

ارزیابی ویژگی‌های کامپوزیت ساخته شده از آرد ساقه آفتابگردان و پلیمر طبیعی پلی لاکتیک اسید

بهزاد قاسمی^۱، لعیما جمالی‌راد^{۲*}، فرشید فرجی^۳ و سحاب حجازی^۴

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

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

پست الکترونیک: jamalirad@gonbad.ac.ir

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

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

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۷

چکیده

در این تحقیق اثر استفاده از پلیمر طبیعی پلی لاکتیک اسید و مقدار ماده جفت‌کننده MAPP بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت ساخته شده با آرد ساقه آفتابگردان مطالعه شد. بدین جهت از سه سطح ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد پلیمر پلی لاکتیک اسید و MAPP در دو سطح ۴ و ۶ درصد وزن خشک پلیمر به‌عنوان عوامل متغیر استفاده شد. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون شامل پایداری ابعادی، مقاومت و مدول کششی، مقاومت و مدول خمشی و مقاومت به ضربه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار پلیمر پلی لاکتیک اسید و کاهش سهم ذرات آرد ساقه آفتابگردان و افزایش ۶ درصدی MAPP، مقاومت‌های خمشی، کششی و مقاومت به ضربه افزایش و پایداری ابعادی کامپوزیت‌ها بهبود یافت؛ اما در مقابل مدول کششی و خمشی کامپوزیت‌های حاصل کاهش یافت. اگرچه با بررسی نتایج مشخص شد که ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های ساخته شده با این پلیمر و ذرات آرد ساقه آفتابگردان قابل رقابت با سایر کامپوزیت‌های ساخته شده با پلیمرهای شیمیایی و در بعضی موارد بهتر از آنها نیز بوده است.

واژه‌های کلیدی: ساقه آفتابگردان، پلیمر طبیعی پلی لاکتیک اسید، پایداری ابعادی، مقاومت به ضربه، مدول خمشی.

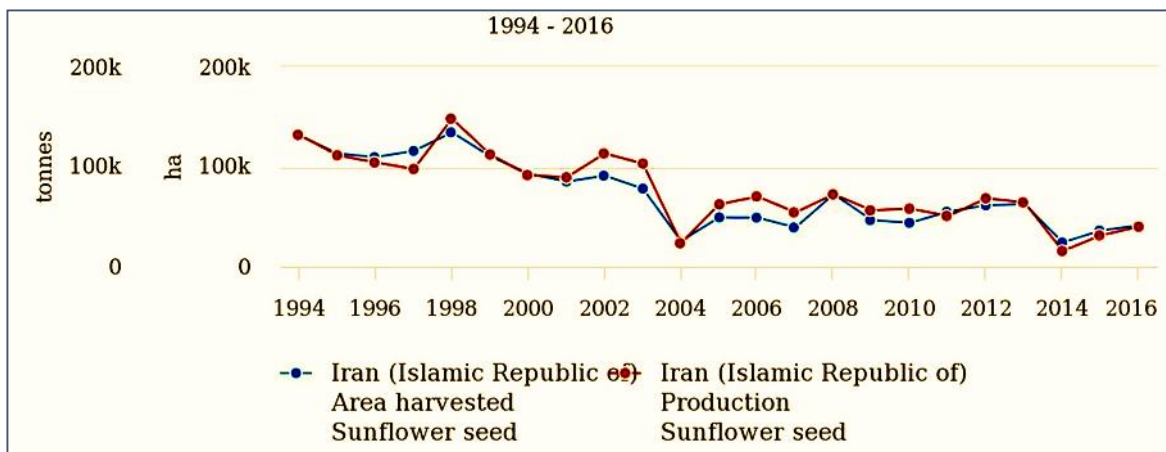
مقدمه

(2003). از آنجایی که مقدار ذرت مصرفی در تولید پلی لاکتیک اسید، کمتر از ۰/۰۲ درصد مقدار کل تولید جهانی آن است، از این رو با تولید پلیمر پلی لاکتیک اسید از ذرت، بحران غذایی ایجاد نمی‌شود (Sawada and Ueda, 2007). به عبارت دیگر این ماده از گیاهان تولید و بعد پلیمر شده و به محصولات مورد نظر تبدیل می‌شود. بنابراین از یکسو پلی لاکتیک اسید که ماده خام آن مانند ذرت، تجدیدپذیر و غیر آلاینده است، استفاده از منابعی مانند نفت را به‌عنوان ماده اولیه محدود می‌کند. از سوی دیگر تولید پلی لاکتیک اسید نسبت به تولید

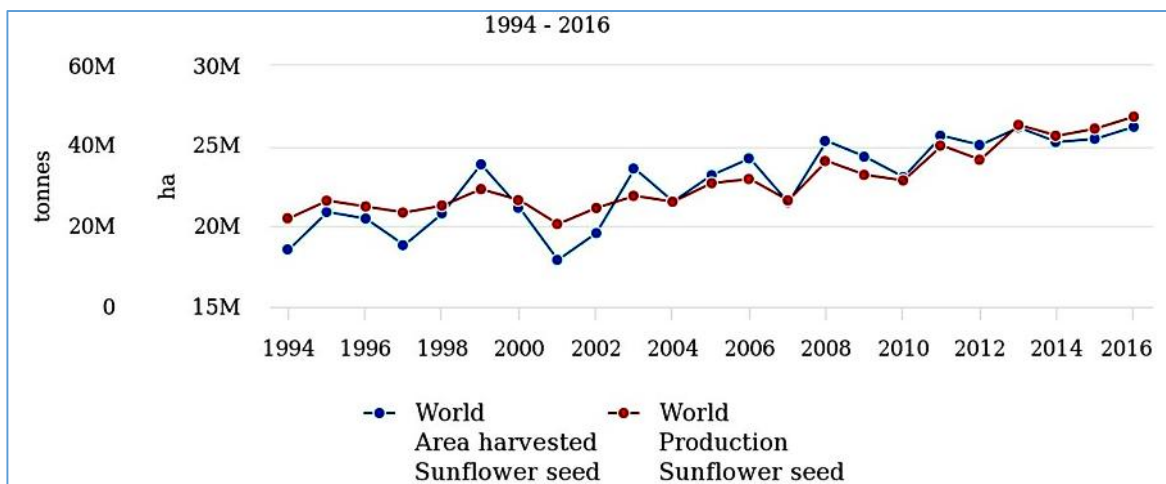
پلی لاکتیک اسید (PLA) به دلیل خواص مکانیکی و زیست تخریب پذیری خوب، از پلیمرهای طبیعی با قابلیت‌های زیاد به‌شمار می‌آید. PLA پلی استری متشکل از واحدهای لاکتیک اسید (C₃H₆O₃) است و از منابع ۱۰۰ درصد تجدیدشونده تولید می‌شود (Oksman et al., 2003; Tsuji et al., 2001; Bleach et al., 2003). این پلیمر از تخمیر منابع کشاورزی مانند ذرت تهیه می‌گردد و بعد از واحدهای لاکتیک اسید پلیمر پلی لاکتیک اسید ساخته می‌شود (Oksman et al.,

تأمین کرد و از سوی دیگر باعث حفظ اکوسیستم و کاهش آلودگی زیست‌محیطی ناشی از سوزاندن این نوع ضایعات شد. طبق آمار جهاد کشاورزی میزان کل تولید آفتابگردان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در کشور ۸۷۷۶ هزار تن بوده که ۸۸/۷۹ درصد از آن از اراضی با کشت آبی و ۱۱/۲۱ درصد از آن از اراضی با کشت دیم به دست آمده است. این محصول بیشتر در استان‌های آذربایجان غربی، کرمانشاه، سمنان، گلستان و لرستان کاشته شده و این ۵ استان در مجموع ۸۸/۹ درصد از تولید کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند. شکل‌های ۱ و ۲ روند میزان کل تولید آفتابگردان در ایران و دنیا را از سال ۱۹۹۴ تا سال ۲۰۱۶ طبق آمار سازمان FAO نشان می‌دهد. پس از برداشت دانه روغنی آفتابگردان، ساقه آن در حجم زیاد بدون مصرف در کنار زمین باقی می‌ماند. از آنجایی که ساقه آفتابگردان به دلیل پایین بودن ارزش غذایی برای تغذیه دام مناسب نیست، در نتیجه حجم قابل توجهی از ساقه آن به‌عنوان پسماند کشاورزی سالیانه توسط کشاورزان سوزانده می‌شود؛ اما با توجه به ترکیبات شیمیایی آن (جدول ۱) و مقدار سلولز مورد توجه آن در ترکیب می‌توان استفاده از الیاف آن را به‌عنوان پرکننده در ترکیب با پلیمر طبیعی و تجدیدپذیر پلی‌لاکتیک اسید مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. بر این اساس در این تحقیق سعی شد با استفاده از ساقه آفتابگردان جمع‌آوری شده از مزارع اطراف شهرستان دهگلان واقع در استان کردستان اقدام به ساخت چوب-پلاستیک با استفاده از پلیمر پلی‌لاکتیک اسید شود و بعد خواص فیزیکی و مکانیکی آن نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

پلیمرهای بر پایه نفت ۵۵-۲۵ درصد انرژی فسیلی کمتر نیاز دارد (Vink *et al.*, 2003). با توجه به آنکه در دنیای امروزی از یکسو حفاظت از محیط‌زیست حائز اهمیت بوده و از سوی دیگر ذخایر پتروشیمی مانند نفت رو به کاهش است؛ بنابراین تولید پلیمرهای جدید از منابع گیاهی و تجدیدشونده از اهداف مهم صنایع است. در این زمینه پیشرفت‌های زیادی در کاربرد پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر نیز رخ داده است (Ouchi and Ohya, 2004) و به‌عنوان جایگزینی برای پلیمرهای شیمیایی مطرح هستند. همچنین این پلیمر در مقایسه با پلی‌اتیلن ترفتالات دارای وزن مخصوص کمتر و دمای ذوب پایین‌تری است (Avinc and Khoddami, 2009). از این رو با توجه به مزایای این نوع پلیمرها در حال حاضر ساخت کامپوزیت‌هایی از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر به همراه الیاف طبیعی به علت تخریب کامل این مواد در خاک و عدم انتشار ترکیبات سمی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Shibata *et al.*, 2004; Zini *et al.*, 2004; Shibata *et al.*, 2003). بر این اساس استفاده از آرد چوب به‌عنوان پرکننده در ساخت کامپوزیت‌های چوب-پلیمر به دلیل قیمت پایین، دسترسی آسان و تجدیدشوندگی متداول است (Peltola *et al.*, 2014). در این راستا استفاده از پسماندهای زراعی به‌عنوان منابع تجدیدشونده در ارتباط با کمبود منابع چوبی در ساخت انواع کامپوزیت‌ها مطرح بوده و روی آوردن به استفاده از این نوع الیاف حاصل از پسماندها به نظر اجتناب‌ناپذیر می‌رسد؛ زیرا با استفاده از این نوع پسماندهای کشاورزی با توجه به کوتاه بودن دوره رشد آنها، می‌توان تا حدی منابع فیبری صنعت چوب و کاغذ را



شکل ۱- مقدار کل تولید آفتابگردان در ایران (FAO, 2016)



شکل ۲- مقدار کل تولید آفتابگردان در دنیا (FAO, 2016)

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده ساقه آفتابگردان (Rasam et al., 2011)

دیواره ساقه (ساقه بدون مغز) (%)	کل ساقه (ساقه با مغز) (%)	شرح ترکیب
۴۷/۳۷	۳۹/۹۳	سلولز
۲۱/۲۰	۲۲/۲۴	لیگنین
۲۰/۳۲	۲۰/۴۲	همی سلولز
۷/۵۰	۱۲/۴۹	خاکستر
۳/۶۱	۴/۹۲	مواد استخراجی محلول در الکل-استون
۳۴	۳۶/۱۰	مواد استخراجی محلول در سود ۱٪

مواد و روش‌ها

ساخت شرکت اتریشی CHEMIE KAS GmbH با دانشیته
 ۱/۲۵ گرم بر سانتی مترمکعب و شاخص جریان مذاب

در این تحقیق پلیمر طبیعی پلی لاکتیک اسید (PLA)

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 مقایسه شد.

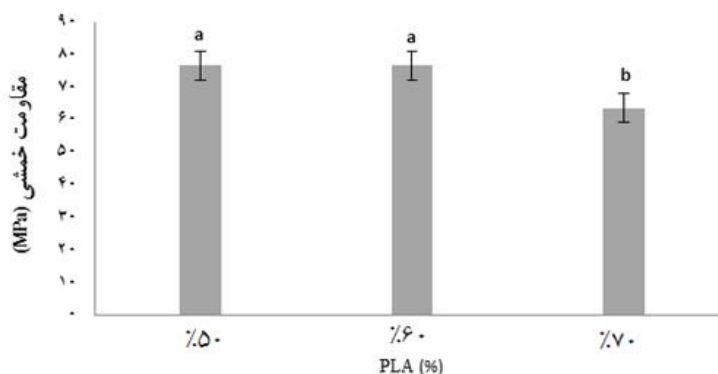
نتایج

خواص مکانیکی

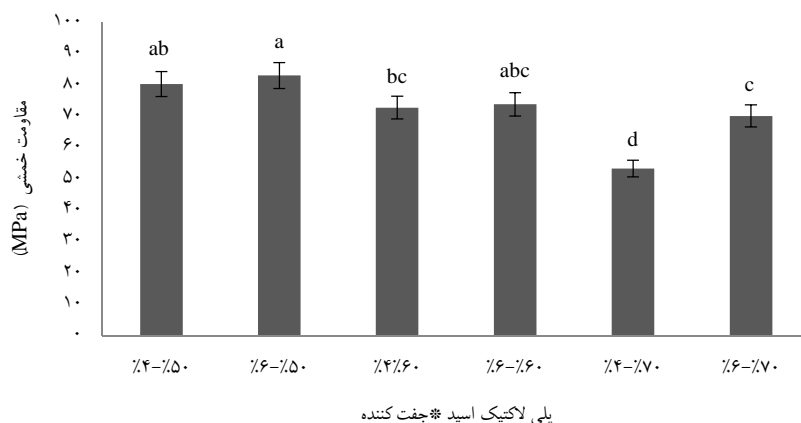
مقاومت و مدول خمشی

با توجه به شکل‌های ۳ تا ۶ و با توجه به نتایج آنالیز واریانس، اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر مورد مطالعه بر مقاومت و مدول خمشی کامپوزیت ساخته شده از پلیمر PLA و آرد ساقه آفتابگردان دارای اختلاف معنی‌داری است. بدان مفهوم که با افزایش سهم پلیمر پلی‌لاکتیک اسید و کاهش سهم آرد ساقه آفتابگردان مقاومت خمشی کاهش یافته است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار میانگین مقاومت خمشی مربوط به ۵۰ و ۶۰ درصد پلیمر پلی‌لاکتیک اسید (در یک سطح مشترک) و کمترین مقدار آن مربوط به ۷۰ درصد پلیمر می‌باشد. از سوی دیگر استفاده از سطوح مختلف ماده جفت‌کننده تأثیر معنی‌داری بر مقاومت و مدول خمشی کامپوزیت‌ها داشته است؛ همان‌طور که در اثر متقابل عوامل متغیر مشاهده می‌گردد (شکل‌های ۴ و ۶) با افزایش مقدار MAPP در سطوح مختلف استفاده از PLA، مقاومت و مدول خمشی افزایش یافته است.

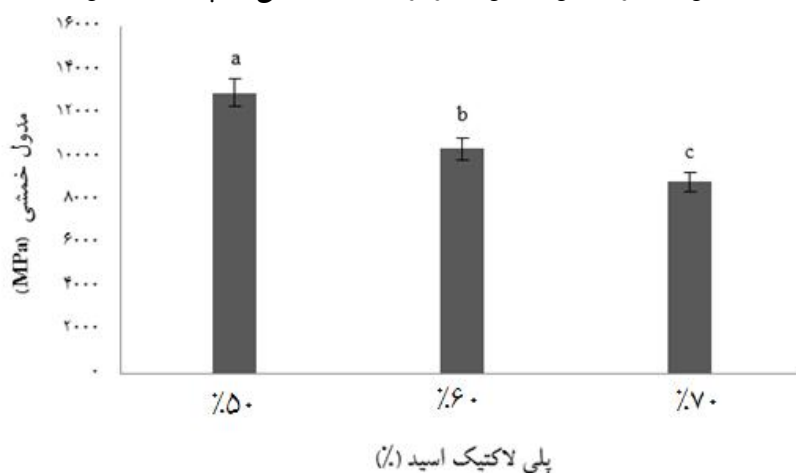
(۲/۱۶، ۱۹۰ °C) ۱/۲ gr/۱۰ min در سه سطح ۶۰، ۷۰ و ۵۰ در مقابل سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ از آرد ساقه آفتابگردان استفاده شد. بدین منظور برای تهیه آرد ساقه آفتابگردان ابتدا ساقه‌های رسیده را که در اواخر تابستان در مزارع برداشت می‌شود از شهرستان دهگلان واقع در استان کردستان جمع‌آوری کرده و مدتی در هوای آزاد به دور از تابش مستقیم آفتاب قرار داده شد. پس از تبدیل آنها با استفاده از دستگاه خردکن به قطعات ریزتر، آسیاب و تبدیل به آرد شد. سپس ذرات آرد غربال شده با استفاده از الک ۴۰ و ۶۰ مش تا رطوبت نزدیک به ۱ درصد خشک و بعد از خشک شدن در نایلون قرار دادیم تا مانع از جذب رطوبت گردد. همچنین از مالٹیک انیدرید پیوند خورده با پلی‌پروپیلن صنعتی (MAPP) در دو سطح ۴ و ۶ درصد وزن خشک پلیمر استفاده شد. مواد آماده شده برای هریک از تیمارها در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران با استفاده از اکسترودر دو ماریچ غیر همسوگر مدل Collin مخلوط شدند. با استفاده از پرس گرم و سرد تخته‌های با ابعاد ۱۶*۱۶*۰/۴ سانتی‌متر تولید گردید. سپس برای اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی، نمونه‌های آزمایشی با استفاده از دستگاه لیزر برش داده شد. مقاومت و مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی، مقاومت به ضربه و واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بر اساس استانداردهای ASTM D 790 ASTM D 256 638 ASTM D 570 اندازه‌گیری شد.



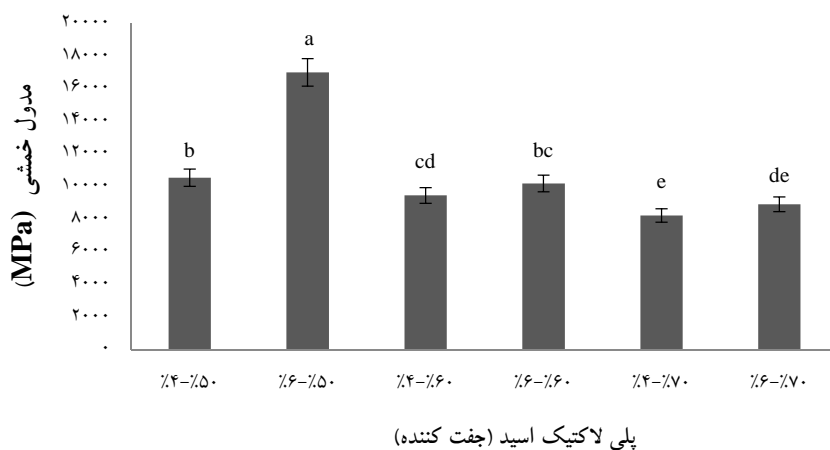
شکل ۳- اثر مستقل مقدار پلی‌لاکتیک اسید بر مقاومت خمشی کامپوزیت حاصل



شکل ۳- اثر متقابل عوامل متغیر بر مقاومت خمشی کامپوزیت حاصل



شکل ۴- اثر مستقل مقدار پلی لاکتیک اسید بر مدول خمشی کامپوزیت حاصل



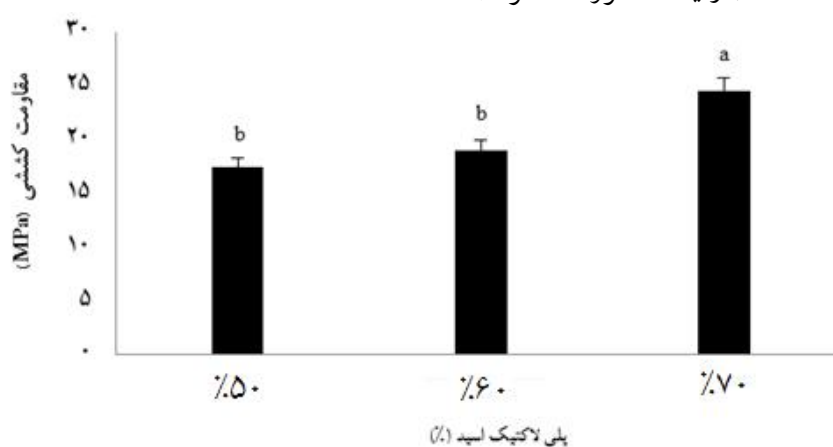
شکل ۵- اثر متقابل عوامل متغیر بر مدول خمشی کامپوزیت حاصل

آفتابگردان و اثر متقابل عوامل متغیر بر مقاومت کششی کامپوزیت‌های ساخته شده معنی دار بود اما اختلاف

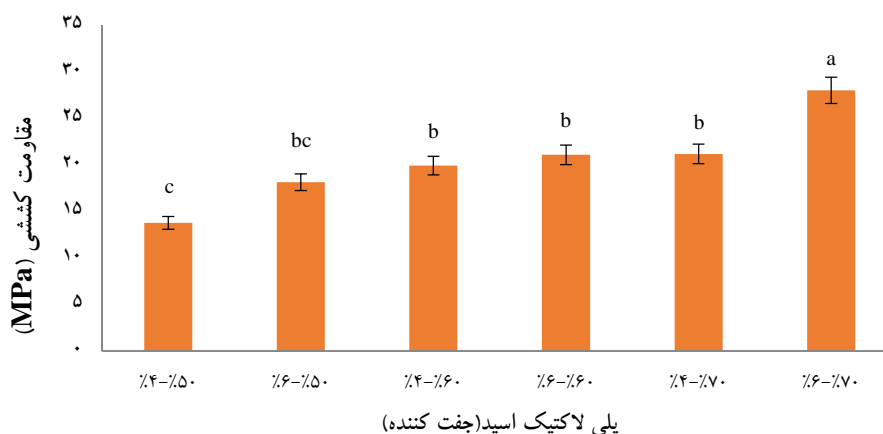
مقاومت و مدول کششی سطوح مختلف استفاده از پلیمر PLA و آرد ساقه

به دست آمد. از سویی افزایش مصرف MAPP در بهبود مقاومت کششی کامپوزیت‌ها نقش مثبتی داشته است (شکل ۸). همچنین با افزایش مقدار PLA و به دنبال آن کاهش سهم آرد ساقه آفتابگردان، مدول کششی کامپوزیت‌های حاصل کاهش یافت؛ یعنی کاهش سهم آرد ساقه آفتابگردان بر مدول کششی کامپوزیت مورد نظر تأثیر منفی داشت؛ اما همه سطوح در یک سطح مشترک قرار داشته و دارای اختلاف معنی داری نبودند.

معنی داری در بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مدول کششی مشاهده نشد. همان‌طور که شکل ۷ نشان می‌دهد با کاهش سهم PLA و افزایش سهم آرد ساقه آفتابگردان مقاومت کششی کامپوزیت کاهش یافته است؛ اما هرچقدر مقدار مصرف PLA افزایش یافت، مقدار مقاومت کششی نیز افزایش یافته است؛ یعنی در نسبت استفاده از ۷۰ درصد PLA و ۳۰ درصد آرد ساقه آفتابگردان بیشترین میانگین مقاومت کششی حاصل شد و کمترین مقدار آن با مصرف ۵۰ و ۶۰ درصد PLA (در یک گروه مشترک)



شکل ۷- اثر مستقل مقدار پلی لاکتیک اسید بر مقاومت کششی کامپوزیت حاصل



شکل ۸- اثر متقابل عوامل متغیر بر مقاومت کششی کامپوزیت حاصل

نشان داد. همان‌طور که در شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان داده شده است با کاهش سهم آرد ساقه آفتابگردان و افزایش سهم PLA، مقاومت به ضربه نیز افزایش یافته است؛ یعنی با

مقاومت به ضربه

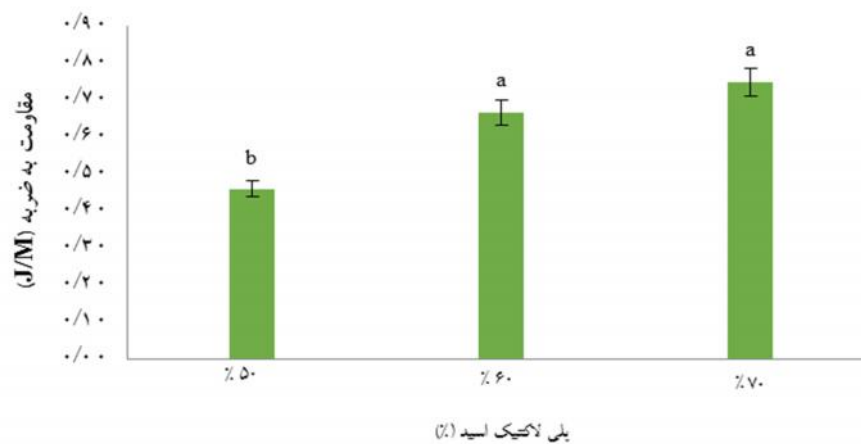
نتایج آنالیز تجزیه واریانس، اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر را بر مقاومت به ضربه کامپوزیت‌های حاصل معنی دار

غوطه‌وری و اثر متقابل عوامل متغیر بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد؛ یعنی با افزایش سهم PLA از ۵۰٪ به ۷۰٪ و کاهش سهم ذرات آرد ساقه آفتابگردان در ترکیب حاصل، مقدار واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب کاهش معنی‌داری داشته است (شکل ۱۱). همچنین در بررسی اثر متقابل عوامل متغیر (شکل ۱۲) نیز مشخص گردید که با افزایش مقدار جفت‌کننده به دلیل افزایش سازگاری بیشتر بین الیاف و پلیمر به همراه افزایش مقدار مصرف PLA و کاهش سهم ساقه آفتابگردان نیز میزان واكشیدگی ضخامت کاهش یافته است.

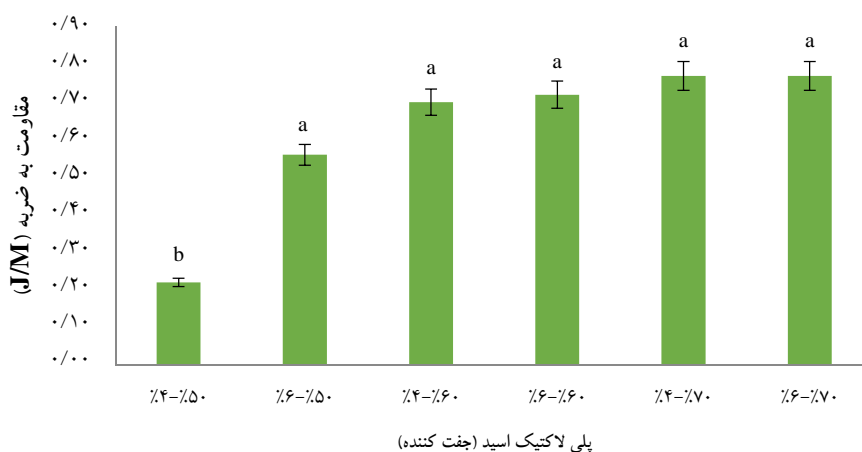
استفاده از ۷۰ درصد PLA در ترکیب کامپوزیت ساخته شده، بیشترین مقاومت به ضربه حاصل شده است. همچنین استفاده از MAPP اثر بهبوددهنده و مطلوبی بر مقاومت به ضربه کامپوزیت‌ها داشته است. به‌ویژه اینکه در سطح استفاده از ۵۰ درصد PLA (کمترین سطح استفاده از PLA) تأثیر مناسب افزایش MAPP تا ۶ درصد بر مقاومت به ضربه کامپوزیت‌ها بیشتر مشهود بود (شکل ۱۰).

واكشیدگی ضخامت

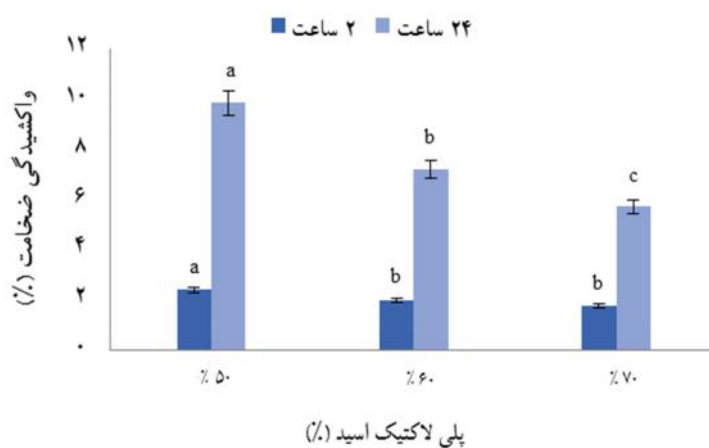
تجزیه و تحلیل آماری اختلاف معنی‌داری را در اثر مستقل PLA بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت



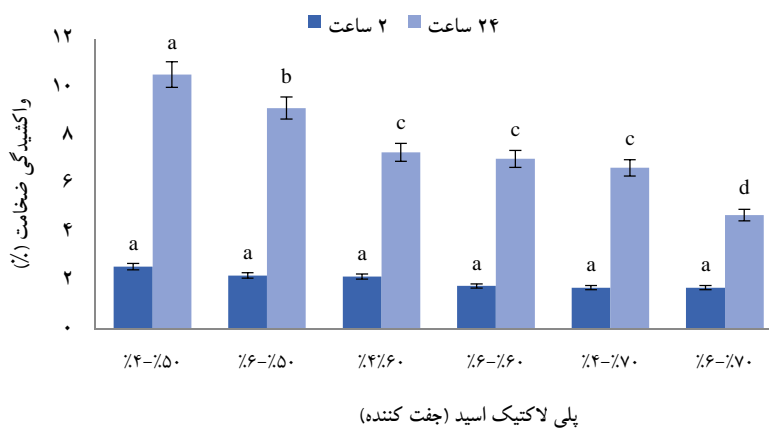
شکل ۹- اثر مستقل عوامل مقدار پلی لاکتیک اسید بر مقاومت به ضربه کامپوزیت حاصل



شکل ۱۰- اثر متقابل عوامل متغیر بر مقاومت به ضربه کامپوزیت حاصل



شکل ۱۱- اثر مستقل مقدار پلی لاکتیک اسید بر واکسیدگی ضخامت کامپوزیت حاصل بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب



شکل ۱۲- اثر متقابل عوامل متغیر بر واکسیدگی ضخامت کامپوزیت حاصل بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

بحث

(Kim et al., 2008) خواص مکانیکی چندسازه پلی پروپیلن - الیاف طبیعی را که شامل الیاف چوب و الیاف پنبه می باشد مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که مقاومت کششی چندسازه پلی پروپیلن - الیاف چوب با افزایش درصد وزنی الیاف چوب کاهش می یابد. درحالی که چندسازه پلی پروپیلن - الیاف پنبه رفتار متفاوتی را نشان می دهند. البته مقایسه نتایج حاصل نیز نشان داد که مقاومت خمشی و کششی کامپوزیت ها قابل رقابت با کامپوزیت های ساخته شده با پلیمرهای مصنوعی و حتی بیشتر از آنها نیز بوده است. همچنین با توجه به مدول الاستیسیته بیشتر ترکیبات سلولزی، با افزایش سهم آرد ساقه آفتابگردان و کاهش سهم PLA مدول خمشی و کششی کامپوزیت ها افزایش یافته است. نکته قابل توجه آن است که با استفاده از آرد ساقه آفتابگردان در ترکیب با PLA یک جهش دو تا سه برابری مدول الاستیسیته در مقایسه با کامپوزیت های ساخته شده با پلی پروپیلن و آرد نخل خرما (Biazyat et al., 2016) و آرد ذرات توتون (Gholizadeh et al., 2015) وجود داشت؛ یعنی ترکیب همزمان پلیمر PLA و آرد ساقه آفتابگردان در بهبود مدول کامپوزیت تأثیر مثبتی داشته است. همچنین با افزایش مقدار پلیمر طبیعی PLA در ترکیب کامپوزیت، مقاومت به ضربه نمونه ها افزایش یافت؛ یعنی هرچقدر سهم آرد ساقه آفتابگردان کاهش یافت، به دلیل سفتی ذرات پرکننده، تردی کامپوزیت حاصل کاهش و مقاومت به ضربه افزایش یافته است. از سوی دیگر مشخص شد که پلیمر طبیعی و تجدیدپذیر PLA، مقاومت خوبی در برابر میزان جذب آب داشته و باعث بهبود پایداری ابعادی نمونه ها شده است. به نحوی که با افزایش مصرف آن تا ۷۰ درصد و کاهش سهم ذرات آرد ساقه آفتابگردان به تدریج میزان واکنش پذیری ضخامت کامپوزیت ها کاهش یافته است. مقایسه نتایج حاصل نیز نشان داد که با وجود ساخت کامپوزیتی در این تحقیق که بیشتر از ۹۰ درصد آن را مواد طبیعی و تجدیدپذیر تشکیل می دهند که به لحاظ زیست محیطی نیز مشکلی به وجود نمی آورند می توان کامپوزیت هایی ساخت که به لحاظ ویژگی های فیزیکی و

در این پژوهش با هدف استفاده از ضایعات کشاورزی حاصل از ساقه گیاه آفتابگردان که هر ساله در سطح وسیعی تولید و دورریز می شود و از سوی دیگر با هدف استفاده از پلیمری طبیعی که زیست تخریب پذیر بوده و مشکلات زیست محیطی به همراه ندارد در ترکیب با این نوع الیاف، اقدام به ساخت کامپوزیت چوب-پلاستیک شد و بعد ویژگی های فیزیکی و مکانیکی آن مورد بررسی و مقایسه با سایر کامپوزیت های ساخته شده با پلیمرهای مصنوعی و انواع الیاف سلولزی قرار گرفت. تحقیقات نشان داده است که با اضافه شدن الیاف چوب به پلیمر، سختی و سفتی پلیمر افزایش می یابد؛ اما از سویی موجب شکنندگی کامپوزیت می گردد. در نتیجه با افزودن آرد چوب به پلیمر مقاومت به ضربه کاهش می یابد (Peltola et al., 2014). به عبارت دیگر نوع گونه چوبی و پلیمر مصرفی و نحوه ترکیب آنها و تشکیل کامپوزیتی همگن و یکنواخت در میزان ویژگی های مکانیکی آن تأثیرگذار است. از سوی دیگر استفاده از ماده جفت کننده در هنگام ترکیب چوب و پلیمر در ایجاد سازگاری بین الیاف چوبی و پلیمر و بهبود ویژگی های آن تأثیرگذار است (Shuhbra et al., 2011; Kargarfard, 2013). در بررسی ویژگی های کامپوزیت ساخته شده در این تحقیق، نتایج نشان داد که افزایش مصرف PLA تا ۷۰ درصد در ترکیب با آرد ساقه آفتابگردان باعث کاهش مقاومت خمشی کامپوزیت ها شده است؛ زیرا سهم ماده تقویت کننده در کامپوزیت حاصل کاهش یافته است. بدان معنی که تیمار مربوط به مصرف ۵۰ پلیمر PLA و ۵۰ درصد آرد ساقه آفتابگردان به همراه ۶ درصد MAPP دارای بهترین مقاومت خمشی می باشد؛ اما مقاومت کششی با افزایش مقدار PLA نیز افزایش داشته است؛ یعنی با توجه به مقاومت کششی ۵۰ مگاپاسکال مربوط به PLA خالص (Oksman et al., 2003)، افزودن آرد ساقه آفتابگردان باعث بهبود مقاومت کششی نشد. بلکه به دلیل چسبندگی ضعیف بین پرکننده و اجزای ماتریس تأثیر منفی معنی داری بر مقاومت کششی کامپوزیت ها داشته است. کیم و همکاران

- Technology, 63:1317-1324.
- Ouchi T. and Ohya Y., 2004. Design of lactide copolymers as biomaterials. *J.polym. sci. part A:Polym. Chem.*, 42,453-462.
- Peltola, H., Pääkkönen, E., Jetsu, P. and Heinemann, S., 2014. Wood based PLA and PP composites: Effect of fiber type and matrix polymer on fiber morphology, dispersion, and composite properties. *Composites: Part A*, 61: 13-22.
- Rasam Gh. rangavar, H., Alignment, H. and Taheri, O. A., 2011. Investigating the possibility of using sunflower stem in the production of particleboard. *Journal of Iranian Wood and Paper Industries*, 2 (2).
- Sawada, K. and Ueda M., 2007. Optimization of dyeing poly (lactic acid) fibers with vat dyes. *Dyes and Pigments*, 74(1), 81-84.
- Shibata, M., Oyamada, s., Kobayashi, S. and Yaginuma, D., 2004. Mechanical properties and biodegradability of green composites based on biodegradable polyesters and lyocell fabric. *Journal Applied Polymer Science*, 92: 3857-3863.
- Shibata, M., Ozawa, K., Teramoto, N., Yosomiya, R. and Takeishi, H., 2003. Biocomposites made from short Abaca fiber and biodegradable polyesters. *Macromol Material Engineering*, 288: 35-43.
- Shubhra, Q., Alam, A. and Quaiyyum, M.A., 2011. Mechanical properties of polypropylene composites. *Journal of Thermoplastic Composite Material*, 26(3):362-391.
- Tsuji, H., Ishida, T. and Fukuda, N., 2003. Surface hydrophilicity and enzymatic hydrolyzability of biodegradable polyesters: 1. Effects of alkaline treatment. *Polymer*, 52, 843-852.
- Vink, E.T., Rabago, K.R., Glassner, D.A. and Gruber, P.R., 2003. Applications of life cycle assessment to nature works™ polylactide (PLA) production. *Polym. Degrad. Stabil*, 80: 403-419.
- Zini, E., Baiardo, M., Armelao, L. and Scandola, M., 2004. Biodegradable polyesters reinforced with surface-modified vegetable fibers. *Macromol Bioscience*, 4: 286-295.
- مکانیکی قابل رقابت با کامپوزیت‌های ساخته شده با پلیمرهای مصنوعی و مضر برای سلامتی انسان و حتی بیشتر از آنها نیز بوده است.

منابع مورد استفاده

- Avinc, O. and Khoddami, A., 2009. Overview of poly (lactic acid) (PLA) fibre Part I: Production, properties, performanse, environmental impact, and end-use applications of poly(lactic acid)fibres, *Fibre.Chem.*, 41,391-401.
- Biazayat, 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.
- Bleach N., Tanner K., Kellomäki M. and Törmälä, P., 2001. Effect of filler type on the mechanical properties of self-reinforced polylactide-calcium phosphate composites. *J. Mater. Sci. Mater. Med*, 12: 911-915.
- 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.
- 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.
- 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.
- Oksman, K., Skrifvars, M. and Selin, J.F., 2003. Natural fibres as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites. *Composites Science and*

Evaluating the composite properties made of sunflower stem flour and natural poly lactic acid (PLA) polymer

B. Ghasemi¹, L. Jamalirad^{2*}, F. Faraji³ and S. Hedjazi⁴

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*-Corresponding Author, 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: March, 2018

Accepted: Oct., 2018

Abstract

In this research, the effect of using natural poly lactic acid polymer and MAPP coupling agent on the physical and mechanical properties of composite manufactured using sunflower stem flour was studied. For this purpose, three levels of PLA polymer (50, 60 and 70%) and two levels of MAPP (4 and 6 percent based on dry weight of polymer) were selected as variables. Then, composites were produced and the physical and mechanical properties of the composites including dimensional stability, tensile modulus, flexural modulus and impact resistance were measured. The results showed that increasing the amount of PLA polymer and reducing the portion of sunflower stem flour and increasing MAPP up to 6 percent, increased the flexural, and tensile strength and impact resistances and improved dimensional stability of the composites. In contrast, the tensile and bending modulus of composites were reduced. However, the results revealed that the physical and mechanical properties of the composites made with this polymer and the sunflower stem flour were comparable with composites made with other polymers and in some cases it was better.

Keywords: Sunflower stem, natural poly lactic acid polymer, dimensional stability, impact resistance, flexural modulus.