

عنوان

تولید مواد و انرژی از پسماند (ساخت کامپوزیت چوب پلاستیک از پسماند)

آزاده کیایی فر^۱

بهزاد کرد^۲

واحد فناوری پارک علم و فناوری گیلان و عضو باشگاه پژوهشگران جوان^۱

Email: a_kiaifar@yahoo.com

چکیده:

در این تحقیق تاثیر میزان کاغذ باطله و ضایعات پلاستیک بر خواص مکانیکی ماده مرکب چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور کاغذ باطله و پلی پروپیلن ضایعاتی به همراه سازگارکننده توسط دستگاه قالب گیر تزریقی (Injection Molding) ساخته شدند. فاکتورهای متغیر مورد بررسی عبارت بودند از: الیاف کاغذ باطله با نسبت وزنی ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵ و ۶۰ درصد و سازگارکننده MAPP با نسبت وزنی ۰ و ۲ درصد. خواص مکانیکی مانند مدول الاستیسیته، مقاومت خمشی و ازدیاد طول اندازه گیری شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش درصد الیاف تا ۶۰ درصد مدول الاستیسیته افزایش و مقاومت خمشی و ازدیاد طول روند کاهشی را به دنبال دارند. همچنین افزودن سازگارکننده باعث افزایش معنی دار کلیه خواص مکانیکی مذکور می شود.

واژه های کلیدی: کاغذ باطله، پلی پروپیلن ضایعاتی، سازگارکننده، دستگاه قالب گیر تزریقی، خواص مکانیکی.

۱- مقدمه

بروز مشکلات زیست محیطی ناشی از عدم کنترل و مدیریت مواد زائد یکی از خطرات جدی می باشد که محیط زیست شهری و نیز اکوسیستم های اطراف شهرها را تهدید می نماید. افزایش جمعیت در شهرها مدیران و برنامه ریزان شهری را رودرروی این مشکل اساسی قرار داده و برای پاکسازی و حفاظت از محیط زیست شهری و طبیعی باید اقدامات سیستماتیک و علمی انجام شود. مبادرت به بازیافت مواد از زباله که استفاده مجدد از آنها را در پی دارد نه تنها پاسخگوی بسیاری از هزینه های گزاف دفع زباله می شود، بلکه با کاهش حجم زباله باعث صرفه جویی در مواد اولیه و کاهش آلودگیهای محیط زیست می شود.

۱-۱- بازیافت کاغذ

برنامه های بازیافت کاغذ میلیونها هکتار درختکاری و همزمان با آن آب و انرژی را حفظ می کند و میزان آلودگی آب و هوا را که در پی این برنامه گریزناپذیر می باشد کاهش می دهد. ضمناً هر تن کاغذ که از بازیافت مواد تولید شده معادل ۱۷ درخت جنگلی است. چنانچه ۲۵٪ کاغذ موجود در زباله شهری در شهرهای ایران بازیافت شود سالانه ۷۰۰/۰۰۰ درخت قطع نخواهد شد. در اثر بازیافت کاغذ تا ۷۴٪ در آلودگی های هوا و ۳۵٪ در آلودگی های آب کاهش حاصل می شود. با بازیافت کاغذ و مقوا می توان از هدررفت ۱۵۰۴۵۳۰۰۰۰ ریال سرمایه در سال جلوگیری کرد و حدود ۸٪ میزان زباله ورودی به محل دفن را کاهش داد.

۱-۲- بازیافت پلاستیک

با بازیافت پلاستیک می توان از هدررفت ۶۴۶۲۶۹۰۰۰۰ ریال سرمایه در سال در محل دفن جلوگیری کرد و همچنین می توان از ورود حدود ۸٪ زباله به محل دفن که دارای اثرات بسیار مضر زیست محیطی است و قابلیت تجزیه طبیعی هم ندارد جلوگیری به عمل آورد. بنابر آمارهای موجود متوسط سرانه تولید زباله در کشور حدود ۶۵۰ گرم در روز می باشد که با احتساب ۷۰ میلیون نفر جمعیت در کشور این مقدار به ۴۵۵۰۰ تن در روز بالغ می گردد. با توجه به آنالیز و تجزیه زباله ها که میزان تولید زباله های خشک را حدود ۵-۳ درصد گزارش می نماید، مقدار تولید زباله خشک در کشور حدود ۲۲۷۵-۱۳۶۵ تن در روز می باشد که حدود ۴۵ درصد آن را مواد پلاستیکی و کاغذهای باطله تشکیل می دهد، بنابراین مقدار زباله های کاغذی و پلاستیکی ۷۵۰-۴۵۰ تن در روز بالغ می گردد که این مقدار با توجه به افزایش جمعیت و گسترش مدام شهرها و تغییر در الگوهای مصرف در طی ۲۰ سال آینده به ۵-۴ برابر مقدار سرانه فعلی افزایش می یابد. همچنین از طرفی با توجه به رشد روز افزون جمعیت و افزایش نیازها، احتیاج به طیف گسترده و منابع عظیمی از مواد به شدت احساس می شود، امکان این امر وجود دارد که با ترکیب مواد مختلف بتوان انواع جدیدی از مواد مرکب (کامپوزیت ها) را برای رفع نیاز بشر تولید کرد. به همین خاطر می توان با ترکیب مواد لیگنوسلولزی (کاغذ، کارتن، مقوا) با پلیمرها (پلاستیک های ضایعاتی) گروه جدیدی از مواد مرکب با خصوصیات بهتر از تک تک آنها ایجاد نمود، که سرانجام این امر منجر به تولید مواد مرکب چوب پلاستیک می شود. در حقیقت مواد مرکب چوب پلاستیک (Wood Plastic Composites) گروه جدیدی از مواد هستند که در بسیاری از کشورهای پیشرفته در حال تولید و توسعه هستند. مواد مرکب حاصل دارای ویژگیهای خوبی نظیر پایداری ابعاد، مقاومت در برابر جذب آب، واکنشیدگی ضخامت کم، مقاومت در برابر پوسیدگی قارچی به خاطر عدم جذب آب، ضریب انبساط حرارتی بالا، مدول الاستیسیته زیاد، سرعت اشتعال کم، ویژگیهای حرارتی بسیار خوب، مقاومت فشاری بالا، قابلیت بازیافت و ... هستند. دامنه استفاده از کامپوزیت های چوب پلاستیک بسیار گسترده است، این مواد می توانند در محوطه های داخلی و بیرونی مورد استفاده قرار گیرند. به طور کلی بازارهای اصلی این مواد شامل صنایع خودروسازی، صنایع نظامی، مبلمان شهری و ساختمان سازی می باشد. بعضی از محصولاتی که با این ترکیبات ساخته می شوند عبارتند از: اجزای داخلی اتومبیل، مبلمان اداری و خانگی، کابینت آشپزخانه، نرده و کف پوش ها، عایق صوتی، قاب های درب و پنجره، تخته اسکیت، الوار و تخته های سقف های پیش ساخته، صندوق و پالت های حمل کالا. ظروف نگهداری و غیره، تنها تعدادی از کاربردهای ممکن می باشند.

۱-۳- اهداف

- ۱- بررسی توان بالقوه بخشی از ضایعات جامد شهری در تولید فرآورده مرکب چوب- پلیمر
- ۲- کاهش قابل ملاحظه و چشمگیر حجم و وزن زباله های شهری.
- ۳- کاهش مصرف مواد اولیه و حفظ منابع طبیعی.
- ۴- بازگردش مواد و انرژی در طبیعت.
- ۵- کاهش آلودگی های زیست محیطی.

در سال ۱۹۹۰ Yam و همکاران خواص مکانیکی چند سازه های ساخته شده از پلی اتیلن سنگین بازیافتی و الیاف صنوبر را مطالعه و نتیجه گیری کردند که با افزایش الیاف، مقاومت کششی این چند سازه ها بهبود می یابد و توسعه چند سازه های حاوی الیاف طبیعی و پلاستیک های بازیافتی، فرصتی برای به کارگیری یک ماده طبیعی فراوان و روشی برای کاهش مشکل جدی دور ریختن پلاستیک ها می باشد. در سال ۱۹۹۸ Eom و همکاران تحقیقی پیرامون ثبات ابعاد چند سازه های ساخته شده با الیاف کاغذ روزنامه کهنه و خمیر کاغذ مکانیکی - حرارتی/PP انجام دادند. از هر تیمار ۱۰ نمونه تهیه شد و به مدت ۲۴ ساعت در آب 20°C غوطه ور شد. سپس میزان جذب آب و واکنش ضخامت مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان دادند الکیل دار کردن الیاف و استفاده از مواد کمکی جفت کننده باعث افزایش ثبات ابعاد در چند سازه هایالیاف چوبی/PP شده است.

در سال ۲۰۰۶ Huda و همکاران خواص مکانیکی و فیزیکی چند سازه های هیبرید الیاف کاغذ روزنامه-تالک /PP را مورد آزمایش قرار دادند. مدول ها و مقاومت ها در چند سازه های هیبرید رشد قابل توجهی داشتند. نتایج نشان دادند در آنالیز DMA مدول های ذخیره و مدول های اتلاف در چند سازه های هیبرید افزایش یافتند؛ در حالی که فاکتور زاویه اتلاف (Tans) کاهش یافته بود. در آنالیز SEM پرکننده ها بخش و پراکنش خوبی در ماتریس داشتند و تجمعات بزرگ دیده نشد. آنالیز DSC نیز دمای انتقال شیشه ای و دمای مذاب را شبیه به نمونه PP شاهد نمایان ساخت.

در سال ۱۳۷۷ تجویدی و ابراهیمی در مطالعه ای امکان استفاده از الیاف سلولزی در ساخت چند سازه الیاف چوبی/پلیمر را بررسی نمودند. در این مطالعه الیاف آلفا سلولز، الیاف کاغذ باطله و الیاف خام چوب به نسبت های وزنی ۱۵، ۲۵ و ۳۵٪ با پلی پروپیلن مخلوط شدند و از MAPP به میزان ۲٪ به عنوان سازگارکننده استفاده شد. مقاومت به ضربه و تغییر طول در حد گسیختگی با افزودن ماده سلولزی کاهش و مقادیر مدول الاستیسیته و سختی افزایش قابل توجهی یافتند. تفاوت خاصی نیز در خواص مکانیکی در سطوح استفاده شده از پرکننده ها مشاهده نشد، ولی سطح ۳۵٪ توصیه گردید.

در سال ۱۳۸۰ حسینی در بررسی خود بر روی آلفا سلولز و الیاف روزنامه بازیافتی به عنوان تقویت کننده و PP و PE به عنوان ماتریس پلیمری چند سازه های ساخته شده، به این نتیجه رسیده اند که با افزودن ۱۰٪ الاستومر مقاومت به ضربه فاق دار افزایش می یابد؛ همچنین مقاومت کششی، خمشی، سختی و مدول ها افزایش نشان می دهند. وجود انیدرید مالئیک نیز در ناحیه فصل مشترک نقش موثری در اتصال و چسبندگی الیاف و پلیمر دارد.

در سال ۱۳۷۷ پژمان در پایان نامه کارشناسی خود تحت عنوان بازیافت کاغذ از مواد زاید شهر تهران به برآورد هزینه های مصرفی جهت مدیریت مواد زاید تهران و مقایسه آن با سود حاصل از بازیافت کاغذ و مقوا پرداخت و چنین نتیجه گرفت که با بازیافت کاغذ و مقوا سالیانه حدود ۱۵۶/۵۰۰/۰۰۰ ریال در مدیریت مواد زاید جامد شهری صرفه جویی می شود.

در سال ۱۳۸۱ عابدینی به بررسی پتانسیل بازیافت زباله های شهری در زنجان پرداخت. شهر زنجان ۳۲۰۰۰۰ نفر جمعیت دارد و سرانه ۷۶۵ gt مواد زائد جامد شهری برای هر نفر در روز تولید می کند با توجه به آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی انجام شده، میانگین مواد فسادپذیر ۷۲/۰۲٪، کاغذ و مقوا ۱۰/۲۵٪، پلاستیک ۴/۱۴٪، پت ۰/۲۶٪، شیشه ۲/۲۲٪، فلز ۳/۴۷٪ به دست آمد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد

در این پژوهش، از کاغذ باطله به عنوان ماده لیگنوسلولزی در ترکیب و از پلی پروپیلن ضایعاتی (چندبار اکستروده شده) به عنوان ماده زمینه پلیمری و همچنین از مالئیک انیدرید (MAPP) به عنوان عامل سازگارکننده استفاده گردید. شایان ذکر است تمامی مواد مذکور از پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران تهیه گردید.

۲-۲- ساخت نمونه های آزمونی

برای ساخت ماده مرکب چوب پلاستیک، ابتدا الیاف کاغذ باطله، گرانول پلی پروپیلن ضایعاتی و سازگارکننده به صورت نسبت وزنی مشخص (جدول ۱) توسط دستگاه مخلوط کن داخلی (HAKEE)، مخلوط شدند. سپس چند سازه بی شکل تولید شده پس از سرد شدن دوباره آسیاب شد و به دستگاه قالب گیر تزریقی (Injection Molding) منتقل گردید. این دستگاه پس از ذوب مجدد، ماده مذاب را به درون قالب هایی تزریق نمود و نمونه های مورد نظر برای آزمون های مختلف تهیه شدند.

جدول ۱- درصد وزنی اجزای ماده مرکب چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	درصد کاغذ باطله	پلیمر ضایعاتی	درصد عامل سازگارکننده
۱	PP-ONP40%	۴۰	۶۰	۰
۲	PP-ONP40%-MAPP2%	۴۰	۶۰	۲
۳	PP-ONP45%	۴۵	۵۵	۰
۴	PP-ONP45%-MAPP2%	۴۵	۵۵	۲
۵	PP-ONP50%	۵۰	۵۰	۰
۶	PP-ONP50%-MAPP2%	۵۰	۵۰	۲
۷	PP-ONP55%	۵۵	۴۵	۰
۸	PP-ONP55%-MAPP2%	۵۵	۴۵	۲
۹	PP-ONP60%	۶۰	۴۰	۰
۱۰	PP-ONP60%-MAPP2%	۶۰	۴۰	۲

۳-۲- اندازه گیری خواص مکانیکی

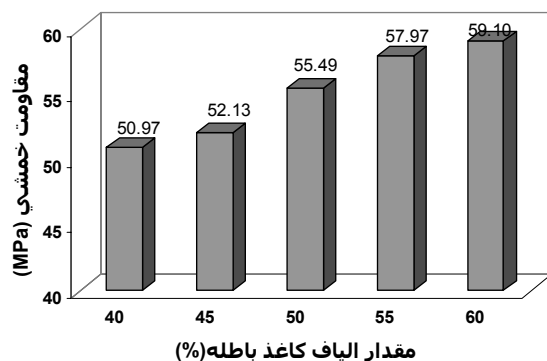
آزمون خمش سه نقطه ای مطابق استاندارد ASTM D 747 توسط دستگاه اینسترون^۱ برای اندازه گیری مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی انجام شد. سرعت بارگذاری نمونه های آزمون خمشی ۵ mm/min در نظر گرفته شد [۷]. آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D 638 توسط دستگاه اینسترون انجام گرفت و ازدیاد طول محاسبه شد. سرعت بارگذاری نمونه ها ۲ mm/min در نظر گرفته شد [۷]. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری Spss در قالب طرح آنالیز واریانس یکطرفه انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه بندی میانگین ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام گرفت.

۳- نتایج

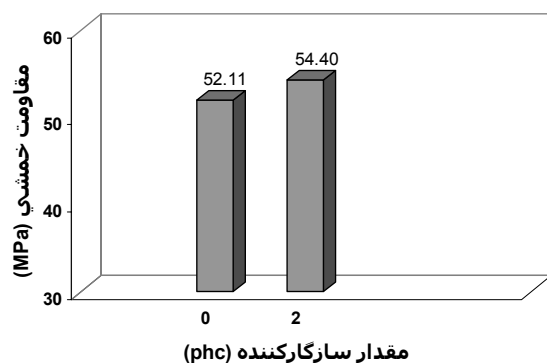
جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین میانگین های تیمارهای مختلف از نظر مقاومت خمشی در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۲). همانطور که در شکل ۳-۱ مشاهده می شود با افزایش مقدار پرکننده (درصد الیاف کاغذ باطله) مقاومت خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک افزایش می یابد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر درصد الیاف کاغذ باطله بر مقاومت خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
اثر کاغذ باطله	۴۳۳/۲۴	۳	۱۴۴/۴۱	۸/۹۱۸	۰/۰۰۰
اثر سازگار کننده	۲۰۱۴/۸۶	۱	۲۰۱۴/۸۶	۱۲۴/۴۵۰	۰/۰۰۰
اثر ترکیبی کاغذ باطله و سازگار کننده	۴۰۱/۲۵	۳	۱۳۳/۷۵	۸/۲۶۰	۰/۰۰۰
خطا	۴۸۵/۸۰	۳۰	۱۶/۱۹	-	-
کل	۴۳۰۵۳/۹۲	۳۸	-	-	-



شکل ۳-۱- تأثیر درصد الیاف کاغذ باطله بر مقاومت خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک

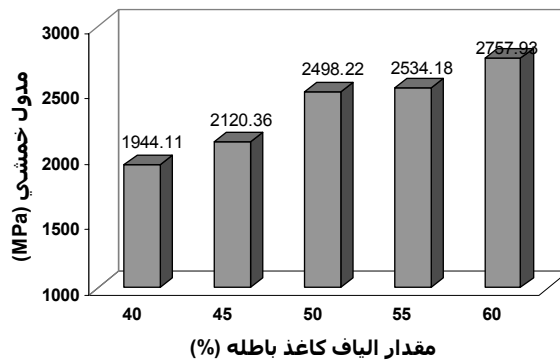


شکل ۳-۲- تأثیر مقدار سازگارکننده بر مقاومت خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک

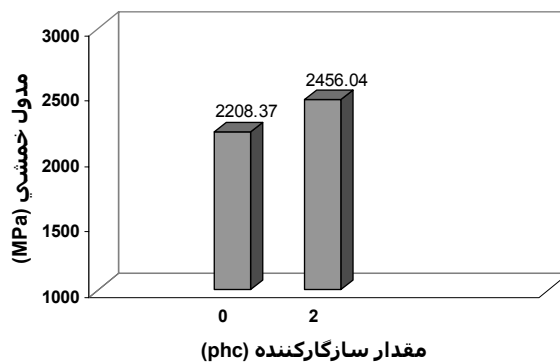
جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین میانگین های تیمارهای مختلف از نظر مدول الاستیسیته خمشی در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۳). همانطور که در شکل ۳-۳ مشاهده می شود با افزایش مقدار پرکننده (درصد الیاف کاغذ باطله) مدول الاستیسیته خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک افزایش می یابد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر درصد الیاف کاغذ باطله بر مدول الاستیسیته خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک

P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۰۰۰۰	۴/۸۱۹۶	۷۱/۹۳۷	۴	۲۸۷/۷۵۱	اثر کاغذ باطله
۰/۰۰۱	۱۴/۵۵۵	۲۱۷۲۴۶۲/۰۹	۱	۲۱۷۲۴۶۲/۰۹	اثر سازگار کننده
۰/۲۲۷	۱/۱۴۶	۱۷۱۰۶۲/۴۶	۴	۶۸۴۲۴۹/۸۵	اثر ترکیبی کاغذ باطله و سازگارکننده
-	-	۱۴۹۲۵۸/۸۳	۳۰	۴۴۷۷۷۶۴/۹۰	خطا
-	-	-	۳۸	۷۹۵۶۸۱۸۴۴/۳	کل



شکل ۳-۳- تأثیر درصد الیاف کاغذ باطله بر مدول خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک

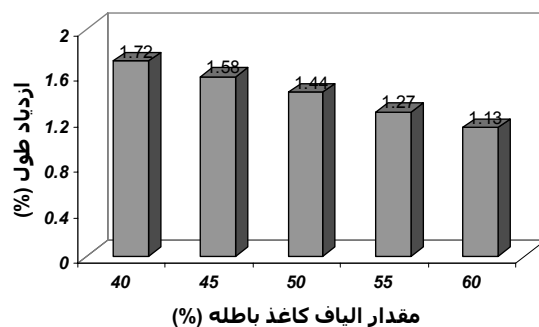


شکل ۳-۴- تأثیر مقدار سازگارکننده بر مدول خمشی ماده مرکب چوب پلاستیک

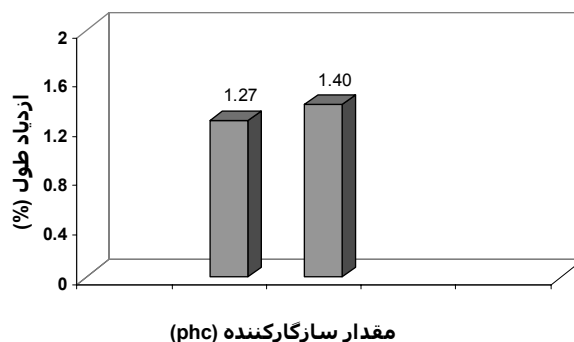
جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین میانگین های تیمارهای مختلف از نظر ازدیاد طول در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۴). همانطور که در شکل ۳-۵ مشاهده می شود با افزایش مقدار پرکننده (درصد الیاف کاغذ باطله) تغییر در ازدیاد طول ماده مرکب چوب پلاستیک کاهش می یابد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر درصد الیاف کاغذ باطله بر ازدیاد طول ماده مرکب چوب پلاستیک

P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات
۰/۰۰۰	۱۴۱/۴۷	۱۴/۰۰۶	۴	۵۶/۰۲۴	اثر کاغذ باطله
۰/۰۰۰۲	۳۱۶	۳۱/۲۸۴	۴	۱۲۵/۱۳۴	اثر سازگار کننده
۰/۰۱۴	۱/۰۸	۰/۱۰۷	۱۶	۱/۷۱۱	اثر ترکیبی کاغذ باطله و سازگار کننده
-	-	۰/۰۹۹	۷۲	۷/۱۰۶	خطا
-	-	-	۱۷۱	۳۰۴۳/۲۷۹	کل



شکل ۳-۵- تأثیر درصد الیاف کاغذ باطله بر درصد ازدیاد طول ماده مرکب چوب پلاستیک



شکل ۳-۶- تأثیر مقدار سازگارکننده بر درصد ازدیاد طول ماده مرکب چوب پلاستیک

۴- نتیجه گیری

- افزایش درصد الیاف کاغذ باطله تأثیر معنی داری بر خواص مورد بررسی داشته است. به نحویکه با افزایش درصد الیاف تا حدود ۶۰ درصد مدول و مقاومت خمشی افزایش و درصد ازدیاد طول کاهش یافته است.
- اثر سازگارکننده بر خواص مکانیکی مورد بررسی معنی دار بوده است به طوری که با افزودن سازگارکننده کلیه خواص مکانیکی افزایش یافته است.
- علاوه بر معنی داری اثر سازگارکننده بر خواص مورد بررسی، اثر متقابل سازگارکننده و کاغذ باطله بر خواص مورد بررسی نیز معنی دار بوده است که بیان گر تأثیر مثبت عملکرد سازگارکننده بر کاغذ باطله بوده است.

۵- پیشنهادات

در حالی که اکثر مصرف کنندگان رو به سوی استفاده از محصولات چوبی آورده اند، تولید محصولی از ترکیب کاغذ باطله و ضایعات پلاستیک، می تواند گوشه ای از تقاضای انبوه مصرف کنندگان را پاسخ دهد، با این تفاوت که بر خلاف سایر محصولات، ساخت این محصول از ضایعات باعث می شود که نه تنها آسیبی به محیط زیست نرسد، بلکه انبوهی از زباله های شهری که معضل بزرگی برای شهرداریها به شمار می روند، به مصرف برسند. این زباله ها حتی در صورت سوزانده شدن، به دلیل دود بسیار زیاد، آلوده کننده محیط زیست خواهند بود. به دلیل پایین بودن هزینه مواد اولیه نسبت به رقبای خارجی، با کمی مطالعه و تحقیق بیشتر می توان به راحتی به بازارهای جهانی راه پیدا کرد و با محصولات مشابه رقابت کرد و در نتیجه این امر می تواند پتانسیل بالایی برای ارزآوری داشته باشد.

در کشور ما ایران این محصول هنوز شناخته شده نیست و تا کنون صرفاً در قالب حرکت های ابتدایی تحقیقاتی صنعتی آن هم به صورت جسته و گریخته نمود داشته است، در حالی که پتانسیل عظیم دسترسی به مواد پلیمری در کشور و حجم بالای ضایعات در هر دو بخش چوب و پلاستیک در ایران، ضرورت و اهمیت دسترسی به این محصول را خاطر نشان می کند .

۶-منابع

- ۱- تجویدی، م. ۱۳۸۲. بررسی خواص مهندسی و ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلیمرهای گرمانرم و الیاف طبیعی با استفاده از تحلیل دینامیکی - مکانیکی، رساله دکترا، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۲۰۵.
- ۲- رحیمی، ح. ۱۳۷۹. معرفی کامپوزیت ها، مجموعه مقالات، دومین دوره تخصصی، آموزشی کوتاه مدت، پلاستیک های تقویت شده، پژوهشکده پلیمر و پتروشیمی ایران، ص ۱۳۴.
- ۳- روحانی، م. ۱۳۸۲. بررسی امکان استفاده از الیاف لیگنوسلولزی (باگاس و کنف) در ساخت چند سازه های الیاف پلی پروپیلن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۹۶.
- ۴- صفارزاده، س. ۱۳۷۸. مطالعه اختلاط الیاف سلولزی و پلی اتیلن سنگین و بررسی خواص مکانیکی فرآورده های مرکب حاصل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد، ص ۷۸.
- ۵- نوربخش، امیر. دوست حسینی، کاظم. جهان لتیباری، احمد. و حسین زاده، عبدالرحمن. ۱۳۸۳. بررسی اثر نوع، مقدار الیاف سلولزی و درجه حرارت مخلوط سازی بر ویژگیهای مکانیکی چند سازه الیاف چوب پلیمر، مجله منابع طبیعی دانشگاه تهران، جلد ۵۷، شماره ۴: ۷۶۵-۷۷۵.

6-Agarwal, B.D and L.j, Broutman, 1980. Analysis and performance of fiber composites, Journal of polymer science 18(10):689-690.

7-American Society for Testing and Materials, 2004. Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products ASTM D 7031-04. West Conshohocken, Pa. USA.

8-Bataille, P., Richard, L., and Sapieh, S., 1989. Effect of cellulosic fibers in polypropylene composites, Polymer Composites, 10(2): 103-108.

9-George, J., Sreekala, M.S., and Thomas, S., 2001. A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites, Polymer engineering and Science, 41(9):1471-1485.

10-Hull, D. 1991. Introduction to Composite Material, Cambridge University.

11-Karnani, R., Krishnan, m., Narayan,R., 1997. Biofiber Reinforced polypropylene composites. Journal of polymer Engineering science, 37(2):476-483.

12-Kit, L.Y., Binoy, K., Gogot, C. and Selke, S.E., 1990. Composites from compounding wood fibers with recycled HDPE, Polymer Engineering and Science, 30(11): 693-699.

13-Kokta, B.V., and Maladas, D., 1990. Composites of Polyvinyl Chloride wood fibers. Journal of Polymer Plastic Technology, 20 (1-2) 87-118.

14-Oksman, K., and Clemon, C. 1998. Mechanical properties and morphology of impact modified polypropylene-wood flour composites, Journal of Applied Polymer Science, 67(9): 503-1513.

15-Oksman, K., and Lindberg, H. 1998. Influence of thermoplastic elastomers on adhesion in polyethylene-wood flour composites, Journal of Applied Polymer Science, 68(11): 1845-1855.

16-Raj, R.G., Kokta, B., Gruleau, G., and Daneault, C., 1990. The influence of coupling agents on mechanical properties of composites containing cellulose fillers, Journal of Polymer Plastic Technology Engineering, 29(4): 339-353.

17-Rowel, R.M. sandi, A.R. Gatenholm, D.F. and Jacobson, R.E., 2000. utilization of natural fibers in plastic composites, problem and opportunities in lignocellulosic composites, Edited by A.L. Leao, F.X. carvalho and E. Frollini, university of Rio de Janiro: 23-51.

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