در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، برای ۵ گرم نمونه آزمونی در دامنه دمایی ۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد با نرخ گرمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه انجام شد. این آنالیز با کیفیت بالا در شرایط اتمسفر نیتروژنی انجام شد و از کاهش جرم به‌عنوان شاخص پایداری حرارتی استفاده شد.

درصد تغییرات وزن: جهت اندازه‌گیری درصد تغییرات وزن آرد چوب (اطلاع از مقدار واکنش)، میزان افزایش وزن آرد چوب پس از انجام تیمار شیمیایی محاسبه شد. برای این منظور، وزن خشک آرد چوب قبل و بعد از هر یک از تیمارهای شیمیایی اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد افزایش وزن آرد چوب با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه گردید.

جدول ۲. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری

آزمون	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
کاهش جرم چندسازه در ۸ هفته	۵/۴۱۰	۳	۱/۸۰۳	۳۲/۱۱۴	۰/۰۰۰**
کاهش جرم آرد چوب در ۸ هفته	۱۵/۰۵۳	۳	۵/۰۱۸	۳۲/۱۰۴	۰/۰۰۰**
کاهش جرم چندسازه در ۱۲ هفته	۴۱/۲۳۶	۳	۱۳/۷۴۵	۳۹/۱۵۵	۰/۰۰۰**
کاهش جرم آرد چوب در ۱۲ هفته	۱۱۴/۵۹۱	۳	۳۸/۱۹۷	۳۹/۱۷۵	۰/۰۰۰**
کاهش جرم چندسازه در ۱۶ هفته	۶۱/۲۷۴	۳	۲۰/۴۲۵	۱۰۳/۶۴۱	۰/۰۰۰**
کاهش جرم آرد چوب در ۱۶ هفته	۱۷۰/۲۵۰	۳	۵۶/۷۵۰	۱۰۳/۴۷۱	۰/۰۰۰**

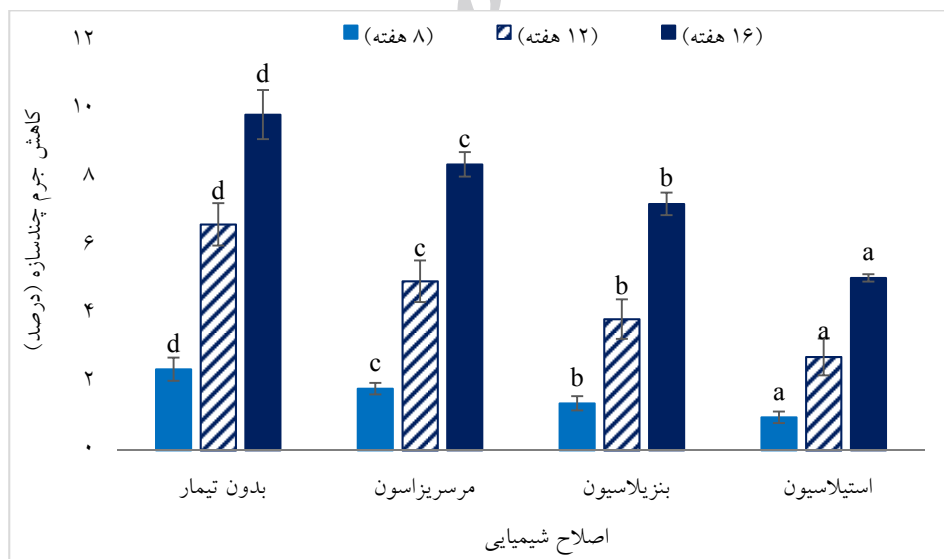
** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد است.

جدول ۳. سطح پوشش چندسازه چوب پلاستیک توسط میسیلیوم قارچ رنگین‌کمان

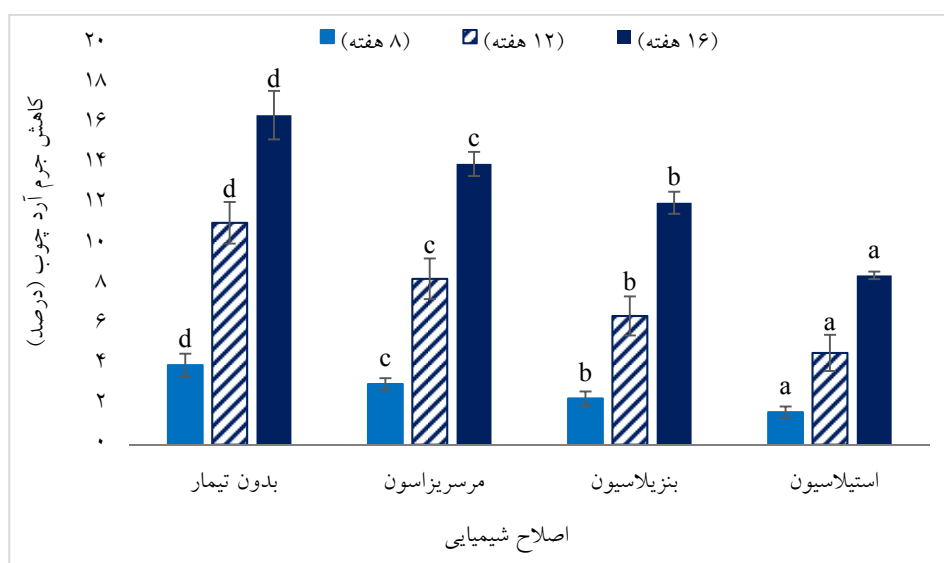
تیمار	مدت مجاورت (هفته)	سطح پوشش (درصد)	اثر ناخن (معیار ویلینتر)
بدون تیمار	۸	۸۰	۱ تا ۲a
	۱۲	۱۰۰	۱ تا ۲a
	۱۶	۱۰۰	۲a تا ۳b
مرسریزاسیون	۸	۷۰	۱
	۱۲	۹۰	۱ تا ۲a
	۱۶	۱۰۰	۱ تا ۲a
بنزیلاسیون	۸	۶۰	۱
	۱۲	۸۰	۱
	۱۶	۹۰	۱ تا ۲a
استیلاسیون	۸	۵۰	۱
	۱۲	۷۵	۱
	۱۶	۸۵	۱

شود، اما اصلاح شیمیایی آرد چوب باعث کاهش میزان پوسیدگی نمونه‌ها گردیده است. در بین روش‌های اصلاح شیمیایی بیشترین تاثیر بر روی پوسیدگی مربوط به استیلاسیون و کمترین تاثیر مربوط به مرسریزاسیون بود.

شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب میزان کاهش جرم چندسازه چوب پلاستیک و کاهش جرم آرد چوب را در مدت زمان‌های ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته نشان می‌دهد. با افزایش مدت زمان ماندگاری چندسازه چوب پلاستیک در محیط قارچ رنگین‌کمان، شدت پوسیدگی نمونه‌ها بیشتر می‌-



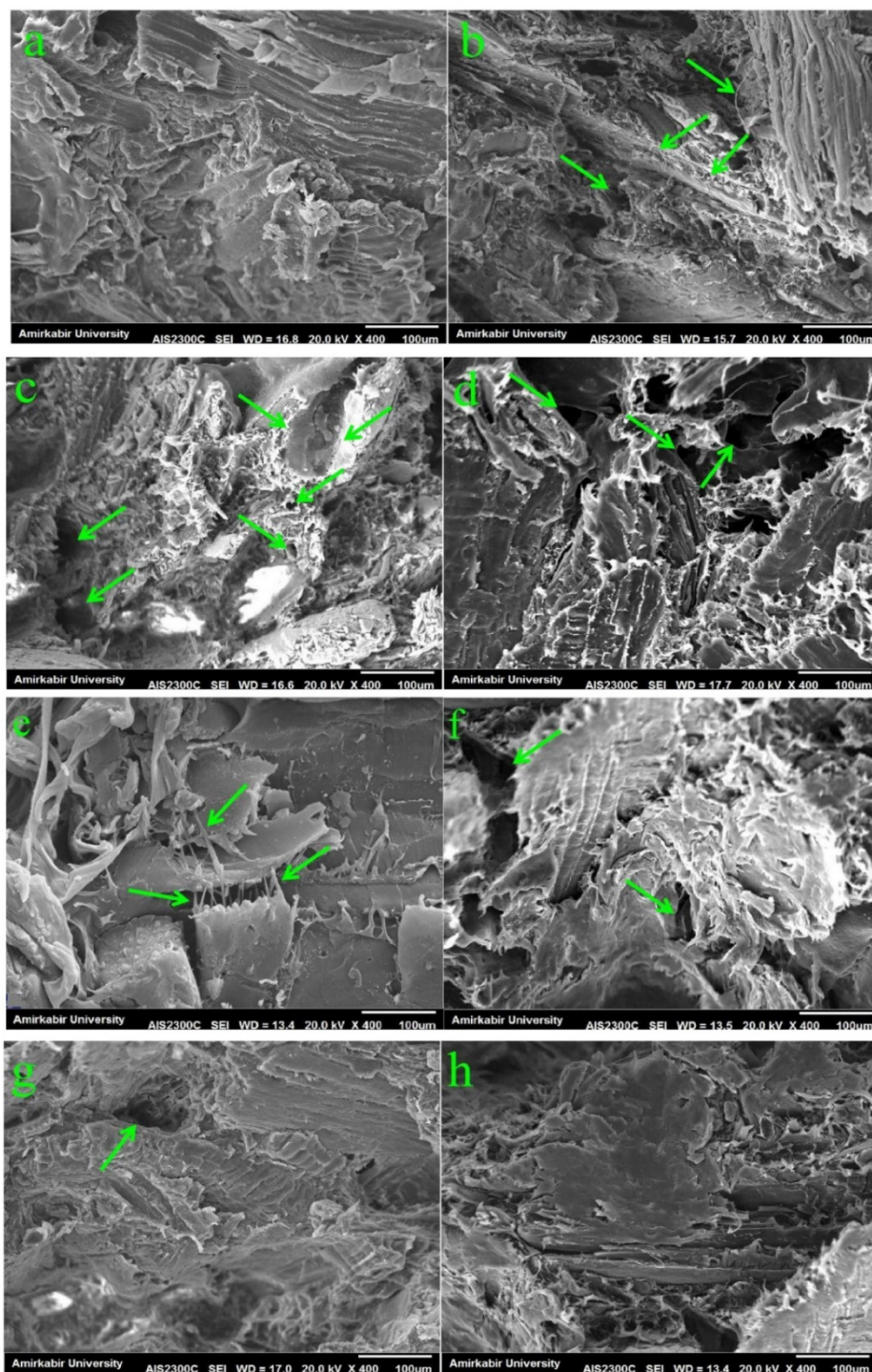
شکل ۱. تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر کاهش جرم چندسازه چوب پلاستیک



شکل ۲. تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر کاهش جرم آرد چوب

چوب، میزان تخریب قارچ بسیار کمتر شده و قارچ عملکرد ضعیف‌تری بر روی چندسازه‌های ساخته شده با آرد چوب اصلاح شده دارد. در بین سازوکارهای اصلاح شیمیایی، تیمار استیلاسیون تاثیر بیشتری داشت و تصویر مربوط به این تیمار (۳h) فاز یکنواخت‌تر و بدون ترک و شکاف‌تری را نشان می‌دهد. یکی از دلایل کمتر بودن میزان کاهش جرم تیمار استیلاسیون می‌تواند یکنواخت‌تر بودن دو فاز چوب و پلاستیک باشد.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوششی چندسازه‌های چوب پلاستیک در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در این تصاویر می‌توان مشاهده نمود، با افزایش مدت زمان ماندگاری چندسازه‌ها در محیط قارچ رنگین‌کمان، میزان ترک‌ها و فضاهای خالی در چندسازه بیشتر می‌شود. قسمتی از تصاویر که میزان پوسیدگی، فضاهای خالی و میسلیوم قارچ بیشتر نمایان می‌باشد با پیکان مشخص گردیده است. در اثر اصلاح شیمیایی آرد



شکل ۳. میکروسکوپ الکترونی پوشی (SEM)، نمونه بدون تیمار پوسیده نشده (a)، بدون تیمار و پوسیده شده در ۸ هفته (b)، بدون تیمار و پوسیده شده در ۱۲ هفته (c)، بدون تیمار و پوسیده شده در ۱۶ هفته (d و e)، تیمار مرسیزاسیون و پوسیده شده در ۱۶ هفته (f)، تیمار بنزیلاسیون و پوسیده شده در ۱۶ هفته (g)، تیمار استیلاسیون و پوسیده شده در ۱۶ هفته (h)

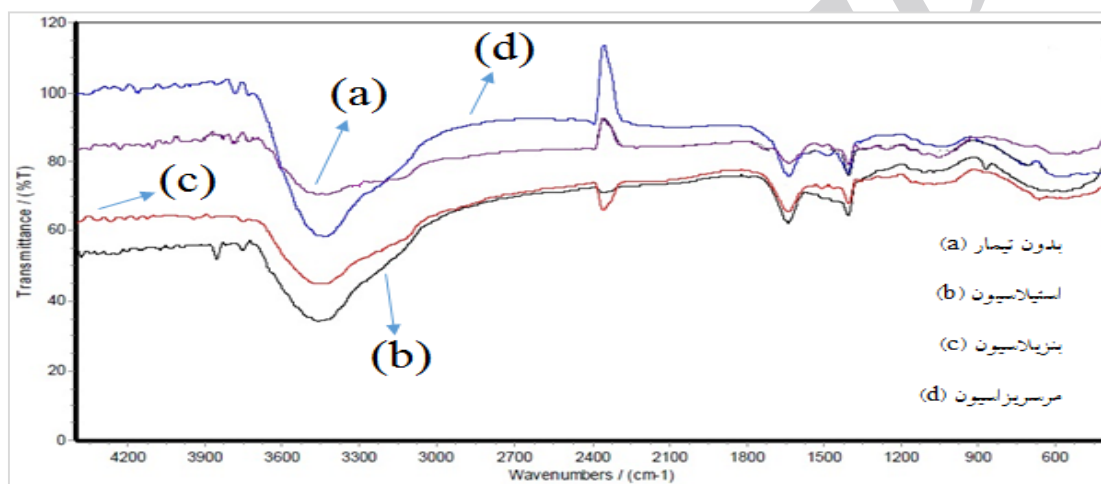
تیمارهای بنزیلاسیون و استیلاسیون در مقایسه با تیمار مرسیزاسیون بیشتر می‌باشد. طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز برای آرد چوب بدون تیمار و آرد چوب

جدول ۴، نتایج مربوط به درصد تغییرات وزن در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، درصد تغییرات وزن آرد چوب در

اصلاح شده در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود پیک $3162/7 \text{ cm}^{-1}$ در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب به طور کامل حذف شده است. در اثر انجام تیمار بنزیلاسیون پیک جدیدی در باند cm^{-1} $663/4$ و در اثر انجام تیمار استیلاسیون پیک جدیدی در باند cm^{-1} $665/3$ تشکیل شده است.

جدول ۴. درصد تغییرات وزن آرد چوب در اثر اصلاح شیمیایی

اصلاح شیمیایی	درصد تغییرات وزن
مرسریزاسیون	۵/۲
بنزیلاسیون	۲۰/۱
استیلاسیون	۱۶/۵

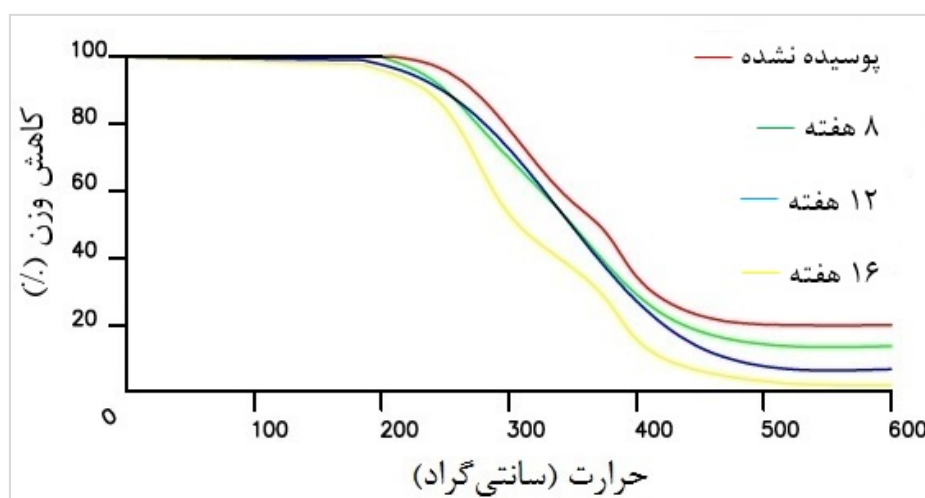


شکل ۴. طیفسنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)

هفته دارای دمای تخریب نخستین 200 درجه سانتی گراد و چندسازه پوسیده شده به مدت 16 هفته دارای دمای تخریب نخستین 205 درجه سانتی گراد می باشد. در نهایت در دمای 600 درجه سانتی گراد، چندسازه پوسیده نشده 78 درصد، چندسازه پوسیده شده به مدت 8 هفته 83 درصد، چندسازه پوسیده شده به مدت 12 هفته 90 درصد و چندسازه پوسیده شده به مدت 16 هفته 96 درصد کاهش وزن داشتند.

خواص حرارتی چندسازه های چوب پلاستیک مربوط به نمونه بدون تیمار در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود با افزایش میزان پوسیدگی دمای تخریب نخستین چندسازه چوب پلاستیک افزایش می یابد.

به طوری که چندسازه پوسیده نشده دارای دمای تخریب نخستین 279 درجه سانتی گراد، چندسازه پوسیده شده به مدت 8 هفته دارای دمای تخریب نخستین 225 درجه سانتی گراد، چندسازه پوسیده شده به مدت 12



شکل ۵. خواص حرارتی چندسازه چوب پلاستیک در سطوح مختلف پوسیدگی در نمونه بدون تیمار

آن چندسازه حاصل دارای جذب رطوبت کمتر خواهد بود و از شدت پوسیدگی آن توسط قارچ کاسته می‌شود. مکانیسم دوم بر این موضوع دلالت دارد که اصلاح شیمیایی آرد چوب از طریق جایگزینی گروه‌های غیرقطبی (گروه‌های استیل و بنزینی) به جای گروه‌های قطبی (گروه‌های هیدروکسیل)، آرد چوب را از لحاظ ساختاری بیشتر به فاز زمینه پلیمری شبیه می‌کند (Mohebbi, 2003) و باعث بهبود در فصل مشترک بین این دو فاز می‌شود. با بهبود فصل مشترک بین دو فاز چوب و پلیمر، از شعاع لوله‌های موئین موجود در چندسازه کاسته خواهد شد (اسمعیلی مقدم، ۱۳۹۵) و از این طریق نیز رطوبت کمتری در چندسازه جذب خواهد شد و به تبع آن از شدت پوسیدگی کاسته خواهد شد.

در طی سال‌های اخیر، پژوهشگران زیادی سعی در بهبود دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک در مقابل قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید داشتند. قسمت عمده این منابع از پرکننده‌ها به خصوص پرکننده‌هایی در مقیاس نانو استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال رسولی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی تأثیر نانو اکسید روی و میکرو بورات روی بر دوام طبیعی چندسازه‌های چوب پلاستیک در مقابل قارچ پوسیدگی سفید پرداختند. نتایج مطالعه آنها

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب، کاهش وزن در چندسازه چوب پلاستیک و آرد چوب کاهش یافت. شرایط ضروری برای رشد و فعالیت قارچ در چندسازه‌های چوبی اکسیژن کافی، حرارت خوب و رطوبت مناسب است. پوسیدگی در چندسازه‌های چوب پلاستیک تابعی از مقدار رطوبت موجود در آن است، بنابراین اولین شرط جهت جلوگیری از پوسیدگی، غیرفعال کردن رطوبت در چندسازه است (اسمعیلی مقدم و همکاران، Hosseini Hashemi et al., 2011; Enoki et al., ۱۳۹۵; (1988; Ibach et al., 2007; Zabihzadeh et al., 2009). اصلاح شیمیایی آرد چوب از طریق ۲ مکانیسم باعث کاهش جذب رطوبت در چندسازه‌های چوبی می‌شود. مکانیسم اول مربوط به این موضوع می‌شود که اصلاح شیمیایی آرد چوب باعث غیرفعال شدن گروه‌های هیدروکسیل آرد چوب می‌گردد. به‌عنوان مثال در تیمار استیلاسیون گروه‌های استیل و در تیمار بنزیلاسیون گروه‌های بنزینی جایگزین گروه‌های هیدروکسیل آرد چوب می‌شوند (اسمعیلی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). جایگزینی گروه‌های شیمیایی به جای گروه‌های هیدروکسیل از شدت آب‌دوستی چوب می‌کاهد و به تبع

هیدروکسید سدیم در تیمار مرسیزاسیون، به طور همزمان یک افزایش وزن در اثر جذب ماده شیمیایی و یک کاهش وزن در اثر خروج مواد استخراجی به وجود خواهد آمد (مسعودی فر و همکاران، ۱۳۹۴). اما در تیمارهای استیلاسیون و بنزیلاسیون به دلیل اینکه قبل از تیمار اصلی، آرد چوب به مدت ۲۴ ساعت پیش تیمار قلیایی شد، مقادیر زیادی از مواد استخراجی در پیش تیمار قلیایی خارج شد و در هنگام تیمار اصلی فقط جذب ماده شیمیایی صورت گرفت. بنابراین می توان نتیجه گرفت که درصد تغییرات وزن در تیمارهای استیلاسیون و بنزیلاسیون در مقایسه با تیمار مرسیزاسیون بیشتر باشد.

در اثر اصلاح شیمیایی آرد چوب پیک $3162/\text{Vcm}^{-1}$ به طور کامل حذف شده است که به نظر می رسد دلیل آن حذف مواد اضافی از آرد چوب در اثر تیمارهای بنزیلی، اسیدی و قلیایی باشد. در اثر انجام تیمار بنزیلاسیون پیک جدیدی در باند $663/4\text{cm}^{-1}$ و در اثر انجام تیمار استیلاسیون پیک جدیدی در باند $665/3\text{cm}^{-1}$ تشکیل شده است. وجود پیک در چنین نواحی از وجود گروه های بنزی و استیلی که در اثر کشش گروه های کربونیل ($\text{C}=\text{O}$) از گروه های استیل و بنزیل به وجود می آید، حکایت می کند (Dominkovics *et al.*, 2007; Gasemi & Farsi, 2010).

چندسازه های پوسیده شده دمای تخریب اولیه کمتری داشتند، در حالی که کاهش وزن آنها در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد بیشتر بود. همان طور که می توان انتظار داشت قارچ رنگین کمان که از نوع قارچ پوسیدگی سفید می باشد، قسمت عمده ترکیباتی را که مورد حمله قرار می دهند ترکیبات لیگنینی هستند (اسمعیلی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵؛ Espert *et al.*, 2004). مکانیسم کاهش وزن در چندسازه های چوب پلاستیک در اثر حرارت بدین صورت است که وقتی چندسازه در معرض حرارت قرار می گیرد، در دماهای نخستین همی سلولز تخریب

نشان داد که استفاده از ۴ درصد نانو اکسید روی میزان کاهش جرم به زیر ۱ درصد در مقایسه با نمونه شاهد (۲/۲۱ درصد) کاهش یافته است. همچنین عملکرد میکرو بورات روی بسیار خوب بود و هیچ گونه کاهش جرمی در اثر استفاده از این نوع پرکننده در چندسازه چوب پلاستیک مشاهده نشد. پژوهش دیگری توسط اسمعیلی مقدم و همکاران (۱۳۹۵) در مورد تاثیر نانو و میکرو ذرات سیلیس بر دوام طبیعی چندسازه های چوب پلاستیک در مقابل قارچ پوسیدگی سفید انجام شد. نتایج مطالعه آنها نشان داد که با افزایش پرکننده سیلیس، میزان کاهش جرم چندسازه های چوب پلاستیک از حدود ۲/۵ درصد (نمونه شاهد) به ۱ درصد (۵ درصد نانو سیلیس) کاهش یافت. Kord و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تاثیر نانو ذرات رس بر دوام طبیعی چندسازه چوب پلاستیک در مقابل قارچ پوسیدگی سفید پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که با افزایش نانو رس، میزان کاهش جرم از حدود ۴ درصد در نمونه شاهد به حدود ۲ درصد در این نمونه حاوی ۵ درصد نانو رس کاهش یافت. در این پژوهش نیز همان طور که اشاره شد، میزان کاهش جرم در مدت زمان ۸ هفته مجاورت با قارچ پوسیدگی سفید از حدود ۲/۵ درصد در نمونه بدون تیمار به زیر ۱ درصد در نمونه استیلاسیون کاهش یافت. بنابراین می توان نتیجه گرفت اصلاح شیمیایی آرد چوب همانند افزودنی های نانو کارایی قابل قبولی در بهبود دوام طبیعی چندسازه های چوب پلاستیک در برابر قارچ پوسیدگی سفید دارد. نتایج مربوط به میکروسکوپ الکترونی پوشی نشان داد که با افزایش مدت زمان ماندگاری چندسازه چوب پلاستیک با قارچ رنگین کمان، به میزان ترک و شکافها افزوده شد، در حالی که اصلاح شیمیایی آرد چوب، میزان این ترک و شکافها را به طور قابل ملاحظه ای کاهش داد.

بیشترین درصد تغییرات وزن آرد چوب مربوط به تیمار بنزیلاسیون بود. در هنگام واکنش آرد چوب با

Versicolor). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب

و کاغذ ایران، ۳۱(۱): ۱۴-۲۹.

رسولی، د.، فائزی‌پور، م. و ماستری‌فراهانی، م.ر. (۱۳۹۳) بررسی

کارایی نانو اکسید روی و میکرو بوراتروی بر مقاومت به

پوسیدگی چندسازه چوب- پلی اتیلن. نشریه پژوهش‌های علوم

و فناوری چوب و جنگل، ۲۱(۴): ۱۳۱-۱۴۵.

شهرکی، ا.، نصرتی‌ششکل، ب.، محبی‌گرگری، ر. و عبدوس، م.

(۱۳۹۵) بررسی افزودن نانو ذرات رس و سازگارکننده بر

خواص چندسازه حاصل از آرد چوب تاغ (*Haloxlon*) /

پلی‌پروپیلن. مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، ۲۳(۲): ۲۶۵-

۲۸۰.

کلاگر، م.، بازیار، ب.، خادمی‌اسلام، ح.، قاسمی، ا. و حمصی، ا.ه.

(۱۳۹۴) بررسی چندسازه ساخته شده با پلی لاکتیک اسید و

الیاف کاه گندم تیمار شده با سیلان. فصلنامه علمی- پژوهشی

تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۳۰(۲): ۲۰۷-۲۱۹.

کیایی، م. و کرد، ب. (۱۳۹۵) تاثیر مقدار لیگنین باقی‌مانده بر رفتار

حرارتی و ریخت‌شناسی چندسازه پلی پروپیلن- خمیر کاغذ

کرافت. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل،

۲۳(۱): ۷۷-۹۰.

مسعودی‌فر، م.، نصرتی‌ششکل، ب.، منصوری، م. و محبی‌گرگری، ر.

(۱۳۹۴) تاثیر نوع تیمار شیمیایی ماده چوبی بر خواص فیزیکی،

مکانیکی و ریخت‌شناسی چندسازه هیبریدی آرد چوب/ پلی

پروپیلن. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و

کاغذ ایران، ۳۰(۱): ۱۲۱-۱۳۱.

ASTM (American Society for Testing and Materials). (2012) Standard practice for injection molding test specimens of thermoplastic molding and materials. ASTM D3641-12. Annual book of ASTM standards, Philadelphia.

ASTM (American Society for Testing and Materials). (2013) Standard practice for conditioning plastics for testing. ASTM D618-13. For testing. ASTM D618-13. Annual book of ASTM standards, Philadelphia.

British Standard 838. (1961) Method of test for toxicity of wood preservatives to fungi. Philadelphia, PA., USA.

Dominkovics, Z., Danyadi, L. and puka'nszky, B. (2007) Surface modification of wood flour and its effect on the properties of

شده و در دماهای بالاتر مقادیر کمتری از سلولز و لیگنین

نیز تخریب شده و کاهش وزن در چندسازه اتفاق می-

افتد. در دماهای بالاتر لیگنین تخریب شده و لایه زغالی

در سطح ایجاد می‌نماید که این لایه زغالی مانع انتقال

حرارت به مرکز چندسازه شده و روند کاهش جرم

کندتر می‌شود (کیایی و کرد، ۱۳۹۵؛ Espert et al.,

2007; Nachtigal et al., 2004). بنابراین انتظار می‌رود

که با افزایش پوسیدگی و به تبع آن کاهش میزان لیگنین

در چندسازه، میزان کاهش وزن افزایش یابد.

نتایج این پژوهش نشان داد که در اثر اصلاح

شیمیایی آرد چوب، از شدت پوسیدگی چندسازه‌های

چوب پلاستیک تا حد بسیار زیادی کاسته شد. بهینه‌ترین

تیمار جهت کنترل شدت پوسیدگی تیمار استیلایسیون

بود، بنابراین به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان

نمود که استفاده از تیمار استیلایسیون برای ساخت

چندسازه‌های چوب پلاستیک که در مصارف خارج از

ساختمان به خصوص مناطق شمالی کشور که به مصرف

حاشیه استخرهای آب و مناطق مرطوب می‌رسند، به

عنوان روش موثر جهت کنترل پوسیدگی پیشنهاد می-

شود.

منابع

اسمعیلی‌مقدم، س. (۱۳۹۵) تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر

جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت طولانی‌مدت و ریخت‌شناسی

کامپوزیت چوب پلاستیک. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری

چوب و جنگل، ۲۳(۴): ۱۷۵-۱۹۸.

اسمعیلی‌مقدم، س.، شمسیان، م.، بیات‌کشکولی، ع. و کرد، ب.

(۱۳۹۵) تاثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر ویژگی‌های

نانوکامپوزیت‌های هیبریدی پلی‌پروپیلن نانو سیلیس. فصلنامه

علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۳۰(۴):

۶۷۴-۶۸۹.

اسمعیلی‌مقدم، س.، شهرکی، ا.، دهدست، ف. و پورکریمی، س.

(۱۳۹۴) تاثیر سیلیکا بر دوام طبیعی و ریخت‌شناسی چندسازه

چوب پلاستیک در برابر قارچ رنگین‌کمان (*Trametes*)

- physical and mechanical properties of wood flour-reinforced polypropylene bionanocomposites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, doi: 10.1177/0892705714551592/
- Kord, B., Jari, E., Najafi, A. and Tazakorrezaie, V. (2014) Effect of nano clay on the decay resistance and physico-mechanical properties of natural fiber reinforced plastic composites against White-rot Fungi (*Trametes Versicolor*). *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, doi: 0892705712465302/
- Li, X., Tabil, L.G. and Panigrahi, S. (2007) Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites. *Journal of Polymer Environment*, 15(1): 25-33.
- Malakani, M., Bazyar, B., Talaiepour, M., Hemmasi, A.H. and Ghasemi, I. (2015) Effect of acetylation of wood flour and MAPP content during compounding on physical properties, decay resistance, contact angle, and morphology of polypropylene/wood flour composites. *Bioresources*, 10(2): 2113-2129.
- Mohebbi, B. (2003) Biological attack of acetylated wood. Ph.D. Dissertation, Gottingen University, Gottingen, p. 147.
- Nachtigal, S., Ceveira, G. and Rosa, S. (2007) New polymerize-coupling agent for polypropylene-wood-flour composites. *Polymer Testing*, 26(5): 619-628.
- Zabihzadeh, S.M., Hosseini, Hashemi, S.K., Mehregan-Nikoo, H. and Sepidehdam, S.M.J. (2009) Influence of fungal decay on physico-mechanical properties of a commercial extruded bagasse/PP composite. *Journal of Reinforced Plastic and Composite*, doi: 0974275184205302/
- PP/wood composites. *Composites Part A*, 38(8): 1893-1901.
- Enoki, A., Tanaka, H. and Fuse, G. (1988) Physical and chemical characteristics of glycopeptide from wood decay fungi. *Holzforchung*, 42(3): 85-93.
- Espert, A., Vilaplana, F. and Karlsson, S. (2004) Comparison of water absorption in natural cellulosic fibers from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties. *Composites Part A*, 35(5): 1267-1276.
- Ghasemi, I. and Farsi, M. (2010) Interfacial behavior of wood plastic composite: Effect of chemical treatment on wood fibers. *Iran Polymer Journal*, 19(10): 811-818.
- Hill, C. (2006) Wood modification. Chemical, thermal and other process, John Wiley and Sons, Ltd., 260p.
- Hosseini Hashemi, K., Modirzare, M., Safdari, V. and Kord, B. (2011) Decay resistance, hardness, water absorption, and thickness swelling of a bagasse fiber/plastic composite. *Bioresources*, 6(3): 3289-3299.
- Ibach R.E., Clemons, C.M. and Schumann, R.L. (2007) Wood-plastic composites with reduced moisture: Effects of chemical modification on durability in the laboratory and field. 9th International Conference on Wood and Biofibre Plastic Composites, Madison, Wisconsin, USA.
- Kalia, S., Kaith, B.S. and Kaur, I. (2009) Pretreatment of natural fiber and their application as reinforcing material in polymer composites. *A Review Polymer Engineering and Science*, 49(7):1253-1272.
- Kord, B. and Taghizadeh-Haratbar, D. (2014) Influence of fiber surface treatment on the

The effect of chemical modification of wood flour on natural durability, thermal and morphological properties of Wood Plastic Composite against *Trametes Versicolor*

Saeed IsmaeilimoGhadam^{1*}, Afsaneh Shahraki², Fatemeh Dehdast³ and Malihe Asefi³

- 1) Graduated Student, Paper and Wood Science and Technology Department, University of Zabol, Zabol, Iran.
*Corresponding Author Email Address: saeed.am17358@gmail.com
- 2) Ph.D. Student, Wood Composite Products, Zabol University, Zabol, Iran.
- 3) Graduated Student, Paper and Wood Science and Technology Department, University of Zabol, Zabol, Iran.

Date of submission: 2016/04/06 Date of Acceptance: 2016/11/30

Abstract

The aim of this research was study about of natural durability of Wood Plastic Composites with modified wood flour. Chemical modification of wood flour in 4 levels without treatment, Mercerization, Benzoylation and Acetylation as variables of this research were considered. Process of material mixing performed by extruder machine and the test samples with way of injection molding were made. The test samples at periods of 8, 12 and 16 week in the vicinity of *Trametes Versicolor* with a temperature of 25 ° C and 75% relative humidity according to the BS 838: 1961 standard respectively. Mass reduction of composite and wood flour as well as the reduction of test criteria was measured. In order to ensure the chemical modification of wood flour and to know the amount of wood flour by chemical reaction respectively of tests of infrared spectroscopy (FTIR) and Weight Percent Change (WPG) were used. Thermal properties of Wood Plastic Composites at different levels of decay analysis (TGA) were performed. To study the morphology of composites made from Scanning Electron Microscope (SEM) was used. The results showed that the effect of chemical modification of wood flour, mass reduction of Wood Plastic Composites and mass reduction of wood flour decreased. So that the best mechanism of chemical modification in controlling decays, was Acetylation treatment. The most percentage of weight changes was related to Benzoylation treatment. The results of the thermal properties of Wood Plastic Composites showed that with the increasing decay was a sharp drop in thermal properties. The results of infrared spectroscopy perform chemical modification of wood flour confirmed. Microscopic images showed that with increasing time of decay, was added to the cracks and gaps in the composites but in effect of chemical modification, especially in the treatment of Acetylation and Benzoylation the cracks are significantly reduced.

Keywords: Chemical modification, Natural durability, Thermal properties, Wood plastic composites.