تأثیر حضور پوست بر ویژگی های مکانیکی کامپوزیت آرد چوب استبرق-پلاستیک

لعیا جمالی راد[1]*
سید بهنام حسینی[2]

[1] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

[2] کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
Jamalirad@gonbad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۷

چکیده

از آنجایی که سطح وسیعی از مناطق جنوبی کشور ایران توسط گیاه خودرو استبرق پوشیده شده است و با توجه به آنکه شیرابه و ریشه این گیاه در مصارف دارویی کاربرد دارد و قسمت های چوبی شده آن دورریز می شود در نتیجه مقدار زیادی از این نوع ضایعات حاصل می گردد. از این رو در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از این نوع ضایعات لیگنوسلولزی، کامپوزیت پلی‌پروپیلن تقویت شده با آرد چوب استبرق ساخته و ویژگی‌های مکانیکی آن مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین تأثیر حضور پوست بر ویژگی های مکانیکی کامپوزیت حاصل مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از آرد چوب استبرق در سه سطح ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ درصد از کل ترکیب و مالئیک انیدرید پیوند خورده با پلی‌پروپیلن در دو سطح ۴ و ۶ درصد پلیمر استفاده شد. همچنین بعضی از چوب ها پوست کنی نشدند و یک سطح استفاده از ۴۰ درصد با استفاده از آرد چوب استبرق پوست کنی نشده نیز ساخته شد. سپس مقاومت و مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی و مقاومت به ضربه مطابق با استاندارد ASTM اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که با افزایش مصرف آرد استبرق، به دلیل کاهش سهم ماده زمینه در ترکیب حاصل، مقاومت کشـشی کامپوزیت کاهش اما مقاومت خمشی افزایش یافته است. همچنین در هر یک از سطوح مختلف آرد استبرق (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) با افزایش مقدار ماده جفت کننده (از ۴ به ۶ درصد) مدول خمشی و مدول کششی نیز افزایش یافته است. از سوی دیگر با افزایش مقدار سهم آرد لیگنوسلولزی در هر یک از سطوح استفاده از جفت کننده، مقاومت به ضربه نیز کاهش یافت. همچنین حضور پوست تأثیر منفی چندانی بر مقاومت های مکانیکی کامپوزیت حاصل نداشت و می توان استفاده از این نوع چوب را بدون نیاز به پوست کنی پیشنهاد داد.

واژگان کلیدی: آرد چوب استبرق، پلـی پـروپیلن، پوسـت کنـی، مقاومـت خمشـی، مقاومت کششی، مقاومت به ضربه.

مقدمه

استبرق از گیاهان کائوچویی است که در مدارک گیاه شناسی ایران با نام علمی (*Calotropisprocera*) شناخته شده است و در زبان انگلیسی آن را با نام Milkweed می شناسند. استبرق گیاهی دائمی، درختچه ای و همیشه سبز است که جزو پهن برگان با چوب نرم، سفید بوده که به میزان

زیادی نسبت به خشکی و شوری مقاوم است. این درختچه به صورت فراوان و خودرو در ناحیه جنوبی ایران و سواحل خلیج فارس و دریای عمان یافت می شود. این گیاه سمی بوده و اگر قطره ای از شیره آن داخل چشم ریخته شود منجر به کوری می گردد [۱]. اما از شیرابه و ریشه آن در مصارف دارویی استفاده می گردد و قسمت های دیگر چوبی شده آن دورریز می شود. در نتیجه استفاده از این نوع ضایعات در تولید فرآورده هایی با ارزش افزوده بیشتر مانند چوب-پلاستیک، می تواند راه حل مناسبی برای کاهش میزان ضایعات و استفاده بهینه از یک ماده لیگنوسلولزی باشد. در حال حاضر استفاده از این نوع کامپوزیت ها با توجه به مزایای آنها رو به افزایش است [۲]. از این رو با توجه به کمبود چوب و افزایش هزینه چوب، یافتن منابع تولید الیاف طبیعی دوست دار محیط زیست و ارزان قیمت برای ساخت این نوع کامپوزیت ها بسیار ضرورت دارد [۳]. الیاف، به ۲ دسته کلی تقسیم می شوند: الیاف طبیعی و الیاف مصنوعی. تحقیقات زیادی در مورد کامپوزیت های ساخته شده از الیاف طبیعی و مصنوعی انجام شده است [۴، ۵، ۶]. کامپوزیت های ساخته شده از الیاف مصنوعی به دلیل خواص مکانیکی بهتر نسبت به الیاف طبیعی، مناسب تر هستند اما این نوع الیاف با مقاومت های مطلوب، دانسیته بالاتر و قیمت بیشتر دوست دار محیط زیست نبوده و در نتیجه کمتر مورد توجه می باشند [۷]. الیاف گیاهی نیز به عنوان عامل تقویت کننده، ویژگی های مقاومتی و حرارتی این نوع کامپوزیت ها را بهبود می دهند [۸، ۹]. در تحقیقات مختلف، الیاف حاصل از گیاهان متعددی شامل پوسته و کلش برنج [۱۰، ۱۱]، ساقه توتون [۱۲]، سرشاخه نخل [۱۳]، باگاس [۳]، کنف [۱۴]، کتان [۱۶،۱۵]، الیاف ابریشم [۷، ۱۷] در ساخت کامپوزیت های چوب-پلاستیک استفاده شده است. با توجه به خاصیت عدم تجزیه پذیری پلاستیک ها و جلوگیری از مشکلات زیست محیطی باید به دنبال راهکاری در جهت کاهش مصرف آنها و افزایش سهم مواد تجدید شونده طبیعی و به دنبال آن کاهش آلودگی محیط زیست بود. لذا با کاهش منابع چوبی جنگلی کشور، لزوم یافتن ماده اولیه جایگزین برای صنعت چوب و کاغذ و صنایع سلولزی ضرورت دارد. از طرفی با این هدف در تحقیق حاضر سعی شد تا بعد از مصرف شیرابه و ریشه این گیاه از قسمت های چوبی و دورریز آن در ساخت کامپوزیت چوب-پلاستیک استفاده گردد تا قابلیت استفاده از دورریزهای این گیاه در ساخت این نوع فرآورده مورد بررسی قرار گیرد. خصوصیات شیمیایی و آناتومی این گیاه در جدول ۱ و ۲ آورده شده است [۱۸].

جدول ۱- مقدار ترکیبات شیمیایی چوب استبرق (Nasser et al., ۲۰۱۲)

	مواد استخراجی (٪)	سلولز (٪)	همی سلولز (٪)	لیگنین (٪)	خاکستر (٪)
متوسط	۱۳/۱۱	۴۷/۸۸	۲۷/۰۸	۲۱/۲۵	۲/۱۰
حداقل	۱۱/۶۸	۴۶/۴۸	۲۵/۶۰	۲۰/۲۹	۱/۹۷
حداکثر	۱۵/۵۹	۴۸/۹۵	۲۹/۶۰	۲۲/۹۵	۲/۲۷

جدول ۲- خصوصیات آناتومیکی چوب استبرق (Nasser et al., ۲۰۱۲)

	طول الیاف mm	آوند در mm^2	قطر آوند (شعاعی) (میکرومتر)	قطر آوند (مماسی) (میکرومتر)
متوسط	۰/۹۰۸	۱۵/۰	۱۲۵/۷۴	۸۵/۱۲
انحراف معیار	۰/۰۸۵	۱/۷	۴۳/۸۳	۲۳/۷۷
حداقل	۰/۷۴۲	۱۲/۰	۳۹/۲۷	۴۴/۰۳
حداکثر	۱/۱۶۷	۱۸/۰	۲۳۶/۸۰	۱۵۷/۰۸

مواد و روش‌ها

مواد: ابتدا چوب استبرق مورد نیاز از منطقه جیرفت تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. همچنین از پلی پروپیلن با شاخص جریان مذاب ۱۶ گرم بر ۱۰ دقیقه و دانسیته ۰/۹ گرم بر سانتی متر مکعب با نام تجاری Z30S(تولید شرکت پتروشیمی اراک) به عنوان ماده پلیمری در سه سطح ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد وزن کل ترکیب استفاده شد. جهت اختلاط بهتر و ایجاد امکان پیوند بین پلیمر و آرد چوب استبرق، از مالئیک انیدرید پیوند خورده با پلی پروپیلن (MAPP) با شاخص جریان مذاب ۸۰-۵۰ گرم بر دقیقه به عنوان ماده جفت کننده و به مقدار ۴ و ۶ درصد از وزن خشک پلیمر در تمامی تیمارها مورد استفاده قرار گرفت.

روش کار: بعد از پوست کنی چوب های تهیه شده و تبدیل آن به قطعات کوچکتر، با استفاده از آسیاب مکانیکی آزمایشگاهی، به ذرات ریز آرد تبدیل شدند. سپس ذرات مورد نظر از الک ۴۰ مش عبور و ذرات باقی مانده بر روی الک ۶۰ مش برای ساخت نمونه های مورد نظر جمع آوری شد. آرد استبرق را در داخل آون با دمای ۳ ± ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شوند و رطوبت آن به کمتر از ۱٪ برسد. پس از خروج از آون، مواد مورد نظر را داخل کیسه های نایلونی بسته بندی کرده تا از تبادل رطوبتی جلوگیری شود. از آرد چوب استبرق در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد از کل ترکیب استفاده شد. قابل ذکر است که به طور آزمایشی بعضی از چوب ها پوست کنی نشدند و به طور مخلوط با پوست برای ساخت چوب-پلاستیک مورد استفاده قرار گرفتند و فقط یک سطح یعنی استفاده از ۴۰ درصد آرد استبرق با آن ساخته شد که به طور مساوی حاوی ۲۰ درصد چوب و ۲۰ درصد پوست بوده است (علاوه بر سطح ۴۰ درصدی که از آرد چوب استبرق پوست کنی شده تهیه شد). هدف از این کار بررسی تأثیر حضور پوست به همراه چوب ها بر خواص مقاومتی کامپوزیت ها بوده است. زیرا مشخص می گردد که آیا پوست به همراه چوب بر خواص مقاومتی کامپوزیت حاصل تأثیر منفی دارد؟ و آیا پوست کنی چوب ها در مرحله اول ضرورت دارد یا نه؟ سپس آرد چوب، پلیمر و جفت کننده مورد نیاز هر تیمار به طور جداگانه با استفاده از دستگاه اکسترودر مدل COLLIN-ZK50 واقع در پژوهشگاه پلیمر ترکیب شدند. در مرحله بعد نمونه های آزمونی با استفاده از دستگاه قالب گیری تزریقی تهیه و پس از مشروط سازی آنها در دمای ۲۱ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد به مدت ۱۰ روز، آزمون های مکانیکی شامل مقاومت و مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی و مقاومت به ضربه به ترتیب مطابق با استانداردهای ASTM-D638، ASTM-D790 و ASTM-D256 انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس در سطح اطمینان ۹۵٪ و مقایسه و گروه بندی میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

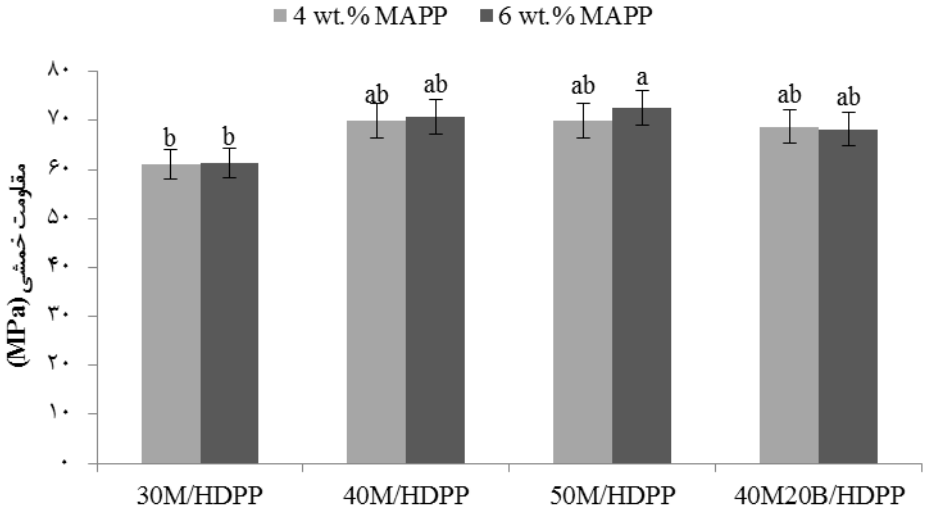
نتایج و بحث

مقاومت و مدول خمشی

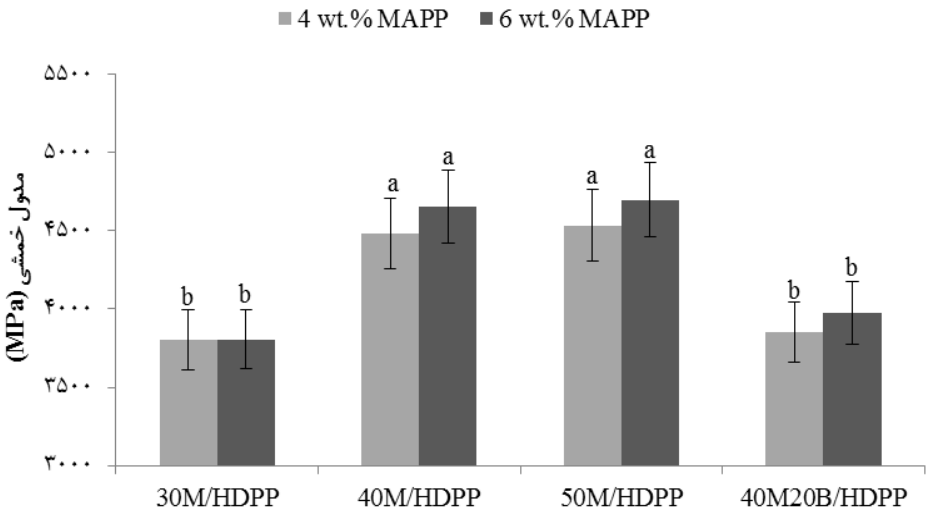
با توجه به نتایج آنالیز واریانس مشخص شد که اثر متقابل آرد استبرق و جفت‌کننده پلی پروپیلن بر مقاومت و مدول خمشی کامپوزیت ها معنی دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$). شکل ۱ نشان می‌دهد که در هر یک از سطوح مختلف آرد استبرق (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) با افزایش مقدار ماده جفت کننده (از ۴ به ۶ درصد) مقاومت خمشی نیز افزایش یافته است. بالاترین مقدار مقاومت خمشی در اثر متقابل آرد استبرق و جفت کننده مربوط به استفاده از ۵۰ درصد آرد استبرق و ۶ درصد ماده جفت کننده می باشد. این اثر بهبود دهندگی ماده جفت کننده ناشی از سازگاری بیشتر آرد چوب و پلیمر می‌باشد که باعث اتصال بهتر بین آن‌ها شده و این عامل باعث بالا رفتن مقاومت خمشی نمونه ها شده است. زیرا با افزایش میزان MAPP، شمار بیش‌تری از زنجیرهای پلیمری در تحمل و انتقال تنش دخالت کرده و مقاومت کامپوزیت را بهبود می‌دهند [۱۹، ۲۰]. بدون جفت کننده، ذرات پرکننده به صورت اجزایی مجزا با اتصال های ضعیف درون ماده زمینه حضور دارند و بنابراین نمی توانند به صورت مؤثر در توزیع تنش وارده به ماده مرکب شرکت نمایند [۲۱]. زیرا کامپوزیتی که متشکل از دو فاز سازگارتر باشد، مقاومت بهتری را در

[1] Maleic Anhydride grafted Polypropylene

مقابل تنش از خود نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تحقیقات Rowell و همکاران (۲۰۰۰) [۲۲] نیز این موضوع را تأیید می نماید. با توجه به شکل ۲ کم‌ترین مقدار مدول خمشی مربوط به استفاده از ۳۰ درصد آرد استبرق به همراه ۴ و ۶ درصد جفت کننده و بیشترین مقدار آن در هنگام استفاده از ۴۰ و ۵۰ درصد آرد ساقه توتون و ۶ درصد جفت کننده (در یک گروه مشترک) می باشد. در این میان مقاومت خمشی تیمار ۴۰ درصد آرد استبرق که به طور مساوی متشکل از ۲۰ درصد چوب و ۲۰ درصد پوست بوده است، کاهش چشمگیری نداشته است و در یک گروه مشترک با تیمار مربوط به ۴۰ درصد آرد چوب استبرق بدون پوست قرار دارد. این بدان معنی است که حضور پوست تأثیر منفی چندانی بر مقاومت خمشی نمونه ها نداشت. اما مدول خمشی کامپوزیت حاصل در مقایسه با تیمار مشابه آن کاهش یافت. با توجه به آنکه الیاف پوست در مقایسه با چوب کوتاه تر بوده در نتیجه می تواند تأثیر منفی بر ویژگی های کامپوزیت ساخته شده بگذارد.



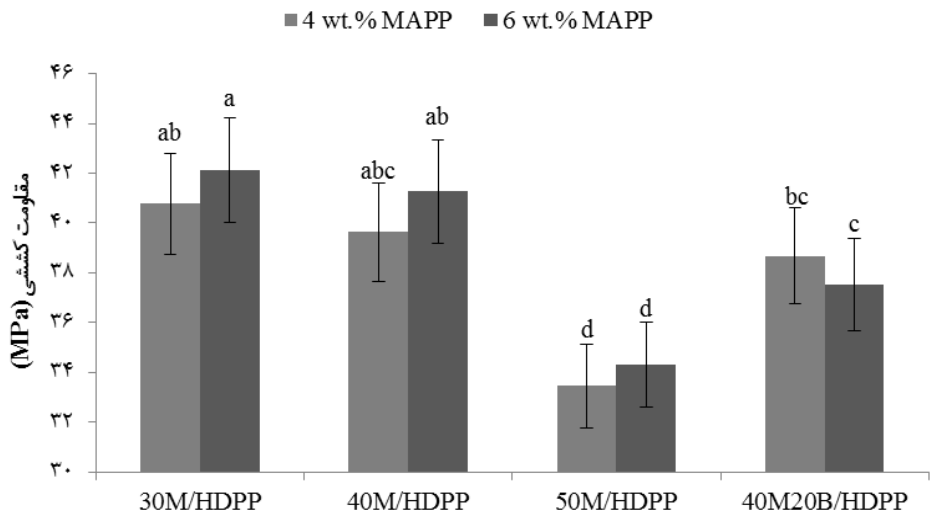
شکل ۱-اثر متقابل آرد چوب استبرق (با و بدون حضور پوست در سطح ۴۰ درصد) و جفت کننده بر مقاومت خمشی



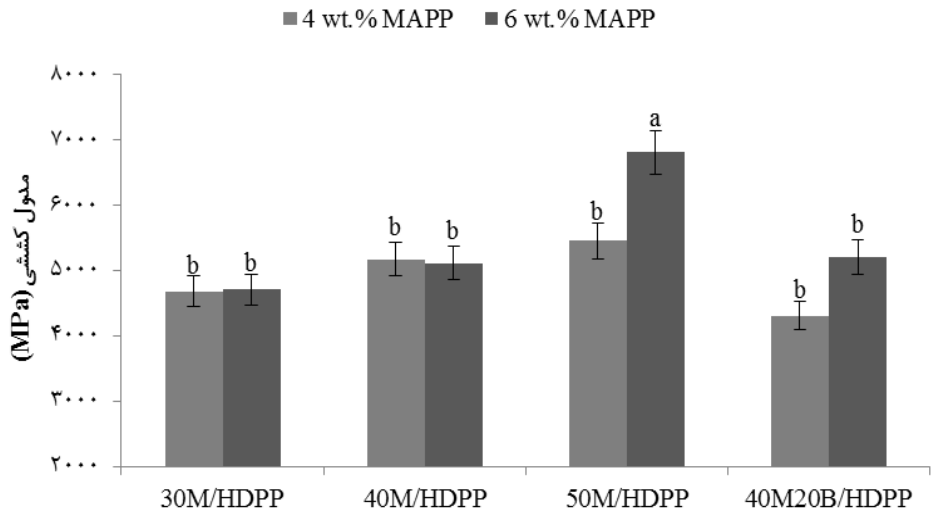
شکل ۲- اثر متقابل آرد استبرق (با و بدون حضور پوست در سطح ۴۰ درصد) و جفت کننده بر مدول خمشی

مقاومت و مدول کششی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر متقابل آرد استبرق و جفت‌کننده پلی پروپیلن بر مقاومت و مدول کششی کامپوزیت ها معنی دار می‌باشد ($P<0/05$). همان-طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان مقاومت کششی کامپوزیت حاصل مربوط به استفاده از ۳۰ آرد استبرق و ۶ درصد جفت کننده می‌باشد و کمترین میزان مقاومت کششی مربوط به استفاده از ۵۰ درصد آرد استبرق و ۴ درصد جفت کننده می‌باشد. اگرچه با توجه به شکل ۳ مشخص می‌گردد که تیمار مربوط به ۴۰ درصد آرد استبرق و ۶ درصد جفت کننده با تیمار مربوط به مصرف ۳۰ درصد آرد استبرق و ۶ درصد جفت کننده به لحاظ آماری تقریبا در یک گروه قرار دارند. در نتیجه می‌توان چنین استنباط کرد که حتی با مصرف ۴۰ درصد آرد استبرق نیز مقدار مقاومت کششی قابل قبولی در مقایسه با تیمار بهینه (بیشترین مقدار مقاومت کششی) حاصل می شود یعنی افزایش مقدار جفت کننده (۶ درصد)، تأثیر منفی افزایش مقدار مصرف آرد استبرق را تعدیل کرده است. در نتیجه امکان تولید فرآورده‌ای با مصرف بیشتر آرد استبرق که ماده‌ای زیستی و تخریب پذیر است حاصل می گردد. افزایش مقدار ماده جفت کننده تا سطح ۶ درصد، باعث بهبود کیفیت سطح مشترک بین دو فاز آرد سلولزی و پلیمر شده و ساختار همگن تری در کامپوزیت فراهم کرده و در نتیجه باعث نتیجه بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت حاصل می گردد. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش آرد و کاهش ماده جفت کننده مقاومت کششی کاهش می یابد. دلیل این پدیده را می‌توان این گونه بیان کرد که اصولاً در مواد مرکب چوب – پلاستیک، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به هم ایفا می‌کند. این اتصال در نتیجه ذوب شدن پلاستیک، باعث اتصال آرد چوب به یکدیگر می‌شود، بنابراین با افزایش مقدار آرد چوب، سهم پلاستیک کاهش می‌یابد و به دنبال آن مقدار این اتصالات نیز کاهش خواهد یافت و در نتیجه آن، مقاومت کششی کاهش می‌یابد زیرا چسبندگی آرد با ماده زمینه کافی نیست و کارایی انتقال تنش از ماده پرکننده (آرد) به ماتریس حاصل کاهش می‌یابد. در نتیجه با افزایش بیش از ۳۰ درصد، پلیمر نمی‌تواند اتصال خوبی ایجاد کند و مقاومت کششی کاهش می‌یابد. یعنی افزایش ماده لیگنوسلولزی منجر به کاهش اتصال با ماتریس پلیمری و کاهش مقاومت کششی کامپوزیت چوب-پلاستیک می-گردد [۱۲، ۲۲]. همچنین با توجه به شکل ۴ بیشترین مقدار مدول کششی در هنگام استفاده از۵۰ درصد آرد ساقه توتون و ۶ درصد جفت کننده می باشد. از آنجائی‌که بین مدول الاستیسیته کامپوزیت و مدول اجزای تشکیل دهنده آنها رابطه مستقیمی وجود دارد [۲۳]، در نتیجه با در نظرگرفتن مدول الاستیسیته بالاتر مواد لیگنوسلولزی، شاهد افزایش مدول الاستیسیته در کامپوزیت حاصل می-باشیم [۱۲، ۱۳]. از سوی دیگر شکل های ۳ و ۴ نشان می دهد که مقاومت و مدول کششی نمونه های حاوی ۴۰ درصد آرد استبرق که به طور مساوی متشکل از ۲۰ درصد چوب و ۲۰ درصد پوست می باشد، تقریبا در گروه مشترک با نمونه های حاوی ۴۰ درصد آرد استبرق پوست کنی شده می باشد. یعنی این مقدار مصرف پوست تأثیر منفی بر معنی داری بر مقاومت و مدول کششی کامپوزیت ها نداشت.



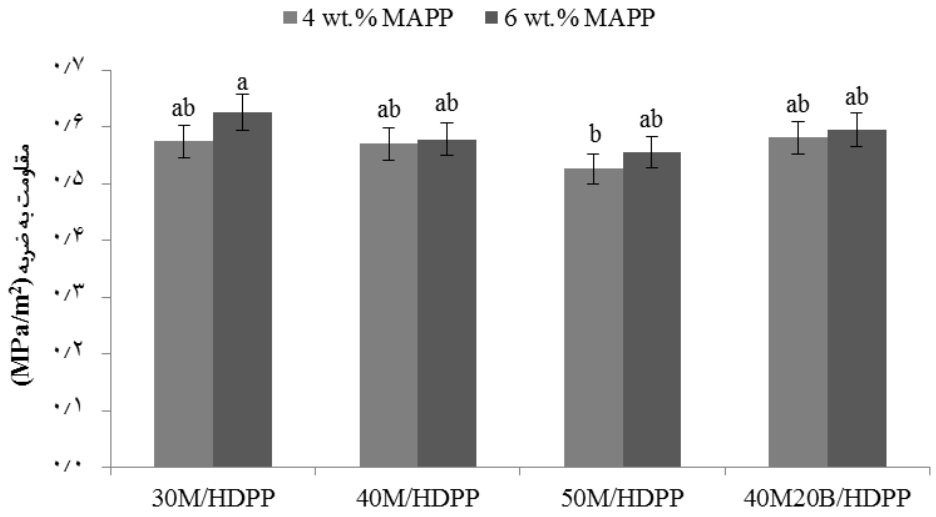
شکل ۳- اثر متقابل آرد چوب استبرق (با و بدون حضور پوست در سطح ۴۰ درصد) و جفت کننده بر مقاومت کششی



شکل ۴- اثر متقابل آرد استبرق (با و بدون حضور پوست در سطح ۴۰ درصد) و جفت کننده بر مدول کششی

مقاومت به ضربه

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد اثر متقابل آرد استبرق و جفت کننده بر مقاومت به ضربه معنی دار می-باشد ($P<0/05$). همان طور که در شکل ۵ مشاهده می-شود، با استفاده از ۳۰ درصد آرد چوب استبرق و ۶ درصد جفت کننده بیشترین مقاومت به ضربه حاصل شده است. و کمترین میزان مقاومت به ضربه مربوط به تیمار حاصل از ۵۰ درصد آرد استبرق و ۴ درصد جفت کننده می باشد. افزودن آرد استبرق بیش از ۳۰ درصد، منجر به کاهش مقاومت به ضربه شد. ذرات پرکننده ذراتی سفت و محکم به شمار می‌آیند و موجب تردی و شکنندگی کامپوزیت حاصل می‌گردد [۲۴]. لذا با افزودن پرکننده سلولزی به ترکیب کامپوزیت چوب-پلاستیک میزان مقاومت به ضربه به دلیل افزایش تردی نمونه‌ها و کاهش ضربه-پذیری،کاهش پیدا می‌کند. همچنین شکل ۵ نشان می دهد که مقاومت به ضربه نمونه های حاوی ۴۰ درصد آرد استبرق متشکل از ۲۰ درصد چوب و ۲۰ درصد پوست با نمونه های حاوی آرد چوب پوست کنی شده در یک گروه مشترک قرار دارد و این مقدار مصرف الیاف حاصل از پوست به همراه الیاف چوب تأثیر منفی بر مقاومت به ضربه آنها نداشته است.



شکل ۵-اثر متقابل آرد استبرق (با و بدون حضور پوست در سطح ۴۰ درصد) و جفت کننده بر مقاومت به ضربه

نتیجه گیری

در این مطالعه ویژگی های مکانیکی کامپوزیت پلی پروپیلن تقویت شده با آرد چوب استبرق پوست کنی شده و پوست کنی نشده مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که در هر یک از سطوح مختلف آرد استبرق (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) با افزایش مقدار ماده جفت کننده (از ۴ به ۶ درصد) مقاومت خمشی نیز افزایش یافته است. اما در مقابل با افزایش مصرف آرد استبرق مقاومت کشـشی کامپوزیت کاهش یافته است. از طرفی افزایش میزان جفت کننده تا ۶ درصد باعث سازگاری بیشتر ماده لیگنوسلولزی و پلیمر و اتصال بهتر بین آن‌ها و افزایش مقاومت کششی شد. همچنین حضور پوست به همراه چوب در سطح ۴۰ درصد تأثیر منفی معنی داری بر مقاومت خمشی و کششی کامپوزیت ها نداشت. همچنین با افزایش آرد استبرق تا ۵۰ درصد، مدول کششی و خمشی کامپوزیت افزایش یافته است. مقاومت به ضربه نمونه ها با افزایش آرد استبرق کاهش یافت اما با مصرف ۶ درصد جفت کننده مقدار آن تا حدی افزایش داشته است. همچنین نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مقاومت های مکانیکی نمونه های حاوی پوست با نمونه های حاوی آرد چوب پوست کنی شده تفاوت چندانی ندارد. یعنی حضور پوست تأثیر منفی معنی داری بر مقاومت های مکانیکی نمونه ها نداشته و می توان این نوع چوب ها را بدون پوست کنی مورد استفاده قرار داد. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که قسمت های چوبی و دورریز گیاه استبرق به عنوان ماده لیگنوسلولزی که به طور خودرو در مناطق وسیعی از نواحی جنوبی ایران و سواحل خلیج فارس و دریای عمان می روید، در تولید فرآورده‌های مرکب چوبی دارای پتانسیل گسترده ای می باشد و این ماده لیگنوسلولزی نه تنها دارای امکان مصرف در صنعت چوب- پلاستیک می‌باشد بلکه قابلیت استفاده در کارخانه-های تولید کننده تخته خرده چوب، تخته فیبر و صنایع خمیر و کاغذ سازی با هدف استفاده مفید از ضایعات دورریز را نیز دارد و می تواند در صنایع چوب و کاغذ کاربرد گسترده‌ای داشته باشد و تا حدودی کمبود مواد اولیه چوبی را پوشش دهد.

منابع

[1] Chandrawat, P. and Sharma, R.A., 2016. The Genus *Calotropis*: An Overview on Bioactive Principles and theirBioefficacy. Research Journal of Recent Sciences, 5(1): 61-70.

[2] Ayrilmis, N., Buyuksari, U. and Dundar, T., 2010. Waste pine cones as asource of reinforcing fillers for thermoplastic composites. Journal of Applied Polymer Science, 117(4): 2324–2330.

[3] Hosseini, S.B., H., Hedjazi, H., Jamalirad, L. and Sukhtesaraie, A., 2014. Effect of nano-SiO_2 on physical and mechanical properties of fiber reinforced composites (FRC_s). Journal of Indian Academy of Wood Science, 11(2): 116-121.

[4] Rodriguz, E., Petrucci, R., Puglia, D., Jose, M.K. and Vazauez, A., 2005. Characterization of composites based on natural and glass fibers obtained by vacuum infusion. Journal of Composite Material, 39(3): 265–282.

[5] Han, S.O., Lee, S.M., Park, W.H. and Cho, D., 2006. Mechanical and thermal properties of waste silk fiber reinforced poly (butylenes succinate) bio composites. Journal of Applied Polymer Science, 100(6): 4972–4980.

[6] Mohanty, S., Sushil, V.K., Sanjay, N.K. and Sudhansu, T.S., 2004. Influence of fiber treatment on the performance of sisal polypropylene composites. Journal of Applied Polymer Science, 94(3): 1336–1345.

[7] Shubhra, QTH., Alam, A. and Quaiyyum, MA., 2011. Mechanical properties of polypropylene composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 26(3): 362-391.

[8] Sui, G., Fuqua, M.A., Ulven, C.A. and Zhong, W.H., 2009. A plant fiber reinforced polymer composite prepared by a twin-screwextruder. BioresourTechnol, 100(3): 1246–1251.

[9] De Rosa, I.M., Kenny, J.M., Puglia, D., Santulli, C. and Sarasini, F., 2010. Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (Abelmoschusesculentus) fibres as potential reinforcement inpolymer composites. Compos Science Technology, 70(1): 116–122.

[10] Buzarovska, A., Bogoeva-Gaceva, G., Grozdanov, A., Avella, M., Gentile, G. and Errico M., 2008. Potential use of rice straw as filler in eco-composite materials. Australian Journal of Crop Science, 1(2): 37-42.

[11] 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.

[12] Gholizadeh, M., Jamalirad, L., Aminian, H. and Hedjazi, S., 2015. Investigation on Mechanical Properties of polypropylene composite reinforced with tobacco stalk. Journal of Forest and Wood Products, 68(2): 261-272.

[13] Biazyat, A., Jamalirad, L., Aminian, H.and Hedjazi, S., 2016. The effect of using palm wood flour in the manufacture of polypropylene-based wood-plastic composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(1): 30-39. (In Persian).

[14] Ochi, S.H., 2008. Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites. Mechanics of Materials, 40: 446-452.

[15] Van de Velde, K. and Kiekens, P., 2003. Effect of material and process parameters on the mechanical properties of unidirectional and multidirectional flax/polypropylene composites. Composite Structures, 62(3-4): 443–448.

[16] Bos, H.L., Müssig, J. and van den Oever, M.J.A., 2006. Mechanical properties of short-flax-fibre reinforced compounds. Compos Part A, 37: 1591–1604.

[17] Alam, A., Shubhra, Q.T.H., Sanjoy, B. and Rahman, M.M., 2011. Preparation and characterization of natural silk fiber reinforced polypropylene and synthetic E-glass fiber reinforced polypropylene composites: A comparative study. Journal of Compos Mater, 45(22): 2301–2308.

[18] Nasser, R. A., Al-Mefarrej, H. A., Khan, P. R. and Alhafta, K. H., 2012. Technological properties of *CalotropisProcera* (AIT) wood and its relation to utilization. American-Eurosian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 12(1): 5-16.

[19] Kargarfard, A., 2013. The Infuence 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. (In Persian).

[20] 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. (In Persian).

[21] 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.

[22] Kim, S., Moonb, J., Kim, C.H. and Sikha, G., 2008. Mechanical properties of polypropylene /naturalfiber composites: Comparison of wood fiber and cotton fiber. Polymer Testing, 27: 801–806.

[23] Stark, N.M. and Rowlands, R.E., 2003. Effects of wood fiber characteristicson mechanical properties of wood/polypropylene composites. Wood and Fiber Science, 35(2): 167-174.

[24] Nourbakhsh, A., Baghlani, F. and Ashori, A., 2011. Nano-SiO2 filled rice husk/polypropylene composites: Physico-mechanical properties. Industrial Crops and Products, 33(1): 183-187.

The effect of the skin presence on the mechanical properties of milkweed wood flour-plastic composite

Abstract

The large parts of the southern regions of Iran are covered by wild milkweed plants. The latex and roots of these plants are used in the pharmaceutical industries, but the wooden parts of this plant are left as waste. Since lots of this type of wastes are annually produced; hence, we conducted this study to use lignocellulosic wastes of wild milkweed plants for the manufacturing of wood-plastic composite and then the mechanical properties of the fabricated composite were studied. To make composite, milkweed flour in three mixing levels of 30, 40 and 50 percent of total composition, maleic anhydride grafted polypropylene as a coupling agent in two mixing levels of 4 and 6% percent of polymer, were used as variable factors. Also, some stems were not debarked, and composite with the level of 40% was made using debarked wood flour. The mechanical properties of fabricated composite including bending strength, bending modulus, tensile strength, tensile modulus and impact strength, were measured. The study results showed that by increasing milkweed flour consumption, the tensile strength of composite decreased, but the bending strength was improved. In each of the different mixing levels of milkweed flour (30, 40 and 50 percent), the flexural modulus and tensile modulus of composites increased by increasing the amount of coupling agent (from 4 to 6%). On the other hand, the impact resistance of composites decreased by increasing the amount of lignocellulosic flour in each of the coupling agent mixing levels. Also, the presence of the bark did not adversely affect the mechanical properties of the composite, and it is possible to use this type of wood without the need of debarking.

Keywords: milkweed flour, polypropylene, debarking, bending strength, tensile strength, impact strength.

L. Jamalirad[1*]
S. B. Hosseini[2]

[1] Assistant Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of agriculture and natural resources, Gonbad Kavous university, Gonbad, Iran

[2] M.Sc., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
Jamalirad@gonbad.ac.ir

Received: 2017/11/26
Accepted: 2018/02/06