

تاثیر نوع و مقدار پرکننده بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های پلی‌اتیلن/آرد چوب نخل خرما

The Effect of Filler Content and Type on the Mechanical Properties of Polyethylene/Data Palm Wood Flour Composites

سیدمحمد میرمهدی

دانشجوی کارشناسی ارشد فراورده‌های چندسازه چوبی

اصغر امیدوار

استاد گروه فناوری چوب و کاغذ

محراب مدهوشی

استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

علیرضا شاکری

دانشیار گروه شیمی دانشگاه گلستان

چکیده

تاثیر مقدار پرکننده و نوع آرد چوب مصرفی بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه پلی‌اتیلن-آرد حاصل از پسماندهای هرس سالانه شاخه‌های نخل خرما (آرد چوب نخل) مورد مطالعه قرار گرفت. انواع آرد چوب نخل شامل آرد برگ، آرد ساقه و آرد مخلوط این دو به نسبت طبیعی موجود بر روی درخت یعنی 58% ذرات برگ و 42% ذرات ساقه بود. چندسازه‌ها با 45، 60 و 75 درصد از این پرکننده‌ها به همراه پلی‌اتیلن ساخته شدند. اندازه ذرات در حد 25-40 و مقدار ماده جفت‌کننده مالئیک انیدرید پلی‌اتیلن هم به میزان 2% وزنی هر تخته محاسبه و اضافه شد. در این تحقیق از پلی‌اتیلن خطی سبک استفاده شد و تخته پلی‌اتیلن خالص به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

مشاهده شد که با افزایش مقدار پرکننده، ویژگی‌های مکانیکی یعنی مدول گسیختگی و مقاومت کششی کاهش، درحالی‌که مدول الاستیسیته خمشی افزایش یافت. مقادیر مقاومت کششی اختلافات معناداری به لحاظ عملکرد نوع ماده نداشتند. مدول الاستیسیته خمشی تخته‌های ساخته شده از آرد برگ به ترتیب با اختلاف معناداری از تخته‌های ساخته شده از آرد مخلوط و ساقه بیشتر بود درحالی‌که اختلاف معناداری بین این دو وجود نداشت. مدول گسیختگی تخته‌های ساخته شده از ذرات آرد مخلوط بیشتر از تخته‌های ساخته شده از ذرات آرد برگ بود ولی اختلاف معناداری بین آنها وجود نداشت درحالی‌که اختلاف معناداری بین مدول گسیختگی تخته‌های ساخته شده از ذرات آرد ساقه با دو تیمار دیگر وجود داشت.

کلمات کلیدی: چندسازه چوب-پلاستیک، آردچوب نخل، پلی‌اتیلن خطی سبک، ویژگی‌های مکانیکی.

چندسازه‌های رایج چوب-پلاستیک از چوب یا دیگر مواد لیگنوسلولزی و همچنین پلاستیک‌های گرمانرم خام یا ضایعاتی ساخته می‌شوند. مواد لیگنوسلولزی به شکل آرد یا الیاف با پلاستیک مخلوط شده و به صورت ماده خمیری شکلی از درون قالبی تحت فشار به شکل نهایی خارج و یا به صورت اشکال دلخواه قالب‌گیری می‌شوند. افزودنی‌هایی از قبیل رنگدانه، مواد جفت‌کننده، پایدارکننده، کف‌زا، تقویت‌کننده و مواد روان‌ساز به منظور کسب ویژگی‌های دلخواه در محصول نهایی استفاده می‌شوند. این محصول با چندسازه‌های چوبی سنتی که در آنها از یک چسب ترموست برای اتصال ذرات چوب به یکدیگر استفاده می‌شود، متفاوت است (سندی و همکاران، 1995).

هر ماده‌ای که شامل هر دو جزء سلولز و لیگنین باشد، ماده لیگنوسلولزی نامیده می‌شود (گیلبرت و ریچارد، 1994). مواد لیگنوسلولزی شامل ضایعات بخش کشاورزی مثل کنف، پسماندهای کشاورزی مثل باگاس یا ساقه ذرت، ضایعات هرس بخش کشاورزی مثل ضایعات حاصل از هرس سالیانه نخل خرما و یا سایر قسمت‌های بافت‌های گیاهی می‌باشد (سندی و همکاران، 1995). به طور کلی آنچه که در مورد چوب صادق است در مورد دیگر مواد لیگنوسلولزی نیز صدق می‌کند، اگرچه ممکن است تفاوت‌هایی در درصد مواد تشکیل دهنده و همچنین ساختار فیزیولوژی با یکدیگر داشته باشند. در حقیقت الیاف طبیعی به اشکال گوناگونی در دسترس بوده و مشخصات متفاوتی را نیز هنگام افزودن به ترموپلاستیک‌ها ایجاد می‌کنند (زایینی و همکاران، 1996).

در سال‌های اخیر استفاده از آرد چوب یعنی متداول‌ترین پرکننده در ترموپلاستیک‌ها در ساخت چندسازه‌های چوب-پلاستیک و در مقایسه با الیاف چوبی موضوع بسیار جالبی برای بیشتر تحقیقات شده است. به طور کلی از آرد چوب به عنوان پرکننده در پلاستیک‌ها استفاده می‌شود که باعث افزایش سختی چندسازه شده ولی مقاومت‌های آن را افزایش نمی‌دهد. الیاف چوبی یا دیگر مواد لیگنوسلولزی معمولاً ضریب لاغری بیشتری از آرد مواد لیگنوسلولزی دارند. به علاوه، ضریب لاغری الیاف می‌تواند افزایش یابد. در یک طول مشخصی از الیاف تنش از ماتریکس یا فاز زمینه به الیاف انتقال پیدا کرده و در نتیجه چندسازه مقاوم‌تری ساخته خواهد شد (اسوالد، 1999). اگرچه بیشتر محصولات چوب-پلاستیک به طور قابل توجهی سختی کمتری از چوب ماسیو دارند، اما در عوض افزودن آرد چوب به پلاستیک می‌تواند به میزان قابل ملاحظه‌ای سختی پلاستیک را افزایش دهد ولی اغلب آن را نسبت به پلاستیک خالص شکننده‌تر نیز می‌کند (هاتوتوا و همکاران، 2002).

مزیت این گونه چندسازه‌ها در واقع در این نکته نهفته است که یکی از اجزا آنها (یعنی ماده چوبی یا لیگنوسلولزی) به راحتی از منابع طبیعی به دست آمده و این منابع می‌توانند مرتب در طبیعت تجدید شوند (یانگ و همکاران، 2004). استفاده بیشتر از پلاستیک‌ها و مواد لیگنوسلولزی ممکن است به حفاظت بیشتر از منابع چوبی محدود نیز منجر شود. علاوه بر این عدم حضور مواد سمی در مواد طبیعی مزیت دیگری است که در الیاف شیشه، الیاف کربن، تالک، رس، الیاف مصنوعی و ... وجود ندارد (لی و همکاران، 2004). مزایای زیادی در مورد استفاده از پرکننده‌های چوبی نسبت به پرکننده‌های معدنی در ترموپلاستیک‌ها وجود دارد. انعطاف پذیری و قابلیت انطباق پرکننده‌های چوبی از پرکننده‌های معدنی بیشتر است که این مساله هنگام تولید بیشتر مشهود است، به طوریکه پرکننده‌های چوبی خطر کمتری برای ماشین آلات خط تولید داشته و آسیب کمتری نیز به تجهیزات خط تولید وارد می‌کنند (میرس و همکاران، 1991). یکی دیگر از مزایای آرد چوب نسبت به پرکننده‌های معدنی متداول نظیر تالک، کم‌تر بودن وزن مخصوص چوب نسبت به آنها است (درحدود حداکثر $1,4 \text{ g/cm}^3$ برای چوب در مقایسه با g/cm^3

2,7 برای تالک و کربنات کلسیم). همچنین از نقطه نظر مسائل اقتصادی پرکننده‌های چوبی از منابع قابل تجدید در محیط حاصل شده که معمولاً قیمت کمتری از پرکننده‌های مصنوعی دارند (اکرت، 2000).

در سال 1995، زاینی و همکاران دریافتند که با افزایش مقدار آرد چوب، ویژگی‌های مکانیکی افت پیدا می‌کنند. در پژوهشی دیگری در سال 1996، توسط اسماعیل حنفی و همکارانش، تاثیر مقدار آرد نخل روغنی بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌ی آرد چوب نخل روغنی و لاستیک طبیعی مطالعه شد. آنها دریافتند افزایش مقدار آرد نخل روغنی در لاستیک طبیعی باعث کاهش مقاومت کششی و در مقابل باعث افزایش مقاومت برشی و سفتی می‌شود.

همچنین در تحقیق دیگری در سال 1998، روزمان و همکاران ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌ی ساخته شده از پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا و آرد نخل روغنی را مورد بررسی قرار دادند. آرد نخل در سه سطح اختلاط در یک اکسترودر تک مارادونه با پلی‌اتیلن ترکیب شد. مدول گسیختگی چندسازه‌های حاصل با افزایش مقدار آرد نخل کاهش یافت. ترکیب آرد نخل روغنی با پلی‌اتیلن، ویژگی‌های کششی و فشاری نمونه‌ها را نیز کاهش داد.

بر اساس آمار منتشر شده بیش از 2% از اراضی قابل کشت کشور یعنی چیزی در حدود 218,000 هکتار به نخلستان‌ها تعلق داشته و در هر هکتار رقمی در حدود 150 اصله درخت موجود است. در طول یک سال قریب به 15 تا 25 برگ از یک درخت می‌بایست هرس شود. وزن متوسط هر برگ خرما 2 تا 3 کیلوگرم می‌باشد. بنابراین تعمیم این مقدار به چند میلیون اصله، حجم زیادی خواهد بود که در حال حاضر مدیریت صحیح و بهینه‌ای در بهره‌برداری از این بقایا وجود ندارد.

هدف از انجام این مطالعه تعیین ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده از آرد چوب درخت نخل و پلی‌اتیلن سبک خطی و تعیین تاثیر مقدار پرکننده و شکل‌های متفاوت آرد نخل بر این ویژگی‌ها بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از پلی‌اتیلن خطی سبک (LLDPE)، محصول پتروشیمی اراک با درجه روانی 2-2/5 گرم در 10 دقیقه (190 °C، 2,16 کیلوگرم)، وزن مخصوص 0/917-0/920 g/cm³ و نقطه ذوب 150 °C به عنوان ماده زمینه و آرد لیگنوسلولزی درخت نخل خرما به عنوان پرکننده از سه قسمت متفاوت شاخه‌های این درخت که از هرس سالیانه حاصل می‌شوند، استفاده شد (رقم استعمران از استان خوزستان). همچنین از مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن با مقدار 6 درصد مالئیک به عنوان ماده جفت‌کننده استفاده شد.

در این تحقیق برای گرانول‌سازی از دستگاه اکسترودر مدل 4815، برای ساخت تخته‌های چندسازه از دستگاه پرس گرم مدل OTT و برای اندازه‌گیری مقاومت‌های کششی و خمشی از دستگاه Schenck Trebel استفاده شد. پلیمر، پرکننده و ماده سازگارکننده وزن شده و مطابق با مقادیر متفاوت پرکننده نشان داده شده در جدول 1 با هم مخلوط شدند.

چهارمین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی
تهران - دانشگاه تربیت مدرس 1388/8/20

جدول 1- میزان و درصد مواد مورد استفاده در تیمارها

نمونه	بافت گیاهی	آرد نخل (%)	LLDPE (%)	MAPE (%)
1	ساقه	45	53	2
2	ساقه	60	38	2
3	ساقه	75	23	2
4	برگ	45	53	2
5	برگ	60	38	2
6	برگ	75	23	2
7	ساقه و برگ	45	53	2
8	ساقه و برگ	60	38	2
9	ساقه و برگ	75	23	2
10	-----	0	100	0

پس از آسیاب مواد لیگنوسولوزی و گذراندن ذرات از الک، آرد حاصل با مش 40-25 داخل آون به مدت 24 ساعت و در دمای $100 \pm 3^\circ\text{C}$ قرار گرفت. در مرحله بعد مواد توسط یک همزن به خوبی مخلوط و سپس داخل اکسترودر ریخته شدند. پس از خروج مواد از قالب انتهایی دستگاه، توسط یک کاردک و به صورت دستی مرتباً مواد خارج شده قطع و گرانول‌سازی به این ترتیب صورت گرفت. در مرحله بعد گرانول‌های به دست آمده توسط آسیاب تیغ‌ای به پلت (Pellet) تبدیل شدند.

سپس برای هر تیمار سه تخته توسط پرس گرم از پلت‌ها ساخته شد. ابعاد تخته‌ها $200 \times 150 \times 6$ میلیمتر بود. ابتدا یک آماده شده به مدت یک دقیقه تحت فشار 30 تا 35 بار و دمای 160°C قرار گرفت و سپس به مدت 4 دقیقه فشار حذف و دما ثابت باقی ماند. پس از این زمان مجدداً یک تخته تحت فشار 30 تا 35 بار و دمای 160°C قرار گرفته و سپس تخته از پرس خارج و تحت فشار 30 تا 35 بار و بدون حرارت به مدت 5 دقیقه قرار داده شد. برای پرس سرد تخته‌ها از یک دستگاه پرس سرد استفاده شد. سپس تخته‌های ساخته شده با پرس به مدت 48 ساعت در دمای 25°C و رطوبت 25% قبل از انجام آزمون‌های مکانیکی قرار گرفتند.

در این تحقیق از استاندارد ASTM D4761 برای مقاومت کششی و ASTM D6109 برای مقاومت خمشی استفاده شد. تست‌ها در دمای اتاق صورت گرفته و نتایج ارائه شده، میانگین محاسبه شده برای هر تیمار با توجه به سه تکرار بود.

نتایج و بحث

برای تعیین درصد ترکیبات شیمیایی موجود در ساقه و برگ نخل از استاندارد TAPPI برای تعیین مقدار لیگنین (88 - om - T222)، سلولز (88 - om - T264)، خاکستر (85 - om - T211) و مواد استخراجی (99 - pm - T280) استفاده شد. جدول 2 مقادیر میانگین ترکیبات تشکیل‌دهنده قسمت‌های مختلف شاخه‌های درخت نخل را نشان می‌دهد.

دهد. در جدول 3 ابعاد 100 ذره انتخاب شده به صورت تصادفی از آرد برگ، ساقه و مخلوط اندازه‌گیری شده و میانگین آنها در جدول نشان داده شده است.

جدول 2- مقدار میانگین ترکیبات شیمیایی موجود در برگ، ساقه و مخلوط هردو در درخت نخل، رقم استعمران

سلولز	همی سلولز	لیگنین	خاکستر	مواد استخراجی	
40/21 ^a	12/8 ^c	32/2 ^a	10/54 ^a	4/25 ^b	برگ
38/26 ^b	27/18 ^a	22/53 ^c	5/96 ^c	5/08 ^a	ساقه
39/38 ^a	18/83 ^b	28/14 ^b	8/6 ^b	4/59 ^b	مخلوط

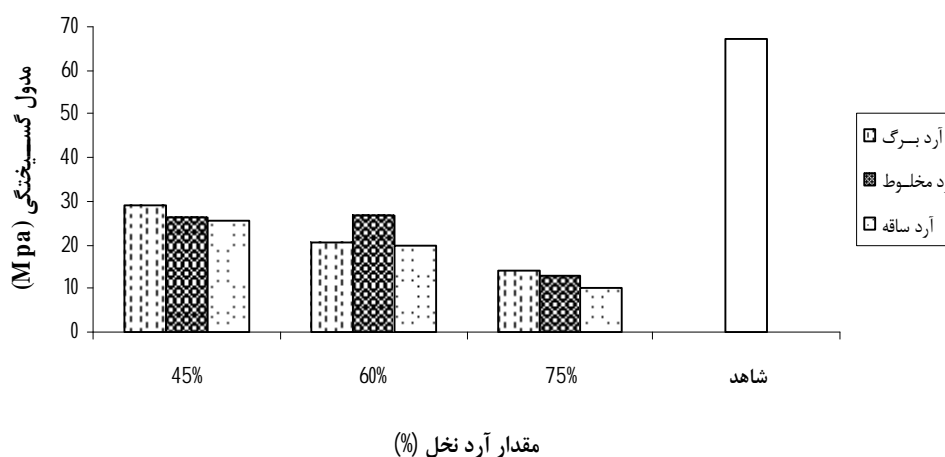
جدول 3- ابعاد ذرات آرد برگ، ساقه و مخلوط

طول (μ)	قطر (μ)	ضریب لاغری	
3427 ^a	458 ^c	7/48 ^a	برگ
1691 ^c	512 ^a	3/30 ^c	ساقه
2730 ^b	472 ^b	5/78 ^b	مخلوط

اعداد موجود در هر یک از ستون‌های دارای حروف غیرمشابه معنی‌دار می‌باشند ($P < 0/01$).

مدول گسیختگی

همان‌طور که در شکل 1 ملاحظه می‌شود با افزایش درصد لیاف در تمامی موارد به استثنای تیمار مخلوط 60 درصد، مدول گسیختگی کاهش می‌یابد و این کاهش در تمام موارد در سطح 1 درصد معنی‌دار است. مدول گسیختگی تخته شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. اختلاف معناداری بین استفاده از آرد مخلوط و آرد برگ مشاهده نشد ولی هر دو اختلاف معناداری با آرد ساقه داشتند.



شکل 1- تاثیر درصد آرد نخل و نوع ماده بر مدول گسیختگی چندسازه چوب-پلاستیک

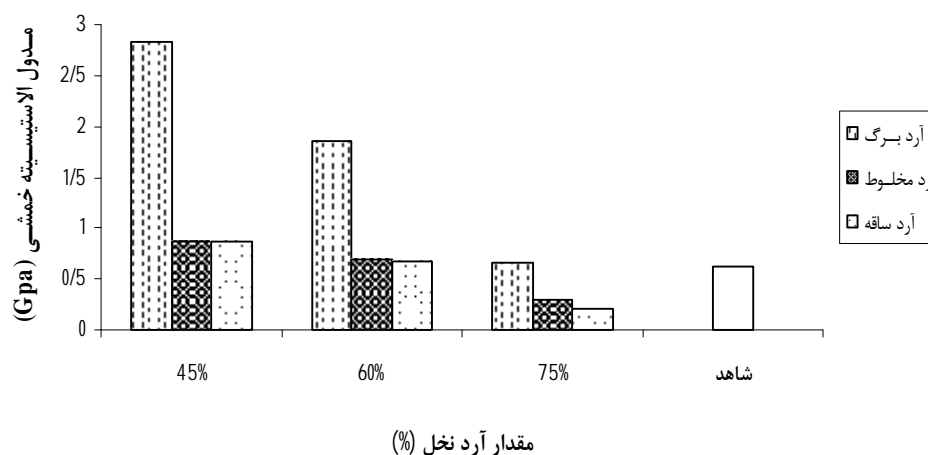
این نتیجه با نتایج کار زاینی و همکاران (1995) مطابقت داشت. در آن تحقیق مشخص شد که در تمامی اندازه‌ها با افزایش میزان آرد نخل روغنی از مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها کاسته می‌شود. اصولاً در مواد مرکب چوبی، با مقادیر بالای الیاف، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به یکدیگر ایفا می‌کند. البته اتصالی که با الیاف چوبی ایجاد می‌کند از نوع مکانیکی می‌باشد (عدم ایجاد اتصالات شیمیایی به خاطر طبیعت غیرقطبی بودن پلاستیک و طبیعت قطبی بودن الیاف چوبی می‌باشد). این اتصال در نتیجه ذوب شدن پلاستیک به وجود می‌آید و باعث اتصال الیاف چوب به یکدیگر می‌شود. بنابراین وقتی درصد پلاستیک کاهش می‌یابد مقدار این اتصالات نیز کاهش خواهد یافت که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی نیز کاهش می‌یابد. در واقع اختلاف معناداری بین تیمار مخلوط و تیمار برگ دیده نمی‌شود چرا که در تیمار مخلوط در حدود 58% از الیاف برگ وجود داشت و در نتیجه اختلاف معناداری بین تیمار برگ و تیمار مخلوط مشاهده نشد ولی مقاومت هر دو از مقاومت تخته‌های ساخته شده از ساقه بیشتر بود، که به نظر می‌رسد به خاطر فرم کروی شکل ذرات آرد ساقه و یا کمتر بودن ضریب لاغری در آن باشد.

در تحقیقی که توسط روزمان و همکاران در سال 1998 بر روی ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌ی ساخته شده از پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا و آرد نخل روغنی صورت گرفت نیز مشخص شد که مدول گسیختگی چندسازه‌های حاصل با افزایش مقدار آرد نخل کاهش یافت. آنها چنین نتیجه‌گیری کردند که این کاهش مربوط به عدم توزیع مناسب ذرات آرد نخل در درون ماده‌ی زمینه پلیمری است که شانس قرار گرفتن ذرات نخل در کنار یکدیگر را نیز افزایش می‌دهد. از طرفی شکل سوزنی ذرات برگ و در نتیجه ابعاد بزرگ تر در مقایسه با ذرات دیگر باعث کاهش سطح ویژه اتصال می‌شود و در واقع سطوح اتصال بین الیاف و پلیمر کمتر می‌شود و در نتیجه مدول گسیختگی چندسازه‌های ساخته شده با ذرات برگ بیشتر بود.

مدول الاستیسیته خمشی

همانطور که از شکل 2 استنباط می‌شود با افزایش مقدار آرد نخل از میزان مدول الاستیسیته خمشی کاسته شد (این کاهش در تمام موارد در سطح 1 درصد معنی‌دار می‌باشد) که همانطور که قبلاً بحث شد به نظر می‌رسد به دلیل کاهش میزان پلاستیک و کم شدن ماده‌ی چسبنده در بین ذرات آرد چوب باشد. به استثنای سه مورد، مقدار مدول الاستیسیته خمشی نمونه‌های حاوی پرکننده بیشتر از نمونه شاهد بود. شاکری و امیدوار (2006) در تحقیق مشابهی ابراز داشته‌اند که افزودن کاه تا 30% وزنی موجب بهبود استحکام خمشی می‌شود، ولی این خواص در 40% کاهش پیدا می‌کند.

نتایج مقایسه میانگین و گروه‌بندی دانکن نشان می‌دهد که آرد برگ در گروه a و آرد مخلوط و همچنین آرد ساقه در گروه b گروه بندی دانکن قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر اختلاف معناداری بین استفاده از آرد مخلوط و آرد ساقه مشاهده نشد ولی هر دو اختلاف معناداری با آرد برگ داشتند.

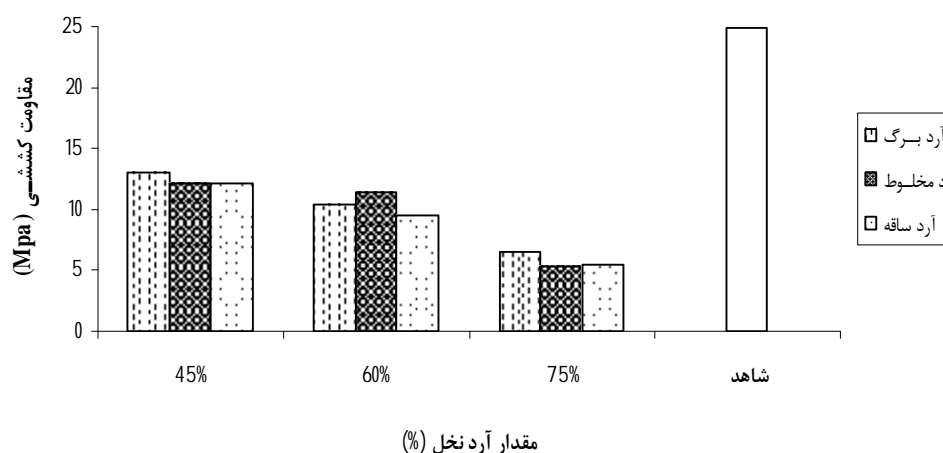


شکل 2- تاثیر درصد آرد نخل و نوع ماده بر مدول الاستیسیته خمشی چندسازه‌های چوب-پلاستیک

سلولز خواص مکانیکی بهتری نسبت به سایر اجزای مواد لیگنوسلولزی داشته و مقدار بیشتر آن در ذرات برگ باعث افزایش مدول الاستیسیته خمشی در تخته‌های ساخته شده از آن شد. از طرفی مقدار لیگنین بیشتر در ذرات برگ نیز سبب می‌شود که چسبندگی ذرات لیگنوسلولزی به ماده زمینه (پلیمر) افزایش یابد. در واقع لیگنین خواص مشابه پلیمر گرمانرم داشته و ذوب می‌شود. در نتیجه انتقال تنش از ماده زمینه به ماده لیگنوسلولزی بیشتر شده و خواص مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده از آرد برگ افزایش می‌یابد (شاکری و هاشمی، 2004).

مقاومت کششی

با افزایش میزان آرد نخل از میزان مقاومت کششی کاسته می‌شود و این اختلاف در بین تمامی تیمارها معنادار است. در حالیکه اختلاف معنی‌داری بین هیچ یک از حالت‌های نوع آرد مصرفی وجود نداشت. این نتایج با نتایج مطالعات اکثر محققان دیگر مطابقت دارد.



شکل 3- تاثیر درصد آرد نخل و نوع ماده بر مقاومت کششی چندسازه‌های چوب-پلاستیک

اسماعیل حنفی و همکارانش (1996) بر روی چندسازه آرد نخل روغنی و لاستیک طبیعی تحقیقی انجام دادند و مشخص شد که افزایش مقدار آرد نخل روغنی در لاستیک طبیعی باعث کاهش مقاومت کششی شد. در تحقیق دیگری نیز که توسط گرجانی (2005) با ساخت چندسازه چوب-پلاستیک از ذرات کاه گندم و پلی اتیلن صورت گرفت مشخص شد که تا حد 30% افزودن پرکننده به پلیمر مقاومت‌های مکانیکی افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری

- با افزایش درصد پرکننده مدول گسیختگی و مقاومت کششی کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار این دو پارامتر مربوط به پلی اتیلن خالص بود.
- با افزایش درصد پرکننده تا 60 درصد مدول الاستیسیته خمشی افزایش می‌یابد.
- استفاده از آرد برگ و آرد مخلوط باعث افزایش مدول گسیختگی نسبت به چندسازه‌های ساخته شده از آرد ساقه شد.
- استفاده از آرد برگ باعث افزایش مدول الاستیسیته خمشی در مقایسه با چندسازه‌های ساخته شده از آرد مخلوط و آرد ساقه شد.
- اختلاف معنی‌داری بین چندسازه‌های ساخته شده از انواع آرد مصرفی در مورد مقاومت کششی وجود نداشت.

منابع

- 1) Eckert, C. 2000. Opportunities for natural fibers in plastic composites. In: Proceedings of progress in wood Fiber-plastic composites conference, May 25-26, Toronto, Canada.
- 2) Gilbert, S. and Richard, D. 1994. Cellulosic polymers, blends and composites, Chapter 6. New York: Hanser Publishers, pp. 115-130.
- 3) Gorjani, F. and Omidvar, A. 2005. Investigation on manufacturing process and mechanical properties wheat straw / recycled polyethylene composite. Pajouhesh & Sazandegi, No. 72 pp: 84-88.

- 4) Hanafi, I., Rozman, H.D., Jaffri, R.M. and Mohd Ishak, Z.A. 1996. Oil palm wood flour reinforced epoxidized natural rubber composites: The effect of filler content and size. *European Polymer Journal*, 33(10): 1627-1632.
- 5) Hattotuwa, G., Premalal, B., Ismail, H. and Bahrain, A. 2002. Comparison of the mechanical properties of rice husk powder filled polypropylene composites with talc filled polyethylene composites. *Polym Test*, 21(7):833-839.
- 6) Lee, S.Y., Yang, H.S., Kim, H.J., Leong, C.S., Lim, B.S. and Lee, J.N. 2004. Creep behavior and manufacturing parameters of wood flour filled polypropylene composites. *Compos Struct*, 65(3-4):459-469.
- 7) Myres, G.E., Cahaydi, I.S., Coberly, C.A. and Ermer D.S. 1991. Polymeric materials. *International Journal*, 15: 21-24.
- 8) Osswald, T.A. 1999. Fundamental principles of polymer composites: Processing and design. In: proceeding of 5th International Conference on Wood Fiber-Plastic Composites, May 26-27, Madison, W.I., U.S.A.
- 9) Rozman, H.D., Ismail, H., Jaffri, R.H., Aminullah, A and Mohd Ishak, Z.A. 1998. Polyethylene-oil palm frond composites-A preliminary study on mechanical properties. *International Journal of Polymeric materials*, 39(3): 161-172.
- 10) Sanadi, A.R., Walz, K., Weiloeh, L., Jacobson, R.E., Caulifield, D.F. and Rowell, R.M. 1995. Effect of matrix modification on lignocellulosic composite. In: Proceeding of 3rd international Conference on wood fiber-plastic composites, May 1-3, Madison, W.I., U.S.A.
- 11) Shakeri, A. and Hashemi, S.A., 2004. Mechanical and morphological properties of pulp paper reinforced-HDPE composites. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(3): 171-183.
- 12) Shakeri, A. and Omidvar, A., 2006. Investigation on the effect of type, quantity and size of straw particles on the mechanical properties of crops straw-high density polyethylene composites. *Polymer Sciences and Technology*, 19(4): 301-308.
- 13) Yang, H.S., Kim, H.J., Lee, B.J. and Hwang, T.S. 2004. Water absorption behavior and mechanical properties of lignocellulosic filler-polyolefin bio-composites. *Compos Struct*, 72(4): 429-437.
- 14) Zaini, M.J., Faud, M.Y.A., Ismail, Z., Mansor, M.S. and Mustafah, J. 1996. The effect of filler content and size on the mechanical properties of polypropylene/oil palm wood flour composites. *Polym. Int.* 40: 51-55.