

## تأثیر استفاده از آرد نخل خرما در ساخت کامپوزیت چوب-پلاستیک بر پایه پلی پروپیلن

علیرضا بی‌ادیت<sup>۱</sup>، لعیبا جمالی‌راد<sup>۲\*</sup>، هدایت الله امینیان<sup>۳</sup> و سحاب حجازی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

پست الکترونیک: [jamalirad@gonbad.ac.ir](mailto:jamalirad@gonbad.ac.ir)

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۴

### چکیده

در این تحقیق، تأثیر مقدار پرکننده و ماده جفت‌کننده MAPP بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با آرد حاصل از ضایعات ناشی از هرس سالیانه برگ نخل خرما (رقم شاهانی) مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور استفاده از سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد آرد نخل خرما و دو سطح ۴ و ۶ درصد MAPP به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون‌ی شامل واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت و مدول کششی، مقاومت و مدول خمشی و مقاومت به ضربه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد با افزایش آرد نخل خرما مقاومت خمشی، مقاومت کششی و مقاومت به ضربه کاهش و در مقابل واکنشیدگی ضخامت، مدول خمشی و مدول کششی افزایش یافت. همچنین با بررسی اثر ماده جفت‌کننده مشخص شد که با افزودن MAPP واکنشیدگی ضخامت، مقاومت و مدول الاستیسیته کششی و خمشی کامپوزیت حاصل بهبود یافته است. این بدان معنی است که همراه با افزایش مصرف آرد نخل خرما، افزودن عامل جفت‌کننده منجر به بهبود کیفیت سطح مشترک شده و تغییرات قابل ملاحظه‌ای را به‌ویژه در پایداری ابعادی و مدول الاستیسیته حاصل کرده است.

واژه‌های کلیدی: کامپوزیت، پلی‌پروپیلن، آرد نخل خرما، جفت‌کننده، مدول الاستیسیته.

### مقدمه

کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک بوده که در حال حاضر حائز اهمیت بوده و در حال افزایش است (Andersons et al., 2006; Oksman et al., 2003; Joshi et al., 2004). توسعه آینده آن در گرو یافتن مواد جدید و قابل استفاده می‌باشد. در این چنین کامپوزیت‌هایی، الیاف نقش مقاومتی داشته و خواص مکانیکی ماتریکس را بهبود می‌دهند. درحالی‌که نقش اصلی فاز زمینه، احاطه کردن و نگهداری

با توجه به افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی و به دنبال آن افزایش میزان آلودگی‌های زیست‌محیطی، همواره به دنبال راه‌حلی برای کاهش میزان آلودگی‌ها از طریق استفاده از مواد سبز و دوست‌دار محیط‌زیست هستیم (Andersons et al., 2006; Joshi et al., 2004). در این میان یکی از راه‌حل‌ها، استفاده از الیاف طبیعی در ساخت

تحولات زیادی در صنایع مختلف کشور نظیر خودروسازی، هواپیماسازی، کشتی‌سازی، ساخت وسایل ورزشی، ساختمان‌سازی و غیره ایجاد کرد. با توجه به رشد جمعیت کشور ایران و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی همواره باید به دنبال راهی برای کاهش مصرف مواد سنتزی بر پایه نفت بوده و تا حد ممکن از منابع تجدیدشونده و سازگار با محیط‌زیست در تولید محصولات خود استفاده کرد. تولید کامپوزیت‌های الیاف طبیعی - پلاستیک می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده مصرف مواد پلاستیکی باشد. همچنین با نگاهی به وضعیت جنگل‌های شمال کشور و با توجه به کمبود شدیدی که در تأمین ماده اولیه چوبی وجود دارد، لزوم یافتن ماده اولیه جایگزین برای صنعت چوب و کاغذ و صنایع سلولزی ضروری به نظر می‌رسد. در این میان، طبق آمار سازمان خواروبار جهانی<sup>۱</sup>، ایران از نظر سطح زیر کشت نخل خرما پس از الجزایر و عربستان دارای رتبه سوم در دنیا می‌باشد. بر اساس آمار منتشر شده بیش از ۲ درصد از اراضی قابل کشت کشور یعنی چیزی در حدود ۲۱۸ هزار هکتار به نخلستان‌ها تعلق داشته و در هر هکتار رقمی در حدود ۱۵۰ اصله درخت وجود دارد. از سوی دیگر در طول یکسال نزدیک به ۱۵ تا ۲۵ برگ از یک درخت نخل هرس می‌شود که وزن متوسط هر برگ خرما ۲ تا ۳ کیلوگرم می‌باشد؛ بنابراین تعمیم این مقدار به چند میلیون اصله، حجم زیادی خواهد بود که در حال حاضر مدیریت صحیح و بهینه‌ای در بهره‌برداری از این بقایا وجود ندارد (Khademi et al., 2006)؛ یعنی سالانه حجم هنگفتی از برگ‌های نخل خرما در اطراف نخلستان‌های کشور سوزانده می‌شود و موجبات آلودگی شدید هوا و خطرات بیماری‌های قلبی و ریوی را برای جوامع انسانی نزدیک به نخلستان‌ها فراهم می‌کند و درعین حال دی‌اکسید فراوانی را وارد جو زمین می‌کند. در نتیجه استفاده از ضایعات هرس برگ نخل خرما در تولید فرآورده‌هایی با ارزش افزوده بیشتر مانند کامپوزیت‌های الیاف طبیعی - پلاستیک می‌تواند یک راه

الیاف تقویت‌کننده و انتقال نیرو و از سوی دیگر جلوگیری از تخریب محیطی الیاف طبیعی نیز می‌باشد (Shubhurat et al., 2011). از مهمترین و پر مصرف‌ترین موادی که در بخش ماده زمینه یا فاز پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند به پلی‌اتیلن سبک و سنگین، پلی‌پروپیلن و پلی‌وینیل‌کلراید اشاره کرد. این قبیل پلاستیک‌های ارزان‌قیمت حدود ۷۰ درصد از کل ترموپلاستیک‌های مصرفی در صنایع پلاستیک را تشکیل می‌دهند؛ اما تقویت‌کننده می‌تواند به صورت آرد یا الیاف باشد. الیاف طبیعی که زمانی رؤیای طرفداران محیط‌زیست بوده است، اکنون جایگاه خود را پیدا کرده است و به‌عنوان تقویت‌کننده در این نوع کامپوزیت‌ها مطرح هستند. این الیاف شامل الیاف چوب، محصولات لیگنوسلولزی کشاورزی و سایر الیاف سلولزی است. در این راستا محققان زیادی استفاده از انواع الیاف طبیعی شامل الیاف سلولز (Seung-Hwan et al., 2007; Ganster et al., 2006; Srikanth et al., 2009; Borysiak et al., 2006; Bos et al., 2006; Angelov et al., 2006)، کتان (Khan et al., 2010; Grinia et al., 2010; Zampaloni et al., 2007; Shinichi et al., 2010)، الیاف پنبه (Mwaikambo et al., 2000) و غیره را مورد مطالعه قرار داده‌اند. امروزه با توجه به کمبود منابع چوبی، استفاده از پسماندهای کشاورزی و حتی پسماند حاصل از کارخانه‌های کاغذسازی به‌عنوان جایگزینی برای محصولات بر پایه چوب خام نیز مورد توجه قرار گرفته است. البته گسترش استفاده از مواد لیگنوسلولزی در ساخت کامپوزیت‌ها به دلیل ارزانی قیمت، در دسترس بودن و تجدیدپذیری آنها می‌باشد. این کامپوزیت‌ها مزیت‌های چوب، مانند جرم ویژه کم، قیمت پایین، مقاومت به اشعه ماوراءبنفش و ویژگی‌های ماشین‌کاری مطلوب را دارند. در کشور ایران بجز تعداد اندکی از شرکت‌های فنی و مهندسی که به‌طور عملی روی آن کار می‌کنند و به اهمیت آن واقف هستند، بیشتر مراکز صنعتی هنوز نسبت به آن بی‌اطلاع می‌باشند. این در حالیست که با شناخت کامل انواع مواد، روش‌های طراحی، ساخت و بکارگیری صحیح آن می‌توان

1- UN Food & Agriculture Organization (FAO), 2012

درصد رقم تولیدی خرما در این شهرستان رقم شاهانی است (Mousavi et al., 2014). Resalati و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی خصوصیات شیمیایی سرشاخه‌های ارقام نخل خرما بیانگر این نکته است که در بین ارقام مورد مطالعه، رقم شاهانی دارای بیشترین مقدار سلولز است (جدول ۱). از آنجایی که سلولز خواص مکانیکی بهتری نسبت به سایر اجزاء مواد لیگنوسلولزی دارد، مقدار بیشتر سلولز در ذرات برگ نخل می‌تواند باعث افزایش مدول الاستیسیته خمشی در تخته‌های ساخته شده از آن شود. از این رو در این پژوهش بر آن شدیم تا از گونه غالب نخل شاهانی پرورش یافته در نخلستان‌های شهرستان جهرم برای ساخت کامپوزیت چوب-پلاستیک استفاده کرده و بعد خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن را مورد بحث و بررسی قرار دهیم.

برونرفت از معضل امحاء ضایعات برگ نخل خرما و استفاده بهینه از یک ماده لیگنوسلولزی با ارزش باشد. در مجموع با توجه به سطح وسیع کشت نخل خرما در استان‌های جنوبی کشور و به دنبال آن حجم بالای ضایعات ناشی از هرس سالیانه برگ نخل خرما و عدم وجود کاربردی صحیح، برای استفاده از این نوع ضایعات و جلوگیری از سوزاندن آنها در اطراف نخلستان‌ها و کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی، می‌توان استفاده از این نوع ماده خام همراه با اختلاط بهینه با پلیمرها در ساخت این فرآورده و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن را مورد توجه قرار داد. در این میان شهرستان جهرم با دارا بودن بیش از چهار هزار و ۷۰۰ هکتار باغ نخل، یکی از قطب‌های مهم تولید خرما در استان فارس و کشور است که سالانه بیش از ۲۸ هزار تن خرما از این باغ‌ها تولید می‌شود. بیش از ۹۵

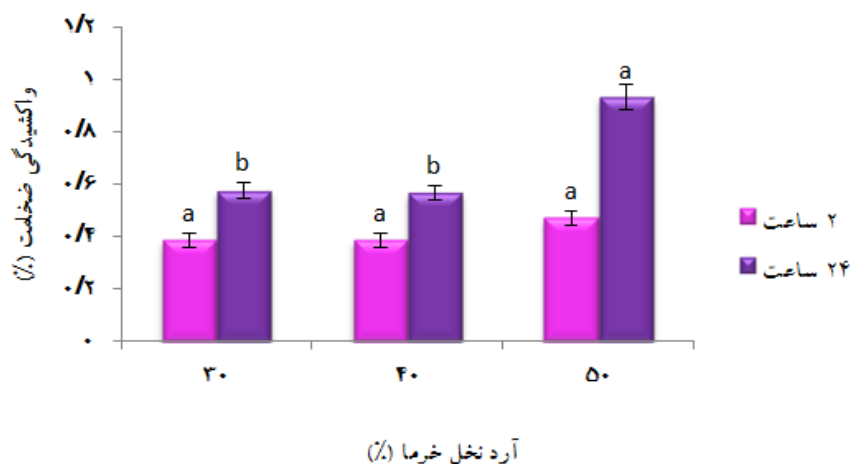
جدول ۱- درصد سلولز موجود در سرشاخه ارقام خرما (Resalati, et al., ۱۳۸۷)

ارقام	کبکاب	استعمران	کروت	مضافتی	شاهانی
سلولز (%)	۳۹/۵۸	۳۸/۶۳	۳۹/۶۵	۳۹/۲۹	۴۳/۴۸

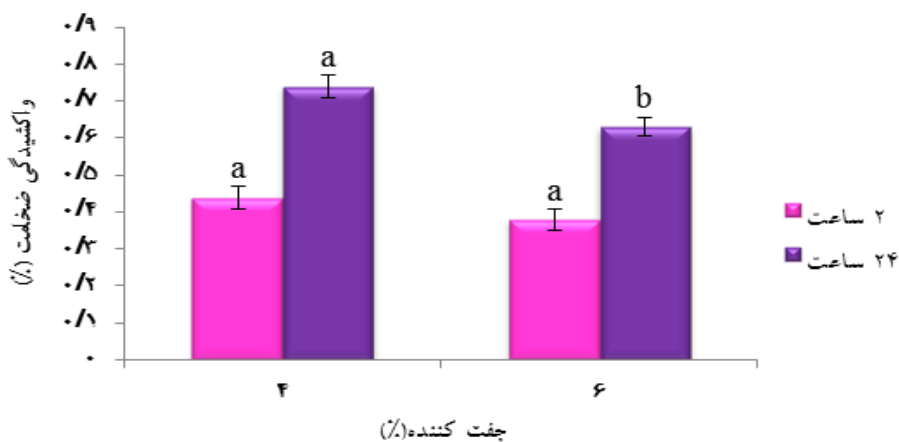
## مواد و روش‌ها

برای تهیه آرد نخل خرما، ابتدا برگ نخل خرما (رقم شاهانی) از شهرستان جهرم استان فارس به صورت تصادفی هرس شده و آنگاه بعد از خرد کردن و تبدیل آنها به خلال، با استفاده از آسیاب مکانیکی به ذرات ریز آرد تبدیل شدند. به منظور ایجاد یکنواختی و حذف تأثیر اندازه ابعاد آرد نخل خرما بر روی ویژگی‌های کامپوزیت، ذرات عبور داده شده از الک ۴۰ مش و باقیمانده بر روی الک ۶۰ مش را خشک کرده و بلافاصله درون کیسه‌های نایلونی برای جلوگیری از نفوذ رطوبت قرار داده شد و از آن در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰٪ پلیمر پلی‌پروپیلن (با شاخص جریان مذاب ۱۶ گرم بر دقیقه با نام تجاری Z30S) استفاده شد. همچنین از مالتیک انیدرید پیوند خورده با پلی‌پروپیلن صنعتی، (MAPP) در دو سطح ۴ و ۶ درصد وزن خشک پلیمر استفاده گردید. مواد مورد نیاز برای هریک از تیمارها

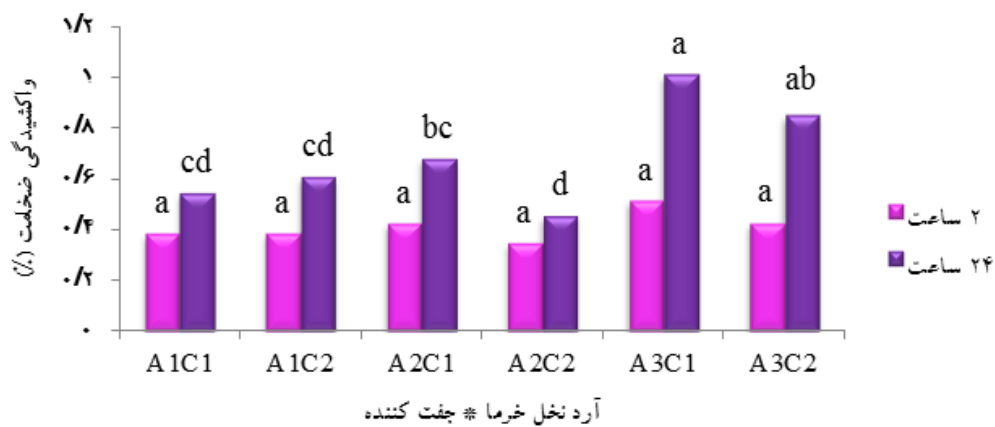
برای ساخت تخته، با استفاده از اکسترودر دو ماریچه مدل COLLIN واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران مخلوط شدند. سپس نمونه‌های مربوط به آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی، به روش قالب‌گیری تزریقی تهیه شدند. بعد از آن نمونه‌های آزمون برای رسیدن به رطوبت تعادل با محیط، به مدت حداقل ۴۸ ساعت در شرایط کلیما قرار داده شدند. سپس واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت و مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی و مقاومت به ضربه بر طبق استانداردهای ASTM D 638، ASTM D 790 و ASTM D 256 اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس انجام و میانگین داده‌ها، با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.



شکل ۱- اثر مستقل مقدار آرد نخل خرما بر میزان واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت



شکل ۲- اثر مستقل مقدار جفت کننده بر میزان واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت



شکل ۳- اثر متقابل آرد نخل خرما و جفت کننده بر میزان واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

## نتایج

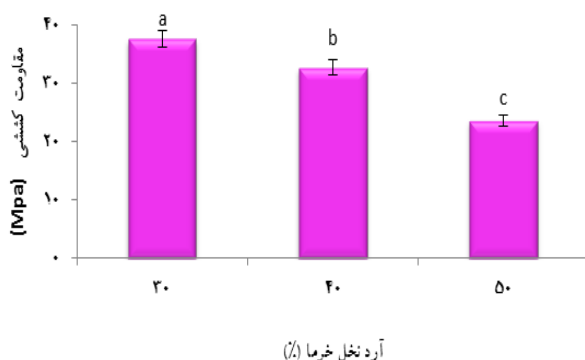
### واکسیدگی ضخامت

همان‌طور که در شکل ۱ و ۲ مشاهده می‌شود اثر مستقل آرد نخل خرما و جفت‌کننده بر میزان واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد؛ یعنی با افزایش آرد نخل خرما از ۳۰ به ۵۰ درصد، واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت، به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است؛ اما با افزایش مقدار مصرف جفت‌کننده، واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. همچنین در بررسی اثر متقابل آنها (شکل ۳) مشخص گردید که همراه با افزایش مصرف جفت‌کننده به دلیل سازگاری بیشتر بین الیاف و پلیمر، میزان واکسیدگی ضخامت کاهش یافت.

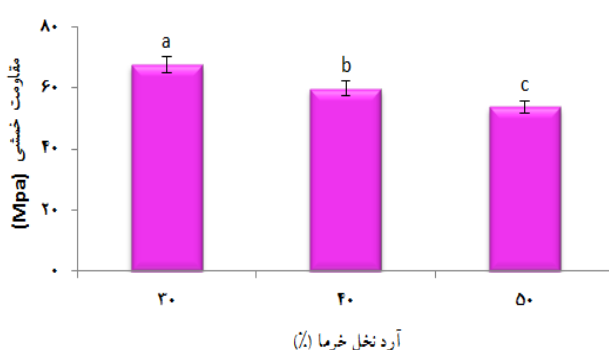
### مقاومت کششی و خمشی

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل آرد نخل خرما بر مقاومت کششی و خمشی کامپوزیت ساخته شده، دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد ( $P < 0.05$ ). به‌طوری‌که با افزایش آرد نخل خرما از ۳۰ به ۵۰ درصد، مقاومت کششی و خمشی کاهش یافته است. همان‌طوری‌که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود بیشترین میانگین مقاومت کششی و خمشی مربوط به استفاده از ۳۰ درصد آرد نخل خرما و کمترین مقدار آن مربوط به استفاده از ۵۰ درصد آرد نخل خرما می‌باشد. از سوی دیگر افزایش مقدار ماده جفت‌کننده باعث افزایش تقویت فصل مشترک بین دو مرحله آرد سلولزی و پلیمر و ساختاری همگن‌تر در کامپوزیت و افزایش معنی‌دار مقاومت کششی و خمشی شده است (شکل‌های ۶ و ۷).

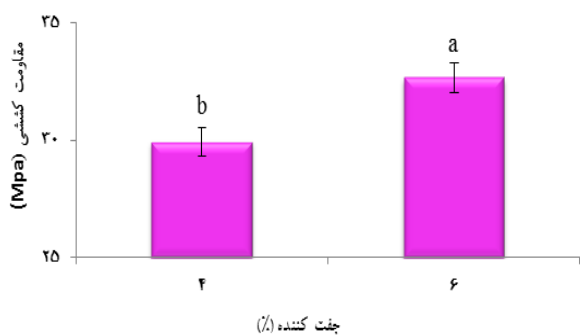
همچنین شکل‌های ۸ و ۹ نشان می‌دهد که مقاومت کششی و خمشی در هر یک از سطوح مختلف آرد نخل خرما (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) با افزایش مقدار ماده جفت‌کننده (از ۴ به ۶ درصد) به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به‌طوری‌که بالاترین مقدار مقاومت کششی و خمشی در اثر متقابل آرد نخل خرما و جفت‌کننده مربوط به استفاده از ۳۰ درصد آرد نخل و ۶ درصد ماده جفت‌کننده می‌باشد.



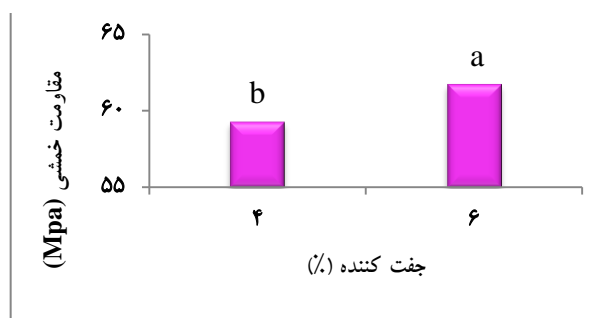
شکل ۴- اثر مستقل آرد نخل خرما بر میزان مقاومت کششی



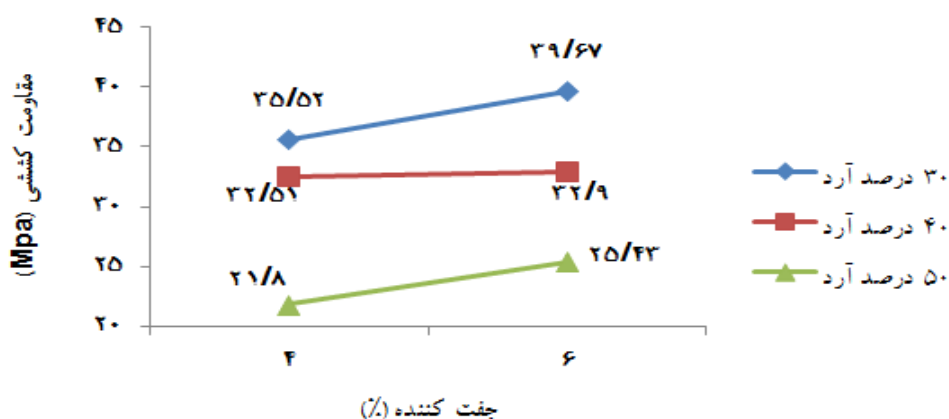
شکل ۵- اثر مستقل آرد نخل خرما بر میزان مقاومت خمشی



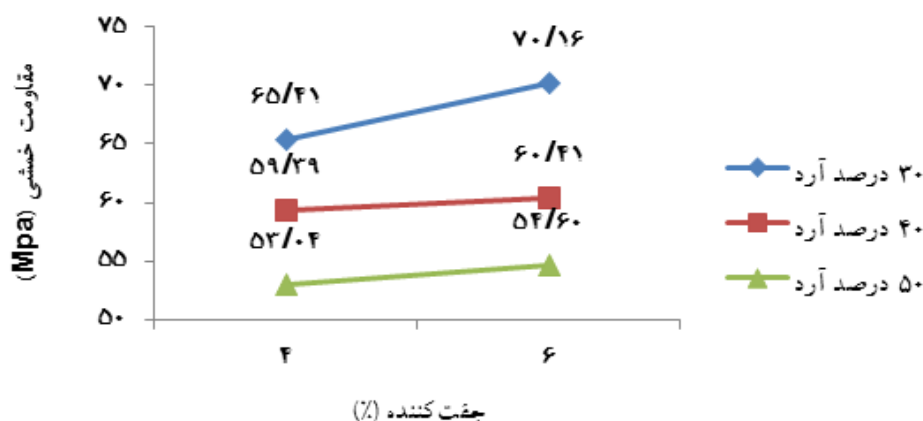
شکل ۶- اثر مستقل جفت‌کننده بر میزان مقاومت کششی



شکل ۷- اثر مستقل جفت‌کننده بر میزان مقاومت خمشی



شکل ۸- اثر متقابل آرد نخل خرما و جفت کننده بر میزان مقاومت کششی



شکل ۹- اثر متقابل آرد نخل خرما و جفت کننده بر میزان مقاومت خمشی

بررسی اثر متقابل آرد نخل خرما و جفت کننده نیز، بیشترین میزان مدول کششی در تیمار حاصل از ۵۰ درصد آرد نخل خرما و ۶ درصد جفت کننده و کمترین میزان آن در تیمار حاصل از ۳۰ درصد آرد نخل خرما و ۴ درصد جفت کننده مشاهده شد.

#### مقاومت به ضربه

نتایج آنالیز تجزیه واریانس، اثر مستقل آرد نخل خرما را بر مقاومت به ضربه کامپوزیت حاصل، معنی دار نشان می دهد. با توجه به شکل ۱۳ مشخص می گردد که بین ۳۰ و ۴۰ درصد آرد نخل خرما اختلاف معنی داری وجود ندارد اما با افزایش سطح آرد تا ۵۰ درصد، کاهش معنی دار مقاومت به ضربه مشاهده می شود.

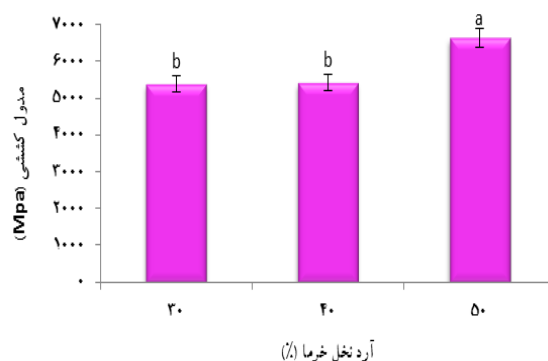
#### مدول کششی و خمشی

با استفاده از سطوح مختلف آرد نخل خرما نیز می توان اختلاف معنی داری را در مدول کششی و خمشی مشاهده کرد. به طوری که با افزایش آرد نخل خرما، مدول کششی و خمشی افزایش یافته است و گروه بندی دانکن، مقادیر مختلف مدول کششی و خمشی مربوط به سطوح مختلف آرد نخل خرما را در گروه های مختلف قرار داده است (شکل های ۱۰ و ۱۱).

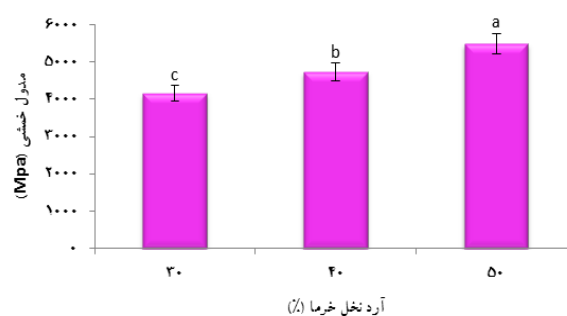
نتایج آنالیز واریانس نشان می دهد که افزایش مقدار ماده جفت کننده باعث افزایش معنی دار مدول کششی شده است (شکل ۱۲). به طوری که بیشترین میزان مدول کششی مربوط به استفاده از ۶ درصد جفت کننده و کمترین میزان مدول کششی مربوط به استفاده از ۴ درصد جفت کننده می باشد. در

### بحث

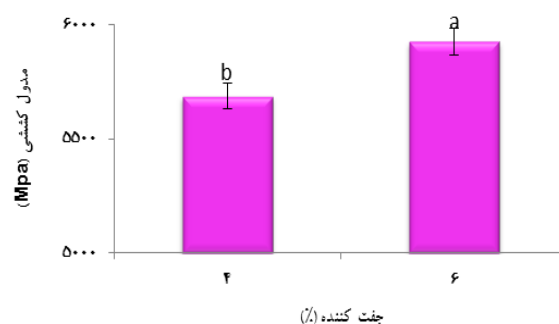
با بررسی نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که با افزایش آرد نخل خرما، پایداری ابعادی تخته‌ها کاهش یافته است، زیرا سهم مواد لیگنوسولوزی آب‌دوست افزایش یافته است. اگرچه افزایش سهم آرد نخل خرما، بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تأثیر منفی معنی‌داری نداشته است. اما با افزایش مصرف ماده جفت‌کننده، به دلیل سازگاری بیشتر بین الیاف و پلیمر، گروه‌های هیدروکسیل بیشتری از الیاف طبیعی با گروه‌های کربونیل مالئیک انیدرید، پیوند هیدروژنی تشکیل داده (Shubhra et al., 2011)، در نتیجه میزان گروه‌های هیدروکسیل آزاد موجود در ساختار کامپوزیت نیز کاهش و به دنبال آن پایداری ابعادی تخته‌ها افزایش یافته است. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان داد که با افزایش مصرف آرد نخل خرما، به دلیل کاهش سهم ماده زمینه در ترکیب حاصل، مقاومت کششی و خمشی کامپوزیت کاهش یافته است؛ زیرا چسبندگی آرد با ماده زمینه کافی نیست و کارایی انتقال تنش از ماده پرکننده (آرد) به ماتریس حاصل کاهش می‌یابد؛ زیرا در کامپوزیت‌های چوب پلاستیک، ماده پلیمری مورد استفاده، نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به یکدیگر ایفا می‌کند و در ایجاد اتصالات بین اجزا، تأثیر بسزایی دارد و این اتصال در نتیجه ذوب شدن پلاستیک به وجود می‌آید و باعث اتصال الیاف چوب به یکدیگر می‌شود، از این رو با افزایش مقدار ماده پرکننده، درصد سهم پلاستیک و به دنبال آن مقدار این اتصالات نیز کاهش خواهد یافت. در نتیجه با افزایش بیش از ۳۰ درصد، پلیمر نمی‌تواند اتصال خوبی ایجاد کند و مقاومت کششی و خمشی کاهش می‌یابد. در تحقیقی که توسط Rozman و همکاران (۱۹۹۸) بر روی ویژگی‌های مکانیکی چندسازه ساخته شده از پلی‌اتیلن با دانسیته بالا و آرد نخل روغنی انجام شد، مشخص شد که مقاومت خمشی چندسازه‌های حاصل با افزایش میزان آرد نخل کاهش یافت. آنان چنین نتیجه‌گیری کردند که این کاهش مربوط به عدم توزیع مناسب ذرات آرد نخل خرما در درون ماده زمینه پلیمری



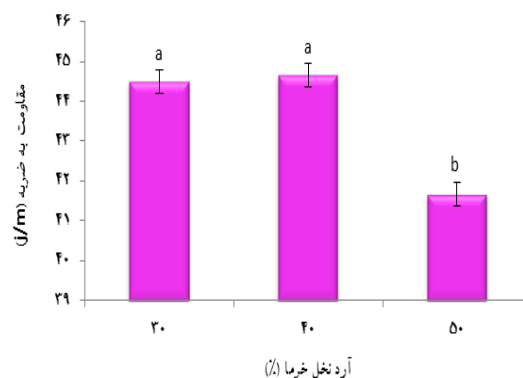
شکل ۱۰- اثر مستقل آرد نخل خرما بر میزان مدول کششی



شکل ۱۱- اثر مستقل آرد نخل خرما بر میزان مدول خمشی



شکل ۱۲- اثر مستقل جفت‌کننده بر مدول کششی



شکل ۱۳- اثر مستقل آرد نخل خرما بر مقاومت به ضربه

را افزایش داده است. همچنین Shuhbra و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی که بر روی ویژگی‌های مکانیکی کامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن و الیاف طبیعی داشتند به این نتیجه رسیدند که با استفاده مناسب از جفت‌کننده MAPP در فرایند ساخت این نوع کامپوزیت، می‌توان مقاومت‌های آن را بهبود بخشید. Rowell و همکاران (۲۰۰۰)، Rosa و همکاران (۲۰۰۹)، Kargarfard (۲۰۱۳) و KhademiEslam و همکاران (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان استفاده از ضایعات حاصل از هرس سالانه برگ نخل خرما را به‌عنوان ماده‌ای زیست‌تخریب‌پذیر که در سطح وسیعی از استان‌های جنوبی کشور کشت شده و سالانه حجم زیادی از این نوع ضایعات سوزانده می‌شود را با هدف کاهش میزان ضایعات و به دنبال آن کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از سوزاندن آنها و همچنین استفاده مفید از این نوع ضایعات با قیمت پایین‌تر را در تولید کامپوزیت‌های چوب پلاستیک پیشنهاد کرد.

### منابع مورد استفاده

- Andersons J., Sparniš E. and Joffe R., 2006. Stiffness and strength of flax fiber/polymermatrix composites. *Polymer Composites*, 27(2): 221-229.
- Angelov, I., Wiedmer, S., Evstatiev, M., Friedrich, K. and Mennig, G., 2007. Pultrusion of a flax/polypropylene yarn. *Compos Part A*, 38(5): 1431-1438.
- Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites reinforced with cellulose based fibers. *Polymer Science*, 24 (1): 221-274.
- Borysiak, S., Pauksza, D. and Helwig, M., 2006. Flammability of wood polypropylene composites. *PolymDegradStabil*, 91: 3339-3343.
- Bos, H.L., Mussig, J. and vandenOever, M.J.A., 2006. Mechanical properties of short-flax-fibre reinforced compounds. *Compos Part A*, 37: 1591-1604.
- Ganster, J., Fink, H.P. and Pinnow, M., 2006. High-tenacity man-made cellulose fibre reinforced thermoplastics— injection moulding compounds with polypropylene and alternative matrices. *Compos Part A*, 37: 1796-1804.
- Gholizadeh, M., Jamalirad, L., Aminian, H. and Hedjazi, S., 2015. Investigation on Mechanical

است که شانس قرار گرفتن ذرات نخل خرما در کنار یکدیگر را نیز افزایش می‌دهد و با تجمع آنها در کنار هم باعث کاهش مقاومت می‌گردد. در تحقیقی دیگر، Gholizadeh و همکاران (۲۰۱۵)، ویژگی‌های مکانیکی چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن و ساقه توتون را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که مقدار زیاد ماده لیگنوسولوزی منجر به کاهش اتصال با ماتریس پلیمری می‌گردد. Maladas و Kokta (۱۹۹۰)، Kim و همکاران (۲۰۰۸) و Stark (۱۹۹۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. همچنین با افزایش آرد نخل خرما تا ۵۰ درصد، مدول کششی و خمشی کامپوزیت افزایش یافته است. از آنجایی‌که بین مدول الاستیسیته چندسازه و مدول اجزای تشکیل‌دهنده آنها رابطه مستقیمی وجود دارد (Stark & Rowlands, 2003)، در نتیجه با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته بالاتر مواد لیگنوسولوزی مورد استفاده، شاهد افزایش مدول الاستیسیته چندسازه همراه با افزایش سهم آرد نخل خرما هستیم؛ یعنی با افزایش سهم آرد نخل خرما، مدول کششی و خمشی کامپوزیت حاصل افزایش یافته است. از سوی دیگر افزایش مقدار ماده جفت‌کننده تا سطح ۶ درصد، باعث بهبود کیفیت سطح مشترک بین دو مرحله آرد سلولوزی و پلیمر شده و ساختار همگن‌تری در کامپوزیت فراهم کرده، در نتیجه برهم‌کنش و چسبندگی بهتر بین الیاف و شبکه پلیمری، باعث انتقال بهتر تنش از ماده زمینه به الیاف و در نتیجه بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت حاصل می‌گردد؛ یعنی هرچه ساختار ماده همگن‌تر باشد، توزیع تنش تحت تأثیر بار وارده بهبود یافته و تمرکز تنش در ناحیه‌ای از محصول، کمتر اتفاق خواهد افتاد، در نتیجه ظرفیت تحمل تنش و مقاومت و مدول کششی و خمشی افزایش می‌یابد. Rozman و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیق دیگری تأثیر استفاده از ماده جفت‌کننده در کامپوزیت‌های هیبریدی حاصل از پلی‌پروپیلن به همراه آرد نخل روغنی و الیاف شیشه را مورد بررسی قرار داده و اعلام کردند که با افزایش عامل جفت‌کننده مقاومت‌ها بهبود یافته است، زیرا عامل جفت‌کننده سازگاری بین الیاف و پلاستیک



- Mwaikambo, L.Y., Martuscelli, E. and Avella, M., 2000. Kapok/ cotton fabric– polypropylene composites. *Polym Test*, 19: 905–918.
- Oksman, K., Skrifvars, M. and Selin, J., 2003. Natural fiber as reinforcement in polylactic acid composites. *Composite Science and Technology*, 63(2): 113-120.
- Rosa, S.M.L., Santosb, E.F., Ferreiraa, C.A., and 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, M.R., Lange, S.E., and Jacobson, R.E., 2000. Weathering performance of plant-fiber thermoplastic composites. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 353: 85-94.
- Rozman, H.D., Tay, G.S., Kumar, R.N., Abusamah, A., Ismail, H., MohdIshak, Z.A., 2001. Polypropylene-oil palm empty fruit bunch-glass fibre hybrid composites: A preliminary study on the flexural and tensile properties. *EurPolym J*, 37: 1283-1291.
- Seung-Hwan L, Siqu, W., George, M.P. and Haitao, X., 2007. Evaluation of interphase properties in a cellulose fiber-reinforced polypropylene composite by nanoindentation and finite element analysis. *Compos Part A*, 38(6): 1517–1524.
- Shinichi, S., Yong, C. and Isao, F., 2006. Lightweight laminate composites made from kenaf and polypropylene fibres. *Polym Test*, 25: 142–148.
- Shubhra, Q., Alam, A., and Quaiyyum, M.A., 2011. Mechanical properties of polypropylene composites. *Journal of Thermoplastic Composite Material*, 26(3):362-391.
- Srikanth, P., Shaoqin, G., Eric, O., Liqiang, Y. and Roger, M.R., 2009. Polylactide-recycled wood fiber composites. *J App Polym Sci*, 111: 37–47.
- Stark, N., 1997. Effect of species and particle size on properties of wood-flour filled polypropylene composites. *USDA Forest Products Laboratory*, 35(2): 167-174.
- Stark, N.M., Rowlands, R.E., 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood and Fiber Science*, 35(2):167-174.
- Zampaloni, M., Pourboghrat, F., Yankovich, S.A., Rodgers, B.N., Moore, J., Drzal, L.T., 2007. Kenaf natural fiber reinforced polypropylene composites: A discussion on manufacturing problems and solutions. *Compos Part A*, 38(6): 1569–1580.
- Properties of polypropylene composite reinforced with tobacco stalk. *Journal of Forest and Wood Products*, 68(2): 261-272.
- Grinia, M.N., Andrea, C.D.R., Carlos, A.P.L., Carlos, G., Olga, Z.H., Bronislaw, P., 2010. Preparation and characterization of ethanol-treated silk fibroin dense membranes for biomaterials application using waste silk fibers as raw material. *BioresTechnol*, 101(21): 8446–8451.
- Joshi, S.V., Drzal, L.T., Mohanty, A.K. and Arora, S., 2004. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites. *Composites: Part A*, 35: 371-376.
- 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.
- Khademi, R., Behseresht, R., and Farrar, N., 2006. Suitable methods for plant residue managing in Iran's Palm grove. *Bushehr Province Agricultural and Natural Resource Research Center*. 23 p.
- KhademiEslam, H., Yousefnia, Z., Ghasemi, E., and Talaeipoor, T., 2013. Investigating the mechanical properties of wood flour/ polypropylene/ nanoclay composite. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28(1): 153-168.
- Khan, M.M.R., Masuhiro, T., Yasuo, G., Hideaki, M., Giuliano, F. and Hideki, S., 2010. Physical properties and dyeability of silk fibers degummed with citric acid. *BioresTechnol*, 101(21): 8439–8445.
- Kim, S., Moonb, J., Kim, C.H., and Sikha, G., 2008. Mechanical properties of polypropylene /natural fiber composites: Comparison of wood fiber and cotton fiber. *Polymer Testing*, 27:801–806.
- Maladas, D., and Kokta, B. V. 1990. Effect of extreme conditions on the mechanical propertise of the wood fiber- polystyrene composites. *LiSawdust as reinforcing filler. Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 29 (1-2): 119-165.
- Mousavi, T., Rafiei, A. and Yoosefpour, M., 2014. Nutritional Value and Health Benefits of Dates According to Islamic Recourses and Traditional Medicine. *Journal of Mazandaran Univ Med Sci*, 24(117): 247-265.

## The effect of using palm wood flour in the manufacture of polypropylene-based wood-plastic composite

A. Biazyat<sup>2</sup>, L. Jamalirad<sup>1\*</sup>, H. Aminian<sup>3</sup>, S. Hedjazi<sup>4</sup>

1- M.Sc., Student, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, I.R. Iran

2\*- Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, I.R. Iran, Email: jamalirad@gonbad.ac.ir

3- Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, I.R. Iran

4- Associate Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

Received: Dec., 2015

Accepted: March, 2016

### Abstract

In this research, the effect of the wood filler content and coupling agent (MAPP) on the physical and mechanical properties of Polypropylene reinforced with palm wood flour from the annual pruning of palm leaves (Shahani species) composite, were studied. For this purpose, the palm wood flour in three levels of 30%, 40%, 50% and two levels of Maleic anhydride grafted polypropylene 4% and 6% were used as variable factors. Then, the Physical and mechanical properties of samples, including thickness swelling after 2 and 24 hours of immersion in water, bending strength, bending modulus, tensile strength, tensile modulus and impact strength, were measured. The results showed that by increasing palm wood flour, the bending strength, tensile strength and impact strength were decreased but the thickness swelling, bending modulus, tensile modulus were increased. It was also found that by adding MAPP, thickness swelling, bending strength, bending modulus, tensile strength and tensile modulus were improved. The results revealed that at increased consumption of palm wood flour and adding coupling agent leads to improve quality of the interface and significant changes especially dimensional stability and MOE, are achieved.

**Key words:** Composite, polypropylene, palm wood flour, coupling agent, modulus of elasticity.