



دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد بیستم و یکم، شماره سوم، ۱۳۹۳  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## مقاومت‌های خمشی و کششی چندسازه حاصله از آرد ساقه برنج - پلی‌پروپیلن در دوره‌های رطوبت‌دهی متناوب

\* حسین محمدی<sup>۱</sup>، محراب مدهوشی<sup>۲</sup> و مجید ذبیح‌زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۳</sup> دانشیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۴

### چکیده

در این پژوهش، تأثیر مراحل رطوبت‌دهی متناوب بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های آرد ساقه برنج - پلی‌پروپیلن مورد مطالعه قرار گرفت. تخته‌های چندسازه با چگالی اسمی ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ابعاد اسمی ۲۵×۱۵×۱ سانتی‌متر در مجموع شامل ۶ تیمار با درصد اختلاط ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد آرد ساقه برنج ساخته شدند. خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌ها اندازه‌گیری و داده‌ها با آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با یکدیگر مقایسه شدند. به‌طور کلی، نتایج نشان دادند که با افزایش مقدار آرد ساقه برنج از ۴۵-۷۵ درصد و طی شدن مراحل رطوبت‌دهی از حالت خشک تا دوره سوم، دانسیته و مقاومت‌های مکانیکی چندسازه کاهش یافته و جذب آب و واکنشیدگی ضخامت آن افزایش می‌یابد. افزودن ماده جفت‌کننده به‌میزان ۲ درصد وزنی باعث بهبود نسبی مقاومت‌ها و کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: چندسازه چوب-پلاستیک، آرد ساقه برنج، مالٹیک‌انیدرید پلی‌پروپیلن

\* مسئول مکاتبه: [mohamadi.hoseine@gmail.com](mailto:mohamadi.hoseine@gmail.com)

## مقدمه

چندسازه چوب-پلاستیک، ترکیب آرد یا الیاف چوب با مواد ترموپلاستیک مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌لاکتیک اسید، پلی‌ونیل کلراید و... می‌باشد که به‌طور اختصار آن را چوب پلاستیک<sup>۱</sup> می‌نامند (راول، ۲۰۰۶). این فرآورده‌ها دارای دو فاز می‌باشند: فاز زمینه<sup>۲</sup> و فاز تقویت‌کننده<sup>۳</sup>، وظیفه فاز تقویت‌کننده تحمل تنش‌های مکانیکی وارده است و فاز زمینه تنش‌های وارده را از یک جز تقویت‌کننده به‌جز دیگر منتقل کرده و به این ترتیب در تمام چندسازه توزیع می‌نماید (درودییانی، ۱۹۹۴). چندسازه‌هایی که در آن‌ها فاز زمینه توسط الیاف گوناگون تقویت شده باشند، مهم‌ترین دسته این محصولات را تشکیل می‌دهند و به چندسازه‌های لیفی<sup>۴</sup> معروف هستند. چنان‌چه به‌جای الیاف از پودر استفاده شود، این مواد را چندسازه‌های ذره‌ای یا پودری<sup>۵</sup> می‌نامند (کلیوسوف، ۲۰۰۷).

توسعه سریع چندسازه‌های چوب-پلاستیک طی چند سال گذشته بیش‌تر به‌دلیل برتری‌های کاربردی آن‌ها نسبت به مواد چوبی رقیب بوده است. این برتری‌ها شامل مقاومت خمشی و ضربه بهتر، مقاومت به رطوبت بهتر و مقاومت بهتر در مقابل عوامل جوی می‌باشد (کیانی، ۲۰۰۶). یانگ و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی امکان استفاده از مواد لیگنوسلولزی به‌عنوان تقویت‌کننده در چندسازه‌های پلی‌پروپیلن-آرد ساقه برنج به این نتیجه رسیدند که مقاومت کششی چندسازه به آرامی با افزایش پرکننده کاهش می‌یابد و مدول کششی با افزایش پرکننده بهبود می‌یابد. آتی‌جایامانی و همکاران (۲۰۰۹) به‌منظور بررسی اثر جذب آب روی خواص مکانیکی چندسازه هیبرید پلی‌استر-الیاف طبیعی (با نسبت ۱:۱) با پراکنش تصادفی، آن‌ها را در شرایط خشک و تر مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که، با افزایش درصد الیاف سلولزی از ۳۰-۱۰ درصد و افزایش طول الیاف از ۱۵-۵ میلی‌متر، مقاومت‌های خمشی و کششی چندسازه افزایش می‌یابد و در اثر قرار گرفتن در معرض رطوبت کاهش در مقاومت‌های خمشی و کششی مشاهده می‌شود. درصد کاهش مقاومت در شرایط تر با افزایش مقدار و طول الیاف افزایش می‌یابد.

زو و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی خواص مکانیکی چندسازه الیاف چوب تحت تأثیر دما و رطوبت با ۳۰ و ۵۰ درصد الیاف چوب که به‌مدت ۷۰۰۰ ساعت در معرض ۴ نوع شرایط دمایی و رطوبتی

- 1- Wood Plastic Composite (WPC)
- 2- Matrix
- 3- Reinforcer
- 4- Fiber Composites
- 5- Particular Composites

قرار گرفته بودند، به این نتیجه رسیدند که هر دو نوع مقاومت خمشی و کششی نمونه‌ها در معرض شرایط هوازدگی به شدت کاهش می‌یابند.

مدهوشی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی مقاومت انفصالی اتصالات چندسازه‌های الیاف ساقه برنج با دو نوع گرمانرم پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن در شرایط تر و خشک به این نتیجه رسیدند که مقاومت انفصالی پیچ بیش‌تر از میخ است و همچنین صرف‌نظر از نوع پلیمر درصد الیاف ساقه برنج تأثیر معناداری بر مقاومت انفصالی اتصالات دارد. به‌ویژه در نسبت‌های بالاتر الیاف به پلیمر. بنابراین این‌گونه نتیجه‌گیری کردند که در شرایط مرطوب مقاومت انفصالی اتصالات میخ (۷۳/۶۶ درصد) بیش‌تر از پیچ (۲۸/۹ درصد) کاهش می‌یابد. در پژوهش‌های دیگر نوربخش و همکاران (۲۰۰۴)، شاکری و امیدوار (۲۰۰۶) و آدیکاری و همکاران (۲۰۰۸)، به این نتیجه رسیدند که افزودن مالئیک‌انیدرید سبب بهبود خواص مکانیکی و چسبندگی بین پلیمر و ذرات آرد چوب و مواد لیگنوسولوزی می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی امکان استفاده بهینه از پسماندهای کشاورزی و نیز تعیین خواص فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی چندسازه حاصله در دوره‌های رطوبت‌دهی متناوب می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

**مواد اولیه:** ساقه‌های برنج مورد نیاز، به‌صورت عدل‌های بسته‌بندی شده از مزارع اطراف ساری تهیه و به محل آزمایشگاه منتقل شد. پلی‌پروپیلن (PP) با وزن مخصوص ۰/۹۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و شاخص جریان مذاب (MFI)  $5 \text{ g}/10 \text{ min}^1$  به‌صورت پودر از مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی و مالئیک‌انیدرید گرفت شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) با ۶ درصد مالئیک‌انیدرید، به‌صورت گرانول از شرکت مواد پلاستیک ملل تهیه گردید.

**آماده‌سازی:** ابتدا ساقه‌های برنج تهیه شده، در هوای آزاد به‌مدت ۱ ماه خشک گردید تا رطوبت ساقه‌ها مقداری کاهش یابد. پس از خردکردن ساقه‌های برنج به طول تقریبی ۵ سانتی‌متر و آسیاب کردن، آرد حاصله مش‌بندی گردید. پس از بررسی منابع اندازه ذرات برای ساخت نمونه‌ها مش ۴۰ تعیین گردید (مدهوشی و همکاران، ۲۰۰۹). سپس آرد ساقه برنج با استفاده از آون آزمایشگاهی در دمای  $103 \pm 2$  به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شد تا از تبادل رطوبت با محیط جلوگیری شود. سپس، گرانول‌های مالئیک‌انیدرید پلی‌پروپیلن با استفاده از آسیاب

1- Melt Flow Index

آزمایشگاهی به پودر تبدیل شده و با الک مش ۶۰ مش بندی گردید. در این پژوهش پلی‌پروپیلن به‌عنوان ماده زمینه و آرد ساقه برنج به‌عنوان پرکننده به‌کار برده شد و برای بهبود اتصال بین دو فاز در نیمی از نمونه‌ها از سازگارکننده به‌میزان ۲ درصد وزنی استفاده گردید. قاب فلزی به ابعاد ۱۵×۱۵×۲۵ سانتی‌متر به‌منظور جلوگیری از روان شدن ماده پلیمری بر روی صفحه پرس و نیز کاهش میزان تغییرات ضخامت نمونه‌ها، تهیه شد. اختلاط و پیش‌پرس نمونه‌ها به‌صورت دستی، پرس گرم با استفاده از دستگاه آزمایشگاهی OTT و پرس سرد به‌وسیله دستگاه پرس آزمایشگاهی انجام شد. ساخت نمونه‌ها: نمونه‌های مورد نیاز در ۶ تیمار و ۵ تکرار براساس جدول ۱ تهیه شدند.

جدول ۱- درصد اختلاط، دانسیته و رطوبت اولیه چندسازه در هر یک از تیمارها.

تیمار	ساقه برنج (درصد)	پلی‌پروپیلن (درصد)	مالئیک‌انیدرید پلی‌پروپیلن (درصد)	دانسیته (کیلوگرم بر مترمکعب)	رطوبت اولیه (درصد)
۱	۴۵	۵۳	۲	۸۶۷	۲/۰۲۵
۲	۶۰	۳۸	۲	۸۵۶	۳/۳۰۵
۳	۷۵	۲۳	۲	۸۴۷	۳/۴۴۲
۴	۴۵	۵۵	۰	۸۶۵	۲/۵۰۶
۵	۶۰	۴۰	۰	۸۴۵/۶	۳/۴۴۵۶
۶	۷۵	۲۵	۰	۸۲۲	۴/۱۲۵

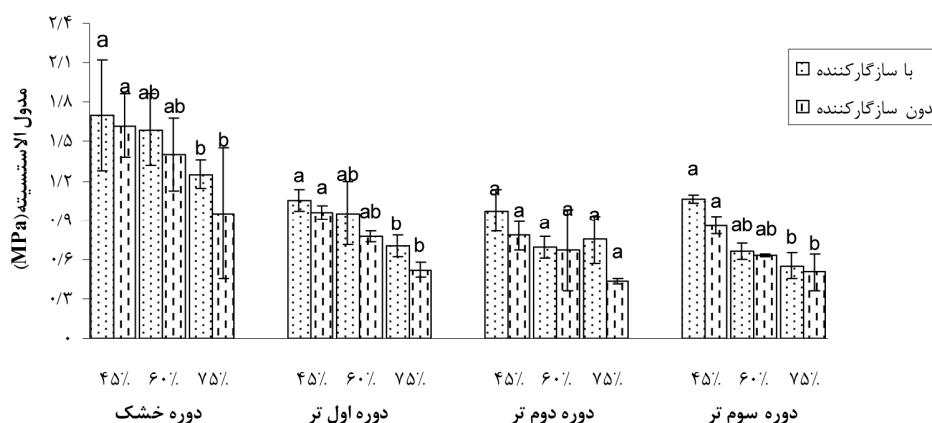
پس از بررسی منابع دانسیته اسمی چندسازه ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب (آدیکاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ فالک و همکاران، ۲۰۰۱؛ مدهوشی و همکاران، ۲۰۰۹) و ابعاد نمونه‌ها ۱۵×۱۵×۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. روش ساخت به این صورت بود که ابتدا مقدار مورد نیاز از هر ماده توزین و به‌طور کامل با یکدیگر مخلوط شدند. مخلوط آماده درون قاب فلزی ریخته و به‌صورت دستی پیش‌پرس شد تا از ریخته شدن آن هنگام جابه‌جایی جلوگیری شود. نمونه‌های آزمایش به‌صورت خشک مخلوط و با استفاده از پرس آزمایشگاهی ساخته شدند. دمای مورد استفاده برای ساخت نمونه‌ها ۱۹۰ درجه سلسیوس و فشار پرس ۳۵ بار انتخاب گردید. مدت زمان پرس گرم ۱۵ دقیقه تعیین شد. روش انجام کار به این صورت بود که پس از پیش‌پرس، نمونه‌ها به پرس گرم منتقل و ابتدا به‌مدت ۷ دقیقه تحت فشار ۳۵ بار پرس گردیدند. سپس دهانه پرس به‌مدت ۱ دقیقه باز گردید تا هوا و بخار محبوس شده

از درون چندسازه خارج شود. در مرحله بعد دوباره دهانه پرس به مدت ۷ دقیقه با فشار ۳۵ بار بسته شد. پس از اتمام مراحل پرس گرم نمونه‌های آزمایش به مدت ۵ دقیقه با فشار ۳۵ بار تحت پرس سرد قرار گرفتند تا ضمن سرد شدن نمونه‌ها، مراحل پلیمریزاسیون نیز تکمیل گردد. نمونه‌های ساخته شده به منظور متعادل‌سازی رطوبت به مدت ۲ هفته در شرایط محیط قرار گرفتند. پس از سپری شدن مدت متعادل‌سازی از هر تکرار ۳ نمونه برای آزمون خمش و ۳ نمونه برای آزمون کشش تهیه شد. برای انجام آزمایش در شرایط مرطوب نمونه‌های انتخاب شده برای هر دوره رطوبتی به صورت متناوب ۲۴ ساعت در آب مقطر با دمای ۲۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور و سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آون آزمایشگاهی با دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس خشک می‌شدند، تا پس از سرد شدن آماده آزمون شوند. آزمون‌های مکانیکی: مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت کششی نمونه‌های آزمایشی مطابق استاندارد CEN/TS15534-1:2007 توسط دستگاه Schenck Trebel دانشکده جنگلداری و فناوری چوب گرگان اندازه‌گیری و داده‌ها با آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS با یکدیگر مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱ ملاحظه می‌شود که با افزایش آرد ساقه برنج از ۷۵-۴۵ درصد، دانسیته چندسازه حاصله کاهش می‌یابد و افزودن عامل سازگارکننده به میزان ۲ درصد وزنی، دانسیته چندسازه حاصله را افزایش و درصد رطوبت اولیه را کاهش می‌دهد (طبرسا و علائی، ۲۰۰۱). همچنین با افزایش آرد ساقه برنج درصد رطوبت اولیه چندسازه افزایش می‌یابد. می‌توان دلیل نتایج بالا را به دانسیته ظاهری کمتر و قدرت جذب آب بالاتر آرد ساقه برنج نسبت داد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط شاکری و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارند.

**مدول الاستیسیته خمشی (MOE):** میانگین مقادیر به دست آمده برای مدول الاستیسیته خمشی نمونه‌ها در دوره خشک و ۳ دوره رطوبت‌دهی در شکل ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها اختلاف معناداری را بین درصدهای مختلف آرد ساقه برنج و مراحل رطوبت‌دهی نشان داد. به‌طورکلی افزودن سازگارکننده با وجود بهبود نسبی در میزان مدول الاستیسیته تأثیر معناداری بر این خصوصیت نداشته است.

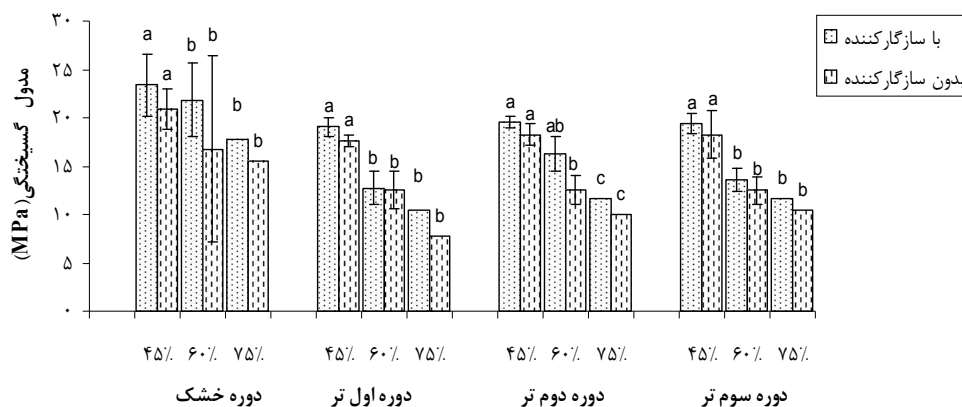


شکل ۱- مدول الاستیسیته خمشی نمونه‌ها در تیمارها و مراحل رطوبت‌دهی مختلف.

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر مدول الاستیسیته مواد مرکب تأثیر می‌گذارد، مدول الاستیسیته اجزای آن می‌باشد (اندرسون و لوکاس، ۱۹۹۴؛ چهارم‌حلی و همکاران، ۲۰۰۷). همان‌طور که می‌دانیم مدول الاستیسیته ذاتی الیاف سلولزی بالاتر از پلی‌پروپیلن خالص می‌باشد اما با این وجود ملاحظه می‌شود که با افزودن آرد ساقه برنج به پلی‌پروپیلن مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد، یعنی تیمار ۴۵ درصد بالاترین مدول الاستیسیته را در بین تیمارها به خود اختصاص داده است و با افزایش ۱۵ درصد آرد ساقه برنج یعنی در تیمار ۶۰ درصد کاهش معناداری در مدول الاستیسیته خمشی ایجاد می‌شود، که به نظر می‌رسد به علت کاهش مقدار پلی‌پروپیلن و نچسبیدن مناسب ذرات به یکدیگر می‌باشد. اتصالی که پلاستیک با الیاف چوبی ایجاد می‌کند از نوع مکانیکی می‌باشد (ایجاد نکردن اتصالات شیمیایی به دلیل طبیعت غیرقطبی پلاستیک و طبیعت قطبی الیاف چوبی می‌باشد)، این اتصال در نتیجه ذوب شدن پلاستیک به وجود می‌آید و باعث اتصال الیاف چوب به یکدیگر می‌شود. بنابراین وقتی درصد پلاستیک کاهش می‌یابد، مقدار این اتصالات نیز کاهش خواهد یافت که در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی نیز کاهش می‌یابد. در پژوهشی مشابه شاکری و همکاران (۲۰۰۶) اعلام کردند که افزایش پرکننده سلولزی تا ۳۰ درصد باعث افزایش مقاومت‌های چندسازه می‌شود و بیش از آن مقاومت‌ها کاهش می‌یابند که با نتایج به دست آمده در این پژوهش، مطابقت دارند. با وجود این که افزودن سازگارکننده به چندسازه تا حدی باعث افزایش مدول الاستیسیته خمشی می‌شود، اما با توجه

به زیاد بودن نسبت حجم به وزن آرد ساقه برنج و نیز کم بودن مقدار سازگارکننده نسبت به حجم کل تخته، به نظر می‌رسد که این مقدار از سازگارکننده نتوانسته است تأثیر معناداری بر روی میزان مدول الاستیسیته خمشی داشته باشد. این نتایج با نتایج راول و همکاران (۲۰۰۴) و شاکری و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، مدول الاستیسیته خمشی چندسازه در سطوح مختلف آرد ساقه برنج با افزایش مراحل رطوبت‌دهی کاهش می‌یابد. دلیل این حالت را می‌توان این‌گونه بیان نمود که در اثر رطوبت، الیاف سلولزی واکشیده می‌شوند که این امر باعث توسعه تنش برشی در سطح مشترک پلیمر با الیاف و نیز کاهش اتصال بین فاز زمینه و فاز تقویت‌کننده شده و سرانجام باعث از هم گسستگی الیاف، لایه‌لایه شدن و کاهش یکپارچگی ساختار چندسازه می‌شود (آتی جایامانی و همکاران، ۲۰۰۸).

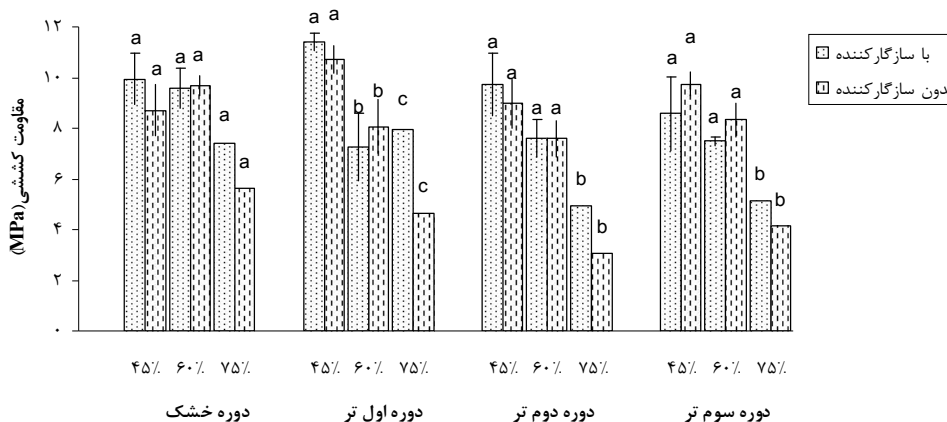
**مدول گسیختگی (MOR):** مقادیر میانگین مدول گسیختگی نمونه‌ها در دوره خشک و ۳ دوره رطوبت‌دهی متناوب در شکل ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بین نمونه‌هایی با مقادیر مختلف آرد ساقه برنج در همه دوره‌های رطوبت‌دهی، اختلاف معناداری از نظر آماری وجود دارد. افزودن سازگارکننده، با وجود بهبود مدول گسیختگی نتوانسته است تأثیر معناداری روی این خاصیت داشته باشد. اثر دوره‌های رطوبت‌دهی بر مدول گسیختگی از نظر آماری معنادار می‌باشد.



شکل ۲- مدول گسیختگی نمونه‌ها در تیمارها و مراحل رطوبت‌دهی مختلف.

کاهش مدول گسیختگی در اثر افزایش میزان آرد ساقه برنج، می‌تواند مربوط به نبود توزیع مناسب ذرات آرد ساقه برنج در درون ماده زمینه پلیمری باشد که شانس قرار گرفتن ذرات ساقه برنج در کنار یکدیگر را افزایش می‌دهد و در نتیجه چسبندگی بین آن‌ها کاهش یافته و باعث افت مقدار مدول گسیختگی می‌شود. در پژوهشی که توسط کاراسچی و لوپز (۲۰۰۰) صورت پذیرفت مشخص شد که با افزایش مقدار پرکننده، هم ویژگی‌های مکانیکی و هم شاخص جریان مذاب کاهش می‌یابد و مدول الاستیسیته و سختی افزایش می‌یابد.

**مقاومت کششی:** شکل ۳ مقادیر میانگین مقاومت کششی نمونه‌ها در دوره خشک و دوره‌های رطوبت‌دهی متناوب را نشان می‌دهد. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود به‌غیر از دوره خشک، درصد آرد ساقه برنج تأثیر معناداری روی مقاومت کششی چندسازه داشته است. همچنین با طی شدن دوره‌های رطوبت‌دهی مقاومت کششی چندسازه کاهش می‌یابد. به‌طورکلی افزودن سازگارکننده باعث بهبود مقاومت کششی چندسازه می‌شود.



شکل ۳- مقاومت کششی نمونه‌ها در تیمارها و مراحل رطوبت‌دهی مختلف.

می‌توان دلیل افزایش مقاومت کششی با افزودن سازگارکننده را به این صورت بیان داشت که با افزایش مقدار سازگارکننده ذرات قطبی آرد ساقه برنج می‌توانند با فاز زمینه غیرقطبی پلی‌پروپیلن، اتصال شیمیایی برقرار کنند و همین امر باعث افزایش مقاومت کششی چندسازه می‌شود. استارک نیز



در پژوهشی در مورد اثر خصوصیات الیاف روی خواص مکانیکی چندسازه‌های چوب- پلی‌پروپیلن در سال ۲۰۰۲، این مطلب را تأیید کرده است. مشاهده می‌شود که با افزایش دوره‌های رطوبت‌دهی و مقدار آرد ساقه برنج، به‌طور کلی مقاومت کششی چندسازه کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش میزان چسبندگی بین ذرات در اثر افزایش مقدار آرد ساقه برنج و نیز سست شدن اتصالات داخلی چندسازه در اثر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه در اثر قرار گرفتن در دوره‌های رطوبت‌دهی باشد (آتی‌جایامانی و همکاران، ۲۰۰۸). چندسازه‌های دارای سازگارکننده به دلیل چسبندگی بهتر بین آرد ساقه برنج و پلی‌پروپیلن و در نتیجه جذب آب کم‌تر، مقاومت بیشتری را نسبت به چندسازه‌های بدون سازگارکننده نشان می‌دهند (کلیوسوف، ۲۰۰۷؛ بلزکی و همکاران، ۲۰۰۳).

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصله در مراحل سه‌گانه رطوبت‌دهی نشان می‌دهد که به‌طور کلی در اثر طی شدن مراحل رطوبت‌دهی از مرحله اول تا سوم، مقاومت‌های مکانیکی چندسازه، در بیش‌تر موارد کاهش می‌یابد. این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش میزان چسبندگی بین ذرات در اثر افزایش مقدار آرد ساقه برنج و نیز سست شدن اتصالات داخلی چندسازه در اثر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه در اثر قرار گرفتن در دوره‌های رطوبت‌دهی متناوب باشد (آتی‌جایامانی و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین چندسازه‌هایی که دارای سازگارکننده هستند به دلیل چسبندگی بهتر بین آرد ساقه برنج و پلی‌پروپیلن و در نتیجه جذب آب کم‌تر، مقاومت بیشتری را نسبت به چندسازه‌های بدون سازگارکننده نشان می‌دهند. این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط نوربخش و همکاران (۲۰۰۴) و یانگ و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارند. در مجموع با توجه به اطلاعات به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که افزودن مقادیر بیش‌تر از ۴۵ درصد آرد ساقه برنج، باعث افت مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه شده و از نظر فنی توصیه نمی‌شود. پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های مربوط به دوره‌های رطوبت‌دهی متناوب برای چندسازه‌هایی با درصدهای کم‌تر پرکننده نیز انجام و نتایج حاصله با نتایج بدست آمده از این پژوهش مقایسه شود.

## منابع

1. Adhikary, K., Pang, S. and Staiger, M. 2008 Dimensional stability and mechanical behavior of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE), *Composites: Part B*. 39: 807-815.
2. Amirkheizi, M.H. 2001. Blending in polymeric industries. Isfahan Industrial University Publication Center. 411p.
3. Anderson, E. and Locas, B. 1994. Technology and uses of composites, Tehran University Publications Center, 126p. (Translated by Saeid Dorodian)
4. Athijayamani, A., Thiruchitrambalam, M., Natarajan, U. and Pazhanivel, B. 2009. Effect of moisture absorption on the mechanical properties of randomly oriented natural fibers/polyester hybrid composite. *Materials Science and Engineering* 25197.
5. Chaharmahali, M., Kazemi Najami, S. and Tajvidi, M. 2007. Effect of blending method on mechanical properties of wood-plastic composites. *Polymer science and technology magazine*. 20<sup>st</sup> year. 4: 361-367.
6. Falk, R., Vos, D., Cramer, S. and English, B. 2001. Performance of fasteners in wood flour-thermoplastic composite panels, composites and manufactured products. *For. Prod. J.* 51: 1.
7. Jazayeri, B. 2006. Comparison wood-plastic composite properties with wood panels. Published Paper in Amir Kabir University Wood Plastic Conference. 10p.
8. Kiyani, A. 2006. Junction agents extension WPC composites performance range. *Bespar Magazine*. 50: 96-100.
9. Klyosov, A. 2007. Wood plastic composites. Willey. Pp: 56-58.
10. Madhoushi, M., Nadalizadeh, H. and Ansell, M. 2009. Withdrawal strength of fasteners in rice straw fiber-thermoplastic composites under dry and wet conditions. *Polymer Testing*, 28: 301-308.
11. Norbakhsh, A., Hoseinzadeh, A., Jahanlatibari, A., Kargarfard, A. and Kekta, V. 2004. Comparison effect of lignocellulosical materials on different MAPP load in pp-wood fiber/flour. *Wood and Paper Science Magazine of Iran*. 19: 1. 68-49.
12. Premalal, H., Ismail, H. and Baharin, A. 2002. Comparison of the mechanical properties of rice husk powder filled polypropylene composites with talk filled polypropylene composites.
13. Rowell, R. 2003. Mechanical Properties of Wood Fiber Composites under the Influence of Temperature and Humidity, the seventh international conference on woodfiber-plastic composites. May 19-20, 2003.
14. Rowell, R., Lanfe, S. and Jacobson, R. 2004. Effect of moisture on aspen-fiber/polypropylene composites. 7<sup>th</sup> pacific rim bio-based composites symposium. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Addison, WI, USA.

15. Rowell, R. 2006. Advance and challenges of wood polymer composites. proceedings of the 8 pacific rim bio-based composites symposium. Kuala Lumpur, Malaysia. 11p.
16. Shakeri, A. and Omidvar, A. 2006. Effect of type, load rate and particle size of straw on mechanical properties of HDPE/straw. Polymer Science and Technology Magazine. 19<sup>st</sup> year. 4: 301-308.
17. Shakeri, A., Omidvar, A. and Gorjani, F. 2006. Evaluation mechanical properties of HDPE-rice stalk composite. Agricultural and Natural Resources Science Magazine. 13: 6. 17.
18. Tabarsa, T. and Alayi, A. 2001. Evaluation use of rice straw with hardwood particles in particle board. Agricultural and Natural Resources Science Magazine of Gorgan.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 21 (3), 2014  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Flextural and Tensile properties of Rice Stalk Flour-Polypropylene Composite During Moisture Cyclic Loading**

**\*H. Mohammadi<sup>1</sup>, M. Madhoushi<sup>2</sup> and M. Zabihzadeh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Associate Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 11/17/2012; Accepted: 10/26/2014

### **Abstract**

In this study, the effect of alternative humidity stages on Physical and mechanical properties of Rice stem flour (RSF)-Polypropylene Composites was considered. Panels composites were built in  $1\text{g/cm}^3$  nominal density and  $25\times 15\times 1$  cm dimension that including, treatment of PP and RSF with 45, 60 and 75% weight ratios. Physical and mechanical properties of composites were measured and data were compared with randomized design. The Results showed that increasing of filler ratio and passing of humidity stages result in decrease of Physical and Mechanical properties of composites. Adding 2 percent MAPP result in partial improve in Mechanical properties and decrease in water absorption and thickness swelling of composites.

**Keywords:** Wood-plastic composite, Rice stem flour, Maleated polypropylene

---

\* Corresponding Authors; Email: mohamadi.hoseine@gmail.com