بررسی تخریب زیستی، سختی و ثبات ابعاد چندسازه هیبریدی آرد چوب/پلی پروپیلن/ الیاف شیشه در شرایط مختلف

عبداله حسین زاده[۱*]
امیرمحسن فرجپور کرداسیابی[۲]
وحید تذکررضایی [۳]

[۱] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس ، چالوس، ایران

[۲] کارشناس ارشد علوم وصنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس ، چالوس، ایران

[۳] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران

مسئول مکاتبات:
Abdollah279@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۸

چکیده

در این تحقیق، اثر قارچ سرداب (مولد پوسیدگی قهوه‌ای) *Coniophora Cerebella* بر زیست‌تخریب‌پذیری، سختی و ثبات ابعاد چندسازه هیبریدی آرد چوب/پلی‌پروپیلن/ الیاف شیشه پس از طی شرایط محیطی (غوطه‌وری در آب) موردمطالعه قرار گرفت. به این منظور نمونه‌هایی با نسبت‌های وزنی ۴۰ به ۶۰، ۵۰ به ۵۰ و ۶۰ به ۴۰ درصد از آرد چوب/ پلی‌پروپیلن و ۰، ۱۰ و ۱۵ درصد الیاف شیشه ساخته شدند. نمونه‌ها به مدت ۱۶۰۸ ساعت در شرایط غوطه‌وری در آب‌های ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، آب دریا و آب استخر واقع شده و سپس به مدت ۶ هفته در مجاورت با قارچ سرداب قرار گرفتند. نتایج نشان‌داد که با افزایش نسبت وزنی آرد چوب و اضافه شدن الیاف شیشه در چندسازه، کاهش وزن نمونه‌ها در اثر حمله قارچ، به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. نمونه‌ها پس از غوطه‌وری در آب درمجموع نسبت به نمونه‌های شاهد، کاهش وزن بیشتری داشتند و نمونه‌های غوطه‌ور شده در آب استخر و آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر شرایط، مقادیر بیشتری از کاهش وزن را نشان دادند. با افزایش نسبت وزنی آرد چوب و همچنین افزودن الیاف شیشه در چندسازه، میزان سختی افزایش یافت. نمونه‌ها پس از غوطه‌وری در آب درمجموع نسبت به نمونه‌های شاهد سختی کمتری را نشان دادند. با افزایش نسبت آرد چوب، درصد جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه افزایش یافته و افزودن الیاف شیشه در همه نسبت‌های آرد چوب سبب کاهش و کنترل جذب آب و واکشیدگی ضخامت گردید.

واژگان کلیدی: چندسازه هیبریدی، الیاف شیشه، قارچ سرداب، شرایط محیطی، کاهش وزن، سختی.

مقدمه

هزینه نسبتاً کم تولید، انعطاف در تغییر شکل و قابلیت کاربرد، خواص مهندسی مطلوب مانند استحکام مکانیکی، ثبات ابعاد و سازگاری با محیط‌زیست، باعث کاربرد فراگیر چندسازه‌های چوب پلاستیک در صنایع مختلف ازجمله ساختمان‌سازی، هوا و فضا، صنایع نظامی، دریایی، لوازم‌خانگی، مبلمان شهری و صنعت خودرو در دنیا شده است [۱]. چندسازه چوب پلاستیک در اصل به‌عنوان ماده‌ای مرکب و مقاوم در برابر پوسیدگی‌های طبیعی و همچنین مقاوم در برابر قارچ‌ها و حمله حشرات، به بازار

عرضه شد و کاربرد این ماده به دوام آن در مواجهه با عوامل محیطی مانند گرما، رطوبت، قارچ و اشعه ماورا بنفش وابسته است [۲]. بررسی‌ها نشان داده که عوامل بیولوژیک ازجمله کپک‌ها و قارچ‌های مولد انواع پوسیدگی می‌توانند در طولانی‌مدت و شرایط مختلف سبب آسیب به این چندسازه‌ها گردند. البته این رخداد و تخریب زیستی پیامد آن در چوب پلاستیک بسیار کندتر از چوب ماسیو روی می‌دهد [۳]. جذب آب و واکشیدگی ضخامت در مجاورت رطوبت از عوامل دیگر محدودکننده مصرف چندسازه‌های دارای الیاف طبیعی یا آرد چوب، است [۴]. یکی از روش‌های بهبود خواص چندسازه‌های چوب پلاستیک، ساخت مواد مرکب هیبرید است. درواقع برای استفاده از مزایای هر دو نوع پرکننده طبیعی و مصنوعی می‌توان آن‌ها را در یک ماده زمینه یکسان ترکیب کرد تا مواد مرکب هیبرید تولید شود. صنایع در ابتدا از تالک، کربنات کلسیم، میکا و الیاف شیشه یا کربن برای بهبود خواص کاربردی استفاده می‌کردند. پرکننده‌ها موادی هستند که به‌منظور کاهش هزینه ساخت و بهبود بعضی از خواص فیزیکی و مکانیکی در چندسازه‌ها استفاده می‌شوند [۵]. الیاف شیشه در مقادیر کم با افزایش استحکام و سختی در چندسازه‌های چوب پلاستیک باعث افزایش در مزایای کاربردی این سازه‌ها می‌شود [۶]. یکی از عوامل ایجادکننده پوسیدگی قهوه‌ای قارچ سرداب (*Coniophora Cerebella*) است. علت عمده ایجاد پوسیدگی قارچی، محتوای رطوبتی چوب‌ها همراه با تهویه ضعیف محیط است. مجاورت طولانی‌مدت چندسازه چوب پلاستیک با رطوبت محیط و جذب آب به مقدار فراوان، کاهش خصوصیات مکانیکی و حضور عوامل بیولوژیک مانند فساد قارچی را به دنبال دارد [۷]. kim و همکاران (۲۰۰۸) طی مطالعه‌ای بیان داشتند که اگر مقدار رطوبت جذب‌شده در سطح چندسازه‌های چوب پلاستیک کمتر از ۲۵ درصد باشد، رشد قارچ‌ها و پوسیدگی ناشی از آن به میزان کمی مشاهده می‌شود. رشد قارچ‌ها در مقادیر بالاتر از رطوبت ۲۵ درصد که فراتر از رطوبت مناسب برای استفاده از چندسازه‌ها است، افزایش فراوانی را نشان می‌دهد [۸]. stark و matuana (۲۰۰۴) ضمن مطالعه تغییرات شیمیایی سطحی چندسازه چوب/پلی اتیلن سنگین تحت هوازگی دریافتند که وجود پلی‌اتیلن در ابتدا نقش پوشش-دهنده ذرات چوب را دارد و مانع خوبی برای نفوذ آب، رطوبت و حمله عوامل مخرب قارچی است؛ اما با گذشت زمان، ترک‌هایی در سطح چوب پلاستیک ظاهر می‌شود که محل مناسبی برای نفوذ رطوبت و حمله عوامل مخرب زیستی هستند و با جذب رطوبت، مقاومت مکانیکی کاهش می‌یابد، این افت با افزایش مقدار ماده لیگنوسلولزی بیشتر می‌شود [۹]. بررسی میکروسکوپ الکترونی برای شناسایی الگوهای تخریب بر روی چوب پلاستیک در معرض پوسیدگی قارچ که توسط mankowski و morrell (۲۰۰۰) انجام شد، بیانگر وجود ریسه‌های قارچ در ترک‌های میکروسکوپی داخل نمونه‌های چوب پلاستیک بود. نمونه‌های چوب پلاستیک با میزان ۷۰ به ۳۰ در مقایسه با نمونه‌های دارای مقدار ۵۰ به ۵۰ چوب به پلاستیک، نسبت‌به تخریب قارچی، مستعدتر بودند [۱۰]. Thwe و Liao (۲۰۰۳) ویژگی‌های چندسازه چوب/پلاستیک هیبریدشده با الیاف شیشه را مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان‌داد که وجود و افزایش الیاف شیشه، مقاومت و مدول الاستیسیته کششی را افزایش می‌دهد. آن‌ها همچنین بیان داشتند که کاهش مدول‌الاستیسیته کششی نمونه‌های واجد الیاف شیشه پس از نگهداری به مدت ۶ ماه در آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد، نسبت به نمونه-های فاقد الیاف شیشه، ناچیز بوده است. همچنین با استفاده از انیدریدمالئیک به‌عنوان جفت کننده، ویژگی-های مکانیکی چندسازه افزایش یافت [۱۱]. Yang و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی اثر الیاف شیشه، آرد چوب، مالیک انیدرید جفت شده با پلی‌اتیلن سنگین بر روی ویژگی‌های چندسازه حاصل را بررسی کرده و پی بردند که سازگار کننده مالیک انیدرید سبب افزایش چسبندگی سطحی بین الیاف شیشه/ آرد چوب و پلی‌اتیلن شده و درنتیجه جذب آب چندسازه کاهش، مقاومت کششی، خمشی و مقاومت به ضربه آن افزایش می‌یابد [۱۲]. Modir Zarea و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه اثر قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید و قهوه‌ای بر چندسازه باگاس/پلی-پروپیلن، نمونه‌ها را با ۴۰ درصد وزنی الیاف باگاس و ۶۰ درصد وزنی پلی‌پروپیلن و ۲ درصد انیدریک مالئیک جفت شده با پلی‌پروپیلن مورد آزمایش قراردادند. نتایج نشان‌داد

که میزان تخریب توسط قارچ مولد پوسیدگی قهوه‌ای کمتر از سفید بوده است. میزان درصد کاهش وزن نمونه‌ها در پوسیدگی سفید بیشتر از پوسیدگی قهوه‌ای بوده و پس از طی زمان‌های ۸، ۱۲ و ۱۶ هفته کاهش وزن معنی‌دار بود. همچنین میزان کاهش سختی در نمونه‌های تحت تأثیر پوسیدگی سفید کمی بیشتر از نمونه‌های در معرض قارچ‌های مولد پوسیدگی قهوه‌ای بود [۱۳]. Ismaeilimoghadam و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر افزودن ذرات نانو و میکرو سیلیس بر دوام طبیعی و ریخت‌شناسی چندسازه چوب پلاستیک آرد چوب/پلی‌پروپیلن را در برابر قارچ رنگین‌کمان را موردبررسی قرارداد و نتیجه گرفت که با افزایش زمان مجاورت نمونه‌ها در محیط قارچ، کاهش جرم، جذب آب بلندمدت و ضریب انتشار رطوبت در چوب پلاستیک افزایش یافت ولی با افزایش سیلیس از شدت پوسیدگی کاسته شد. ترک‌های ریز و درشتی در چندسازه ایجاد شد که با افزایش سیلیس از میزان آن‌ها کاسته شد [۱۴]. چنان‌که بیان شد به سبب مزایا و خواص مناسب، استفاده از چندسازه‌های چوب پلاستیک در سال‌های اخیر بسیار متداول شده است. به‌کارگیری این مواد در بسیاری از موارد مستلزم مجاورت با شرایط محیطی در فضاهای باز و بسته و تماس آن با عوامل مربوط ازجمله رطوبت مستقیم شامل آب معمولی، آب گرم، آب تصفیه‌شده استخر و آب دریا در بازه‌های زمانی مختلف مربوط به دوره‌های مصرف است. نظر به این‌که این شرایط می‌تواند روی برخی خواص چندسازه اثرگذار باشد و افزودن الیاف شیشه به ترکیب سبب بهبود و پیش‌گیری از تخریب‌های احتمالی گردد، در این مطالعه تخریب زیستی توسط قارچ سرداب، سختی و ثبات ابعاد چندسازه هیبریدی ساخته‌شده از مقادیر مختلف ترکیب آرد چوب/ پلی پروپیلن/ الیاف شیشه، پس از قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی اعمالی به‌صورت آزمایشگاهی، موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد چوب مورداستفاده برای ساخت چندسازه در این تحقیق، تولیدی شرکت دیبا بود که به شکل صنعتی تولیدشده و بیش از ۹۰ درصد آن از گونه نراد است. برای به دست آمدن ذرات چوب با ابعاد یکسان از یک دستگاه الک آزمایشگاهی استفاده شد. ذرات آرد چوب عبور کرده از مش ۲۰ و باقی‌مانده روی مش ۴۰ جمع‌آوری استفاده شد. قبل از آزمایش، آرد چوب در دستگاه اتو و در دمای ۵ ± ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد تا خشک شده و به رطوبت مناسب ۲ تا ۳ درصد برسد. پلی‌پروپیلن مورداستفاده از کارخانه پتروشیمی اراک به شماره V30S و با شاخص جریان مذاب ۱۸ گرم در ۱۰ دقیقه بود. الیاف شیشه مورداستفاده در این بررسی نیز از نوع ذرات خردشده شیشه/E[1] با طول ۳ میلی‌متر و قطر ۱۰ میکرون است که ترکیب شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه شده است. الیاف شیشه به شکل آماده از شرکت پشم سرباره تهیه گردید. سازگار کننده انیدرید مالیک جفت شده با پلی‌پروپیلن استفاده‌شده در این مطالعه، از دفتر شمال کارخانه آریا شیمی اصفهان به شکل گرانول بانام صنعتی PPG101 تهیه شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی شیشه نوع E (درصد وزنی)

اکسید کلسیم	اکسیدآلومنیم	اکسیدکلسیم	اکسید منیزیم	اکسید سدیم	اکسید بورن
۵۴/۳	۱۵/۲	۱۷/۲	۴/۷	۰/۶	۸

[1] . E-Glass chopped strands

ساخت نمونه‌های آزمونی

در آزمایشگاه پژوهشکده پلیمر ایران و بر اساس تیمارهای از پیش تعیین‌شده حاصل از سه نسبت ترکیب آرد چوب/ پلی‌پروپیلن و اضافه شدن الیاف شیشه در سه سطح به این ترکیبات و به‌کارگیری مقدار ثابت جفت کننده، مطابق جدول ۲، نمونه‌های آزمونی به روش قالب-گیری تزریقی ساخته شدند. به این منظور از دستگاه‌های گرانول ساز (هک)، آسیاب مخلوط‌کن و دستگاه تزریق استفاده شد. پس از رسیدن دمای دستگاه گرانول‌ساز به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد که برای ذوب پلی‌پروپیلن مناسب است، طی یک فرآیند کنترل‌شده گرانول‌های پلی‌پروپیلن به داخل محفظه دستگاه ریخته شد و حین چرخش مارپیچ‌های دستگاه با سرعت ۵۰ دور در دقیقه، طی مدت تقریباً ۵ دقیقه، پلی‌پروپیلن به شکل مذاب در آمد. ماده جفت کننده انیدرید مالیک (PP-g-MA) به شکل گرانولی به داخل محفظه وزنی دستگاه اضافه و بعد از زمان تقریبی یک دقیقه الیاف شیشه نیز برحسب نیاز آزمون و درنهایت آرد چوب به داخل محفظه وزنی ریخته شد. با توجه به این‌که بهترین شرایط وزنی مخلوط ازلحاظ کیفیت فیزیکی و شیمیایی زمانی حاصل می‌شود که نمودارهای دمای وزنی و گرانروی در صفحه‌نمایش به یکدیگر برخورد نمایند؛ در این لحظه دستگاه متوقف، مواد توده‌ای حاصل از دستگاه خارج و در کیسه‌های جداگانه شماره‌گذاری شدند. مخلوط حاصل از دستگاه هک قبل از تزریق به-وسیله آسیاب مخلوطی، خردشده و به ذرات به ضخامت کمتر از ۱۰ میلی‌متر تبدیل شدند. مواد خارج‌شده مجدداً در کیسه‌های جداگانه شماره‌گذاری گردیدند. بعد از آسیاب برای ساخت نمونه‌های آزمونی، مواد خردشده وارد دستگاه تزریق شدند. دستگاه برحسب استاندار ASTM D3641-12 [15] نمونه‌هایی را به روش تزریق در قالب طی زمان تقریباً دودقیقه‌ای تولید نمود.

جدول ۲- ترکیب تیمارهای نمونه‌های آزمونی ساخته‌شده

آرد چوب (درصد)	پلی‌پروپیلن (درصد)	الیاف شیشه (درصد به‌کل ترکیب)	علامت تیمار
۴۰	۶۰	۰	A_1
۴۰	۶۰	۱۰	A_2
۴۰	۶۰	۱۵	A_3
۵۰	۵۰	۰	B_1
۵۰	۵۰	۱۰	B_2
۵۰	۵۰	۱۵	B_3
۶۰	۴۰	۰	C_1
۶۰	۴۰	۱۰	C_2
۶۰	۴۰	۱۵	C_3

شرایط محیطی اعمال‌شده

نمونه‌های تهیه‌شده طبق جدول ۱، به مدت ۱۶۰۸ ساعت در شرایط محیطی (شبیه‌سازی‌شده) مختلف در ۴ بشر حاوی آب شرب با دمای معمولی (۲۵ درجه سانتی-گراد)، آبگرم (۴۰ درجه سانتی‌گراد)، آب دریا (خزر) و آب استخر قرار گرفتند (جدول ۳). نمونه‌ها خشک و وزن شده و سپس در محیط کشت مالت آگار به‌عنوان محیط کشت قارچ قرار گرفتند.

جدول ۳- شرایط محیطی اعمال‌شده بر نمونه‌های آزمایشی

شرایط	علامت
بدون غوطه‌وری در آب (شاهد)؛ سپس در معرض قارچ سرداب	X_0
پس از غوطه‌وری در آب ۲۵ درجه؛ سپس در معرض قارچ سرداب	X_1
پس از غوطه‌وری در آب ۴۰ درجه؛ سپس در معرض قارچ سرداب	X_2
پس از غوطه‌وری در آب دریای خزر؛ سپس در معرض قارچ سرداب	X_3
پس از غوطه‌وری در آب استخر؛ سپس در معرض قارچ سرداب	X_4

کشت قارچ و آزمون پوسیدگی

این آزمون مطابق استاندارد BS, 838: 1961 [۱۶] انجام شد. بر اساس استاندارد EN 113 [۱۷]، از نمونه‌های چندسازه چوب پلاستیک ساخته‌شده با مشخصات جدول ۱، برای انجام آزمون دوام طبیعی نمونه‌هایی به ابعاد ۴×۱۰×۳۰ میلی‌متر در ۳ تکرار تهیه و در این آزمون از آن‌ها استفاده شد. برای تهیه محیط کشت ابتدا آب مقطر تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد؛ سپس ۳۵ گرم پودر مالت-آگار در ۱۱۲۰ سی‌سی آب مقطر حل‌شده و ۲/۶ میلی‌لیتر گلیسیرول به این مواد اضافه و حل شد. از محلول حاصل به مقدار ۷۰ سی‌سی داخل ظروف شیشه‌ای کوله (kolle) ریخته شده و در آن‌ها با چسب و فویل و پنبه بسته شد. سپس ظروف کوله در اتوکلاو با دمای ۱±۱۲۰ درجه سانتی‌گراد طی ۱۵ دقیقه استریل شدند. ظروف شیشه‌ای حاوی محیط کشت استریل‌شده، به همراه پتری‌دیش‌های حاوی قارچ تکثیرشده، به محفظه کشت منتقل شدند. نمونه‌های چوب پلاستیک در فویل آلومینیومی پیچیده شده و در اتوکلاو استریل شدند. سپس نمونه‌های مذکور در معرض قارچ کشت یافته، قرار داده شدند. سپس کوله‌ها در داخل انکوباتور با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۵±۶۵ درصد قرار گرفتند. مدت‌زمان انکوباسیون ۶ هفته در نظر گرفته شد. نمونه‌ها سپس در اتو خشک و توزین شدند و سختی آن‌ها اندازه‌گیری شد. طبق معیار ویلیتنیر درصد پوشش میسیلیوم قارچی اندازه‌گیری شده و آزمون ناخن روی آن‌ها انجام شد. افت وزن ناشی از تخریب قارچی از رابطه ۱ تعیین گردید.

$$\%WL = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

WL، افت وزن (٪)، W_1 وزن خشک نمونه قبل از پوسیدگی (گرم)، W_2 وزن خشک نمونه بعد از پوسیدگی (گرم)

اندازه‌گیری سختی و خواص فیزیکی

سختی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سختی‌سنج رکس (Rex Durometer) مطابق استاندارد ASTM D2240 [۱۸]، بر روی نمونه‌های آزمون پوسیدگی تحت شرایط جدول ۳ و درصد جذب آب و واکشیدگی ضخامت نیز بر اساس استاندارد ASTM D 7031 [۱۹] روی نمونه‌هایی به ابعاد ۴×۲۰×۲۰ میلی‌متر طی زمان غوطه‌وری تا ۱۶۰۸ ساعت اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری

برای تعیین اثر نسبت ترکیب آرد چوب/ پلی‌پروپیلن، مقدار الیاف شیشه و شرایط محیطی اعمال‌شده بر میزان سختی، دوام طبیعی و درصد جذب آب و واکشیدگی ضخامت طولانی‌مدت (۱۶۰۸ ساعت) نمونه‌های آزمونی تیمارهای مختلف، از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و داده‌ها بر اساس این آزمون تحت برنامه آماری Spss مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

کاهش وزن، درصد پوشش میسیلیوم قارچ و اثر ناخن

اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی کاهش وزن ناشی از فعالیت متابولیسمی قارچ سرداب در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش نسبت وزنی آرد چوب در ترکیب نمونه چندسازه هیبریدی، کاهش وزن نمونه‌ها در اثر حمله قارچ سرداب افزایش معنی‌داری نشان داد. افزودن الیاف شیشه به چندسازه سبب تنزل میزان کاهش وزن شد. شرایط سرویس نیز اثر معنی‌داری بر کاهش وزن داشت، طوری که نمونه‌ها پس از غوطه‌وری در آب درمجموع نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش وزن بیشتری داشتند و نمونه‌های غوطه‌ور شده در آب استخر و آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر شرایط مقادیر بیشتری از کاهش وزن را نشان دادند. درمجموع نمونه‌های دارای مقادیر بیشتر نسبت آرد چوب و مقادیر کمتر الیاف شیشه در شرایط مختلف غوطه‌وری در آب پس از قرار گرفتن در معرض فساد قارچ سرداب، درصدهای بالاتری از کاهش وزن را از خود نشان دادند (جدول ۵). عوامل بیولوژیک مخرب برای تخریب چوب نیازمند چهار عامل مواد غذایی، رطوبت (بیش از ۲۵ درصد در سطح چندسازه)، حرارت (۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد) و اکسیژن می‌باشند. میزان تخریب قارچی نیز به عواملی چون نسبت

چوب به پلاستیک در ترکیب، میزان مواد افزودنی و اندازه ذرات چوب بستگی دارد [۲۰]. از طریق محدود کردن مواجهه با رطوبت و مواد غذایی برای رشد قارچ‌های مخرب، می‌توان خسارت وارده به چندسازه‌ها را کاهش داد [۸ و ۲۰]. وجود ماده پلیمری پلی‌پروپیلن نقش پوشش-دهنده ماده چوبی را در چندسازه ایفا می‌کند و مانع خوبی برای حمله عوامل مخرب قارچی است، اما افزایش نسبت ماده لیگنوسلولزی در چندسازه سبب کاهش توان پوشانندگی ماده پلیمر می‌شود [۹] که نتیجه آن کاهش وزن بیشتر ناشی از تخریب قارچی در نسبت‌های بالاتر آرد چوب است. در این رابطه افزودن پرکننده الیاف شیشه توانسته است با اتصال به پلیمر در حضور جفت کننده [۲۱] از نفوذ رطوبت و تخریب قارچی جلوگیری نماید.

جدول ۴- تجزیه واریانس کاهش وزن و سختی نمونه‌ها پس از اعمال شرایط محیطی توسط قارچ سرداب و جذب آب و واکشیدگی ضخامت

منبع تغییرات	کاهش وزن		سختی (Shore D)		جذب آب		واکشیدگی ضخامت	
	F	معنی‌دار (Sig.)	F	معنی‌دار (Sig.)	F	معنی‌دار (Sig.)	F	معنی‌دار (Sig.)
نسبت وزنی آرد چوب و پلی‌پروپیلن (a)	۱۸۱	**۰/۰۰	۱/۸۸	**۰/۰۰۰	۱۳۱/۳۸	**۰/۰۰۰	۱۵۱/۱۴	**۰/۰۰۰
مقدار الیاف شیشه (b)	۱۳/۵	**۰/۰۰	۹/۸۲	**۰/۰۰۰	۲۲/۹	**۰/۰۰۰	۷/۱۱	**۰/۰۰۲
شرایط اعمال‌شده (c)	۴۱۱/۷۱	**۰/۰۰	۱۱۳/۸۱	**۰/۰۰۰	۲۴/۶۲	**۰/۰۰۰	۳۱/۹۱	**۰/۰۰۰
a * b	۱/۸۲	$^{n.s}$۰/۱۲۷	۷/۹۷	**۰/۰۰۰	۱/۴۷	$^{n.s}$۰/۲۱۹	۱/۲۹	$^{n.s}$۰/۲۸۱
a * c	۱۳/۳۳	**۰/۰۰	۱/۱۷	$^{n.s}$۰/۳۱۹	۳/۲۵	**۰/۰۰۷	۳/۵۳	**۰/۰۰۴
b * c	۲/۴۴	*۰/۰۱۷	۴/۶۱	**۰/۰۰۰	۰/۸۸	$^{n.s}$۰/۵۱۱	۱/۸۴	$^{n.s}$۰/۱۰۳
a * b * c	۱/۹۵	*۰/۰۲۱	۱/۵۱	$^{n.s}$۰/۱۰۳	۰/۷۹	$^{n.s}$۰/۶۵۸	۰/۶۷	$^{n.s}$۰/۷۶۸

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، n.s: معنی‌دار نیست

جدول ۵- میانگین کاهش وزن و سختی نمونه‌های آزمونی پس اعمال شرایط محیطی

تیمارها	شرایط اعمال‌شده									
	X_0		X_1		X_2		X_3		X_4	
	کاهش وزن (درصد)	سختی (Shore D)	کاهش وزن (درصد)	سختی (Shore D)	کاهش وزن (درصد)	سختی (Shore D)	کاهش وزن (درصد)	سختی (Shore D)	کاهش وزن (درصد)	سختی (Shore D)
A_1	۰/۰۰۳ (۰/۰۰۰۴)	۶۷/۵ (۲/۶۴)	۰/۴۲ (۰/۰۴۴)	۶۳/۵ (۱/۲۹)	۰/۵۰ (۰/۰۳۵)	۶۰/۲۵ (۱/۵)	۰/۴۰ (۰/۰۳۱)	۶۵/۲۵ (۰/۹۵۷)	۰/۵۵ (۰/۰۳۰)	۶۵ (۱/۸۲)
A_2	۰/۰۰۳ (۰/۰۰۰۹)	۷۱/۵ (۳/۴۱)	۰/۳۷ (۰/۰۶۴)	۶۵/۲۵ (۰/۹۵۷)	۰/۴۷ (۰/۰۳۹)	۶۱/۵ (۲/۰۸)	۰/۳۷ (۰/۰۲۰)	۶۵/۲۵ (۰/۹۵۷)	۰/۵۳ (۰/۰۳۱)	۶۳ (۱/۴۱)
A_3	۰/۰۰۲ (۰/۰۰۰۵)	۷۶/۲۵ (۱/۵۰)	۰/۳۴ (۰/۰۶۶)	۷۰ (۴/۰۸)	۰/۴۴ (۰/۰۴۷)	۶۴/۲۵ (۰/۹۵۷)	۰/۳۴ (۰/۰۴۰)	۶۵/۲۵ (۰/۹۵۷)	۰/۵۱ (۰/۰۳۸)	۶۷/۴ (۲/۶۲)
B_1	۰/۰۰۳ (۰/۰۰۰۶)	۷۰/۵ (۲/۰۸)	۰/۵۶ (۰/۰۴۱)	۶۱/۷۵ (۲/۶۲)	۰/۶۵ (۰/۰۴۹)	۵۹ (۳/۷۴)	۰/۵۵ (۰/۰۳۶)	۶۱ (۳/۴۶)	۰/۶۵ (۰/۰۵۶)	۶۰/۷۵ (۲/۰۶)
B_2	۰/۰۰۲ (۰/۰۰۰۵)	۷۴/۷۵ (۲/۵۰)	۰/۵۲ (۰/۰۵۶)	۶۶/۵ (۳/۶۹)	۰/۶۱ (۰/۰۵۱)	۶۱/۷۵ (۲/۵۰)	۰/۵۲ (۰/۰۵۱)	۶۵/۷۵ (۳/۳۰)	۰/۶۲ (۰/۰۴۱)	۶۲/۵ (۳/۶۹)
B_3	۰/۰۰۲ (۰/۰۰۰۹)	۷۵/۷۵ (۱/۷۰)	۰/۴۹ (۰/۰۹۵)	۶۹/۵ (۱/۲۹)	۰/۵۸ (۰/۰۳۰)	۶۳/۷۵ (۳/۵۹)	۰/۵۰ (۰/۰۶۴)	۶۲/۷۵ (۱/۵۰)	۰/۵۸ (۰/۰۵۸)	۶۱/۵ (۲/۶۴)
C_1	۰/۰۰۵ (۰/۰۰۱)	۷۴ (۳/۳۶)	۰/۷۵ (۰/۰۵۰)	۶۷/۷۵ (۳/۵۰)	۰/۸۱ (۰/۰۹۲)	۶۵/۲۵ (۱/۷۰)	۰/۷۴ (۰/۰۴۹)	۶۹/۲۵ (۱/۲۵)	۱/۱۴ (۰/۱۹۴)	۶۶ (۲/۴۴)

C_2	۰/۰۰۴ (۰/۰۰۱)	۷۶/۷۵ (۰/۹۵۷)	۰/۷۳ (۰/۰۶۲)	۶۹/۵ (۱/۲۹)	۰/۷۶ (۰/۰۴۵)	۶۴/۷۵ (۱/۷۰)	۰/۷۰ (۰/۰۶۵)	۶۴/۲۵ (۳/۵۹)	۱/۰۳ (۰/۱۳۷)	۶۴/۵ (۳/۶۹)
C_3	۰/۰۰۰۴ (۰/۰۰۰۲)	۷۴/۵ (۳/۵۱)	۰/۷۰ (۰/۰۵)	۶۸ (۱/۸۲)	۰/۷۴ (۰/۰۶۸)	۶۳ (۲/۱۶)	۰/۶۷ (۰/۰۲۱)	۶۷/۲۵ (۲/۳۱)	۰/۶۸ (۰/۳۸۹)	۶۳ (۱/۸۲)

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار هستند

میانگین درصد پوشش میسیلیومی قارچ سرداب و اثر ناخن بر نمونه‌های چندسازه هیبریدی چوب پلاستیک نشان داد که طی ۶ هفته مجاورت با قارچ پوسیدگی قهوه‌ای هیچ‌گونه خسارتی به نمونه‌ها وارد نشده است (جدول ۶). مطابق نتایج افزایش نسبت آرد چوب در ترکیب چندسازه هیبریدی سبب افزایش درصد پوشش میسیلیوم شد درحالی‌که افزودن الیاف شیشه سبب محدودیت پوشش میسیلیوم قارچ روی نمونه‌ها شد. این الیاف به دلیل منشأ معدنی خود مواد غذایی مناسبی برای قارچ سرداب به‌حساب نیامده و از طرف دیگر سبب افزایش جرم ویژه و کاهش تخلخل چندسازه شده و این امر موجب محدود کردن دسترسی میسیلیوم قارچ به ماده لیگنوسلولزی چندسازه می‌گردد. غوطه‌وری طولانی‌مدت در آب نیز سبب افزایش درصد پوشش میسیلیوم شده و در این رابطه آب استخر و آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد سبب پوشش قارچ بیشتری در سطح نمونه‌ها شدند.

جدول ۶- میانگین درصد پوشش میسیلیوم و اثر ناخن بر نمونه‌های آزمونی پس از شرایط اعمالی طبق معیار ویلیتنیر

تیمارها	شرایط اعمال‌شده									
	X_0		X_1		X_2		X_3		X_4	
	پوشش میسیلیوم (درصد)	اثر ناخن	پوشش میسیلیوم (درصد)	اثر ناخن	پوشش میسیلیوم (درصد)	اثر ناخن	پوشش میسیلیوم (درصد)	اثر ناخن	پوشش میسیلیوم (درصد)	اثر ناخن
A_1	۱ (۰/۰۸)	سالم	۵/۶ (۰/۴۵)	سالم	۱۲/۶ (۰/۶۰)	سالم	۱۳ (۰/۲۸)	سالم	۱۵ (۰/۳)	سالم
A_2	۱ (۰/۰۲)	سالم	۳/۶ (۰/۲۴)	سالم	۸/۲ (۰/۵۰)	سالم	۵ (۰/۳۳)	سالم	۱۰/۶ (۰/۷۰)	سالم
A_3	۰ -	سالم	۳ (۰/۰۹)	سالم	۷ (۰/۴۶)	سالم	۳/۳ (۰/۰۶)	سالم	۷ (۰/۲۸)	سالم
B_1	۱ (۰/۰۵)	سالم	۱۵/۳ (۱/۲۵)	سالم	۲۳ (۰/۵۵)	سالم	۲۱ (۰/۸۴)	سالم	۲۶/۳ (۱/۷۵)	سالم
B_2	۲ (۰/۰۸)	سالم	۱۱/۳ (۰/۹۰)	سالم	۲۲/۶ (۰/۴۸)	سالم	۱۷/۳ (۰/۴۸)	سالم	۲۳/۶ (۱/۵۷)	سالم
B_3	۳ (۰/۱۲)	سالم	۶/۶ (۰/۱۰)	سالم	۲۰/۶ (۱/۷۱)	سالم	۱۳/۳ (۰/۲۹)	سالم	۲۲ (۰/۸۸)	سالم
C_1	۵ (۰/۱۵)	سالم	۳۰ (۱/۲۰)	سالم	۳۲/۳ (۰/۹۲)	سالم	۴۱/۳ (۱/۱۸)	سالم	۴۴ (۱/۲۵)	سالم
C_2	۲ (۰/۱۰)	سالم	۳۰ (۱/۵۰)	سالم	۲۸/۶ (۱/۲۴)	سالم	۳۵/۶ (۱/۴۲)	سالم	۲۷/۳ (۱/۰۹)	سالم
C_3	۱ (۰/۰۴)	سالم	۲۶/۶ (۰/۸۵)	سالم	۲۴/۳ (۰/۷۰)	سالم	۲۱/۶ (۰/۸۶)	سالم	۳۲/۶ (۱/۶۳)	سالم

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده انحراف معیار هستند

سختی

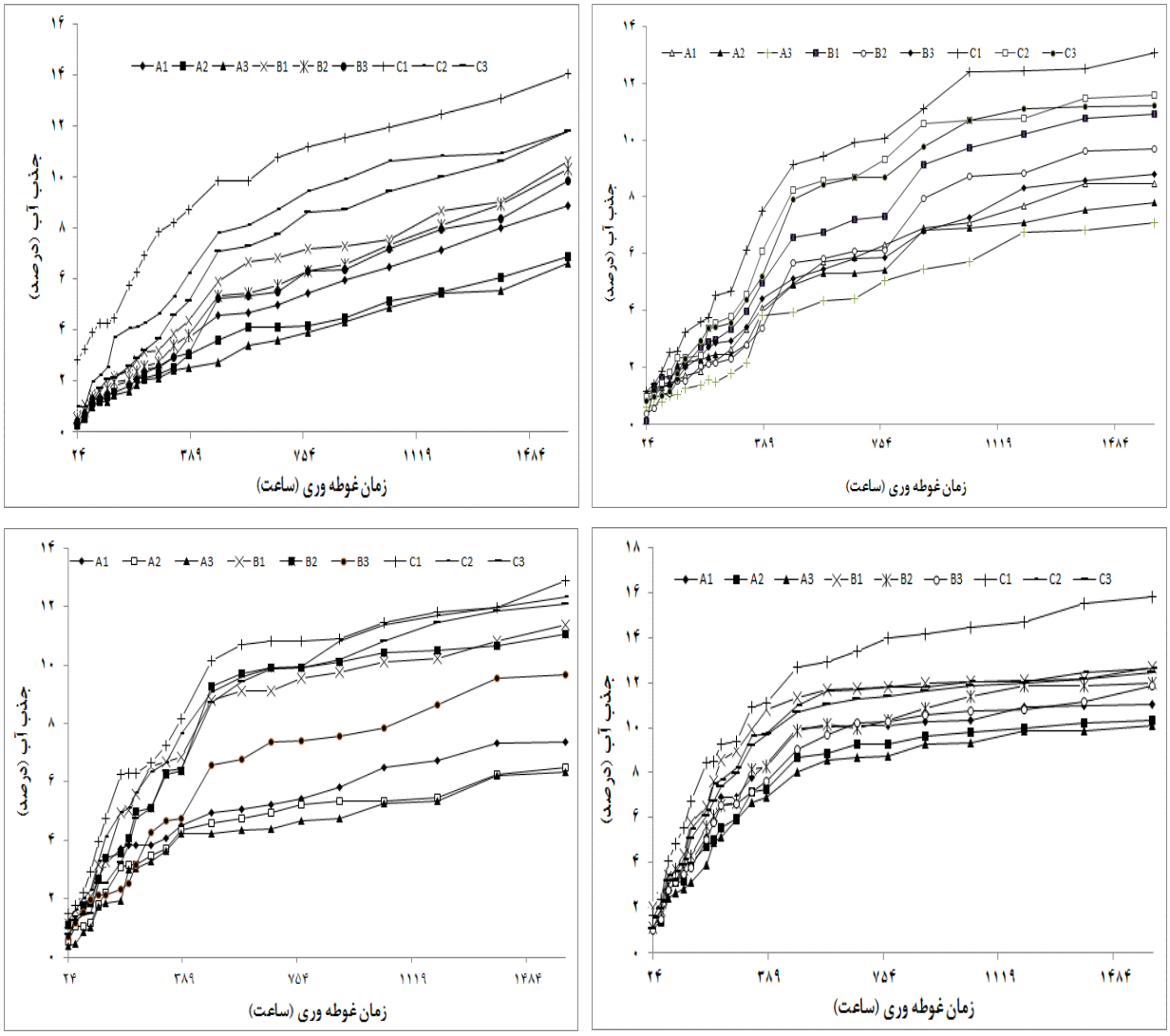
اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی میزان سختی نمونه‌های چندسازه هیبریدی در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش نسبت وزنی آرد چوب در ترکیب نمونه چندسازه هیبریدی از ۵۰ به ۶۰ درصد، سختی نمونه‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد. افزودن الیاف شیشه به چندسازه نیز سبب افزایش میزان سختی و مقادیر ۱۰ و ۱۵ درصدی اثر مشابهی داشتند (جدول ۵). Cui و Tao (۲۰۰۹) پس از بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بیان داشتند که الیاف شیشه، با ماده زمینه پلاستیک حاوی ماده جفت کننده مالیک انیدرید (MAPP)، چسبندگی کاملی ایجاد کرده و به سبب اثرات هم‌افزایی بین ترکیبات در ساختار هیبرید الیاف شیشه/ فیبر چوب/ پلی‌اتیلن سنگین، شبکه‌ای سه‌بعدی با ساختار میکروسکوپیک شکل می‌گیرد و این امر سبب اصلاح معنی‌دار استحکام مکانیکی چندسازه هیبریدی می‌گردد [۲۲]. شرایط سرویس نیز اثر معنی‌داری بر میزان سختی داشت، طوری که نمونه‌ها پس از غوطه‌وری در آب درمجموع نسبت به نمونه‌های شاهد سختی کمتری را نشان دادند و نمونه‌های غوطه‌ور شده به ترتیب در آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد، آب استخر، آب دریا و آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به شاهد مقادیر کمتری از سختی را نشان دادند. درمجموع نمونه‌های شاهد دارای مقدار ۶۰ درصد آرد چوب و ۱۵ درصد الیاف شیشه بیشترین و نمونه‌های دارای ۵۰ درصد آرد چوب، فاقد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری در آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد و قرار گرفتن در معرض فساد قارچ سرداب، کمترین سختی را داشتند (جدول ۵). علی‌رغم نقش پوششی ماده پلاستیکی پلی‌پروپیلن روی ماده چوبی در برابر نفوذ رطوبت و حمله عوامل مخرب قارچی، با گذشت زمان ترک‌هایی در سطح چوب پلاستیک ظاهر می‌شود که محل مناسبی برای نفوذ رطوبت و حمله عوامل مخرب زیستی می‌باشند که با جذب رطوبت مقاومت مکانیکی چندسازه کاهش می‌یابد [۹].

جذب آب و واکشیدگی ضخامت

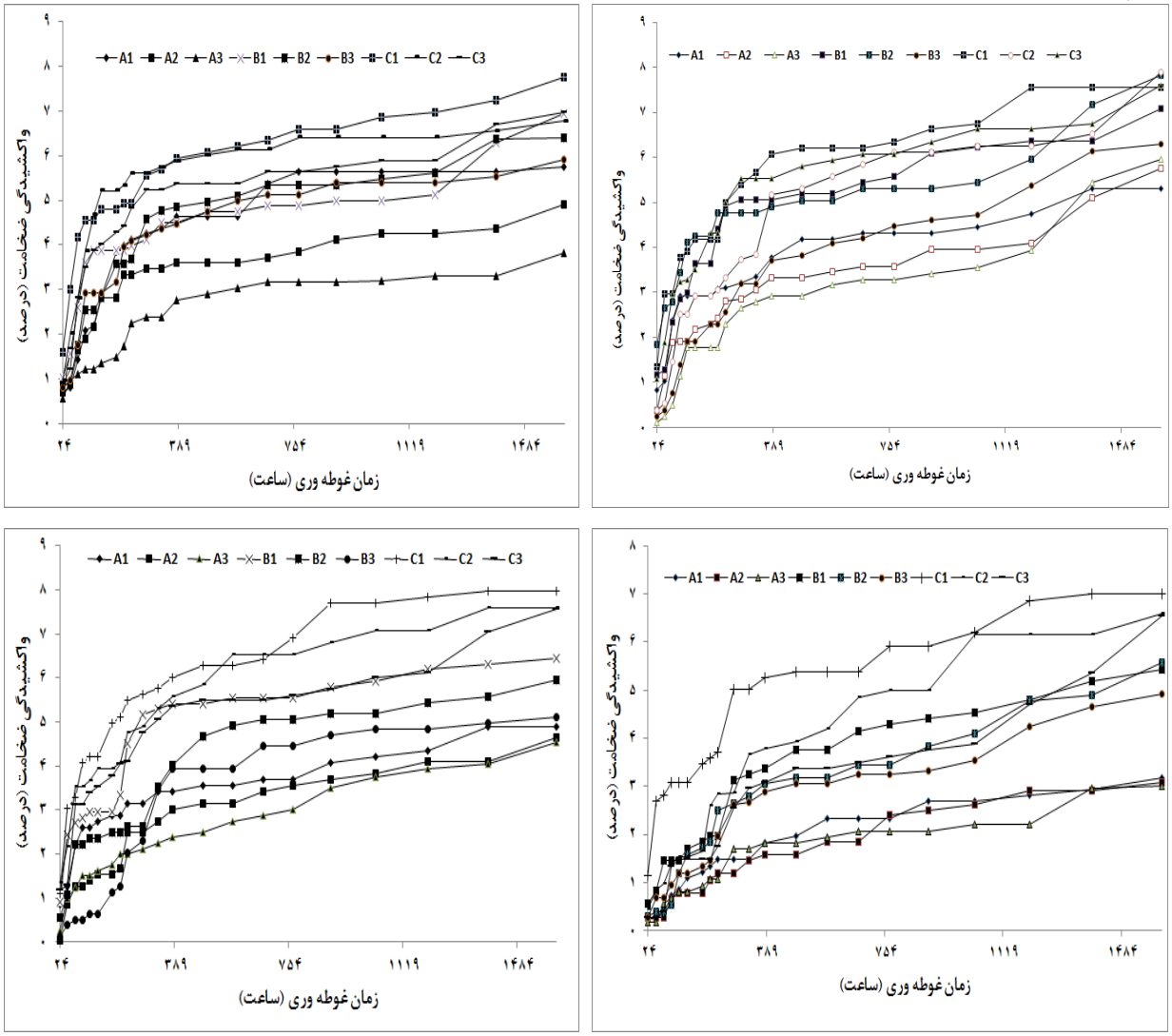
روند جذب آب نمونه‌های چندسازه هیبریدی که طی دوره زمانی ۱۶۰۸ ساعتی در شرایط محیطی مختلف مطابق با جدول ۳ در آب ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، آب دریا و آب استخر غوطه‌ور شده‌اند، در شکل ۱ ارائه شده است. بررسی شکل و همچنین جدول تجزیه واریانس ۴ نشان می‌دهد که در تمامی شرایط با افزایش نسبت آرد چوب در نمونه چندسازه درصد جذب آب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این امر به طبیعت آب‌دوست مواد لیگنوسلولزی و عدم پوشش کامل آن‌ها توسط ماده پلیمری و درنتیجه دسترسی رطوبت به گروه‌های هیدروکسیل ماده چوبی برمی‌گردد. افزودن الیاف شیشه به ترکیب چندسازه در همه نسبت‌های آرد چوب نیز به‌طور معنی‌داری سبب کاهش و کنترل درصد جذب آب گردید. اتصال الیاف شیشه به ماده پلاستیکی چندسازه سبب کاهش تخلخل و مسدود شدن منافذ جذب رطوبت توسط چندسازه هیبریدی شده است. از مشاهده روند جذب آب تیمارها در شکل ۱ می‌توان دریافت که نمونه‌های غوطه‌ور در همه نوع آب طی ۱۶ الی ۲۰ روز اول، بالاترین سرعت را در جذب آب داشته‌اند و پس‌ازآن نرخ جذب آب کاهش یافته است. با افزایش میزان آرد چوب در ترکیب، سرعت جذب بالا، در زمان بیشتری ادامه یافته است. نمونه‌های دارای ۶۰ درصد آرد چوب، ۴۰ درصد پلی‌پروپیلن و فاقد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری بلندمدت در آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد با تفاوت معنی‌داری بیشترین درصد جذب را داشتند. درحالی‌که نمونه‌های حاوی ۴۰ درصد آرد چوب، ۶۰ درصد پلی‌پروپیلن و ۱۵ درصد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد، آب دریا و آب استخر به‌طور مشابهی مقادیر کمتری از جذب آب را نشان دادند. Espert و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند که غوطه‌وری در آب سبب کاهش استحکام چوب پلاستیک شده و با افزایش دمای آب، مقدار جذب آب و ضریب انتشار رطوبت افزایش می‌یابد [۲۳].

روند واکشیدگی ضخامتی طولانی‌مدت نمونه‌های چندسازه هیبریدی نیز طی تیمارها و سپری کردن شرایط مشابه جذب آب، اندازه‌گیری و در شکل ۲ ارائه شده است. مطابق شکل و بر اساس جدول تجزیه واریانس ۴ در تمامی شرایط، افزایش نسبت آرد چوب در نمونه چندسازه، درصد واکشیدگی ضخامت را به‌طور معنی‌داری

افزایش می‌دهد. اضافه کردن الیاف شیشه به ترکیب در همه نسبت‌های آرد چوب، سبب کاهش معنی‌دار درصد واکشیدگی ضخامت گردید. مشاهده روند واکشیدگی ضخامت و میانگین‌های مربوط به تیمارهای مختلف در شکل ۱ نشان می‌دهد که نمونه‌های غوطه‌ور در همه نوع آب طی ۱۴ الی ۱۶ روز اول، بالاترین سرعت را در واکشیدگی ضخامت داشته‌اند و پس‌ازآن نرخ واکشیدگی ضخامت کاهش می‌یابد. با افزایش میزان آرد چوب در ترکیب، سرعت واکشیدگی ضخامت بالا نیز (همانند جذب آب) در زمان بیشتری ادامه یافته است. نمونه‌های دارای ۶۰ درصد آرد چوب، ۴۰ درصد پلی‌پروپیلن و فاقد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری بلندمدت در آب استخر با تفاوت معنی‌داری بیشترین درصد واکشیدگی ضخامت را داشتند. درحالی‌که نمونه‌های حاوی ۴۰ درصد آرد چوب، ۶۰ درصد پلی‌پروپیلن و ۱۵ درصد الیاف شیشه پس از غوطه-وری در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد و آب دریا به‌طور مشابهی مقادیر کمتری از واکشیدگی ضخامت را نشان دادند.



شکل ۱- جذب آب نمونه‌های آزمونی پس از غوطه‌وری در الف)آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد، ب)آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد، ج)آب دریا و د)آب استخر



شکل ۲- واکشیدگی ضخامتی نمونه‌های آزمونی پس از غوطه‌وری در الف)آب ۲۰درجه سانتی‌گراد، ب)آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد، ج)آب دریا و د)آب استخر

نتیجه‌گیری

هرچند به لحاظ کمی درصد کاهش وزن نمونه‌های موردبررسی اندک بوده است اما افزایش نسبت وزنی آرد چوب در ترکیب نمونه چندسازه هیبریدی از ۴۰ به ۶۰ درصد، سبب افزایش ۷۹ درصدی کاهش وزن نمونه‌ها در اثر حمله قارچ پوسیدگی قهوه‌ای در شرایط محیطی مختلف شد. این امر نشان می‌دهد که به لحاظ کاربردی در فضاهای باز، چندسازه‌هایی دارای دوام زیستی بیشتر هستند که نسبت آرد چوب در آن‌ها کمتر باشد. اضافه کردن الیاف شیشه تا مقدار ۱۵ درصد به چندسازه سبب کاهش ۱۴/۸ درصدی کاهش وزن شد. به‌عبارت‌دیگر اتصال الیاف شیشه به پلیمر پلی‌پروپیلن در حضور جفت کننده سبب محدودیت دسترسی ریسه‌های قارچ سرداب به ذرات چوب و درنتیجه بالا رفتن دوام زیستی آن گردید. شرایط محیطی مختلف اعمالی این مطالعه نیز بر کاهش وزن اثر داشت، طوری که نمونه‌ها پس از غوطه‌وری در آب درمجموع نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش وزن بیشتری داشتند و نمونه‌های غوطه‌ور شده در آب استخر و آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به آب ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۹/۲ و ۱۳/۹ درصد کاهش وزن بیشتری را نشان دادند. درمجموع نمونه‌های دارای مقادیر بیشتر نسبت آرد چوب و مقادیر کمتر الیاف شیشه در شرایط مختلف غوطه‌وری در آب پس از قرار گرفتن در معرض فساد قارچ سرداب، درصدهای بالاتری از کاهش وزن را از

خود نشان دادند. به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت که توجه به شرایط مصرف و انتخاب نسبت‌های مناسب پرکننده و تقویت‌کننده در چندسازه هیبریدی می‌تواند نقش بسزایی در دوام زیستی آن داشته باشد.

بررسی درصد پوشش میسیلیومی قارچ و اثر ناخن بر نمونه‌های چندسازه هیبریدی نشان داد که طی ۶ هفته مجاورت با قارچ پوسیدگی قهوه‌ای هیچ‌گونه خسارتی به نمونه‌ها وارد نشده است. در این رابطه افزایش نسبت آرد چوب در ترکیب چندسازه سبب افزایش درصد پوشش میسیلیوم شد درحالی‌که افزودن الیاف شیشه سبب کاهش پوشش میسیلیوم قارچ روی نمونه‌ها شد. غوطه‌وری طولانی‌مدت در آب نیز سبب افزایش درصد پوشش میسیلیوم شده و در این رابطه آب استخر و آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد سبب پوشش قارچ بیشتری در سطح نمونه‌ها شدند. این امر نشان می‌دهد که در شرایط مصرف طولانی‌مدت می‌بایست در انتخاب ترکیبات چندسازه هیبریدی با دقت عمل نمود.

طبق نتایج سختی نمونه‌ها، افزایش نسبت وزنی آرد چوب در ترکیب نمونه چندسازه هیبریدی از ۵۰ به ۶۰ درصد، همچنین اضافه کردن الیاف شیشه تا میزان ۱۵ درصد به ترتیب منجر به افزایش ۴ و ۳ درصدی سختی شد. به لحاظ قرار گرفتن در شرایط مصرف نیز نتایج بیانگر آن بود که نمونه‌ها پس از غوطه‌وری در آب درمجموع نسبت به نمونه‌های شاهد، حدود ۱۴ درصد سختی کمتری را نشان دادند. درمجموع نمونه‌های شاهد دارای مقدار ۶۰ درصد آرد چوب و ۱۵ درصد الیاف شیشه بیشترین و نمونه‌های دارای ۵۰ درصد آرد چوب، فاقد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری در آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد و قرار گرفتن در معرض فساد قارچ سرداب، کمترین سختی را داشتند.

بررسی روند جذب آب و واکشیدگی ضخامتی نمونه-های چندسازه هیبریدی که طی دوره زمانی ۱۶۰۸ ساعتی در شرایط محیطی شامل آب ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، آب دریا و آب استخر غوطه‌ور شدند، نشان داد که با افزایش نسبت آرد چوب از ۴۰ به ۶۰ درصد، واکشیدگی ضخامت و جذب آب به ترتیب ۵۸ و ۵۵/۵ درصد افزایش یافتند و سرعت جذب بالا، در زمان بیشتری ادامه یافت. افزودن الیاف شیشه تا میزان ۱۵ درصد نیز به ترتیب سبب کاهش ۱۶ و ۹/۵ درصدی جذب آب و واکشیدگی ضخامت گردید. در این رابطه نمونه‌های دارای ۶۰ درصد آرد چوب، ۴۰ درصد پلی‌پروپیلن و فاقد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری بلندمدت در آب گرم ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد جذب را داشتند. درحالی‌که نمونه‌های حاوی ۴۰ درصد آرد چوب، ۶۰ درصد پلی‌پروپیلن و ۱۵ درصد الیاف شیشه پس از غوطه‌وری در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد، آب دریا و آب استخر به‌طور مشابهی مقادیر کمتری از جذب آب را نشان دادند.

درمجموع با اضافه کردن الیاف شیشه به چندسازه، از میزان کاهش وزن ناشی از خسارت قارچ سرداب کاسته شد و هم‌زمان سختی نمونه‌ها حفظ و یا افزایش یافت؛ یعنی الیاف شیشه در ترکیب چندسازه سبب افزایش دوام طبیعی و مقاومت آن گردید.

منابع

[1] Nourbakhsh, A. and Ashori.A.R., 2008. Highly Fiber loaded composites: physical and mechanical properties. Polymers and polymer composites, 16(5): 343-347.

[2] Kord, B., Sheikholeslami. A., Najafi, A.,2016. A Study on Creep Behavior of a Wood Flour-Polypropylene-Nanoclay Hybrid Composite. Iranian journal of wood and paper industries, 7(1): 1-12. (In Persian).

[3] Laks, P.E., Richter, D.L. and Larkin, G.L., 2000. Biological deterioration of wood-base composite panels. Wood Design Focus, 11(4): 7–14.

[4] Rouhani, M., kord, B., 2017. Fire performance, mechanical strength and dimensional stability of wood flour–polyethylene composites under the influence of different fire retardants. Iranian journal of wood and paper industries, 8(1): 145-158. (In Persian).

[5] Sanadi, A. R., Hunt, J. F., Caulfield, D. F., Kovacsvolgyi, G. and Destree, B., 2002. High fiber-low matrix composites: Kenaf fiber/polypropylene. In: Proceedings of sixth international conference on woodfiber-plastic composites. Forest product society. May 15-16, 2001 Madison, Wisconsin, USA, p 121-124.

[6] Rizvi, G. M. and Semeralul, H., 2008. Glass-Fiber- reinforced wood/plastic composites. Journal of Vinyl and Additive Technology, 14(1): 39-42.

[7] Gnatowski, M., 2008. Water absorption by Wood Plastic Composites-field and laboratory challenges. In: Proceedings of Tenth International Conference on progress in biofibre plastic composite.May 12-13, Toronto, Ontario Canada, p 1-17.

[8] Kim, J. W., Harper, D. P. and Taylor, A. M., 2008. Effect of wood species on water sorption and durability of wood-plastic composites. Wood Fiber Science, 40: 519-531.

[9] Stark N. M. and Matuana, L. M., 2004. Surface chemistry changes of weathered HDPE/wood-flour composite studied by XPS and FTIR spectroscopy. Polymer Degradation and Stability, 86: 1-9.

[10] Mankowski, M., and Morrell, J.J., 2000. Patterns of fungal attack in wood-plastic composites following exposure in a soil block test. Wood Fiber Science. 32(3): 340–345.

[11] Thwe, M.M. and Liao, K., 2003. Durability of Bamboo-Glassfiber Reinforced polymer matrix, Hybrid Composites. Composites Science and Technology, 63: 375-387.

[12] Yang, C., Li, Qi, R. and Huang, M., 2012. Glass fiber/wood flour modified high density polyethylene composites. Wiley periodicals, Inc. Journal of Applied Polymer Science,123(4): 2084-2089.

[13] Modir Zarea, M., Hosseini Hashemi, S. K., Nourbakhsh, A. and Safdari, H. R., 2011. Comparison of white rot fungi rainbow (Coriolus versicolor) and brown rot fungi (Coniophora cerebella) on durability and mechanical properties of polypropylene/bagass fiber composites. Quarterly scientific research of Wood and Paper Science Research. 25(1): 102-112.

[14] Ismaeilimoghadam, S., Shahraki, A., Dehdast, F. and Pour Karami, S., 2016. The effect of silica on natural resistance and morphology of wood plastic composite against of white rot fungi (Trametes Versicolor). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31 (1): 14-29.(In Persian).

[15] Standard practice for injection molding test specimens of thermoplastic molding and materials, Annual book of ASTM standards, D3641-12, 2012.

[16] British Standard 838. 1961. Method of test for toxicity of wood preservatives to fungi. Philadelphia, PA., USA.

[17] British Standard EN113.1997. Wood Preservatives Method of test for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes Determanation of the toxic values. Deutsches Insitut Fur Normung e.v.

[18] Standard test method for rubber property, durometr hardness, ASTM, d2240-15, 2015.

[19] Standard guide for evaluating mechanical and physical properties of wood-plasticcomposites products, Philadelphia, ASTM D7031-11, 2011.

[20] Ibach, R.E., Clemons, C.M. and Stark, N.M., 2003. Combined ultraviolet and water exposure as a preconditioning method in laboratory fungal durability testing. In: Proceedings Seventh International Conference on Woodfiber Plastic Composites. Forest Products Society, May 19-20, 2003 Madison, Wisconsin, USA, p 61–67.

[21] Schirp A., Ibach R.E., Pendelton D.E. and Wolcott M.P., 2008. Biological Degradation of Wood-PlasticComposites (WPC) and Strategies for Improving the Resistance of WPC again Biological Decay, American Chemical society: 480-507.

[22] Cui, Y.H. and Tao, J., 2009. Fabrication and mechanical properties of glass fiber-reinforced wood plastic hybrid composites. Wiley periodicals, Inc. Journal of Applied Polymer Science, 112 (3): 1250-1257.

[23] 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 35:1267–1276.

A Survey on biodegradation, hardness and dimensional stability of a hybrid composite of wood flour / polypropylene / glass fiber in different circumstances

Abstract

In this study, the effect of cellar fungus (*conophora cerabella*; brown rot) on biodegradability, hardness and dimensional stability of wood flour/polypropylene/glass fiber hybrid composites were studied after immersion in water. Samples were composed of 40 to 60, 50 to 50 and 60 to 40 percent of wood flour / PP weight ratios, respectively and three levels of glass fibers i.e. 0,10 and 15 weight percent. Samples were then immersed in water at 25 and 40°c, sea water and pool water for 1608 hours and then exposed to the cellar fungus for 6 weeks. The results showed that by increasing the wood flour weight ratio and adding glass fiber to composite samples, respectively, weight loss increased and decreased. Overall, after immersion in water, samples had greater weight loss compared with control. Immersed samples in pool water and hot water of 40°c, showed greater amounts of weight loss compared with the others. With an increase in wood flour weight ratio and adding the glass fiber in hybrid composite, the hardness of samples increased. Overall, after soaking in water, the test samples showed lower hardness, compared with the control. By increasing the wood flour ratio in composites, the water absorption and thickness swelling amount increased. Adding glass fiber to composites in all ratios of wood flour reduced and controlled the water absorption and thickness swelling.

Keywords: hybrid composites, glass fiber, brown rot fungus, environmental conditions, weight loss, hardness.

A. Hosseinzadeh[1*]
A. Farajpour Kordasiabi[2]
V. Tazakor Rezaei[3]

[1] Assistant prof., Department of wood and paper science and technology, Chalous branch, Islamic azad university, Chalous, Iran

[2] M.A, Wood and paper science and technology, Department of wood and paper science and technology, Chalous branch, Islamic azad university, Chalous, Iran

[3] Assistant prof., Department of wood and paper science and technology, Chalous branch, Islamic azad university, Chalous, Iran

Corresponding author:
Abdollah279@yahoo.com

Received: 2016/08/27
Accepted: 2016/12/18