بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه الیاف طبیعی- پلاستیک حاصل از ذرات ساقه سویا و پلی‌اتیلن با دانسیته سنگین

میثم مهدی‌نیا[1*]، محمد لایقی[1] و علی اکبر عنایتی[2]

۱) گروه فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: meysammehdinia@gmail.com

۲) گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰٤/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۰

چکیده

هدف این تحقیق بررسی قابلیت استفاده از ذرات ساقه سویا در تولید چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک بود. بدین منظور چندسازه‌های چوب‌پلاستیک با پلی‌اتیلن و آرد ساقه سویا در ۳ سطح ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد و مصرف ماده سازگارکننده در ۳ سطح ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی اقدام به روش قالب‌گیری تزریقی آماده شدند. اندازه‌گیری خواص مکانیکی و فیزیکی با استفاده از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی تجزیه و تحلیل گردید. نتایج نشان داد که خواص مکانیکی چندسازه‌های دارای سازگارکننده در سطح معنی داری بالاتر بود ($p<0.05$). همچنین این ویژگی‌ها روند صعودی را با افزایش مقدار آرد ساقه سویا نشان دادند. اثر متقابل مقدار آرد ساقه سویا و سازگارکننده بر خواص مکانیکی معنی‌دار بوده و چندسازه‌های ساخته شده از ۶۰ درصد آرد چوب و ۴ درصد مالئیک انیدرید پلی‌اتیلن دارای بالاترین مقاومت بودند. نتایج نشان داد که جذب آب بعد از ۱۳۴۴ ساعت غوطه‌وری در آب چندسازه با مصرف سازگارکننده و کاهش مصرف آرد ساقه سویا کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک، ساقه سویا، ماده جفت‌کننده، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

مقدمه

انسان از دیر باز مواد مختلف را جهت دستیابی به فرآورده‌ای جدید با خواص بهتر با هم ترکیب نموده است. چندسازه چوب پلاستیک یکی از این فرآورده‌ها است که به اختصار (*Wood Plastic Composite*) نامیده می‌شود. این فرآورده که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته، مخلوطی از ذرات چوب، مواد لیگنوسلولزی و پلی‌مری است که ظاهری شبیه به چوب داشته ولی به وسیله فرآیندهای تولید مواد پلاستیکی شکل می‌گیرد (شاکری و امیدوار، ۱۳۸۵). محدوده وسیعی از پلیمرها مانند پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌ونیل کلراید همراه با پرکننده‌های سلولزی نظیر آرد و الیاف چوب، کتان، کنف، بامبو، کاه و کلش در ساخت این مواد استفاده می‌شود (Kuang *et al*, 2010). بیشترین پلیمرهای مصرفی طبق آمار از نوع پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن بوده، به طوری که در مجموع ۹۵ درصد

از پلیمرهای مصرفی در سال ۲۰۱۰ را شامل شده‌اند (Kociszewski *et al*, 2010).

مشکلاتی نظیر عدم سازگاری بین پرکننده آب‌دوست و ماده زمینه (پلاستیک) آب‌گریز و دشواری توزیع یکنواخت این پرکننده‌ها در هنگام تولید چندسازه چوب پلاستیک به وجود می‌آید که جهت برطرف کردن آنها از سازگارکننده‌های مختلفی استفاده می‌شود. بیشتر تحقیقات در حال حاضر از مالئیک انیدرید پیوند شده با پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن به عنوان ماده سازگارکننده در ساخت WPC استفاده می‌کنند. این سازگارکننده‌ها نیز دارای درجه‌بندی‌های مختلفی هستند که می‌توانند ویژگی‌های نهایی چوب پلاستیک تولیدی را تحت تاثیر قرار دهند (جزایری، ۱۳۸۵).

پرکننده‌های متفاوتی در تهیه چوب پلاستیک استفاده می‌شود که از جمله می‌توان به پرکننده‌های معدنی اشاره نمود که مشکلاتی را طی فرآوری ایجاد می‌کنند. به همین دلیل استفاده از پرکننده‌های آلی نظیر آرد چوب، الیاف سلولزی، لیگنوسلولزی و ضایعات گیاهان کشاورزی به دلیل قیمت پایین، فراوانی، چگالی کم نسبت به پرکننده‌های صنعتی در حال گسترش می‌باشد (قاسمی و همکاران، ۱۳۸۷).

در حال حاضر در ساخت WPC عمدتاً از آرد چوب و دیگر مواد لیگنوسلولزی به عنوان پرکننده استفاده می‌شود. گونه‌های چوبی مورد استفاده بسته به فراوانی و قابلیت دسترسی به آنها متفاوت می‌باشد. ضایعات مواد لیگنوسلولزی از جمله ضایعات گیاهان نیز علاوه بر گونه‌های جنگلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فرآورده‌های چوب پلاستیک با توجه به ویژگی‌های ممتاز نسبت به سایر پانل‌های چوبی دارای پتانسیل قوی در استفاده از پسماندهای کشاورزی و همچنین پلاستیک‌های بازیافتی هستند که می‌تواند تاثیر به سزایی در کاهش بهای نهایی محصول داشته باشد. البته استفاده از این پسماندها و ضایعات بدون مشکل و محدودیت نیست که می‌توان آنها را با دسترسی به فن‌آوری‌های جدید مرتفع نمود (Taib *et al*, 2006).

ضایعات حاصل از سویا از جمله ضایعات کشاورزی هستند که سطح زیر کشت آن در کشور طی سال زراعی ۸٤ برابر ۸۲۰۰۰ هکتار بوده و در سال زراعی ۱۳۸۸ به حدود ۸٤۰۰۰ هکتار رسیده است. همچنین میزان پسماند قابل استحصال سویا در سال ۸۸ در حدود ۳۱۱/۳٦۷ تن برآورد شد (مهدی‌نیا، ۱۳۹۰). این حجم عظیم پسمانده بلااستفاده سویا یا در زمین‌های کشاورزی رها شده و یا توسط کشاورزان سوزانده می‌شود که خود موجب آلودگی زیست محیطی (از بین رفتن ریزموجودات در خاک) خواهد شد.

تحقیقات وسیعی در راستای بررسی قابلیت استفاده از پسماندهای کشاورزی و دیگر مواد غیر چوبی در صنعت چوب‌پلاستیک در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است. گرجانی و امیدوار (۱۳۸۵) در بررسی فرآیند ساخت و خواص مکانیکی چندسازه پلی‌اتیلن بازیافتی کاه گندم به این نتیجه رسیدند که مقاومت کششی و خمشی با افزایش درصد کاه گندم تا ۳۰ درصد افزایش یافته و مدول الاستیسیته کششی چندسازه تا سطح ٤۰ درصد بهبود می‌یابد، هر چند که روی مقاومت به ضربه تاثیر چندانی نداشت. همچنین استفاده از ذرات ریز آرد کاه گندم (مش ٤۰)، مقاومت به ضربه و مدول الاستیسیته کششی و خمشی را افزایش داد، در حالی که اندازه ذرات بر استحکام کششی و خمشی تاثیر معنی‌داری نداشت.

Kuang و همکاران (۲۰۱۰) خواص مکانیکی و ثبات ابعادی کامپوزیت ساخته شده از کاه گندم و پلی‌اتیلن دانسیته سبک بازیافتی گرافت شده با عامل

جفت‌کننده آبی را مورد بررسی قرار داده و از ۲ عامل جفت‌کننده شامل پلی‌اکرلات لاتکس آبی و پلی‌فنیلن ایزوسیانات بعلاوه پلی‌اکرلات لاتکس استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که پلی‌اکرلات لاتکس کیفیت کامپوزیت را بهبود بخشید ولی پلی‌فنیلن ایزوسیانات ترکیب شده بهبود بیشتری ایجاد کرد. بهترین خواص چسبندگی داخلی و مقاومت در برابر غوطه‌وری در آب جوش به مدت ۲ ساعت زمانی به دست آمد که نسبت پلی‌فنیلن ایزوسیانات به پلی-اکرلات لاتکس آبی برابر ۳۰ به ۷۰ بود.

Arbelaiz و همکاران (۲۰۰۵) اثر تیمار الیاف و اصلاح ماتریس بر خواص مکانیکی و جذب آب چندسازه‌های الیاف کتان پلی‌پروپیلن را بررسی کرده و نشان دادند که استفاده از MAPP خواص مکانیکی را به عنوان عامل جفت‌کننده بهبود بخشید و سرعت جذب آب به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. خواص مکانیکی بعد از دوره طولانی غوطه‌وری در آب نیز به طور واضحی کاهش یافت. Yang و همکاران (۲۰۰٤) امکان استفاده از آرد سبوس برنج را به عنوان فیلر در تهیه چندسازه‌های پلی‌پروپیلن بررسی کرده و نشان دادند که مقاومت کششی چندسازه‌ها با افزایش میزان فیلر به تدریج کاهش خواهد یافت، در حالی که مدول کششی با افزایش فیلر افزایش پیدا کرد. همچنین مقاومت به ضربه فاق‌دار و بدون فاق با افزایش فیلر کاهش یافت.

تحقیق حاضر نیز به بررسی قابلیت استفاده ازساقه سویا به عنوان عامل تقویت‌کننده در تولید این چندسازه و تعیین بهترین درصد اختلاط آرد ساقه سویا با پلیمر پلی‌اتیلن (PE) برای دستیابی به خواص مطلوب مکانیکی و فیزیکی پرداخت.

مواد و روش‌ها

پسماند حاصل از ساقه سویا در این تحقیق از مزارع سویا در استان گلستان(گرگان) به عنوان پرکننده تهیه شد. پلیمر مورد استفاده نیز پلی‌اتیلن با درجه ۵٦۲۰ تولید شده در پتروشیمی اراک با دانسیته ۰/۹۵٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب و شاخص جریان مذاب ۲۰ گرم در ده دقیقه بود. از مالئیک انیدرید پلی‌اتیلن (MAPE) پودری شکل تولید شده توسط شرکت کیمیا جاوید سپاهان با نام تجاری PE-G 101 به عنوان ماده سازگار کننده استفاده شد.

پسماندهای حاصل از ساقه سویا پس از جداسازی هر گونه ناخالصی با استفاده از اره نواری به قطعات کوچک تر تقسیم گردیدند. این قطعات سپس به وسیله دستگاه خردکن آزمایشگاهی از نوع PALLMAN به تراشه (flake) و توسط آسیاب آزمایشگاهی به آرد تبدیل شدند. پس از تهیه آرد، ذرات با مش مورد نیاز توسط الک با درشتی ٦۰ مش جداسازی و انتخاب شدند. ذرات حاصله قبل از اختلاط با پلی‌اتیلن در یک آون با دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت تا رطوبت زیر ۱ درصد خشک و به منظور جلوگیری از جذب مجدد رطوبت داخل کیسه‌های نایلونی نگهداری شدند.

نوع پلیمر(پلی‌اتیلن با دانسیته بالا)، ماده پرکننده (ذرات ساقه سویا)، نوع ماده سازگارکننده (مالئیک انیدرید پلی‌اتیلن)، دمای محفظه اختلاط (۱۸۰-۱۷۰ درجه سانتی‌گراد)، اندازه ذرات (٦۰مش) و دانسیته نمونه‌ها (۱/۰۲-۱ گرم بر سانتی مترمکعب) در این بررسی عوامل ثابت و نسبت اختلاط پلیمر و ماده پرکننده (٤۰، ۵۰ و ٦۰ درصد وزنی) و مقدار ماده سازگارکننده (۲، ۳ و ٤ درصد وزنی) به عنوان عوامل متغیر مورد مطالعه در نظر گرفته شدند (جدول ۱).

با در نظر گرفتن عوامل متغیر و تکرار ٤ تایی ۳٦ تیمار، ماده لیگنوسلولزی به همراه ماده زمینه و دیگر مواد افزودنی (شامل ماده سازگارکننده و روان کننده) در اکسترودر دو ماردون همسوگرد مدل USEON (

TDS26B) با متوسط دمایی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد برای نواحی مختلف و دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد برای قالب، فشار قالب ٦ مگاپاسکال و سرعت تغذیه ۸ و سرعت موتور ۱۹۰ دور در دقیقه مخلوط شد. از قسمت خروجی دستگاه مواد وارد حمام آب سرد شده و در انتها پس از عبور از خردکن انتهای اکسترودر به گرانول تبدیل شدند. گرانول‌های بدست آمده به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد نگهداری و جهت جلوگیری از جذب مجدد رطوبت درکیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند.

جدول ۱. عوامل متغیر و سطوح آنها در پژوهش حاضر

کد تیمار	درصد آرد سویا	درصد پلی‌اتیلن	درصد ماده سازگار کننده
۱	٤۰	٦۰	۲
۲	٤۰	٦۰	۳
۳	٤۰	٦۰	٤
٤	۵۰	۵۰	۲
۵	۵۰	۵۰	۳
٦	۵۰	۵۰	٤
۷	٦۰	٤۰	۲
۸	٦۰	٤۰	۳
۹	٦۰	٤۰	٤

نمونه‌های آزمونی به کمک دستگاه تزریق با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع تهیه شدند. نمونه‌های ساخته شده برای رسیدن به رطوبت تعادل قبل از انجام آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی به مدت ۲ هفته در اتاق کلیما (دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٦۵ درصد) قرار گرفتند.

آزمون‌های استاندارد ASTM جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های تهیه شده و ارزیابی اثر عوامل متغیر اعمال شدند. بررسی اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌های آزمونی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون تجزیه واریانس انجام شد. همچنین جهت گروه بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

با توجه به تجزیه آماری انجام شده اثر مقدار آرد ساقه سویا بر مقدار جذب آب معنی دار بوده (جدول ۲) و نمونه‌های حاوی ٤۰ درصد آرد ساقه سویا کمترین مقدار جذب آب را دارا بودند. جذب آب با افزایش درصد آرد ساقه سویا از ٤۰ تا ٦۰ درصد به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۱). ولی این اختلافات برای واکشیدگی ضخامت معنی‌دار نبود (جدول ۲ و شکل ۱).

اثر مستقل ماده جفت‌کننده بر میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت معنی‌دار بود (جدول ۲). نمونه‌های حاوی ٤ درصد ماده جفت‌کننده دارای کمترین جذب آب بودند. جذب آب با کاهش مقدار ماده جفت‌کننده از ٤ به ۳ و سپس ۲ درصد به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲).

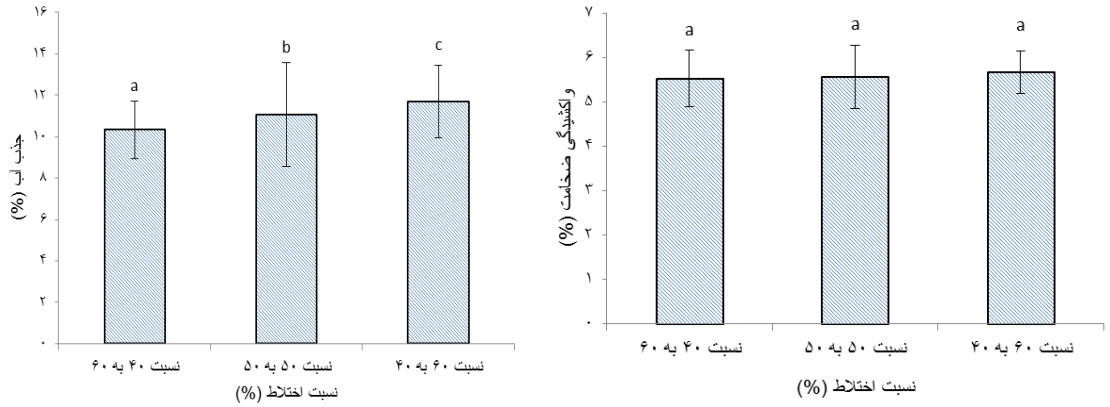
جدول ۲ اثر متقابل مقدار ماده جفت‌کننده و آرد ساقه سویا را بر روی جذب آب و واکشیدگی ضخامت را نیز نشان می‌دهد که این اثر نیز معنی‌دار بود. همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، درصد

جذب آب و واکشیدگی ضخامت با افزایش میزان ذرات ساقه سویا افزایش یافت که این افزایش برای نمونه‌های حاوی ٤ درصد ماده سازگارکننده کمتر بود.

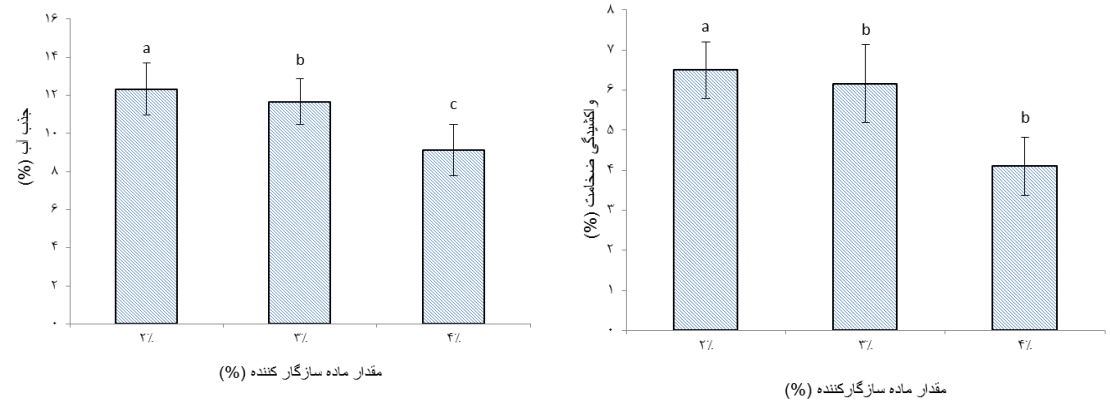
اثر مستقل افزایش مقدار آرد ساقه سویا بر مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی نمونه‌ها معنی دار بود (جدول ۳)، به طوری که نمونه‌های حاوی ٦٠ درصد آرد ساقه سویا بیشترین مقدار مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی را داشته و میزان آن با کاهش مقدار آرد ساقه سویا از ٦٠ به ٥٠ و سپس به ٤٠ به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ٤).

جدول ۲. داده‌های تجزیه واریانس برای اثر مقدار ذرات ساقه سویا بر روی خواص فیزیکی چندسازه

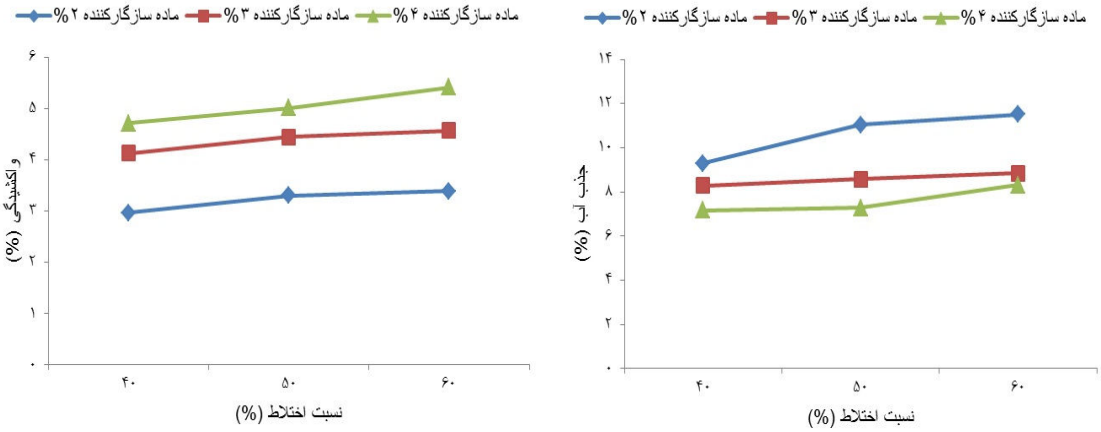
	منبع متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	معنی‌داری
جذب آب	نسبت اختلاط	۲	۱٦/۷	۹٤/۷۲	**۰/۰۰
واکشیدگی ضخامت	نسبت اختلاط	۲	۰/۲	۰/۰٥	**۰/۹٥۱
جذب آب	مقدار ماده سازگارکننده	۲	۱۰۳/۰٥	٥۸٤/٥۲	**۰/۰۰
واکشیدگی ضخامت	مقدار ماده سازگارکننده	۲	٦۰/٦۷	۱٥/٤۱	**۰/۰۰
جذب آب	نسبت اختلاط × مقدار ماده پرکننده	٤	٥٤/۰٥	۱٥۳/۳۰	**۰/۰۰
واکشیدگی ضخامت	نسب اختلاط × مقدار ماده پرکننده	٤	۹/۸٤	۱/۲٥	**۰/۳۰



شکل ۱. اثر مستقل مقدار ذارت ساقه سویا بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۲. اثر مستقل میزان ماده جفت‌کننده بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.

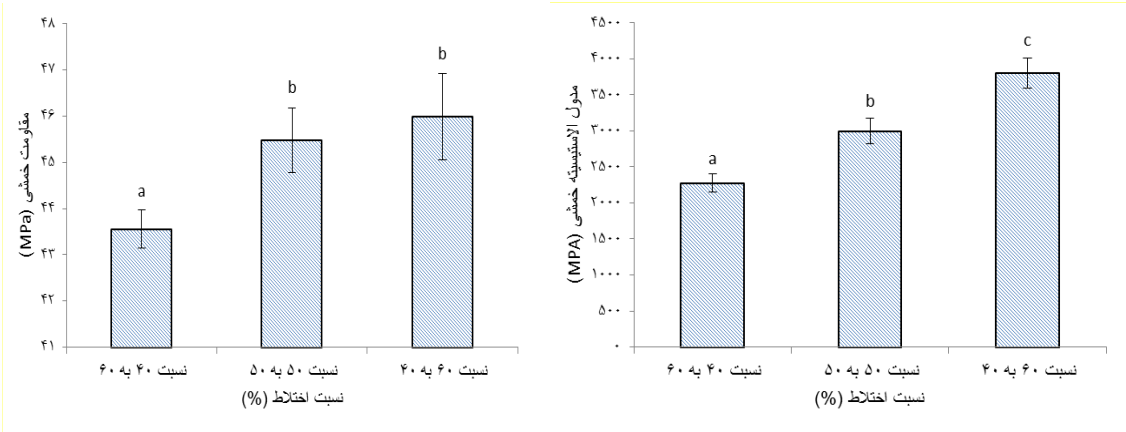


شکل ۳. اثر متقابل میزان ماده جفت‌کننده و مقدار آرد سویا بر جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله

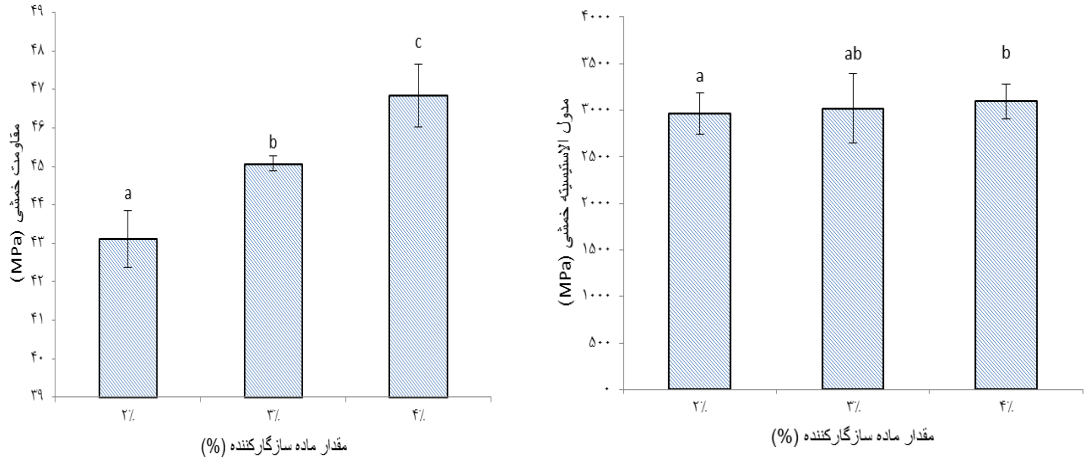
جدول ۳. داده‌های تجزیه واریانس برای اثر مقدار ذرات ساقه سویا بر روی خواص مکانیکی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله

	منبع متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	معنی‌داری
مدول الاستیسیته خمشی	نسبت اختلاط	۲	۲/۱۱	٤٨١/٥٢	**۰/۰۰
مقاومت خمشی	نسبت اختلاط	۲	٥٩/۰٦	۸/۱۹	**۰/۰۰۱
مدول الاستیسیته کششی	نسبت اختلاط	۲	٦/٩٣	٧٥١/٣٦	**۰/۰۰
مقاومت کششی	نسبت اختلاط	۲	٧٦/١٨	٣١/٧٠	**۰/۰۰
مقاومت به ضربه	نسبت اختلاط	۲	۰/۰٥	١٥/٨٢	**۰/۰۰
مدول الاستیسیته خمشی	مقدار ماده سازگارکننده	۲	١٦۰٥١٢/١٥	٣/٦٦	**۰/۰٣٤
مقاومت خمشی	مقدار ماده سازگارکننده	۲	١٢٥/١٨	١٧/٣٧	**۰/۰۰
مدول الاستیسیته کششی	مقدار ماده سازگارکننده	۲	٤۰٥٩٤٨٩/٣٣	٤٣/٩٩	**۰/۰۰
مقاومت کششی	مقدار ماده سازگارکننده	۲	٢٢/٩۰	٩/٥٣	**۰/۰۰
مقاومت به ضربه	مقدار ماده سازگارکننده	۲	۰/۰۲	٧/٧٢	**۰/۰۰۱
مدول الاستیسیته خمشی	نسبت اختلاط × مقدار ماده پرکننده	٤	٣٩٧۰٣٧/٩٦	٤/٥٣	**۰/۰۰٤
مقاومت خمشی	نسبت اختلاط × مقدار ماده سازگارکننده	٤	٥٨/٥۰	٤/۰٦	**۰/۰۰٧
مدول الاستیسیته کششی	نسبت اختلاط × مقدار ماده سازگارکننده	٤	٦٤٩٨٢٨۰/٥٦	٣٥/٢١	**۰/۰۰
مقاومت کششی	نسبت اختلاط × مقدار ماده سازگارکننده	٤	١/٩٤	۰/٤١	**۰/۰٤
مقاومت به ضربه	نسبت اختلاط × مقدار ماده سازگارکننده	٤	۰/٢٤	٤١/١٥	**۰/۰۰

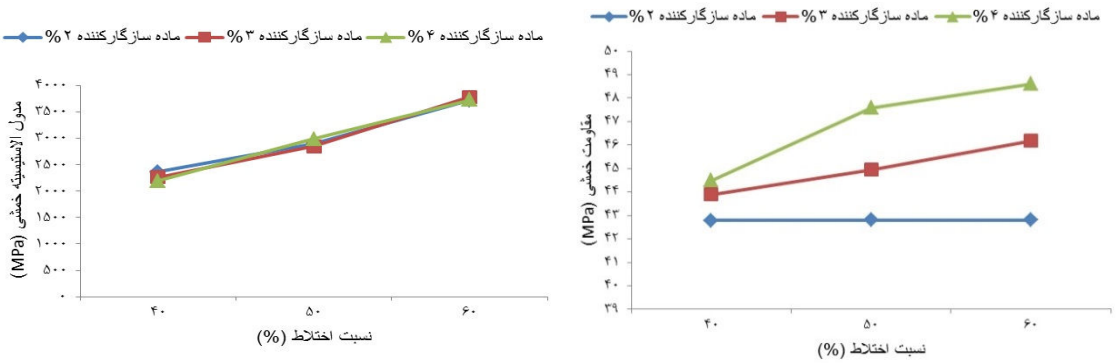
اثر ماده جفت‌کننده نیز بر مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی معنی‌دار است (جدول ۳) به طوری که نمونه‌های حاوی ٤ درصد ماده جفت‌کننده دارای بالاترین مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی بوده و مقاومت‌ها با کاهش این مقدار از ٤ به ۲ درصد تقلیل یافت (شکل ٥). اثر متقابل مقدار آرد ساقه سویا و مقدار ماده جفت‌کننده بر مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی چندسازه معنی‌دار بوده (جدول ۳)، به شکلی که مقدار آن با افزایش مقدار ماده سازگار کننده و ذرات ساقه سویا افزایش پیدا کرد (شکل ٦).



شکل ۴. اثر مستقل مقدار آرد سویا بر مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۵. اثر مستقل مقدار ماده جفت‌کننده بر مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت خمشی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۶. اثر متقابل میزان ماده جفت‌کننده و مقدار آرد سویا مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت خمشی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک

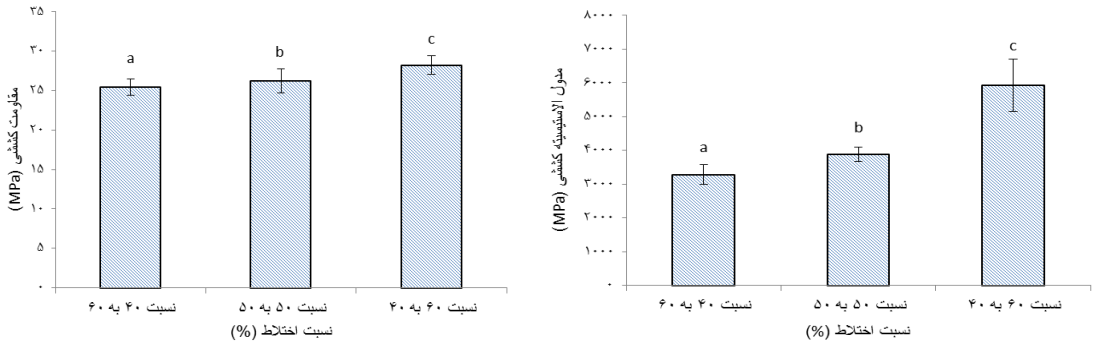
حاصله

اثر مقدار ماده پرکننده بر روی خواص کششی معنی‌دار بوده (جدول ۳) و نمونه‌های حاوی ٦٠ درصد آرد ساقه سویا با توجه به شکل ۷ دارای بالاترین مقدار مدول الاستیسیته و مقاومت کششی بودند. این خواص با کاهش مقدار آرد ساقه سویا از ٦٠ به ٤٠ درصد به طور معنی داری کاهش یافت.

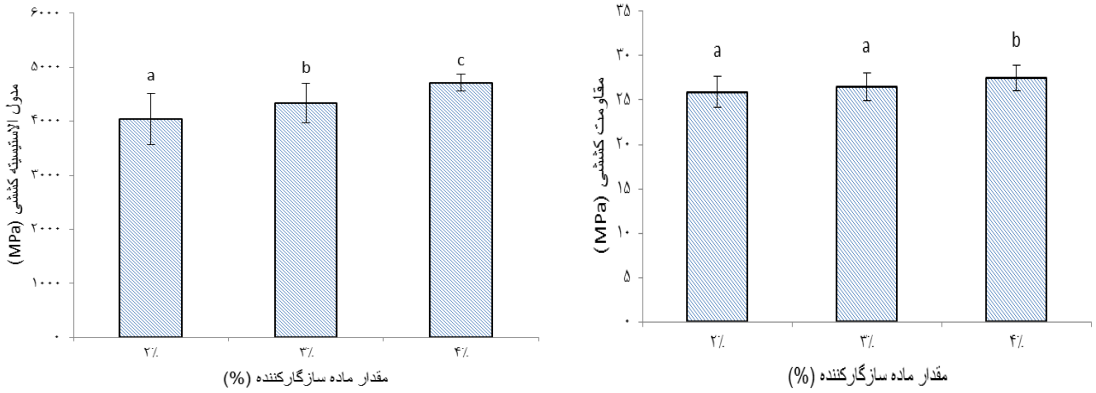
اثر ماده سازگار کننده نیز بر مدول الاستیسیته و مقاومت کششی نمونه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۳). نمونه‌های حاوی ٤ درصد ماده سازگارکننده با توجه به شکل ۸ بیشترین مقدار مدول الاستیسیته کششی را دارا بودند، در حالی که مقدار این متغییر با کاهش ماده سازگارکننده به ۲ درصد کاهش معنی‌داری یافت.

اثر متقابل مقدار آرد ساقه سویا و مقدار ماده سازگار کننده بر مدول کششی با توجه به تجزیه آماری انجام گرفته معنی‌دار بود (جدول ۳) و همچون خواص خمشی، با افزایش مقدار ماده سازگار کننده و ذرات ساقه سویا مقدار این مقاومت‌ها نیز افزایش یافت (شکل ۹).

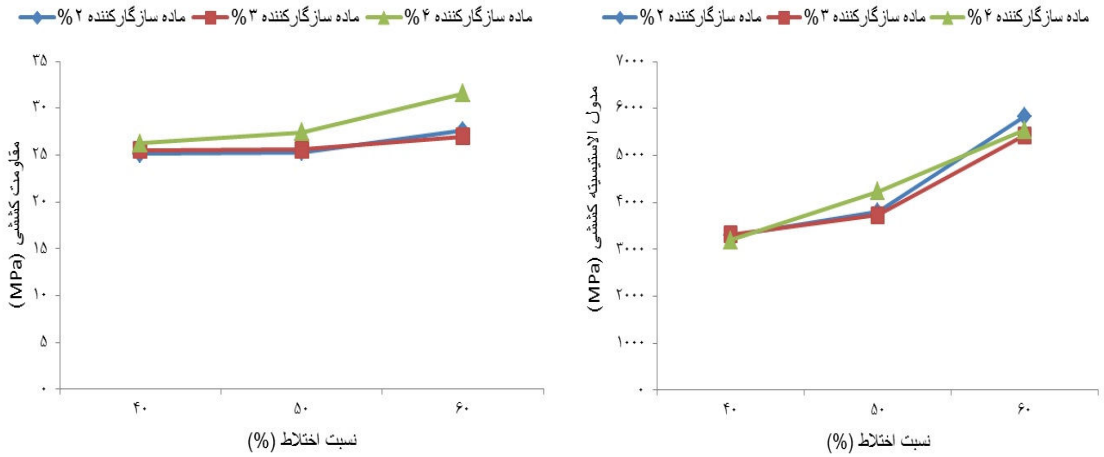
اثر افزایش مقدار آرد ساقه سویا بر روی مقاومت به ضربه فاقدار معنی‌دار بود (جدول ۳). نمونه‌های حاوی ٤٠ درصد الیاف ساقه سویا دارای بالاترین مقاومت به ضربه بودند (شکل ۱۰) در حالی که مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش این مقدار از ٤٠ به ٦٠ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت.



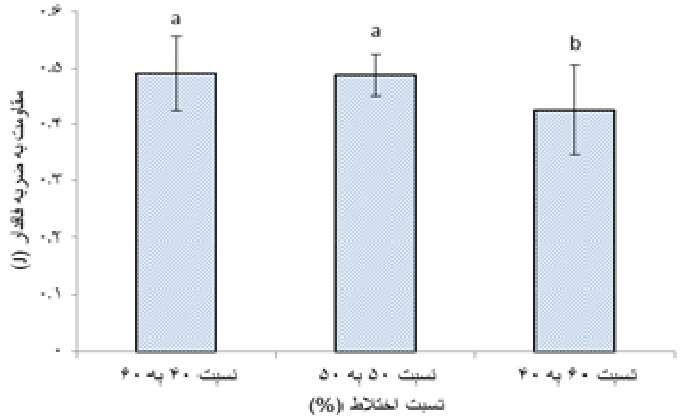
شکل ۷. اثر مستقل مقدار آرد سویا بر مدول الاستیسیته کششی و مقاومت کششی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۸. اثر مستقل میزان ماده جفت‌کننده بر مدول الاستیسیته و مقاومت کششی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۹. اثر متقابل میزان ماده جفت‌کننده و مقدار آرد سویا مدول الاستیسیته کششی و مقاومت کششی چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله

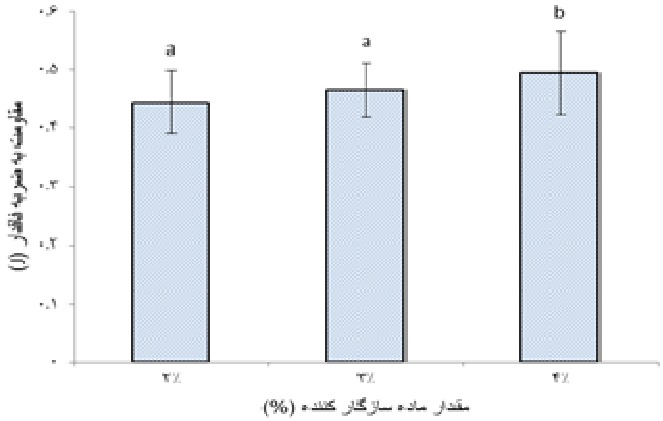


شکل ۱۰. اثر مستقل مقدار آرد ساقه سویا بر میزان مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.

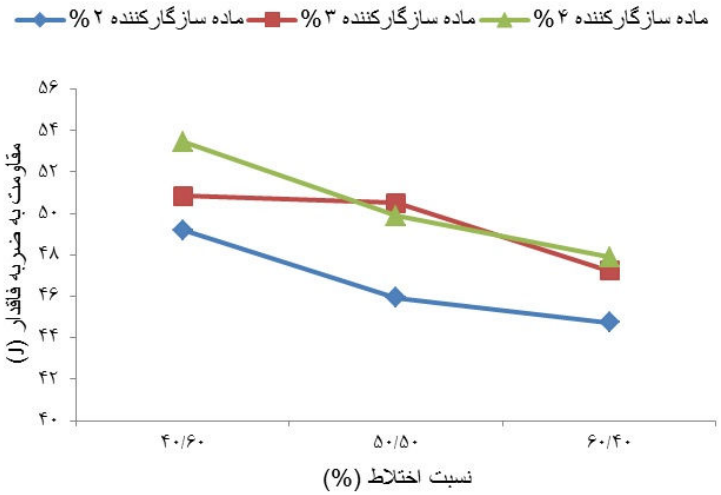
در بررسی اثر مستقل میزان مصرف ماده سازگار کننده بر مقاومت به ضربه فاقدار نیز معنی‌دار بوده (جدول ۳) و با توجه به شکل ۱۱ نمونه‌های حاوی ٤ درصد ماده سازگار کننده بالاترین مقاومت به ضربه را دارا بودند. اثر متقابل مقدار آرد ساقه سویا و ماده جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه فاق‌دار معنی‌دار بود (جدول ۳) و با توجه به شکل ۱۲ نمونه‌های دارای مقدار ذرات ساقه سویا بیشتر و ماده سازگار کننده کمتر، مقاومت به ضربه پایین‌تری دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت همانگونه که در نتایج مشاهده شد با افزایش میزان آرد ساقه سویا به ترکیب کامپوزیت افزایش یافت. علت کمتر بودن جذب آب در نمونه‌های با مقدار ساقه سویا کمتر را می‌توان به خواص آبدوستی الیاف ساقه سویا نسبت داد. مواد پلیمری به علت غیرقطبی بودن، مواد آب‌گریز هستند که این موضوع بر عکس طبیعت قطبی و آب‌دوست الیاف لیگنوسلولزی است. از این رو افزودن ساقه سویا به ماتریس پلیمری سبب افزایش جذب آب چندسازه خواهد شد. همچنین میزان در بر گرفتگی ذرات ساقه سویا و پلیمر با افزایش مقدار آرد ساقه سویا و متقابلاً کاهش مقدار پلیمر کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب آب و افزایش می‌یابد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۳؛ شاکری و همکاران، ۱۳۸۵؛ شاکری و امیدوار، ۱۳۸۸؛ Kociszewski *et al*, 2010). عدم معنی‌داری اختلاف بین درصد واکشیدگی ضخامت در بین تیمارهای مختلف را می‌توان به جذب آب در حفرات موجود در ساختار نمونه‌های مورد بررسی ارتباط داد.



شکل ۱۱. اثر مستقل میزان ماده جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه الیاف طبیعی- پلاستیک حاصله. حروف متفاوت روی ستون‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۱۲. اثر متقابل میزان ماده جفت‌کننده و مقدار آرد سویا در مقاومت به ضربه فاقدار

چندسازه الیاف طبیعی-پلاستیک حاصله

در مورد جذب آب کمتر در نمونه های با MAPE بیشتر می توان گفت که با انجام واکنش‌های استری بین گروه‌های انیدریدی MAPE و گروه‌های هیدروکسیل آرد ساقه سویا، تماس مولکول‌های آب با گروه‌های هیدروکسیل آزاد آرد چوب کاهش می یابد. بنابراین گروه‌های هیدروکسیلی بیشری با افزایش MAPE از چوب استری شده و بدین ترتیب میزان گروه‌های هیدروکسیلی آزاد در دسترس برای واکنش با مولکول‌های آب کاهش می‌یابد(کرد و همکاران، ۱۳۸۹؛ Chen *et al*, 2005).

همچنین در توضیح اثر بالا رفتن مقاومت می‌توان گفت که زمانی که تمرکز و مقدار الیاف کم است، الیاف کافی جهت تقویت ماتریس پلیمری وجود ندارد و همچنین مقدار الیاف کم فقط قسمت کمی از شبکه پلیمری را پوشش می‌دهد. همچنین با توجه به اینکه مقدار ذرات محکم و سفت چوبی موجود در سیستم با افزایش مقدار ماده لیگنوسلولزی افزایش یافت، انتقال تنش از فاز پلیمری به ماده پرکننده به خوبی انجام گرفته و در نتیجه ماده تحت بار بیشتری می‌شکند (شاکری و همکاران، ۱۳۸۵).

همچنین با افزودن MAPE برهم کنش بین الیاف ساقه سویا و ماده زمینه بهبود یافته و کارایی انتقال تنش از ماتریس به الیاف افزایش می‌یابد، که در نهایت موجب افزایش مقاومت‌ها می‌گردد (Yang *et al*, 2004). در مورد رفتار شکست در کامپوزیت ساخته شده می توان گفت که شکست در کامپوزیت‌های الیاف کوتاه به خاطر نقش الیاف و اثر آنها در سطح مشترک، پیچیده‌تر از پلیمر خالص است. افزایش الیاف ساقه سویا در ماتریس پلیمری مکان‌های تجمع تنش را افزایش داده و موجب تغییر و پیچیدگی فرآیند شکست می‌شود و نهایتاً انرژی لازم جهت شکست را کاهش می‌دهد (Yang *et al*, 2004؛ Bledzki *et al*, 2005).

در نهایت اینکه با توجه به حجم عظیم پسماندهای کشاورزی در کشور می توان با انجام تحقیقات گسترده و وسیع بر روی این مواد از آنها برای جایگزینی منابع چوبی استفاده کرده و گامی بلند جهت رسیدن به توسعه پایدار صنعت چوب و کاغذ و صیانت از جنگل‌های کشور برداشت. ساقه‌های باقی-مانده از ساقه سویا یکی از این پسماندها است که در این تحقیق به عنوان ماده اولیه جهت تولید چندسازه چوب‌پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج به دست آمده در این بررسی نشان داد که نمونه‌های دارای ٦٠ درصد الیاف، ٤٠ درصد پلاستیک و ٤ درصد MAPE بهترین خواص مکانیکی را دارا بودند. در مورد خواص فیزیکی نیز نمونه‌های داری ٤٠ درصد ساقه سویا، ٦٠ درصد پلاستیک و ٤ درصد MAPE بهترین خواص فیزیکی را داشتند. ولی با توجه به اینکه میزان اختلاف واکشیدگی ضخامت بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود و همچنین اختلاف عددی بین میزان جذب آب تیمارهای مختلف زیاد نبود، می‌توان تیمار حاوی ٦٠ درصد الیاف، ٤٠ درصد پلاستیک و ٤ درصد MAPE ر ابه عنوان تیمار برتر معرفی نمود.

منابع

جزایری، م. (۱۳۸۵) مقایسه خواص مکانیکی چوب پلاستیک با سایر پانل های چوبی. سمینار کامپوزیت WPC. تهران. ماه برگزاری: ۱-۷.

شاکری، ع. و امیدوار، ا. (۱۳۸۵) بررسی اثر نوع، مقدار و اندازه ذرات کاه بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های پلی‌اتیلن سنگین-کاه غلات. مجله علوم و تکنولوژی پلی‌مر، ۱۹(٤): ۳۰۱-۳۰۸.

شاکری، ع.، امیدوار، ا. و گرجانی، ف. (۱۳۸۵) بررسی ویژگی‌های مکانیکی فرآورده مرکب پلی‌اتیلن سنگین-کاه ساقه برنج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ٦(۳): ۳۲۵-۳۳۷.

قاسمی، ا. عزیزی، ح. و احسانی نمین، پ. (۱۳۸۷) بررسی اثر اندازه ذره چوب بر خواص فیزیکی-مکانیکی و رفتار رئولوژیکی کامپوزیت پلی‌پروپیلن-چوب. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۲۱(۱): ٤٥-٥٢.

کرد، ب.، کرد، ب.، پور عباسی، س. و کیانی‌فر، آ. (۱۳۸۹) بررسی اثر مقدار و نوع ماده لیگنوسلولزی بر ویژگی-های فیزیکی-مکانیکی کامپوزیت چوب پلاستیک. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۵(۳): ۵۷-٦٨.

کریمی، ع.، روحانی، م.، پارساپژوه، د. و ابراهیمی، ق. (۱۳۸۳) بررسی امکان استفاده از الیاف لیگنوسلولزی (باگاس و کنف) در ساخت چندسازه‌های الیاف-پلی-پروپیلن. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷(۳): ٤٩١-٥٠٦.

گرجانی، ف. و امیدوار، ا. (۱۳۸۵) بررسی فرآیند ساخت و خواص مکانیکی چندسازه پلی‌اتیلن بازیافتی-کاه گندم. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۲: ٨٤-٨٨.

مهدی نیا، م. (۱۳۹۰) بررسی قابلیت استفاده از ساقه سویا در صنعت چوب-پلاستیک. پنجمین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. تهران، آبان: ۸۵-۹۷.

Arbelaiz, A., Fernandez, G., Cantero, R., Liano Pote, A. and Mondragon. I. (2005) Mechanical properties of short flax fiber bundle/polypropylene composites. Influence of matrix/fiber modification, fiber content, water uptake and recycling. Journal of Composites Science and Technology, 65: 1582-1592.

Bledzki, A.K., Zheng, W. and Faruk, O. (2005) Microfoaming of flax and wood fiber reinforced polypropylene composites. Journal of Holz Werkstoff, 63: 30-37.

Chen, H.C., Chen, T.Y., and Hsu, C.H. (2005) Effects of wood particle size and mixing ratios of HDPE on the properties of the composites. Journal of Holz Werkstoff, 64: 172–177.

Kociszewski, M., Gozdecki, C., nski, A., and Mirowski, S. (2010) Effect of industrial wood particle size on mechanical properties of wood-polyvinyl chloride composites. European Journal of Wood Products, 54: 175-186.

Kuang, X., Kuang, R., Zheng, X., and Wang, Z. (2010) Mechanical properties and size stability of wheat straw and recycled LDPE composites coupled by waterborne coupling agents. Carbohydrate Polymers. 80; 927-933.

Taib, R.M., Mohd Ishak, Z.A., Rozman, H.D. and Glasser, W.G. (2006) Effect of moisture absorption on the tensile Properties of steam-exploded *Acacia mangium* fiber polypropylene composites, Journal of Thermoplastic Composite Materials Composites 19: 475-489.

Yang, H.S., Kim, H.j., Son, J., park, H.J., Lee, B.J., and Hwang, T.S. (2004) Rice husk flour filled polypropylene composites; mechanical and morphological study. Journal of Composite Structures, 63: 305-312.

Investigation of physical and mechanical properties in natural fibers/plastic composite manufactured from soya stalk flour and HDPE

Meysam Mehdinia[1*], Ali Akbar Enayati[1] and Mohammad Layeghi[2]

1) Department of Wood Composites, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. *Corresponding Author Email Address: meysammehdinia@gmail.com

2) Department of Wood and Paper Science and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

Date of Submission: 2014/07/03 Date of Acceptance: 2014/11/11

Abstract

In this study, possibility use of soya stalk flour in natural fibers/plastic composite manufacturing has been investigated. Polyethylene and soya stalk flour in three levels (40, 50 and 60% w/w) and compatiblizer agent in three levels (2, 3 and 4% w/w) were mixed and injection molded. Mechanical and physical properties evaluated using of Factorial Experiment in Completely Randomized Design. Results revealed that mechanical properties in composites with higher content of compatiblizer were greater than others. Also, these properties with increment in soya stalk flour show an increasing trend. Interaction effect of mixture ratio and compatiblizer content on the mechanical properties was statistically significant. The produced composites with 60% soya stalk flour and 4% MAPE had greatest strength. The results show that composite water absorbance after 1344 hours water soaking, with compatiblizer agent increasing and soya stalk flour decreasing has been decreased.

Keywords: natural fibers/plastic composite, soya stalk, compatiblizer agent, physical properties, mechanical properties.