فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۲، شماره ۳، صفحه ۴۰۱-۳۹۲ (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2017.110664.1414

اثر اصلاح گرمایی بر رفتار فیزیکی و مکانیکی فراورده مرکب آفتابگردان/پلی‌پروپیلن

مریم قربانی[۱*]، سید مجید ذبیح‌زاده[۲] و فرهاد فولادیان[۳]

۱*- مسئول مکاتبات، دانشیار، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
پست الکترونیک: ghorbani_mary@yahoo.com
۲- دانشیار، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳- دانشجوی کارشناس ارشد صنایع چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۶

چکیده

با کمبود شدید ماده اولیه چوبی و محدودتر شدن بهره‌برداری از جنگل‌ها، کاربرد پسماند گیاهان کشاورزی به‌عنوان جایگزین منابع جنگلی در صنایع سلولزی را می‌توان توصیه کرد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر اصلاح گرمایی ساقه آفتابگردان بر خواص کاربردی فراورده مرکب آرد ساقه آفتابگردان/پلی‌پروپیلن بوده است. اصلاح گرمایی ساقه آفتابگردان در ۳ سطح دمایی ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ۳۰ دقیقه انجام شد. چندسازه با اختلاط ۴۰ درصد وزنی آرد ساقه آفتابگردان با پلی‌پروپیلن در حضور انیدرید مالئیک پیوند شده به پلی‌پروپیلن به‌عنوان عامل جفت‌کننده و به‌روش قالب‌گیری تزریقی تهیه گردید. نتایج طیف‌سنجی آرد ساقه آفتابگردان، تغییرات شیمیایی ناشی از اصلاح گرمایی را تأیید کرد. در تصاویر میکروسکوپ الکترونی یکپارچگی بیشتر، توزیع یکنواخت‌تر و حفره‌های کمتر در سطح شکست فراورده‌های حاوی آرد اصلاح گرمایی شده مشاهده شد. بر اساس تحلیل وزن‌سنجی گرمایی، حذف همی‌سلولزها باعث بهبود پایداری گرمایی ماده مرکب تا دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد شد، اما افزایش دمای اصلاح به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش پایداری گرمایی فراورده حاصل شد. اصلاح گرمایی با تخریب همی‌سلولزها، افزایش بلورینگی، کاهش قطبیت، افزایش سازگاری بین دو مرحله چندسازه و توزیع یکنواخت پرکننده در زمینه پلیمر منجر به کاهش جذب آب و بهبود معنی‌دار خواص خمشی و کششی شد. چسبندگی خوب پرکننده لیگنوسلولزی و پلیمر با تسهیل انتشار ترک در امتداد ناحیه سطح مشترک، موجب کاهش مقاومت به ضربه فاق‌دار فراورده حاصل شد. با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح دمایی ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، اصلاح گرمایی این پسماند در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد برای ساخت فراورده مرکب با خواص مطلوب توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح گرمایی، فراورده مرکب آفتابگردان/پلی‌پروپیلن، پایداری گرمایی، خواص فیزیکی، رفتار مکانیکی.

مقدمه

فراورده مرکب چوب‌پلاستیک متشکل از پلیمرهای گرمانرم مانند پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌وینیل‌کلراید و غیره و همچنین پرکننده‌های آلی، معدنی و طبیعی می‌باشند که با توجه به روش ساخت، پرکننده‌ها می‌توانند ۱۰ تا ۸۰ درصد وزنی ماده مرکب را تشکیل دهند (Kaboorani *et al.*, 2008). مزایای پرکننده‌های طبیعی (آرد یا الیاف چوبی و یا غیرچوبی مانند باگاس، کتان، کنف، بامبو و کاه) در مقایسه با پرکننده‌های معدنی (رس، تالک، آهک و ...) و الیاف مصنوعی (شیشه، کربن و ...)، قابلیت تخریب زیستی، چگالی کم، تجدیدشوندگی، عدم سایش ماشین‌آلات و عدم تولید مواد سمی بعد از سوختن می‌باشد

Archive of SID
www.SID.ir

(Saini *et al.*, 2009). با توجه به کمبود شدید ماده اولیه چوبی، افزایش جمعیت و نیز محدودتر شدن سطح بهره‌برداری از جنگل‌ها، لزوم یافتن و اتکا به مواد اولیه جایگزین در صنایع سلولزی امری ضروریست. استفاده از پسماند گیاهان کشاورزی به‌عنوان پرکننده‌های طبیعی، می تواند به عنوان جایگزین منابع جنگلی به صنعت پیشنهاد شود. پسماند ساقه آفتاب‌گردان، به‌عنوان چهارمین دانه روغنی جهان، یکی از منابع لیگنوسلولزی حاصل از کشاورزی است (Roshdi *et al.*, 2006). ساقه آفتاب گردان به دلیل پایین بودن ارزش غذایی برای تغذیه دام مناسب نیست و حجم قابل‌توجهی از این پسماند سالیانه توسط کشاورزان سوزانده می‌شود که می‌تواند برای ساخت فراورده مرکب چوب‌پلاستیک استفاده شود. کاربرد پرکننده طبیعی با وجود مزایای ذکرشده، به دلیل ناسازگاری با ماده زمینه پلیمری موجب چسبندگی ضعیف در سطح مشترک بین الیاف چوب و پلیمر و عدم انتقال تنش از زمینه پلیمر به الیاف چوب می‌گردد که به افت خواص مکانیکی و فیزیکی فراورده می‌انجامد (Oksman & Niska & Sain, 2008). البته خاصیت آب‌دوستی و دمای تخریب حرارتی پایین‌تر پرکننده‌های طبیعی نیز سبب ایجاد محدودیت‌هایی در کاربرد پرکننده‌های طبیعی می‌شود (Kaboorani *et al.*, 2008).

اصلاح گرمایی چوب موجب بهبود خواص کاربردی فراورده چوب‌پلاستیک می‌گردد (Kaboorani *et al.*, 2008). چوب اصلاح گرمایی شده دارای جذب رطوبت کم و ثبات ابعاد بالا می‌باشد. همچنین، اصلاح گرمایی می‌تواند با اصلاح ماهیت قطبی چوب و ایجاد سازگاری بهتر با پلیمر، فراورده‌هایی با مقاومت‌های مکانیکی بیشتر تولید کند (Robin & Breton, 2001). اصلاح گرمایی آرد پوست ممرز نیز مقاومت‌های مکانیکی فرآورده آرد پوست/پلی‌پروپیلن را افزایش داد (Davoudi *et al.*, 2016).

بر اساس نتایج پژوهش‌های گذشته، اثر مثبت اصلاح گرمایی بر خواص فراورده چوب‌پلاستیک محرز می‌باشد، اما تاکنون تحقیقی در مورد اثر این اصلاح بر کاربرد ساقه آفتابگردان که با پنتوزان زیاد و لیگنین کم، حجم زیادی از ضایعات کشاورزی را تشکیل می‌دهد، به‌عنوان پرکننده در تهیه چندسازه انجام نشده‌است. این تحقیق به بررسی اثر اصلاح گرمایی ساقه آفتابگردان بر ویژگی‌های کاربردی چندسازه آرد ساقه آفتابگردان/پلی‌پروپیلن می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد

در این پژوهش، پلی‌پروپیلن با شاخص ذوب گرم/ ۱۰ دقیقه ۳۵ در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و چگالی ۰/۹۱۰ گرم بر سانتی‌مترمکعب به‌عنوان ماده زمینه مورد استفاده قرارگرفت. مالئیک‌انیدرید پیوند شده به پلی‌پروپیلن با شاخص جریان مذاب ۲۹ گرم/ ۱۰ دقیقه در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و چگالی ۰/۹۰۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب به مقدار ۳ درصد وزن کل فراورده مرکب، به‌عنوان عامل جفت‌کننده استفاده شد. ساقه آفتابگردان نیز از مزارع کشاورزی استان مازندران تهیه و به‌صورت دستی مغزگیری شده و به ذرات کوچک‌تر برای اصلاح حرارتی تبدیل شدند.

اصلاح ساقه آفتابگردان

ذرات ساقه آفتابگردان خشک شده در داخل آون به مدت ۳۰ دقیقه در سه سطح دمایی ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد اصلاح شدند. پس از اصلاح گرمایی خرده ساقه‌های آفتابگردان، از خردکن چکشی برای تهیه آرد استفاده شد. سپس برای یکنواخت شدن اندازه ذرات آرد ساقه حاصل، ذرات با مش ۶۰+/۴۰- جداسازی گردید.

ساخت فراورده مرکب

اختلاط آرد ساقه آفتابگردان با پلی‌پروپیلن به نسبت وزنی ۴۰ به ۶۰ درصد، در حضور انیدرید مالئیک پیوند شده به پلی‌پروپیلن به‌عنوان عامل جفت‌کننده به مقدار ۳ درصد وزن کل فرآورده، در دستگاه اکسترودر دو مارپیچه

Archive of SID

www.SID.ir

غیرهمسوگرد، مدل GMBH ساخت شرکت COLLIN، به روش مذاب در دمای اختلاط ۱۵۰ تا ۱۷۰ درجه‌سانتی‌گراد و سرعت چرخش پیچ ۷۰rpm انجام شد. سپس با دستگاه آسیاب نیمه‌صنعتی مدل WIESER WGLS، نمونه‌های بی‌شکل حاصل از مخلوط‌ساز به گرانول تبدیل شدند. نمونه‌های آزمونی با روش قالب‌گیری تزریقی و با استفاده از دستگاه تزریق ساخت شرکت ایمن ماشین تهیه گردیدند. فشار تزریق ۹۰ بار، دمای لوله و دمای نازل ۱۸۵ درجه‌سانتی‌گراد و دمای قالب ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.

طیف‌سنجی مادون‌قرمز

به‌منظور تهیه طیف، آرد ساقه آفتابگردان کلیه نمونه‌ها پس از آسیاب، از الک ۸۰ مش عبور داده شد. قرص‌های کوچک تهیه شده از آرد خشک و برمید پتاسیم، توسط دستگاه اسپکتروسکوپی مدل Nexus 670, Thermo nicolet ساخت کشور آمریکا بررسی شد و نتایج در طول موج ۵۰۰–۴۰۰۰ یک بر سانتی‌متر ثبت گردید.

مطالعه ریخت‌شناسی

برای مطالعه ریخت‌شناسی، تصاویر با میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان (Field Emission-Scanning Electron Microscope) مدل TESCAN-MIRA3 ساخت کشور چک با ولتاژ تصویربرداری ۲۵ کیلوولت، از سطوح دارای پوشش طلا تهیه گردید.

ارزیابی پایداری حرارتی مواد مرکب

پایداری حرارتی با استفاده از تحلیل‌گر وزن‌سنجی گرمایی توسط دستگاه STA503 ساخت کشور آلمان در دامنه دمای ۲۵ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و تحت نیتروژن، با میزان افزایش دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه اندازه‌گیری شد.

آزمون جذب آب

برای تعیین جذب آب مواد مرکب مطابق استاندارد ASTM D570 (1998)، پنج نمونه از هر ترکیب انتخاب و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. وزن خشک نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و بعد در دمای اتاق برای ۲۰۰۰ ساعت در آب قرار داده شدند و درنهایت میزان جذب آنها محاسبه گردید.

آزمون مکانیکی

پیش از انجام آزمون، متعادل‌سازی بر اساس استاندارد ASTM-D618 (1999)، در رطوبت نسبی ۵ ± ۵۰ درصد و دمای ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد به مدت دو هفته انجام شد. خواص خمش و کشش با ماشین SANTAM-STM-20، به‌ترتیب طبق استاندارد ASTM-D790 (2003)، با سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه روی نمونه‌های به ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰۵ میلی‌متر و روش استاندارد ASTM-D638 (2003) بر نمونه‌هایی به ابعاد ۴×۱۰×۱۴۵ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. آزمون مقاومت به ضربه فاقدار روی نمونه‌هایی به ابعاد ۶×۱۲×۶۰ میلی‌متر با استفاده از ماشین SANTAM-SIT-200، طبق روش استاندارد ASTM-D256 (2004) انجام شد.

پردازش آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل نتایج و پردازش آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. از آزمون دانکن با سطح اعتماد ۹۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج

طیف‌سنجی مادون‌قرمز

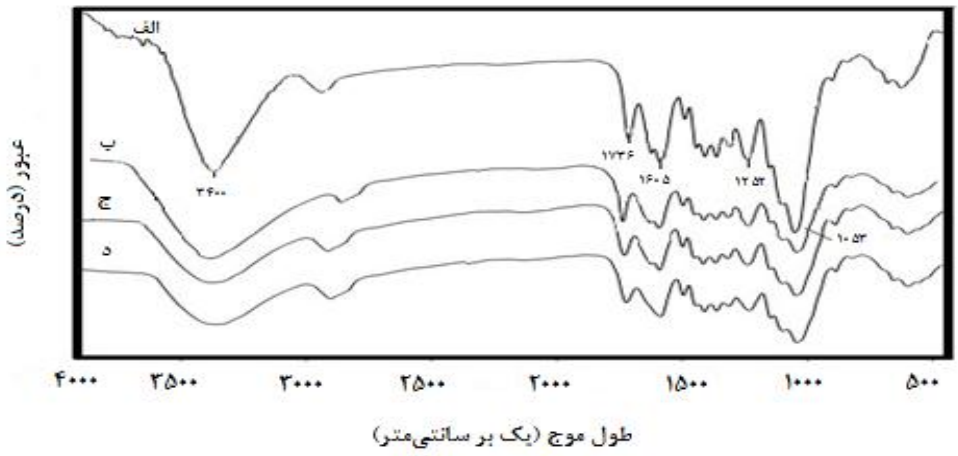
شکل ۱ طیف مادون‌قرمز نمونه‌های آرد ساقه آفتابگردان شاهد و اصلاح گرمایی را نشان می‌دهد. جذب کششی قوی گروه هیدروکسیل الیاف لیگنوسلولزی در طول موج ۳۴۰۰ یک بر سانتی‌متر و جذب ناحیه ۱۷۳۶ یک بر سانتی‌متر مربوط به گروه‌های کربونیل و گروه‌های استیل همی‌سلولز می‌باشد که متعاقب اصلاح گرمایی کاهش یافتند (Ates *et al.*, 2009). کاهش شدت طول موج

Archive of SID
www.SID.ir

۱۲۵۲ یک بر سانتی‌متر نیز گسستن گروه‌های استیل همی‌سلولزها را تأیید می‌کند (Hatefnia *et al.*, 2012). طول موج ۱۶۰۵ یک بر سانتی‌متر مرتبط با ارتعاشات کششی آروماتیکی و ارتعاش کششی گروه کربونیل می‌باشد. این باند جذبی در نمونه شاهد، پیک دوتایی است که در نمونه‌های اصلاح‌شده به سمت تک پیک شدن پیش می‌رود. طول موج ۱۰۵۳ یک بر سانتی‌متر مربوط به خمش C-O در اترها نیز در اصلاح گرمایی کاهش یافت.

ریخت‌شناسی ساختار چوب

شکل۲ تصویر سطح شکست نمونه کشش حاوی سطوح مختلف اصلاح گرمایی آرد ساقه آفتابگردان را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲(آ) مشاهده می‌شود نقطه B آرد ساقه آفتاب‌گردان می‌باشد که در ماده زمینه‌ای جا مانده است. نقطه C اثر بر جا مانده از آرد ساقه آفتاب‌گردان می‌باشد، همچنین نقطه A حفره‌ها را نشان می‌دهد که ذرات آرد از آن خارج شد. در شکل مذکور مشاهده می‌گردد که ذرات آرد بدون اصلاح حرارتی از زمینه پلیمری بیرون کشیده شده‌اند و حفره‌های زیادی در ماده زمینه پلیمری ایجاد شده است. سطح شکست نمونه حاوی آرد چوب اصلاح شده در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد در تصویر۲(ب) نیز عدم توزیع یکنواخت آرد و حفره‌های ناشی از جدا شدن آرد از ماده زمینه‌ای را نشان می‌دهد. در شکل‌های ۲(ج) و (د)، یکپارچگی بیشتر، توزیع یکنواخت‌تر و حفره‌های کمتر در سطح شکست فراورده‌های حاوی آرد اصلاح گرمایی شده در دمای ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌گردد.



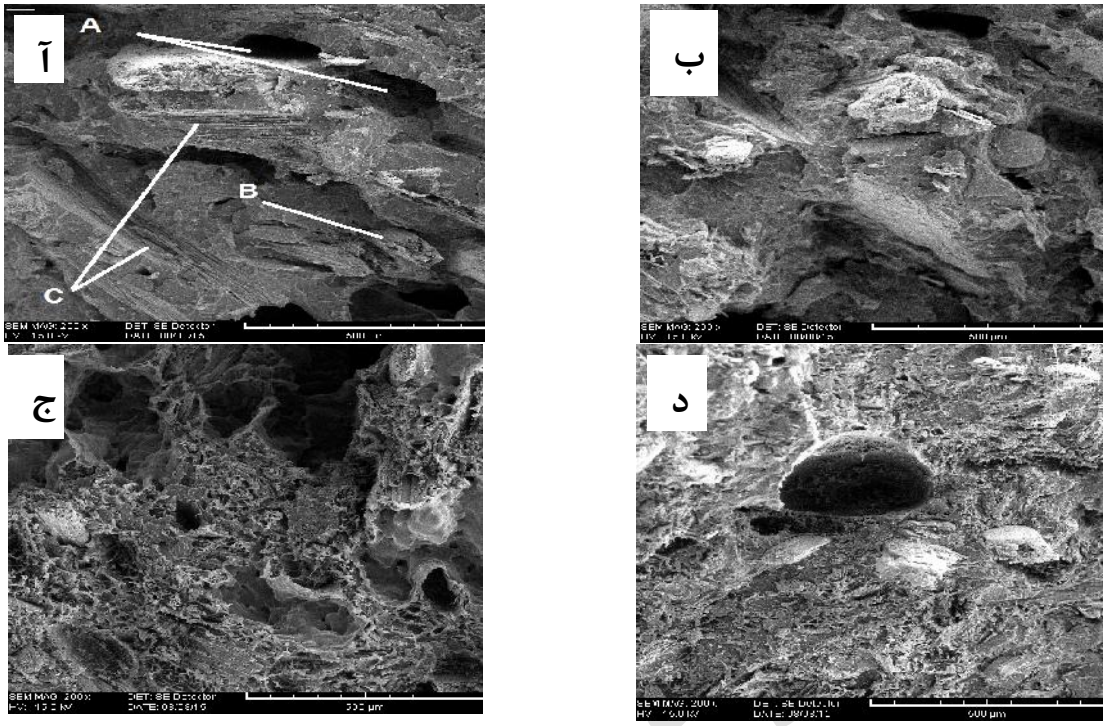
شکل ۱- طیف مادون‌قرمز سطوح آرد ساقه آفتابگردان شاهد و اصلاح گرمایی شده

(الف: شاهد، ب، ج و د: اصلاح گرمایی شده به‌ترتیب در دماهای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد)

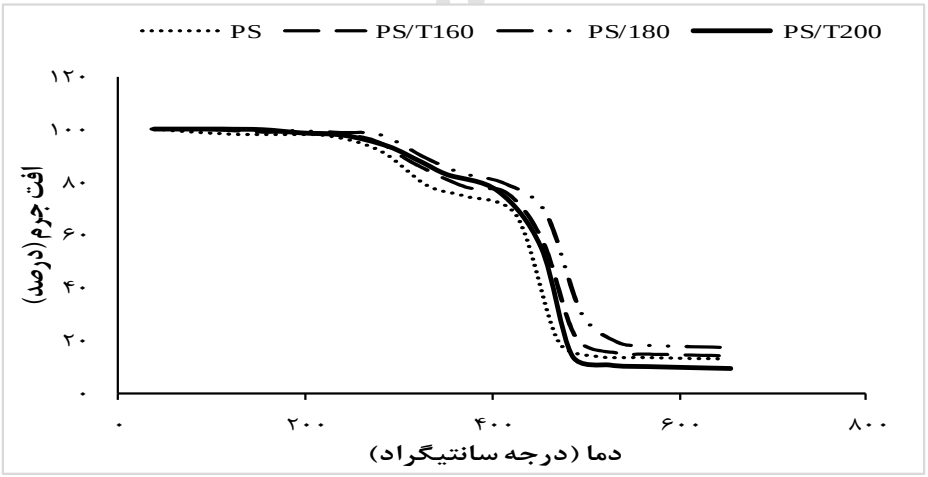
آنالیز حرارتی

منحنی کاهش جرم ناشی از تخریب حرارتی ماده مرکب ساقه آفتابگردان/پلی‌پروپیلن در شکل ۳ آورده شده است. تخریب حرارتی چوب‌پلاستیک حاوی آرد ساقه آفتابگردان شاهد از دمای ۲۴۷ درجه سانتی‌گراد شروع شد. افزایش دمای شروع تجزیه در نمونه‌های اصلاح شده نسبت به نمونه‌های شاهد نشان‌دهنده پایداری گرمایی بیشتر است. افزایش خاکستر باقی‌مانده نمونه‌های تیمار شده تا دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌تواند بیانگر افزایش پایداری گرمایی آرد ساقه آفتابگردان باشد. به‌طوری‌که دمای اصلاح گرمایی ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به کاهش پایداری گرمایی فراورده منتهی شد.

www.SID.ir



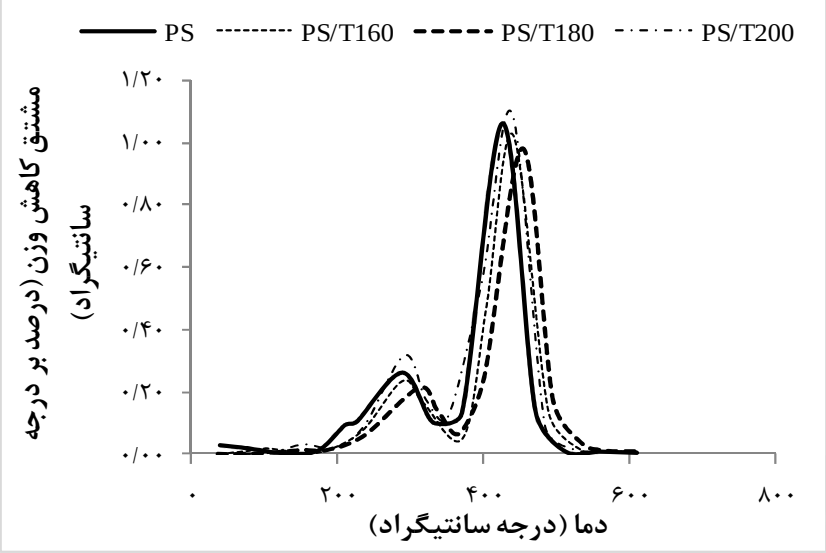
شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی: سطح شکست نمونه کشش PS (آ)، PS/T160 (ب)، PS/T180 (ج)، PS/T200 (د)



شکل ۳- آنالیز حرارتی مواد مرکب حاصل از آرد ساقه آفتابگردان تیمار شده در دماهای مختلف

در نمودار مشتق کاهش وزن، دو پیک برای مواد مرکب دیده شد که اولین پیک مربوط به تخریب حرارتی مواد لیگنوسلولزی و پیک دوم مربوط به تخریب حرارتی پلیمر به‌کار رفته در مواد مرکب می‌باشد. دمای شروع تخریب حرارتی مواد مرکب حاوی آرد ساقه آفتابگردان اصلاح گرمایی شده افزایش یافت (شکل۴). در دماهای بالاتر تخریب حرارتی، با توجه به شروع تخریب سلولز و پایان یافتن همی‌سلولز، اختلاف بین نمونه‌ها کم شد، ولی نمونه اصلاح شده در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تا انتها اختلاف معنی-داری را با سایر سطوح نشان داد.

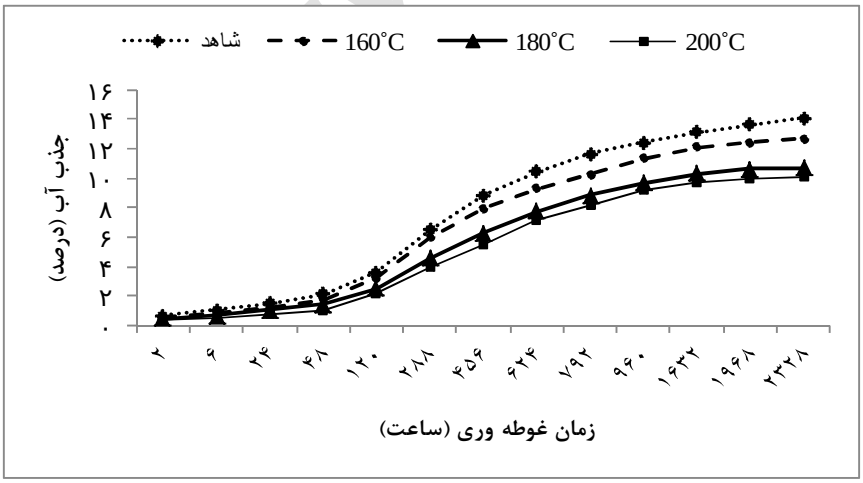
www.SID.ir



شکل ۴- منحنی‌های مشتق آنالیز حرارتی مواد مرکب حاصل از آرد ساقه آفتابگردان تیمار شده در دماهای مختلف

جذب آب

مقادیر میانگین جذب آب فراورده مرکب حاوی آرد شاهد و اصلاح‌گرمایی شده در شکل ۵ نشان داده شده است. اصلاح گرمایی تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به کاهش معنی‌دار جذب آب فراورده منتهی شد. به‌طوری‌که دمای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب به ۹/۸۸، ۲۳/۹۶ و ۲۸/۲۳ درصد کاهش جذب آب در مقایسه با شاهد انجامید و اختلاف بین دماهای ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نبود.



شکل ۵- جذب آب طولانی‌مدت چوب‌پلاستیک حاوی آرد ساقه آفتابگردان اصلاح گرمایی شده

ویژگی‌های مکانیکی

نتایج اثر اصلاح گرمایی بر خواص مکانیکی فراورده، از قبیل خواص خمشی، کششی و مقاومت در برابر ضربه فاق‌دار در جدول ۱ مشاهده می‌گردد. جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر اصلاح گرمایی بر خواص مکانیکی معنی‌دار بوده است.

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس خواص مکانیکی فراورده حاوی سطوح مختلف آرد ساقه آفتابگردان اصلاح گرمایی شده

سطوح / ویژگی	PS	PS/T160	PS/T180	PS/T200
مقاومت‌خمشی (مگاپاسکال)	۳۵/۲۰c (۰/۷۷)	۴۰/۶۲b (۱/۱۱)	۴۳/۲۰a (۱/۶۱)	۴۲/۳۴ab (۰/۵۶)
مدول‌خمشی (مگاپاسکال)	۴۲۷/۴۸c (۱۵/۸)	۴۹۹/۱۳b (۵/۱)	۵۵۷/۳۷a (۲۸)	۵۶۹/۳۵a (۲۹/۲)
مقاومت‌کششی (مگاپاسکال)	۲۷c (۰/۵)	۲۸/۱۶c (۰/۶)	۲۹/۸۰b (۰/۳۴)	۳۱/۳۱a (۰/۳)
مدول‌کششی (مگاپاسکال)	۱۴۳۱/۰۲c (۲۶/۰۴)	۱۴۷۵/۴۹c (۷/۰۹)	۱۵۷۷/۶۵b (۱۳/۳۶)	۱۶۳۸/۶۶a (۴۱/۰۳)
مقاومت به ضربه (ژول بر متر)	۷۹a (۲/۴)	۷۵/۰۹ab (۵/۱۶)	۷۰/۸۸b (۱/۸۶)	۶۸/۹۶b (۲/۵۱)

اعداد داخل پرانتز معرف انحراف معیار و حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن است.

با افزایش دما به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، مقاومت و مدول خمشی به‌ترتیب ۲۲/۷۲ و ۳۰/۳۹ درصد نسبت به فراورده شاهد افزایش یافت، اما افزایش دما به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، بهبود معنی‌داری را در خواص خمشی ایجاد نکرد. اصلاح گرمایی در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، مقاومت و مدول کششی فراورده را به‌ترتیب ۱۵/۹۶ و ۱۴/۵ درصد افزایش داد و اختلاف بین فراورده حاوی آرد ساقه آفتابگردان شاهد و اصلاح گرمایی‌شده در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نبود. با اصلاح گرمایی در دماهای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، مقاومت به ضربه به‌ترتیب ۴/۹۵، ۱۰/۲۸ و ۱۲/۷۱درصد کاهش یافت که اختلاف بین دمای ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نبود.

بحث

بر اساس طیف مادون‌قرمز، اصلاح گرمایی با کاهش جذب کششی گروه‌های هیدروکسیل، کربونیل و استیل به‌ترتیب در طول موج‌های ۳۴۰۰، ۱۷۳۶ و ۱۲۵۲یک بر سانتی‌متر، خواص فیزیکی فراورده مرکب تیمار شده را بهبود بخشید (Ates *et al.*, 2009; Hatefnia *et al.*, 2012). تغییر شکل پیک ۱۶۰۵ یک بر سانتی‌متر مؤید تغییرات ساختاری پلیمرهای آروماتیک در اثر اصلاح گرمایی می‌باشد (Ding *et al.*, 2011).

تصاویر حاصل از سطح شکست نمونه کشش حاوی سطوح مختلف اصلاح گرمایی آرد ساقه آفتابگردان نشان داد که اصلاح گرمایی با کاهش قطبیت ماده لیگوسلولزی بر اثر خروج بخشی از همی‌سلولز به یکپارچگی بیشتر، توزیع یکنواخت‌تر و حفره‌های کمتر در سطح شکست فراورده‌ها انجامید که این اثر در دمای ۱۸۰ و۲۰۰ درجه سانتی‌گراد محسوس‌تر بود. کاهش قطبیت ماده لیگنوسلولزی با افزایش سازگاری آرد با ماده پلیمری غیرقطبی، سبب بهبود چسبندگی در سطح مشترک شده است (Robin and Breton, 2001).

پایداری گرمایی الیاف لیگنوسلولزی اصلاح گرمایی شده که ترکیبات ناپایدار آن همانند همی‌سلولز بر اثر گرما تجزیه و یا دچار تغییر ساختاری شدند، بهبود می‌یابد (Kaboorani

Archive of SID
www.SID.ir

et al., 2008). افزایش نسبت لیگنین با وجود ساختار آروماتیک مقاومت زیادی در برابر گرما دارد (Kumar *et al.*, 2005) و می‌تواند عامل افزایش مقاومت گرمایی مواد لیگنوسلولزی باشد. افزایش خاکستر باقی‌مانده در چوب پلاستیک حاوی آرد ساقه آفتابگردان اصلاح‌گرمایی شده را نیز می‌توان به افزایش نسبت لیگنین بعد از اصلاح نسبت داد، زیرا تجزیه سلولز و همی‌سلولز منجر به تولید گازهای فرار می‌شود، در صورتی‌که تجزیه لیگنین به تولید قطران و زغال می‌انجامد (Rowell, 2005). عامل دیگر در افزایش پایداری گرمایی نمونه‌های اصلاح شده، افزایش بلورینگی الیاف متعاقب با حذف همی‌سلولزهاست (Yildiz and Gumuskaya., 2007; Ghorbani Kookandeh *et al.*, 2014) به‌طوری‌که کاهش خاکستر باقی‌مانده مؤید آسیب شدید در این سطح دمایی می‌باشد.

البته علل اصلی کاهش جذب آب فراورده اصلاح گرمایی شده را می‌توان به اصلاح آرایش ساختار پلیمرها، کاهش مقدار همی‌سلولزها، افزایش بلورینگی سلولز و افزایش نسبی لیگنین نسبت داد (Davoudi *et al.*, 2016). اصلاح گرمایی در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز به دلیل بهبود سازگاری مواد لیگنوسلولزی با گرمانرم‌ها متعاقب کاهش قطبیت مواد لیگنوسلولزی و خروج مواد استخراجی، موجب کاهش جذب آب مواد مرکب ساقه آفتابگردان و پلی‌پروپیلن شد (Robin and Breton, 2001). کاهش قطبیت طی اصلاح گرمایی با بهبود توزیع و برقراری اتصال آرد ساقه آفتاب‌گردان در ماده زمینه‌ای پلیمری و کپسوله شده مطلوب‌تر، به کاهش جذب آب منتهی گردید.

اصلاح گرمایی با تخریب همی‌سلولز، کاهش قطبیت، افزایش نسبت لیگنین، توزیع یکنواخت پرکننده در زمینه پلیمر و بهبود سازگاری ساقه آفتابگردان و پلیمر می‌تواند فراورده‌ای با کیفیت، فشردگی و خواص خمشی بالاتر تولید کند (Kaboorani *et al.*, 2008; Robin & Breton, 2001). همچنین در اثر اصلاح گرمایی با نوآرایی در ساختار سلولز، بر پهنا و طول نواحی بلوری که نقش مهمی در افزایش مدول کششی دارد، افزوده می‌شود. اصلاح گرمایی با کاهش مواد استخراجی به بهبود تعامل سطحی و چسبندگی بین پلی‌پروپیلن و آرد ساقه آفتابگردان منتهی گردید. سلولز خواص مکانیکی بهتری نسبت به سایر اجزا مواد لیگنوسلولزی دارد. مقدار بیشتر سلولز باعث افزایش مدول‌کششی فراورده شده است (Shakeri & Hashemi, 2002). Petrissans و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند هنگامی‌که پلیمر مذاب در مجاوت سطح با قابلیت ایجاد هسته‌های بلوری قرار می‌گیرد، بلورها در سطح الیاف رشد کرده و باعث تشکیل لایه‌ای بلوری در اطراف الیاف می‌شود. البته هرچه سطح الیاف زبرتر باشد، مقدار تشکیل این لایه بیشتر است. در بین پلیمرهای مواد لیگنوسلولزی، سلولز مقدار تشکیل این لایه را افزایش می‌دهد (Kaboorani *et al.*, 2008). حذف همی‌سلولزها باعث افزایش زبری سطح الیاف و افزایش مقدار سلولز می‌شود که در افزایش بلورینگی پلیمر در سطح الیاف (از طریق ایجاد هسته‌های بلوری) نقش دارند. افزایش مدول و استحکام کششی در این لایه نسبت به سایر بخش‌های پلیمر می‌تواند باعث بهبود خواص مکانیکی شود. به‌طوری‌که احتمال دارد تشکیل این لایه، به دلیل برهم‌کنش‌های ثانویه مانند پیوند واندروالس نیز باعث چسبندگی بهتر در ناحیه سطح مشترک، بهبود انتقال تنش از زمینه به الیاف و افزایش خواص مکانیکی فراورده مرکب شود.

البته افزایش مقاومت به ضربه بدون فاق و کاهش مقاومت به ضربه فاقدار مواد مرکب در اثر اصلاح گرمایی اتفاق دور از انتظاری نیست، زیرا شکست ناشی از ضربه فرایندی متأثر از شروع ترک و پیشروی ترک می‌باشد. اتصال خوب بین سطح مشترک پرکننده لیگنوسلولزی و پلیمر، مقاومت به شروع ترک را بهبود می‌بخشد و تمرکز تنش را در انتهای الیاف و در نواحی با اتصال ضعیف کاهش می‌دهد؛ بنابراین مقاومت به ضربه بدون فاق افزایش می‌یابد. درحالی‌که چسبندگی خوب پرکننده لیگنوسلولزی و پلیمر، انتشار ترک را در امتداد ناحیه سطح مشترک تسهیل می‌کند و مانع پراکندگی و اتلاف انرژی می‌شود، بنابراین موجب کاهش مقاومت به ضربه فاق‌دار می‌گردد (Myers *et al.*,

Archive of SID

www.SID.ir

1991).

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که اصلاح گرمایی با حذف همی‌سلولزها و کاهش قطبیت، به ساخت فراورده‌ای با یکپارچگی و پایداری گرمایی بیشتر منتهی گردید. با توجه به اثر مثبت اصلاح گرمایی بر کاربرد ساقه آفتاب‌گردان به‌عنوان جایگزین چوب در صنعت فراورده مرکب و عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح دمایی ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، اصلاح گرمایی این پسماند در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد برای ساخت فراورده مرکب با خواص مطلوب توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

-Ates, S., Akyildiz, M.H. and Ozdemir, H., 2009. Effects of heat treatment on calabrian pine (Pinus brutia Ten.) wood. BioResources, 4(3): 1032- 1043.

-Davoudi, M., Asadpour, G., Zabihzadeh, S.M. and Ghorbani, M., 2016. The effect of hydrothermal modification on applied properties of composite made from bark flour-polypropylene. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(2): 280-293.

-Ding, T., Gu, L. and Liu, X., 2011. Influence of steam pressure on chemical changes of heat- treated Mongolian pine wood. BioResources, 6(2): 1880-1889.

-Ghorbani Kookandeh, M., Taghiyari, H. R., Siahposht, H., 2014. Effects of heat treatment and impregnation with zincoxide nanoparticles on physical, mechanical, and biological properties of beech wood. Wood Science and Technology, 48:727–736.

-Hatefnia, H., Enayati, A.A., DoostHoseini, K. and AzadFallah, M., 2012. Effect of steam treatment on chemical changes of wood components. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(4): 682-698.

-Kaboorani, A., Faezipour M. and Ebrahimi, G., 2008. Feasibility of using heat treated wood in wood/plastic composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 27: 18689-1699.

-Kumar, A.P., Singh, R.P. and Sarwade, B.D., 2005. Degradability of Composites, Prepared from Ethylene-Propylene Copolymer and Jute Fiber under Accelerated Aging and Biotic Environments. Materials Chemistry and physics, 92: 458-46.

-Myers, G. E., Chahyadi, I. S., Gonzalez, C., Coberly, C. A. and Ermer D. S., 1991. Wood flour/polyethlene or high density polyethylene composite: Influence of maleated polyethylene concentration and extrusion temperature on properties I. Journal of Polymer Materials, 15: 171-186.

-Oksman Niska, K. and Sain, M., 2008. Clemons C. Raw materials for wood-polymer composites. Wood-Polymer Composites, CRC Press, Cambridge.

-Petrissans, M., Geradin, P., El-Bakali, I. and Seraj, M., 2003. Wettability of heat – treated wood. Journal of Applied Polymer Science, 69: 35-39.

-Robin, j.j. and Breton, Y., 2001. Reinforcement of recycled polyethylene with woodfiber heat treated. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 20(14): 1235-1262.

-Roshdi, M., Heidari Sharif Abadi, C., Karimi, M., Normohamedi, G. and Darvish, F., 2006. Effects of water deficit irrigationon yield and yield components of sunflower cultivar. Agricultural Sciences, 12(1): 109-121.

-Rowell, R. M., 2005. Handbook of wood chemistry and wood composites. (Ed.), CRC, Florida.

-Saini, G., Narula, A. K., Choudhary, V. and Bhardwaj, J., 2009. Effect of partical size and alkali treatment of sugarcane bagasse on thermal, mechanical, and morphological properties of PVC – bagasse composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29(5): 731-740.

-Shakeri, A. and Hashemi, S.A., 2002. Mechanical and morphological properties of pulp paper reinforced-HDPE composites. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 9(3): 171-183.

-Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, Annual Book of ASTM Standard, D570, 1998.

-Standard Test Method of Practice for Conditioning plastics, American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standard, D618, 1999.

-Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials, American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standard, D790,2003.

-Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standard, D638, 2003.

-Standard Test Method for Determining the Izod Pendulu Impact Resistance of Plastics and electrical insulating materials, American Society for Testing and Materials, Annual book of ASTM Standard, D256, 2004.

-Yildiz, S., and Gumuskaya, E., 2007. The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. Building and Environment, 42: 62–67.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of thermal modification on physical and mechanical behavior of sunflower-polypropylene composites

M. Ghorbani[1*], S.M. Zabihzadeh[2] and F. Fooladian[3]

1*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Wood and paper, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2-Associate Prof., Department of Wood and paper, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3-MSc., Student, Department of Wood and paper, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: May, 2017 Accepted: July, 2017

Abstract

The use of agricultural plants residues as alternative fiber resources in the cellulose industry can be recommended due to the severe shortage of wood raw material and restriction of forest harvesting. The aim of current research was to investigate the effect of thermal modification on the properties of composite made from sunflower flour-polypropylene. Thermal modification of sunflower flour was done at temperatures of 160, 180 and 200°C for 30 minutes and then these particles were mixed with polypropylene in ratio of 30 wt%. Test samples were prepared with maleic anhydride-grafted polypropylene as coupling agent by injection molding method. FTIR spectroscopy of sunflower flour confirmed the chemical changes due to thermal modification. More integration and uniform distribution, and less cavities were observed in the scanning electron micrographs of failure surface. The removal of hemicellulose of sunflower flour improved the thermal stability of composite, which thermal gravimetric analyzer (TGA) confirmed it with increasing the modification temperature up to 180°C. Modification at 200°C decreased thermal stability compared to other temperatures. Thermal modification leads to significant decrease in water absorption and improvement in bending and tensile properties due to hemicellulose degradation, increasing the crystallinity, loss of polarity, increased compatibility between the two phases of composite and uniform distribution of fillers in polymeric matrix. Notched impact strength of modified composites decreased due to better adhesion between lignocellulosic filler and polymer that facilitate the crack development along the interface. According to no significant difference between temperatures of 180 and 200°C, thermal modification of sunflower stems at 180°C is recommended for manufacturing of composites with optimum properties.

Keywords: Thermal modification, sunflower-polypropylene composites, thermal stability, physical properties, mechanical behavior

Archive of SID

www.SID.ir