

## تأثیر اصلاح شیمیایی پرکننده بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب-پلاستیک

رضا حاجی حسنی<sup>۱\*</sup>، فرداد گلبابائی<sup>۲</sup> و سیده معصومه زمانی<sup>۳</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

تهران، ایران، پست الکترونیک: Reza.Hajihassani@gmail.com

۲- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه تحقیقات حمایت و حفاظت، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

### چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر تیمار شیمیایی الیاف صنوبر (*Populus deltoides*) بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب-پلاستیک تولید شده به روش تزریق قالبی بود. نمونه‌های چوب-پلاستیک با استفاده از پلی‌پروپیلن و با در نظر گرفتن ۳ سطح مختلف شدت استیلایسیون (صفر، ۱۴/۷ و ۱۹/۵ درصد)، ۲ سطح مقدار الیاف (۳۰ و ۴۰ درصد) و دو سطح کاربرد مالٹیک انیدرید پروپیلنی (MAPP) به‌عنوان جفت‌کننده (صفر و ۳ درصد) ساخته شدند و آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی بر روی آنها انجام شد. سپس نتایج در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل تحت آزمایش فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج آزمون‌ها نشان دادند که تیمار شیمیایی استیلایسیون می‌تواند سبب کاهش میزان جذب آب بلندمدت و واکنش‌دهی ضخامت بلندمدت چندسازه گردد. به‌علاوه این تیمار سبب بهبود برخی از خواص مکانیکی چندسازه چوب-پلاستیک گردید. همچنین در این بررسی نتایج بیانگر آن بود که مصرف مالٹیک انیدرید پروپیلنی می‌تواند بر روی کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه اثر مثبت داشته باشد. افزایش مصرف الیاف در ساخت چندسازه سبب افزایش میزان جذب آب، واکنش‌دهی ضخامتی و نیز بهبود برخی ویژگی‌های مکانیکی از جمله مقاومت کششی، مدول کششی و مدول خمشی شد. همچنین با افزایش مصرف الیاف ویژگی‌های مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه چندسازه چوب-پلاستیک کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: چندسازه چوب-پلاستیک، اصلاح پرکننده، پلی‌پروپیلن، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

### مقدمه

پلیمری و مواد سلولزی می‌باشد (Sanadi et al., 2001). در سال‌های اخیر توسعه کاربرد چندسازه‌های چوب-پلاستیک در صنایع مختلف باعث شده است که در استفاده از مواد چوبی مورد مصرف در تولید این چندسازه‌ها تحقیقات وسیعی انجام شود؛ زیرا ویژگی ماده لیگنوسلولزی مورد استفاده اثر زیادی بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی محصول ساخته شده خواهد داشت. نوع چوب، مقدار مواد استخراجی، اندازه ذرات، دانسیته چوب و مقدار مصرف آن در چندسازه‌های چوب-

در سال‌های اخیر بازار مصرف کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک گسترش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. برای توسعه محصولاتی با قابلیت کاربرد بیشتر، صنایع چوب و پلاستیک به‌عنوان صنعتی جدید، علاوه بر حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی قادر است نقش بسزایی در تولید محصولات جدید با ویژگی‌های مهندسی شده داشته باشد. چوب پلاستیک یا WPC (Wood Plastic Composite) چندسازه‌ای مرکب از مواد

چندسازه حاصل از پلی اتیلن سنگین و ساقه برنج با سطوح ۱۵، ۳۰ و ۴۰٪ وزنی و مش‌های ۱۲-۲۵ و ۲۵-۴۰ به این نتیجه رسیدند که از گاه برنج می‌توان به‌عنوان یک تقویت‌کننده آلی تخریب‌پذیر و ارزان‌قیمت در تهیه فراورده مرکب استفاده نمود. افزایش تا ۳۰ درصد گاه برنج منجر به بهبود استحکام کششی و خمشی می‌شود، اما افزایش ۴۰ درصد گاه سبب کاهش استحکام کششی و خمشی می‌گردد. همچنین افزایش میزان گاه برنج در فراورده مرکب سبب کاهش مقاومت به ضربه شکافدار نسبت به پلیمر شاهد می‌شود. به‌طورکلی فراورده مرکب تهیه شده از آرد گاه دانه ریز به علت چسبندگی بهتر با فاز زمینه خواص مکانیکی بهتری را نشان می‌دهد. استفاده از سازگارکننده به‌عنوان جفت‌کننده گاه برنج به فاز زمینه پلیمر سبب اتصال بین دو فاز می‌گردد که موجب بهبود نسبی خواص مکانیکی فراورده مرکب می‌شود. خواص مهندسی چندسازه‌های پلیمری به مقاومت اتصال اجزا تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. این ویژگی‌ها با افزایش اتصال و چسبندگی دو فاز الیاف و ماتریس پلیمری بهبود می‌یابد. برای بهبود چسبندگی می‌توان از روش‌های اصلاح فاز ماتریس پلیمری و اصلاح مواد لیگنوسلولزی استفاده نمود. بدین‌منظور از عوامل جفت‌کننده مختلف برای اصلاح ترکیبات پلیمرها و افزایش مقاومت اتصال و خصوصیات مکانیکی کامپوزیت‌های چوب پلاستیک استفاده می‌گردد. از سوی اصلاح شیمیایی ماده لیگنوسلولزی قبل از اختلاط با پلیمر نیز می‌تواند سبب بهبود مقاومت اتصال و افزایش مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی گردد (Mohebbi, 2003; Hill, 2006).

مبنای واکنش‌های استیله کردن جایگزینی گروه‌های استیل با گروه‌های هیدروکسیل بسپارهای سازنده دیواره سلولی می‌باشد؛ ازاین‌رو با حذف و یا کاهش گروه‌های هیدروکسیل، ماهیت الیاف لیگنوسلولزی از حالت قطبی به حالت غیر قطبی در آمده و به ماهیت ماتریس پلیمری نزدیک‌تر می‌شود، در نتیجه سبب بهبود چسبندگی در فصل مشترک بین الیاف و ماتریس پلیمری می‌گردد. ازاین‌رو در این حالت انتقال تنش از ماتریس پلیمری به ماده تقویت‌کننده بهتر انجام شده و میزان تمرکز تنش در چندسازه کاهش می‌یابد، در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی بهبود می‌یابد (Li et al.,

پلاستیک تعیین‌کننده بوده و باید بر اساس آن، بهترین روش کاربرد و تولید را مشخص نمود. در این میان اصلاح ماده پرکننده بر خواص فیزیکی و مکانیکی تأثیرگذار بوده و می‌تواند در ساخت چندسازه‌های چوب-پلاستیک توصیه شود. از سوی چسبندگی بین ماده زمینه غیر قطبی و مواد لیگنوسلولزی قطبی، در تعیین خواص یک چندسازه بسیار مهم می‌باشد، زیرا انتخاب ماده جفت‌کننده مناسب و تعیین میزان مصرف آن امری ضروریست. به‌طورکلی عوامل جفت‌کننده با ایجاد یک پل در محل تماس مواد لیگنوسلولزی با پلیمر، سازگاری آنها را نسبت به هم افزایش داده و مقاومت اتصال را بهبود می‌بخشند. اگر اتصال بین ماتریس و مواد لیگنوسلولزی خوب باشد، تنش به اندازه کافی منتقل می‌شود، در نتیجه وجود یک عامل جفت‌کننده در چندسازه باعث قوی شدن اتصالات می‌شود. ازاین‌رو در این بررسی با تغییر ساختار شیمیایی مواد پرکننده در اثر اصلاح شیمیایی، درصد اختلاط ماده زمینه‌ای و مواد پرکننده و نیز میزان مصرف ماده جفت‌کننده، خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه بایوکامپوزیت‌ها در سال‌های اخیر به دلیل کاربردهای فراوان، توسعه زیادی از نظر کمی و کیفی پیدا نموده‌اند، ازاین‌رو تحقیقات در این حوزه مورد علاقه بسیاری از مراکز تحقیقاتی و محققان قرار گرفته است. Sanadi و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی که بر روی کامپوزیت‌های لیگنوسلولزی و پلاستیک انجام داده‌اند، نتیجه گرفتند که منابع چوبی جنگلی و الیاف کشاورزی نقش مهمی بر ویژگی‌های کامپوزیت‌ها دارند. آنان بیان کردند که الیاف سلولزی اثر بیشتری نسبت به آرد چوب در تولید کامپوزیت‌ها داشته و می‌تواند به نحو مطلوب در فرایند برای بهبود ویژگی‌ها مورد توجه قرار گیرد.

Johnson و همکاران (۱۹۹۷) در تحقیقی که بر روی استفاده از ساقه گندم به‌عنوان ماده سلولزی تقویت‌کننده در کامپوزیت‌ها انجام دادند، نتیجه گرفتند که در حالت استفاده از مقدار ۳۰ درصد الیاف ساقه گندم و مقدار ۷۰ درصد پلی پروپیلن مقاومت کششی ۳ تا ۱۷ درصد و مقاومت خمشی ۱۳ تا ۴۸ درصد نسبت به کامپوزیت خالص پلی پروپیلن افزایش داشته است.

Shakeri و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی خواص مکانیکی

(2007; Kalia *et al.*, 2009; Mishra *et al.*, 2001).

Mohebbi و Fallah-Moghadam (۲۰۱۲) در تحقیقات

خود به این نتیجه دست یافتند که افزایش شدت تیمار استیلاسیون سبب افت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در ماده مرکب چوب پلاستیک شده و افزایش مقدار سازگارکننده MAPP نیز سبب کاهش جذب آب می‌گردد؛ ولی نقش استیلاسیون بارزتر از نقش MAPP می‌باشد. بررسی میکروسکوپ الکترونی ساختار چوب پلاستیک توسط آنان نشان داد که با افزایش شدت تیمار استیلاسیون، از تخلخل ساختاری کامپوزیت کاسته می‌شود که این موضوع به دلیل ایجاد سطوح صاف‌تر در نمونه‌های استیله شده و پیوند بهتر بین ماتریس پلیمری و الیاف می‌باشد.

یکی از عوامل افزایش مقاومت‌ها در اثر تیمار استیلاسیون، می‌تواند مربوط به افزایش دانسیته الیاف باشد. به طوری که با جایگزین شدن گروه‌های سنگین‌تر استیل به جای گروه‌های هیدروکسیل، دانسیته الیاف افزایش می‌یابد و در نهایت مقاومت آنها بالا می‌رود؛ به عبارت دیگر صلبیت تک تک الیاف بر اثر استیله شدن افزایش می‌یابد، از این رو در اثر استیلاسیون مقاومت‌های مکانیکی کامپوزیت به دلیل کاهش تخلخل و به تبع آن افزایش دانسیته، افزایش می‌یابد (Ismaeilmoghadam *et al.*, 2016).

تحقیقات نشان می‌دهند که طی فرایند استیله کردن، هرچه میزان جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل با گروه‌های استیل بیشتر باشد، به دلیل کاسته شدن از تعداد گروه‌های هیدروکسیل، گروه‌های عاملی کمتری وجود خواهند داشت تا با مولکول‌های آب پیوند برقرار نمایند؛ از این رو جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی کاهش خواهند یافت (Mohebbi & Hajihassani, 2008; Rowell, 2006).

Guñez و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از تیمار الیاف سیسال از آنها برای ساخت چوب - پلاستیک استفاده کردند. محققان نتیجه گرفتند که با استیله کردن الیاف سیسال مقاومت‌های خمشی، کششی و مقاومت به ضربه چوب - پلاستیک حاصل افزایش می‌یابد؛ اما تیمار بنزیلاسیون اثری بر بهبود مقاومت‌های مکانیکی نداشت. آنان بیان نمودند که

تیمار استیلاسیون برای کاهش رطوبت‌پذیری الیاف و بهبود اتصالات بین الیاف و پلاستیک بسیار مفید است.

تحقیقات متعددی روی پلیمرهای بر مبنای الیاف سلولزی انجام شده است که نشان می‌دهد ویژگی‌های مکانیکی کامپوزیت‌های گرمانرم با الیاف سلولزی، به وسیله عوامل جفت‌کننده میان الیاف و ماتریس بهبود می‌یابد (Shuhbra *et al.*, 2011; Rosa *et al.*, 2009; Kargarfard, 2013).

Hristove و همکاران (۲۰۰۴) اثر افزودن سازگارکننده‌ها را بر خواص مکانیکی چندسازه‌های پلی پروپیلن - آرد چوب مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ضعف خواص مکانیکی چندسازه‌های اصلاح‌نشده به علت اتصال ضعیف میان ماتریس پلیمری و الیاف چوبی است. مدول کششی، مقاومت کششی و مقاومت به ضربه با افزودن MAPP بهبود می‌یابد.

Yin و همکاران (۱۹۹۹) نیز در مطالعات خود مواد مرکب حاصل از پلی پروپیلن با الیاف چوب و جفت‌کننده انیدرید مالئیک اصلاح‌شده را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که مدول الاستیسیته خمشی در طول زمان بر اثر بلوری شدن افزایش می‌یابد و با حضور MAPP بلوری شدن قابل ملاحظه‌ای اتفاق می‌افتد. از این رو این پژوهش سعی دارد تا با اصلاح شیمیایی ساختار الیاف به عنوان مواد پرکننده، درصد اختلاط ماتریس پلیمری و مواد پرکننده و همچنین میزان مصرف ماده جفت‌کننده، به بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه و نیز شرایط بهینه برای تولید محصولی با ویژگی‌های بهینه بپردازد.

### مواد و روش‌ها

در این بررسی با در نظر گرفتن سه سطح شدت استیلاسیون (صفر، ۱۴/۷ و ۱۹/۵ درصد)، دو سطح مقدار الیاف (۳۰ و ۴۰ درصد) و دو سطح مالئیک انیدرید پروپیلنی به عنوان جفت‌کننده (صفر و ۳ درصد) تعداد ۱۲ تیمار حاصل گردید که با لحاظ نمودن تعداد ۴ تکرار برای هر تیمار ۴۸ نمونه برای هر آزمون فیزیکی و مکانیکی ساخته شد.

### مراحل تهیه نمونه‌های آزمونی

۱- تهیه الیاف: در این بررسی برای تهیه الیاف از چوب صنوبر (*Populus deltoides*) استفاده شد. بدین‌منظور چوب‌های صنوبر پس از قطع و برش ابتدا تبدیل به چیپس و بعد توسط فرایند بخارزنی (دمای °C ۱۷۵ و زمان ۵ دقیقه) تحت تیمار قرار گرفتند. تهیه الیاف از خرده چوب‌های بخارزنی شده با استفاده از یک پالایشگر آزمایشگاهی از نوع دیسک منفرد (Single Disk Refiner) با قطر دیسک ۲۵ سانتیمتر و دور موتور ۱۴۵۰ دور در دقیقه انجام شد. الیاف تهیه شده ابتدا در هوای آزاد و بعد توسط دستگاه خشک‌کن تا رطوبت صفر درصد خشک شدند.

۲- تیمار شیمیایی الیاف: بدین‌منظور ابتدا الیاف خشک، توزین و به مدت ۱۲ ساعت در دسیکاتور خلأ محتوی انیدرید استیک غوطه‌ور شدند. پس از این مدت، الیاف را داخل فویل آلومینیومی پیچیده و در آون با دمای °C ۱۲۰ قرار داده شدند. پس از پایان زمان واکنش نمونه‌ها از آون خارج و الیاف استیله شده برای خروج اسید استیک و باقیمانده انیدرید استیک به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور و شسته شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون و با دمای °C ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. پس از پایان عملیات تیمار شیمیایی و خشک شدن کامل، درصد افزایش وزن الیاف (WPG) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید که با توجه به زمان تیمار به مقدار ۱۴/۷ و ۱۹/۵ درصد به دست آمد.

$$WPG = (W2 - W1 / W1) \times 100$$

W1= (گرم) وزن خشک قبل از استیله کردن

W2= (گرم) وزن خشک بعد از استیله کردن

۳- فرایند ساخت نمونه‌های چوب-پلاستیک: الیاف تیمار شده با در نظر گرفتن متغیرهای تیمار با پلی‌پروپیلن و ماده جفت‌کننده مخلوط و در کیسه‌های جداگانه برای مراحل بعدی بسته‌بندی شدند. پلی‌پروپیلن بکار برده شده در این تحقیق از نوع Moplen- V30S با شاخص جریان مذاب  $g/10min$  ۱۸ و چگالی ۰/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب، درصد ازدیاد طولی ۴/۷۵، مقاومت کششی ۲۳/۵ مگاپاسکال، مقاومت خمشی ۳۸/۵۰ مگاپاسکال و مدول خمشی ۱۱۵۰ مگاپاسکال به میزان ۶۰ و

۷۰ درصد وزنی چندسازه انتخاب شد. از مالئیک انیدرید پیوند یافته با پروپیلن (MAPP) از شرکت آلدריך (Aldrich) به‌عنوان عامل جفت‌کننده با گرانروی ۴۰۰۰۰ پواز و وزن مولکولی ۹۱۰۰ به‌عنوان سازگارکننده استفاده شد.

برای فرایند اختلاط جهت ساخت نمونه‌های چوب-پلاستیک از دستگاه مخلوط‌ساز کولین واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. این دستگاه یک اکسترودر دوماریچه ناهمسوگرد می‌باشد. سرعت ماریج‌ها ۴۰ دور در دقیقه و دمای ساخت چندسازه نیز در اکسترودر فوق با مناطق دمایی مختلف (۱۴۰، ۱۵۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۱۷۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد) در نظر گرفته شد. مواد آماده شده برای هر ۱۲ تیمار، ابتدا به خوبی باهم مخلوط و بعد به قیف تغذیه دستگاه اکسترودر ریخته شدند. مخلوط چوب-پلاستیک به‌صورت یک مفتول خمیری شکل از روزنه اکسترودر خارج و سرد شد. سپس مخلوط چوب-پلاستیک تولید شده با استفاده از دستگاه خردکن نیمه‌صنعتی شرکت WIESER مدل WG-LS 200/200 ساخت آلمان، واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران به گرانول تبدیل گردید. گرانول‌های تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون آزمایشگاهی قرار گرفتند تا خشک شده و بعد در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده و آماده مرحله تزریق شدند.

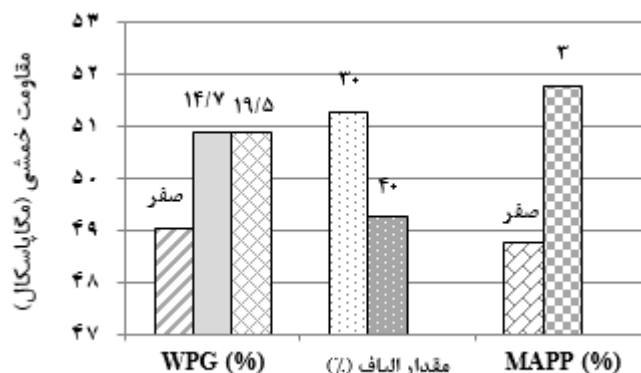
ساخت نمونه‌های آزمایشی توسط دستگاه اکسترودر تک ماردون مجهز به سیستم قالب‌گیری فشاری (دستگاه تزریق) انجام شد. دمای دستگاه ذکر شده ۱۷۵-۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار تزریق آن ۵۰ بار می‌باشد. پس از عملیات قالب‌گیری، نمونه‌های کشش، خمش و ضربه فاق‌دار علامت‌گذاری شده و به ترتیب بر اساس آیین‌نامه‌های مربوطه در دستورالعمل ASTM - D638، ASTM - D790 و ASTM - D256 مورد آزمایش قرار گرفتند. اندازه‌گیری جذب آب بلندمدت (۱۸ هفته) نیز مطابق با استاندارد ASTM D7031-04 انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی و نیز نرم‌افزار spss انجام گردید.

## نتایج

## مقاومت خمشی و مدول خمشی

خمشی کاهش می‌یابد (شکل ۱). دیگر نکته قابل برداشت از شکل ۱ آن است که با مصرف MAPP میزان مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده نشان دادند که در ترکیب شرایط مختلف تیمار، بالاترین میزان مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک مربوط به شرایط شدت استیلاسیون ۱۴/۷، مقدار مصرف الیاف ۳۰ درصد و مصرف ۳ درصد MAPP برابر با ۵۳/۵۴ مگاپاسکال بود. همچنین کمترین میزان مقاومت خمشی مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۴۰ درصد و بدون مصرف MAPP برابر با ۴۶/۷۴ مگاپاسکال بود.

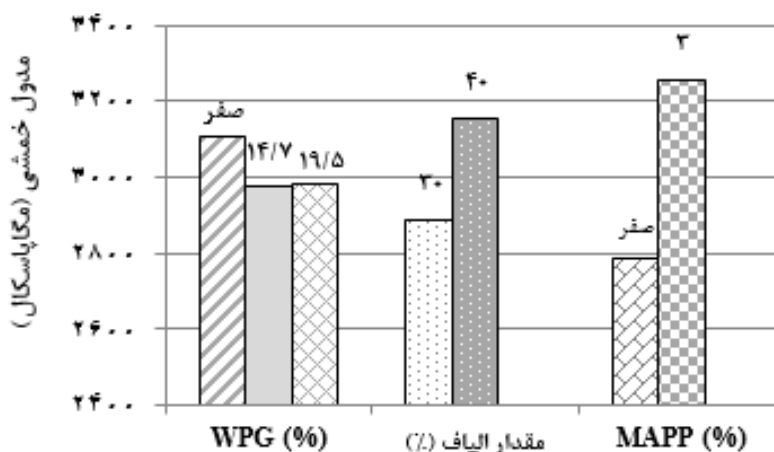
نتایج به‌دست آمده از تأثیر تیمار استیلاسیون (WPG)، مقدار مصرف الیاف و مصرف MAPP بر مقاومت خمشی چندسازه نشان دادند که هر سه عامل مذکور دارای اثر معنی‌داری بر مقاومت خمشی و مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک می‌باشند. شکل ۱ نشان می‌دهد که تیمار استیلاسیون الیاف سبب افزایش مقاومت خمشی می‌گردد اما با افزایش شدت استیلاسیون از ۱۴/۷ به ۱۹/۵ تغییر معنی‌داری در مقاومت خمشی ملاحظه نشد. همچنین با افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد مقاومت



شکل ۱- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر مقاومت خمشی چندسازه

افزایش مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک گردید (شکل ۲). نتایج به‌دست آمده نشان دادند که بالاترین میزان مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۴۰٪ و مصرف ۳٪ MAPP بوده و برابر با ۳۴۹۲ مگاپاسکال می‌باشد. همچنین کمترین میزان مدول خمشی مربوط به شرایط شدت استیلاسیون ۱۴/۷، مقدار مصرف الیاف ۳۰٪ و بدون مصرف MAPP بوده و برابر با ۲۶۰۰ مگاپاسکال است.

همچنین نتایج به‌دست آمده نشان دادند که مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر هر سه عامل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و نیز MAPP قرار می‌گیرد. نتایج ارائه شده در شکل ۲ نشان می‌دهند که تیمار استیلاسیون الیاف سبب کاهش مدول خمشی می‌گردد اما افزایش شدت استیلاسیون از ۱۴/۷ به ۱۹/۵ تأثیر معنی‌داری بر مدول خمشی ندارد. همچنین افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد و نیز مصرف MAPP سبب

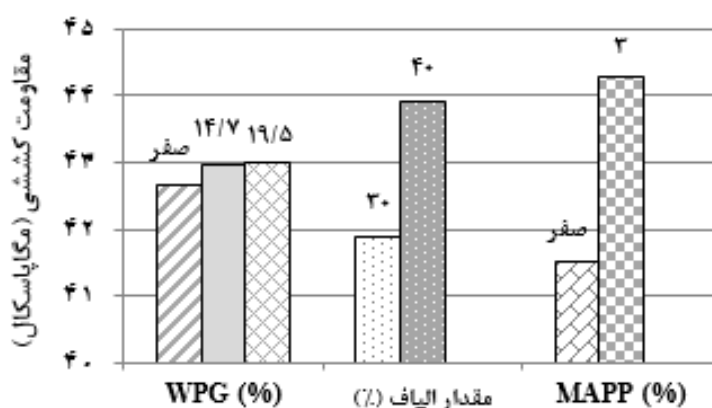


شکل ۲- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر مدول خمشی چندسازه

#### مقاومت کششی و مدول کششی

نتایج به دست آمده نشان دادند که تیمار استیلاسیون الیاف تأثیر معنی داری بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک ندارد اما میزان مصرف الیاف و نیز مصرف MAPP دارای اثر معنی داری بر این ویژگی مکانیکی می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشخص شده است، تیمار استیلاسیون می تواند سبب افزایش مقاومت کششی گردد ولی از لحاظ آماری دارای تأثیر معنی داری بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک نبوده است. شکل ۳ نشان می دهد که با افزایش

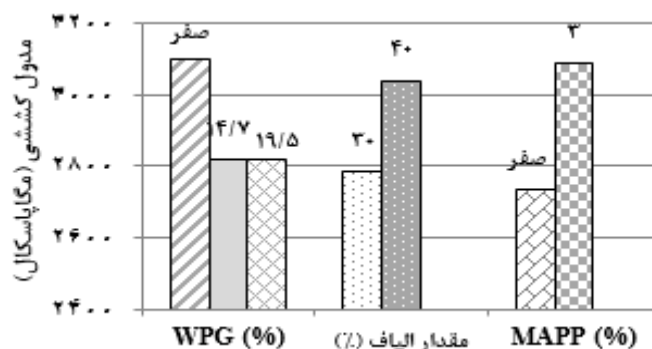
مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد و نیز مصرف MAPP میزان مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک افزایش یافته است. نتایج نشان دادند که بالاترین میزان مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک مربوط به شرایط شدت استیلاسیون ۱۹/۵، مقدار مصرف الیاف ۴۰٪ و مصرف ۳٪ MAPP برابر با ۴۵/۵۱ مگاپاسکال بوده است. همچنین کمترین میزان مقاومت کششی مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۳۰ درصد و بدون مصرف MAPP برابر با ۳۹/۴۳ مگاپاسکال بود.



شکل ۳- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر مقاومت کششی چندسازه

و نیز مصرف MAPP سبب افزایش مدول کششی گردید (شکل ۴). نتایج نشان دادند که بالاترین میزان مدول کششی نمونه‌ها مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۴۰٪ و مصرف ۳٪ MAPP برابر با ۳۴۳۰ مگاپاسکال بود. همچنین کمترین میزان مقاومت کششی مربوط به شرایط استیلاسیون ۱۹/۵، مقدار مصرف الیاف ۳۰٪ و بدون مصرف MAPP برابر با ۲۵۵۴ مگاپاسکال بود.

نتایج به‌دست‌آمده از مدول کششی چندسازه چوب پلاستیک نیز نشان دادند که هر سه عامل تیمار استیلاسیون، میزان مصرف الیاف و نیز MAPP دارای اثر معنی‌داری بر این ویژگی مکانیکی می‌باشند. به‌طوری‌که تیمار استیلاسیون سبب کاهش مدول کششی چندسازه می‌گردد ولی افزایش شدت تیمار شیمیایی از ۱۴/۷ به ۱۹/۵ تأثیر معنی‌داری بر مدول کششی ندارد (شکل ۴). همچنین افزایش میزان مصرف الیاف



شکل ۴- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر مدول کششی چندسازه

و بدون مصرف MAPP برابر با ۱۹/۵۳ ژول بر متر بود.

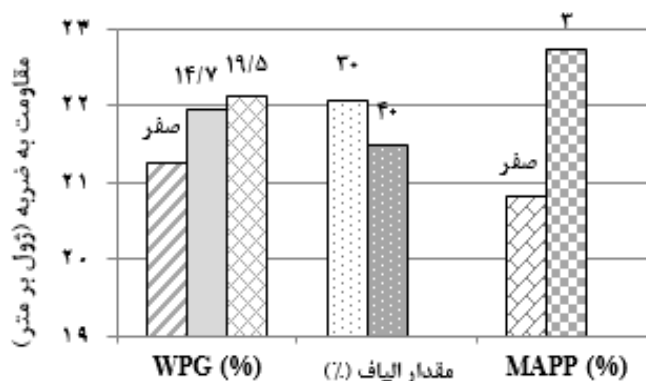
#### مقاومت به ضربه

نتایج آنالیز داده‌ها نشان دادند که در مورد مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک نیز هر سه عامل تیمار استیلاسیون، میزان مصرف الیاف و MAPP دارای اثر معنی‌داری می‌باشند. در اثر تیمار استیلاسیون مقاومت به ضربه چوب پلاستیک بهبود یافت (شکل ۵)؛ اما افزایش شدت استیلاسیون تأثیر معنی‌داری بر مقاومت به ضربه چندسازه نداشت. شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد، مقاومت به ضربه کاهش یافته است. همچنین مصرف MAPP نیز می‌تواند سبب افزایش مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک گردد (شکل ۵). نتایج نشان دادند که بالاترین میزان مقاومت به ضربه نمونه‌ها مربوط به شرایط شدت استیلاسیون ۱۹/۵، مقدار مصرف الیاف ۳۰ درصد و مصرف ۳ درصد MAPP برابر با ۲۳/۰۴ ژول بر متر بوده است. همچنین کمترین میزان مقاومت خمشی مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۴۰ درصد

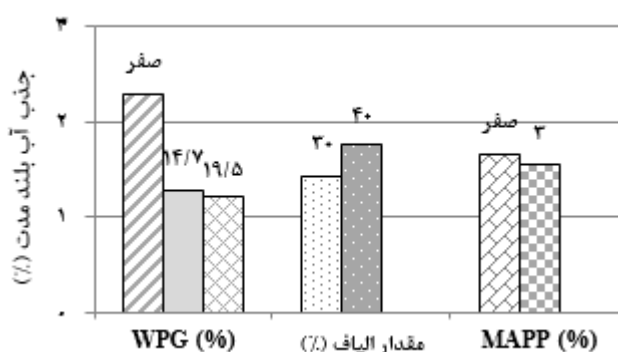
#### جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بلندمدت (۱۸ هفته)

نتایج آنالیز داده‌ها نشان دادند که تیمار استیلاسیون و میزان مصرف الیاف دارای اثر معنی‌داری بر میزان جذب آب بلندمدت چندسازه چوب پلاستیک بود؛ اما مصرف MAPP دارای اثر معنی‌دار نبوده، هرچند که سبب کاهش میزان جذب آب بلندمدت گردید (شکل ۶). نتایج ارائه شده در شکل ۶ نشان می‌دهند که تیمار استیلاسیون الیاف سبب کاهش جذب آب بلندمدت گردید اما با افزایش شدت استیلاسیون از ۱۴/۷ به ۱۹/۵ تغییر معنی‌داری در میزان جذب آب ملاحظه نشد. همچنین این شکل نشان می‌دهد که با افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد میزان جذب آب بلندمدت چندسازه افزایش یافته است. بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که بالاترین میزان جذب آب بلندمدت نمونه‌ها مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۴۰ درصد و بدون

مصرف MAPP بود و برابر با ۲/۵۴ درصد به دست آمد. همچنین کمترین میزان جذب آب بلندمدت مربوط به شرایط شدت استیلاسیون ۱۹/۵، مقدار مصرف الیاف ۳۰ درصد و مصرف ۳ درصد MAPP برابر با ۱/۰۴ درصد بود.



شکل ۵- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر مقاومت به ضربه چندسازه

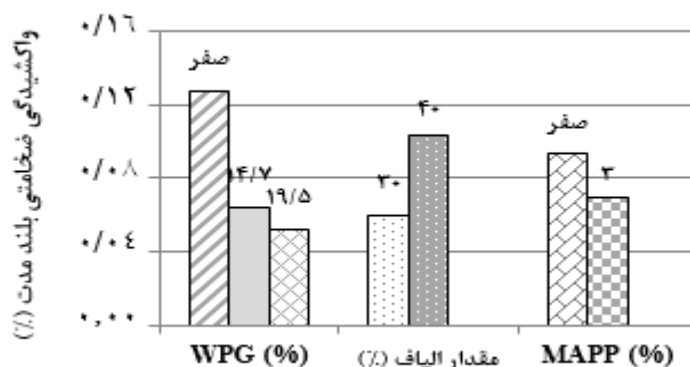


شکل ۶- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر جذب آب بلندمدت چندسازه

الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد و اکسیدگی ضخامت چندسازه افزایش یافت. بررسی نتایج به دست آمده نشان دادند که بالاترین میزان و اکسیدگی ضخامت نمونه‌ها مربوط به شرایط شدت استیلاسیون صفر، مقدار مصرف الیاف ۴۰ درصد و بدون مصرف MAPP بوده و برابر با ۰/۱۸ درصد می‌باشد. همچنین کمترین میزان و اکسیدگی ضخامت مربوط به شرایط شدت استیلاسیون ۱۹/۵، مقدار مصرف الیاف ۳۰ درصد و مصرف ۳ درصد MAPP برابر با ۰/۰۲۵ درصد بود.

از سویی آنالیز نتایج نشان دادند که تیمار استیلاسیون و میزان مصرف الیاف دارای اثر معنی‌داری بر میزان و اکسیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک بودند؛ اما مصرف MAPP دارای اثر معنی‌داری نبوده اما می‌تواند سبب کاهش میزان و اکسیدگی ضخامت گردد (شکل ۷). شکل ۷ بیانگر آن است که تیمار استیلاسیون الیاف سبب کاهش و اکسیدگی ضخامت می‌گردد اما با افزایش شدت استیلاسیون از ۱۴/۷ به ۱۹/۵ تغییر معنی‌داری در میزان جذب آب ملاحظه نشد. همچنین این شکل نشان می‌دهد که با افزایش مقدار مصرف





شکل ۷- اثر مستقل تیمار استیلاسیون (WPG)، میزان مصرف الیاف و MAPP بر واکسیدگی ضخامتی بلندمدت چندسازه

## بحث

گردید که ناشی از بهبود سطح مشترک ماتریس پلیمری و مرحله پرکننده می‌باشد (Han et al., 2008). همچنین نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که تیمار استیلاسیون الیاف سبب کاهش مدول خمشی می‌گردد. Bledzki و همکاران (۲۰۰۸) نیز طی تحقیقات خود نشان دادند که تیمار استیلاسیون سبب کاهش مدول خمشی می‌گردد. آنان تغییرات فیزیکی و شیمیایی الیاف و کاهش ابعاد الیاف در اثر تیمار استیلاسیون را دلیل این امر می‌دانند. همچنین نتایج تحقیقات آنان نشان می‌دهد که افزایش شدت تیمار استیلاسیون می‌تواند سبب ایجاد شکاف و تخریب الیاف و در نتیجه کاهش مدول خمشی گردد. از سویی افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد و نیز مصرف MAPP سبب افزایش مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک گردید. Yin و همکاران (۱۹۹۹) نیز در مطالعات خود مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن با الیاف چوب و جفت‌کننده انیدرید مالئیک اصلاح شده را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که مدول الاستیسیته خمشی در طول زمان بر اثر بلوری شدن افزایش می‌یابد و با حضور MAPP بلوری شدن قابل ملاحظه‌ای اتفاق می‌افتد.

نتایج این بررسی نشان دادند که تیمار استیلاسیون می‌تواند سبب افزایش مقاومت کششی گردد ولی از لحاظ آماری دارای تأثیر معنی‌داری بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک نیست. از سویی افزایش مقدار مصرف الیاف و نیز مصرف

نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر تیمار استیلاسیون بر مقاومت خمشی چندسازه نشان دادند که تیمار استیلاسیون الیاف سبب افزایش مقاومت خمشی می‌گردد. با توجه به اینکه مبنای واکنش‌های استیله کردن جایگزینی گروه‌های استیل با گروه‌های هیدروکسیل بسپارهای سازنده دیواره سلولی می‌باشد؛ از این رو با حذف و یا کاهش گروه‌های هیدروکسیل، ماهیت الیاف لیگنوسولوزی از حالت قطبی به حالت غیرقطبی درآمده و به ماهیت ماتریس پلیمری نزدیک‌تر می‌شود، در نتیجه سبب بهبود چسبندگی در فصل مشترک بین الیاف و ماتریس پلیمری می‌گردد. بنابراین در این حالت انتقال تنش از ماتریس پلیمری به ماده تقویت‌کننده بهتر انجام شده و میزان تمرکز تنش در چندسازه کاهش می‌یابد، در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی بهبود می‌یابد (Li et al., 2007; Kalia et al., 2009; Mishra et al., 2001). همچنین نتایج نشان دادند که با افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد مقاومت خمشی کاهش می‌یابد. به طوری که با افزایش مقدار الیاف، ماتریس پلیمری توان پوشش الیاف را به‌طور کامل نداشته و سبب کاهش همگنی چندسازه و در نتیجه مقاومت خمشی می‌گردد؛ به عبارت دیگر اتصال بین الیاف و ماتریس پلیمری ضعیف‌تر شده و گرایش به سویی پیوندهای مکانیکی بیشتر می‌شود (Han et al., 2006; Wang et al., 2006; Shakeri et al., 2008). از سویی مصرف MAPP نیز سبب افزایش مقاومت خمشی

الیاف و ماتریس پلیمری بهبود یابد و نیروی ناشی از بار ضربه-ای توزیع مناسب‌تری در کامپوزیت داشته باشد و تمرکز تنش کمتر باشد (Allah Moghadam et al., 2010). همچنین با افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد مقاومت به ضربه کاهش می‌یابد. همانطور که قبلاً گفته شد با افزایش مقدار الیاف، پوشش الیاف توسط ماده پلیمری کمتر و در نتیجه سبب کاهش همگنی چندسازه و افت مقاومت به ضربه می‌گردد (Han et al., 2008; Wang et al., 2006). نتایج نشان دادند که مصرف MAPP نیز می‌تواند سبب افزایش مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک گردد که به دلیل بهبود سطح مشترک ماتریس پلیمری و مرحله پرکننده می‌باشد.

نتایج بررسی جذب آب بلندمدت و واکنش‌دهی ضخامت چندسازه نشان دادند که تیمار استیلایون الیاف سبب کاهش جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت می‌گردد. در حقیقت طی فرایند استیله کردن، هرچه میزان جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل با گروه‌های استیل بیشتر باشد، به دلیل کاسته شدن از تعداد گروه‌های هیدروکسیل، گروه‌های عاملی کمتری وجود خواهند داشت تا با مولکول‌های آب پیوند برقرار نمایند و در نهایت جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت کاهش خواهند یافت (Mohebbi & Hajihassani, 2008; Rowell, 2006). همچنین افزایش مقدار مصرف الیاف از ۳۰ به ۴۰ درصد میزان جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت چندسازه را افزایش داد. افزایش مقدار الیاف در چندسازه سبب کاهش پوشش و یا کپسوله شدن آنها به وسیله ماتریس پلیمری و در نتیجه افزایش میزان جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت می‌گردد (Yeh and Gupta, 2010). مصرف MAPP نیز هرچند دارای اثر معنی‌داری بر جذب آب بلندمدت و واکنش‌دهی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک نبود اما سبب کاهش میزان این دو ویژگی گردید. Fallah-Moghadam و Mohebbi (۲۰۱۲) نیز در بررسی‌های خود اعلام نمودند که افزایش شدت تیمار استیلایون سبب افت جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت در ماده مرکب چوب پلاستیک شده و افزایش مقدار سازگارکننده MAPP نیز سبب کاهش جذب آب می‌گردد؛ ولی نقش استیلایون بارزتر از نقش MAPP می‌باشد. بررسی

در ساخت چندسازه سبب افزایش مقاومت کششی آن گردید. بدیهی است افزودن الیاف به ماتریس پلیمری که از نظر ویژگی کششی و خمشی ضعیف‌تر از ماده لیگنوسلولزی می‌باشد سبب بهبود این ویژگی‌ها می‌گردد. Han و همکاران نیز در سال ۲۰۰۸ طی بررسی‌های خود بیان کردند که کلیه ویژگی‌های مکانیکی با افزودن ماده سازگارکننده به علت بهبود سطح مشترک ماتریس پلیمری و مرحله پرکننده افزایش می‌یابد.

از سویی نتایج نشان دادند که تیمار استیلایون سبب کاهش مدول کششی و افزایش میزان مصرف الیاف و نیز مصرف MAPP نیز می‌تواند سبب افزایش مدول کششی چندسازه گردد. به طوری که تغییر و یا تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی الیاف و کاهش ابعاد الیاف در اثر تیمار استیلایون می‌تواند منجر به کاهش مدول کششی گردد (Bledzki et al., 2008). Hristove و همکاران (۲۰۰۴) نیز در یک بررسی که اثر افزودن سازگارکننده‌ها را بر خواص مکانیکی چندسازه‌های پلی‌پروپیلن-آرد چوب مورد مطالعه قرار دادند به این نتیجه رسیدند که مدول کششی، مقاومت کششی و مقاومت به ضربه با افزودن MAPP بهبود می‌یابد. آنان گزارش کردند که ضعف خواص مکانیکی چندسازه‌های اصلاح نشده به علت اتصال ضعیف میان ماتریس پلیمری و الیاف چوبی است که می‌تواند با استفاده از مواد جفت‌کننده برطرف گردد.

در ارتباط با مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک نتایج بیانگر آن بود که تیمار استیلایون سبب افزایش مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک می‌گردد. تیمار شیمیایی استیلایون، سبب کاهش خاصیت آبدوستی الیاف طبیعی می‌شود و این امر می‌تواند توزیع و پراکنش مناسب‌تر الیاف در داخل ماتریس پلیمری را به همراه داشته، در نتیجه باعث افزایش مقاومت به ضربه کامپوزیت‌ها شود (Kord & Taghizadeh, 2014; Ghasemi & Farsi, 2010; Farsi, 2010). بررسی میکروسکوپ الکترونی سطح شکست چوب پلاستیک نیز نشان داد که استیلایون سبب می‌گردد که پیوستگی بین

- Han, G., Lei, Y., Wu, Q., Kojima, Y. and Suzuki, S., 2008. Bamboo-Fiber Filled High Density Polyethylene Composites: Effect of Coupling Treatment and Nanoclay. *J Polym Environ*. 16. 123-130.
- Hill, C., 2006. Wood modification chemical, Thermal and Other Process John Wiley and Sons Ltd, 260 p.
- Hristove, V.N., Vasileva, S.T., Krumova, M. and Michler, R., 2004. Deformation mechanisms and mechanical properties of modified polypropylene/wood fiber composites. *Journal of Polymer Composites*. 25(5). 1015-1022.
- Ismaeilimoghadam, S., Masoudifar, M., Shamsian, M., Nosrati Sheshkal, B. and Seyedzadeh Otaghsaraei, S.M., 2016. The effect of chemical treatment of wood flour on some properties off wood-plastic composite. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 7(3): 449-462.
- Johnson, D.A., Maclean, W.D. and Jaconson, R., 1997. Agro-Plastic Composites: Replacing Polypropylene and Polyethylene with Wheat Straw: Making a Business From Biomass in Energy, Environment, Chemicals, Fibers, and Materials. 925-932.
- 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.
- Kargarfard, A., 2013. The Influence of coupling agent and the content of fibers on tensile strength and physical properties of cotton fiber stem/recycled polypropylene composites. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 3(2):131-140.
- Kord, B. and Taghizadeh Haratbar, D., 2014. Influence of fiber surface treatment on the physical and mechanical properties of wood flour-reinforced polypropylene bionanocomposites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, DOI: 10.1177/0892705714551592.
- Li, X., Tabil, L.G. and Panigrahi, S., 2007. Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber reinforced composites: a review. *J. Polymer Environ*, 15: 25-33.
- Mishra, S., Tripathy, S.K. and Mohanty, A.K., 2001. Graft copolymerization of acrylonitrile on chemically modified sisal fibers. *Macromolecular Material and Engineering*, 286(2): 107-113.
- Mohebbi, B., 2003. Biological attack of acetylated wood. Ph.D. Thesis, Gottingen University, Gottingen, 147 p.
- Mohebbi, B., and Hajihassani, R., 2008. Moisture Repellent Effect of the Acetylation on Poplar Fibers. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10(1): 157-163.
- Rosa, S.M.L., Santosb, E.F., Ferreira, C.A. and میکروسکوپ الکترونی ساختار چوب پلاستیک توسط آنان نشان داد که با افزایش شدت تیمار استیلاسیون، از تخلخل ساختاری کامپوزیت کاسته می‌شود که این موضوع به دلیل ایجاد سطوح صاف‌تر در نمونه‌های استیله شده و پیوند بهتر بین ماتریس پلیمری و الیاف می‌باشد. به‌طورکلی نتایج نشان داده است که تیمار استیلاسیون می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و برخی از خواص مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک گردد. همچنین در این بررسی نتایج بیانگر آن بود که مصرف MAPP می‌تواند بر روی کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه اثر مثبت داشته باشد.

### منابع مورد استفاده

- Allah Moghadam Behambari, P., Mohebbi, B. and Kazemi-Najafi, S., 2010. Influence of Acetylation and Compatibilizer MAPP on Impact Load Resistance and Fractured Surfaces of WPC Manufactured with Polypropylene/Wood Fiber, The 1st National Conference on Innovations in Wood Technologies, May 2010, Kalarabad, Iran: 77-78. (In Persian language).
- American Society for Testing and Materials, ASTM Hand book 2003.
- Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Lucka-Gabor, M. and Gutowski, V.S., 2008. The effects of acetylation on properties of flax fibre and its polypropylene composites. *eXPRESS Polymer Letters*, 2(6): 413-422.
- Fallah-Moghadam, P. and Mohebbi, B., 2012. Water Absorption and Dimensional Stability of polypropylene/Acetylated Wood Fiber. *J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 18(4):29-43.
- Farsi, M., 2010. Wood-plastic composites: influence of wood flour chemical modification on the mechanical performance. *J Reinf Plast Compos*, 29(24): 3587-3592.
- Ghasemi, I. and Farsi, M., 2010. Interfacial behavior of wood plastic composite: effect of chemical treatment on wood fibers. *Iran Polymer J*, 19(10): 811-818. (In Persian).
- Güñez, D., Jasso, C., Fuentes, F., Navarro, F., Dávalos, F. and Ramos, J., 2005. Chemical Treatments on Sisal Fibers to Produce Composite Materials with Polyethylene and Polystyrene: Proceeding of the 8th Polymers for Advanced Technologies International Symposium, Budapest, Hungary. 13-16 September.

- Nature. Resour., Vol. 13(6).
- Shubhra, Q., Alam, A. and Quaiyyum, M.A., 2011. Mechanical properties of polypropylene composites. *Journal of Thermoplastic Composite Material*, 26(3):362-391.
- Wang, L., Wang, K., Chen, L., Zhang, Y. and He, C., 2006. Preparation, morphology and thermal/mechanical properties of epoxy/nanoclay composite. *Applied Science and Manufacturing* 37(11): 1890-1896.
- Yeh, S.K. and Gupta, R.K., 2010. Nanoclay –reinforced polypropylene- based wood plastic composites. *Polymer Engineering and Science*. DOI.10.1002/Pen.21729
- Yin, S., Rials, T.G. and Wolcott, M.P., 1999. Crystallization behavior of polypropylene and its effect on wood fiber plastic composites. *Proceeding of 5th International conference on wood fiber plastic composites*, Forest Product Society & Laboratory, Madison, 139-146.
- Nachtigallb, S.M.B., 2009. Studies on the properties of rice-husk-filled-PP composites–effect of maleated PP. *Materials Research*, 12(3): 333-338.
- Rowell, R.M., 2006. Chemical Modification of Wood: A Short Review. *Wood Material Science and Engineering*, 1(1): 29-33.
- Sanadi, A.R., Hunt, J.F., Culfied, D.F., Kovacsvolgyi, G. and Destree, B., 2001. High Fiber –Low Matix Composites; Kenaf Fiber/ Polypropylene. *Proceeding of The Sixth International Conference on Wood Fiber-Plastic Composites*. Forest Products Societiy, Madison, WI, Under Press.
- Shakeri, A. and Omidvar, A., 2007. Investigation on the Effect of Type, Quantity and Size of Straw Particles on the Mechanical Properties of Crops Straw-High Density Polyethylene Composites. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 4: 301-308.
- Shakeri, A., Omidvar, A. and Gargani, F., 2007. Investigation of mechanical properties of high density polyethylene-rice straw composite. *J. Agric. Sci.*

## **Influence of filler modification on physical and mechanical properties of wood plastic composite**

**R. Hajihassani<sup>1\*</sup>, F. Golbabaei<sup>2</sup> and S.M. Zamani<sup>3</sup>**

- 1\*-Corresponding author, Assistant Prof., Wood and Forest Products Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: [Reza.Hajihassani@gmail.com](mailto:Reza.Hajihassani@gmail.com)  
2-Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran  
3-Assistant Prof., Conservation and Protection of Forest and Rangeland Research Group, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: May, 2019      Accepted: Sep., 2019

### **Abstract**

The aim of current research was to investigate the effect of poplar fiber chemical treatment on physical and mechanical properties of wood plastic composite. Samples were made from acetylated poplar fibers with different weight percent gains (WPGs of 0, 14.7 and 19.5%), two levels of fiber in the composite (30 and 40%) and two levels of MAPP (0 and 3%). The samples were physically and mechanically tested. Then, the results were analyzed based on a complete randomized design (CRD) under a factorial experiment. Results revealed that the acetylation reduces the water absorption and thickness swelling and also improved some mechanical properties. Moreover, the results showed that the utilization of MAPP increases physical and mechanical properties of wood plastic composite. The results indicated that increasing fiber dosage from 30 to 40%, enhances water absorption, thickness swelling, tensile strength, tensile modulus as well as bending modulus, but reduces the bending strength and impact resistance.

**Keywords:** Wood plastic composite, filler modification, polypropylene, physical and mechanical properties.