

بررسی خواص مکانیکی چندسازه ساخته شده از ضایعات پودر ماهی و پلی اتیلن سنگین

علی کاظمی تبریزی^{۱*}، امیر نوربخش^۲ و سید محمدجواد سپیده دم^۳

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترا صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، کرج، ایران

پست الکترونیک: Eng_akt@yahoo.com

۲- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، کرج

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۳

چکیده

در این پژوهش، اثر مقدار ضایعات پودر ماهی، نوع ماده زمینه و همچنین مقدار ماده جفت‌کننده (*MAPE*) بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، آرد چوب صنوبر در سطح ۴۰ درصد با پلی اتیلن سنگین (*HDPE*) به میزان ۶۰٪ مخلوط شد. سپس پودر ماهی در سه سطح (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) نسبت به آرد چوب و جفت‌کننده در سه سطح (۲، ۴ و ۱۰) نسبت به پلی اتیلن سنگین در یک مخلوط‌کن داخلی در دمای ۱۸۰°C و سرعت ۵۰ دور در دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند. نمونه‌های آزمونی استاندارد با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شدند. سپس خواص مکانیکی شامل مقاومت‌کششی و خمشی، مدول کششی و خمشی مطابق با استاندارد ASTM اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل حکایت از این موضوع داشت که با افزایش ضایعات پودر ماهی تا ۱۰ درصد میزان مقاومت‌کششی افزایش یافته، درحالی‌که سایر مقاومت‌ها کاهش یافته است. همچنین با افزایش میزان درصد جفت‌کننده تا ۴ درصد میزان مقاومت‌ها افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: خواص مکانیکی، آرد چوب، پودر ماهی، چندسازه، قالب‌گیری تزریقی، جفت‌کننده، پلی اتیلن سنگین

مقدمه

به مسائل زیست‌محیطی در صنعت و تحقیقات برای تولید موادی که اثرات تخریبی کمتری برای محیط‌زیست داشته باشند و این واقعیت که پلیمرهایی مانند پلی پروپیلن و پلی اتیلن و دیگر پلیمرهای نفتی که تخریب‌پذیری بسیار کمی دارند، محققان را بر آن داشته است که به فکر چاره‌ای برای این مشکل زیست‌محیطی باشند. شکل نهایی اصلی پلاستیک‌های پلی اتیلنی برای استفاده در صنایع غذایی عبارت است از: تولید انواع فیلم‌ها، بطری‌ها و ظروف یکبار مصرف تهیه شده به

در سال‌های اخیر تلاش روزافزونی برای تهیه چندسازه‌های چوب پلاستیک به دلیل هزینه پایین و مزایای زیست‌محیطی آنها از یک طرف و مشکلات زیست‌محیطی پلاستیک‌ها از طرف دیگر، آغاز شده است (Arvanitoyannis, 1998). از میان انواع مواد پلاستیکی، پلی اتیلن پلیمری ارزان‌قیمت و بسیار رایج در بسته‌بندی مواد غذایی است که تجزیه‌ناپذیر است. با توجه به مصرف روزافزون محصولات جدید و موج توجهات

خود روی چوب پلاستیک‌ها، بر روی زیست‌تخریب‌پذیری آن چندسازه به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ماده جدیدی بنام ضایعات پور ماهی در ساخت چندسازه چوب پلاستیک می‌توان به مقدار قابل توجهی در زیست‌تخریب‌پذیری این ماده کمک کرد. در این مطالعه سعی کرده‌ایم که با توجه به استفاده ماتریس پلیمری پلی‌اتیلن سنگین مقدار زیست‌تخریب‌پذیری را به حداکثر خود برسانیم. روش‌های مختلفی برای استفاده از الیاف طبیعی در تولید چندسازه‌های زیست‌تخریب‌پذیر بررسی شده و تعاریف گوناگونی برای آنها وجود دارد. یکی از متداول‌ترین تعاریف کامپوزیت‌های طبیعی عبارت است از «مواد کامپوزیتی که از الیاف طبیعی و پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر مشتق شده از نفت تشکیل شده باشند»؛ بنابراین در این مطالعه سلولز حاصل از آرد چوب مخلوط پهن‌برگان در مقادیر مختلف وزنی با پودر ضایعات ماهی و پلی‌اتیلن مخلوط و تأثیرات ضایعات پودر ماهی در مقابل پلی‌اتیلن سنگین روی خواص مکانیکی آن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

عوامل متغیر این تحقیق شامل سه سطح ضایعات پودر ماهی (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) و سه سطح عامل جفت‌کننده (۰، ۲ و ۴ درصد) است. تیمارها در جدول ۱ نشان داده شده است.

ماتریس پلیمری

در این مطالعه، پلی‌اتیلن سنگین (MAPE)، به‌عنوان ماده زمینه مورد استفاده قرار گرفت که مشخصات آن، در جدول ۲ آورده شده است.

مواد لیگنوسلولزی

مواد: آرد چوب مورد استفاده از مخلوط پهن‌برگان تهیه گردید که پس از درجه‌بندی در ابعاد ۶۰/۴۰ ال‌ک گردیدند. سپس در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رطوبت ۳٪ خشک شدند.

طریق گرم‌انرم و قالب‌گیری دمشی. از آنجایی که صنایع غذایی مقدار قابل توجهی پلاستیک مصرف می‌کند، کاهش مقدار جزئی در استفاده از آن می‌تواند به مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی منجر شود؛ بنابراین، استفاده از پلیمرهای نسبتاً زیست‌تخریب‌پذیر راه‌حلی مناسبی برای مشکلات پلاستیک‌ها به نظر می‌رسد (Plackett et al., 2004). با وجود خواص زیست‌تخریب‌پذیری خیلی خوب برخی از پلیمرهای طبیعی مثل پلی‌لاکتیک اسید، پلی‌هیدروکسی بوتیریت و کوپولیم‌های آن، هزینه خیلی زیاد آنها مانع از استفاده تجاری وسیعشان می‌شود؛ و فقط کاربردهای خاصی دارند (Avella et al., 2005). بهترین منابع شناخته شده برای تهیه پلاستیک‌های طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر، نشاسته و سلولز است (Chandra et al., 1998). مطالعات زیادی درباره استفاده از نشاسته انجام شده است ولی با وجود این که تحقیقات کمتری در مورد سلولز وجود دارد اما مواد سلولزی اهمیت زیادی در فرمولاسیون چندسازه‌های طبیعی پیدا کرده‌اند (Guilbert et al., 2005) و به دلیل خواص مکانیکی و حرارتی قابل توجهی که دارند، به‌عنوان الیاف تقویتی در ساختمان چندسازه‌ها بکار می‌روند (Han et al., 1996).

Plackett و همکاران (۲۰۰۴) می‌گویند که معمولاً اضافه کردن الیاف طبیعی به چندسازه‌ها، تخریب‌پذیری آنها را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، بنا به اظهارات گیلبرت و گانتارد افزودنی‌هایی مثل پلاستی‌سایزرها و همچنین نوع پلیمر اصلی با توجه به وزن مولکولی، ساختمان بلوری بودن آن در زیست‌تخریب‌پذیری مؤثر هستند. در واقع زیست‌تخریب‌پذیری در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های زنده رخ می‌دهد. تقریباً همه تخریب‌های میکروبی توسط هر دو قارچ‌ها و باکتری‌ها انجام می‌شود. چهار محیط اصلی زیست‌تخریب‌پذیری برای فرآورده‌های پلیمری وجود دارد که عبارتند از: خاکی، آبی، دفن زباله‌ای و کود. هر محیط حاوی میکروارگانیسم‌های مختلفی است و شرایط خاص خود را برای تجزیه دارد. در خاک، عمدتاً قارچ‌ها مسئول تجزیه مواد عالی هستند (Chandra et al., 1998).

Nourbakhsh و همکاران (۲۰۱۴) در آخرین تحقیق

عامل جفت کننده

تجاری *PE-G 101* به عنوان عامل جفت کننده استفاده شد. ویژگی های این ماده در جدول ۳ ارائه شده است.

از پلی اتیلن گرافت شده با مائیک انیدرید (*MAPE*) پودری شکل تولید شده توسط شرکت کیمیا جاوید سپاهان با نام

جدول ۱- درصد اجزای چندسازه چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	پلی اتیلن سنگین	آرد چوب مخلوط	ضایعات پودر ماهی	جفت کننده (MAPE)
۱	شاهد ۱	۶۰	۴۰	۰	۰
۲	شاهد ۲	۵۸	۴۰	۰	۲
۳	A1B1	۶۰	۳۵	۵	۰
۴	A1B2	۵۸	۳۵	۵	۲
۵	A1B3	۵۶	۳۵	۵	۴
۶	A2B1	۶۰	۳۰	۱۰	۰
۷	A2B2	۵۸	۳۰	۱۰	۲
۸	A2B3	۵۶	۳۰	۱۰	۴
۹	A3B1	۶۰	۲۵	۱۵	۰
۱۰	A3B2	۵۸	۲۵	۱۵	۲
۱۱	A3B3	۵۶	۲۵	۱۵	۴

جدول ۲- مشخصات پلی اتیلن سنگین مورد استفاده

شماره	ویژگی های شاخص	پلیمر (پلی اتیلن)
۱	شاخص جریان مذاب (gr/10min)	۲۰
۲	دانسیته (gr/cm ³)	۰/۹۵۶
۳	مقاومت کششی (MPa)	۲۲
۴	مدول کششی (MPa)	۹۰۰
۵	ازدیاد طول در نقطه شکست (%)	۷۰۰٪
۶	مدول خمشی (MPa)	۱۰۰۰
۷	سختی (shoreD)	۶۶
۸	مقاومت به ضربه فاق دار (Kj/m ²)	۴
۹	فیلر معدنی (%)	-

پرکننده

شرکت گیل پودر شیلات بندر انزلی استان گیلان استفاده شد که برای یکسان سازی ابعاد نمونه ها از الک ۴۰-۶۰ (mesh)

در این تحقیق، از ضایعات پودر ماهی تولید شده توسط

فوق ۱۸۰ درجه سانتی گراد است. مواد لیگنوسولزی، مواد پلیمری و ماده جفت کننده به همراه پودر ماهی ابتدا به خوبی با هم مخلوط و بعد به قیف تغذیه دستگاه اکسترودر در دو مرحله ریخته شدند. آنگاه مخلوط چندسازه به صورت مفتول خمیری شکل از روزنه اکسترودر خارج شد و درون یک حوضچه آب سرد گردید. عوامل ثابت و متغیر که در (جدول ۵) ذکر شده است.

استفاده شده است. مشخصات پودر ماهی مورد استفاده و ساختار شیمیایی آن، در جدول ۴ آورده شده است. مراحل ساخت

به منظور فرایند اختلاط از دستگاه مخلوط ساز کولین واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. این دستگاه یک اکسترودر دو مارپیچه است. سرعت مارپیچ ها ۶۰ دور در دقیقه و دمای ساخت چندسازه نیز در اکسترودر

جدول ۳- مشخصات عامل سازگارکننده *MAPE* مورد استفاده

نام تجاری	شکل ظاهری	ماده پایه	شاخص جریان مذاب g/10min	میزان مالئیک انیدرید (%)
PE-G 101	پودر	PE	۵۰-۸۰	۰/۸-۱/۲

جدول ۴- مشخصات و ساختار شیمیایی پودر ماهی مورد استفاده

پروتئین	چربی	رطوبت	T.V.N	اوره
%۷۰	%۷/۸	۱۰ >	۶۲/۰۷	منفی

جدول ۵- عوامل ثابت و متغیر

عوامل متغیر	عوامل ثابت
جفت کننده	۰، ۲ و ۴ %
پودر ضایعات ماهی	۵، ۱۰ و ۱۵ %
	۶۰ %
	۴۰ %
	پلی اتیلن (PE)
	آرد چوب

آماده سازی مواد

مواد داغ شکل پذیر به دست آمده از فرایند اختلاط را بلافاصله پس از جدا کردن از پره ها و دیواره محفظه مخلوط کن در هوای آزاد قرار داده تا کاملاً سرد شوند. به منظور خرد کردن مواد خنک خارج شده از دستگاه مخلوط کن و تبدیل آن به گرانول برای تغذیه به دستگاه تزریق، از خردکن نیمه صنعتی شرکت WIESER مدل WG-LS ۲۰۰/۲۰۰ ساخت کشور آلمان واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. به منظور حذف رطوبت از گرانول های حاصل و آماده سازی آنها

برای عملیات تزریق، گرانول ها به مدت ۲۴ ساعت در خشک کن با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند.

ساخت نمونه های آزمونی

برای ساخت نمونه های آزمونی استاندارد به روش قالب گیری تزریقی از دستگاه تزریق نیمه صنعتی ساخت شرکت ایمن ماشین موجود در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. در ابتدا گرانول ها به وسیله دستگاه قالب گیری تزریقی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد ذوب شد و با فشار زیاد به داخل قالب نمونه های کششی، خمشی تزریق شد. دو نمونه دمبلی شکل و

شدند. از این رو تجزیه و تحلیل نتایج آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل تحت آزمون فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. همچنین رسم نمودارها با بکارگیری نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج

اثر مستقل ضایعات ماهی بر مقاومت خمشی (MOR)

مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل ضایعات ماهی بر مقاومت خمشی در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. ضریب تغییرات مقاومت خمشی ۴/۱۸ درصد به دست آمده است. مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین‌ها برای مقاومت خمشی مطابق با جدول ۶، مقاومت خمشی در سه گروه جداگانه قرار می‌گیرد.

نمونه آزمون خمش به وسیله آن قالب‌گیری شد. فشار تزریق ۱۰ مگاپاسکال و زمان سرد شدن ۲۰ ثانیه بود.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی

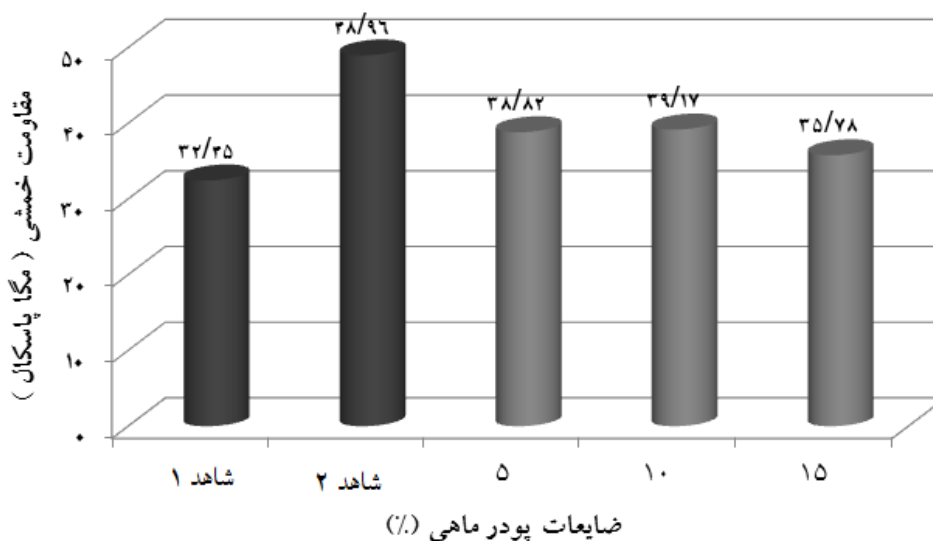
آزمون استحکام کشش چندسازه بر طبق آیین‌نامه D638 استاندارد ASTM و آزمون مقاومت به خمش مطابق با آیین‌نامه D790 استاندارد ASTM و با سرعت بارگذاری ۵ mm/min روی نمونه‌های با ابعاد ۱۰ × ۱ × ۱ cm انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق تأثیر عوامل متغیری شامل: میزان جفت‌کننده و میزان استفاده از پودر ماهی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه مورد بررسی قرار گرفت. از این رو ۱۴۳ نمونه از چندسازه‌های تولید شده در قالب ۱۱ تیمار با فرمول‌بندی متفاوت، هر کدام با سه تکرار ساخته

جدول ۶- جدول تجزیه واریانس برای مقاومت خمشی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون f	Sig
پودر ماهی	۲	۶۲/۹۷	۳۱/۴۸	۱۲/۵۱	***۰/۰۰۰۴
جفت‌کننده	۲	۸۳۲/۸۲	۴۱۶/۴۱	۱۶۵/۵	***۰/۰۰۰۰
پودر ماهی * جفت‌کننده	۴	۶۶/۹۶	۱۶/۷۴	۶/۶۵	***۰/۰۰۰۱۸

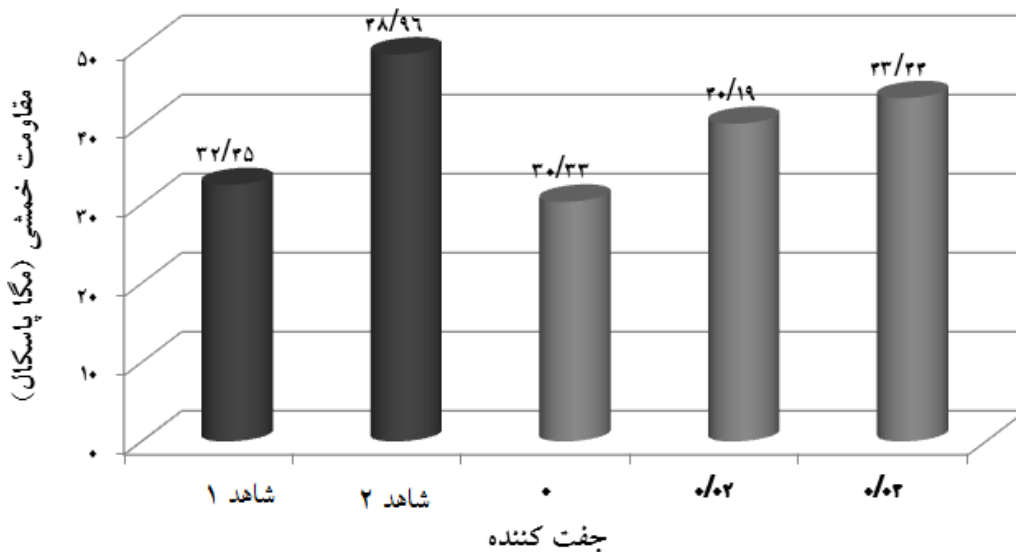


شکل ۱- اثر مستقل پودر ضایعات ماهی بر مقاومت خمشی چندسازه

اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت خمشی

مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت خمشی در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. ضریب تغییرات مقاومت خمشی ۴/۱۸ درصد به دست آمده است؛ به طوری که مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین‌ها برای مقاومت خمشی مطابق با جدول (۷) مقاومت خمشی در سه گروه جداگانه قرار گیرد.

بالاترین میزان مقاومت خمشی در استفاده از ضایعات ۱۰ درصد به دست آمده است که نسبت به ضایعات ماهی ۱۵ درصد ۹/۴۷ درصد افزایش نشان می‌دهد که در رتبه برتر (A) قرار می‌گیرد و تیمار بعدی استفاده از ۵ درصد ضایعات ماهی است که در گروه (B) قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر بدست آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۱۰ درصد نسبت به شاهد ۱ دارای افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است (مطابق شکل ۱).

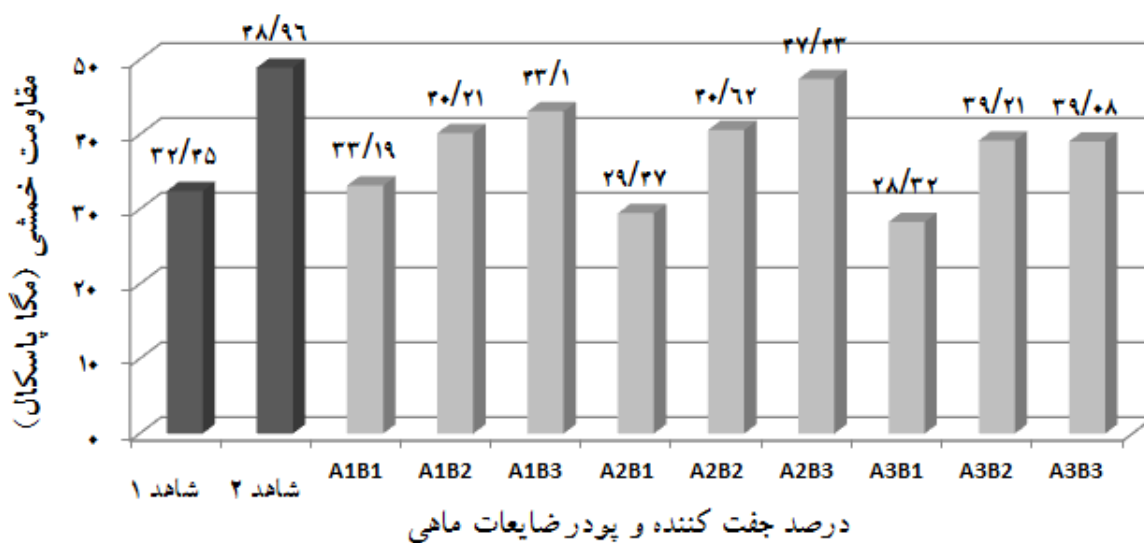


شکل ۲- اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت خمشی چندسازه

تغییرات تا مقاومت ۴/۱۸٪ به دست آمده است. مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) بالاترین میزان مقاومت خمشی مربوط به اثر متقابل ۱۰٪ پودر ماهی و ۴٪ جفت‌کننده است که نسبت به میزان استفاده از ۱۵٪ ضایعات ماهی و صفر درصد جفت‌کننده، ۶۷/۴۷٪ افزایش نشان می‌دهد؛ که در رتبه برتر A قرار می‌گیرد و تیمار بعدی میزان استفاده از ۵٪ ضایعات ماهی و ۴٪ جفت‌کننده است؛ که در رتبه B قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر به دست آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۵٪ ضایعات ماهی و ۴٪ جفت‌کننده نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است (شکل ۳).

بالاترین میزان مقاومت خمشی در استفاده از جفت‌کننده ۴ درصد به دست آمده است که نسبت به جفت‌کننده صفر درصد ۴۳/۲۲ درصد افزایش نشان می‌دهد که در رتبه برتر (A) قرار می‌گیرد و تیمار بعدی استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده است که در گروه (B) قرار می‌گیرد (شکل ۲). با توجه به مقادیر به دست آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۴ درصد نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است.

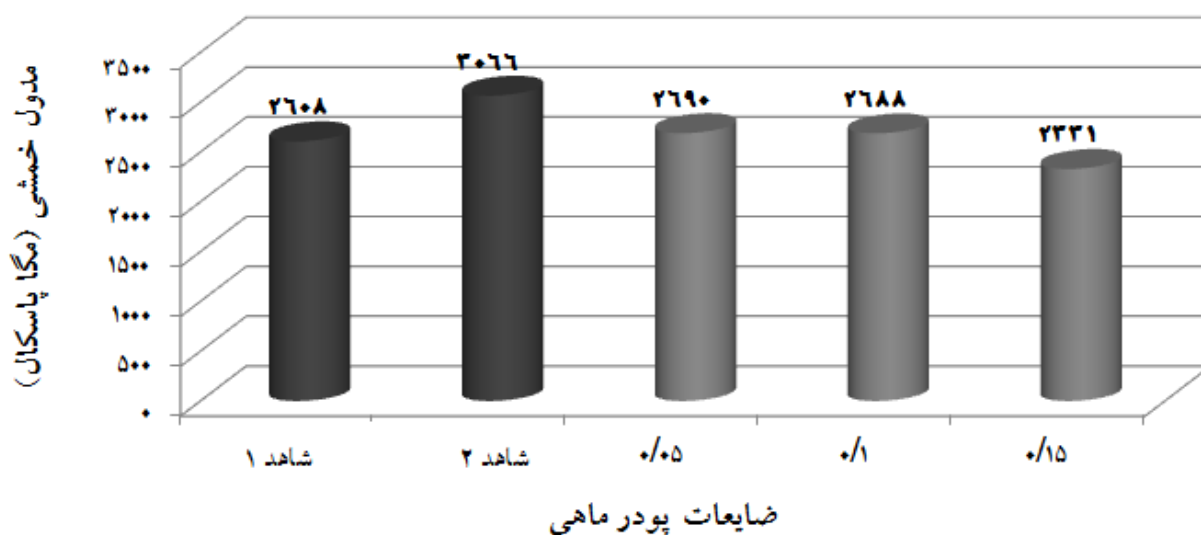
اثر متقابل جفت‌کننده و ضایعات ماهی در مقاومت خمشی مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر متقابل پودر ضایعات ماهی و جفت‌کننده در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. ضریب



شکل ۳- اثر متقابل جفت کننده و ضایعات پودر ماهی بر مقاومت خمشی چندسازه

جدول ۷- جدول تجزیه واریانس برای مدول الاستیسیته خمشی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون f	sig
پودر ماهی	۲	۷۶۸۹۹۴/۸۸۹	۳۸۴۴۹۷/۴۴۴	۱۴/۷۲	***۰/۰۰۰۲
جفت کننده	۲	۳۲۱۳۵۴/۸۸۹	۱۶۰۶۷۷/۴۴۴	۶/۱۵	***۰/۰۰۹۲
پودر ماهی * جفت کننده	۴	۲۳۷۳۹۱/۵۵۶	۵۹۳۴۷/۸۸۹	۲/۲۷	(N.S) ۰/۱۰۱۵



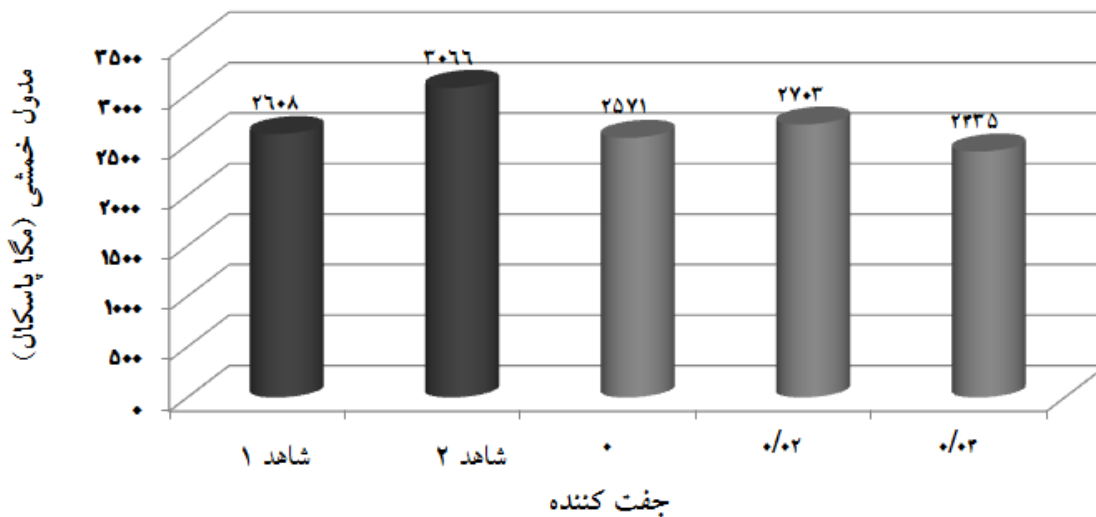
شکل ۴- اثر مستقل پودر ماهی بر مدول الاستیسیته خمشی چندسازه

مدول الاستیسیته خمشی MOE

اثر مستقل پودر ماهی بر مدول الاستیسیته خمشی

مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل ضایعات ماهی بر مدول الاستیسیته خمشی در سطح ۱٪ معنی دار شده است. ضریب تغییرات مدول الاستیسیته خمشی ۶/۹۲ درصد به دست آمده است. مطابق با گروه بندی میانگین ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین ها برای مدول الاستیسیته خمشی مطابق با (جدول ۷) مقاومت خمشی در سه گروه جداگانه قرار گرفت.

بالاترین میزان مدول الاستیسیته خمشی در استفاده از ضایعات پودر ماهی ۵ درصد به دست آمده است؛ که نسبت به ضایعات پودر ماهی ۱۵٪، ۱۵/۳۸ درصد افزایش نشان می دهد که در گروه برتر A قرار می گیرد؛ و تیمار بعدی استفاده از ضایعات ۱۰٪ پودر ماهی است که در گروه B قرار می گیرد. مشاهده می گردد که تیمار ۵٪ نسبت به شاهد ۱ دارای افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش یافته است (شکل ۴).



شکل ۵- اثر مستقل جفت کننده بر مدول الاستیسیته خمشی چندسازه

قرار می گیرد و تیمار بعدی استفاده از صفر درصد جفت کننده است که در گروه (B) قرار می گیرد (شکل ۵). با توجه به مقادیر به دست آمده مشاهده می گردد که تیمار ۲ درصد نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است.

اثر مستقل ضایعات پودر ماهی بر مقاومت کششی

مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل ضایعات پودر ماهی بر مقاومت کششی در سطح ۱٪ معنی دار شده است. ضریب تغییرات مقاومت کششی ۳/۸۴ درصد به دست آمده است.

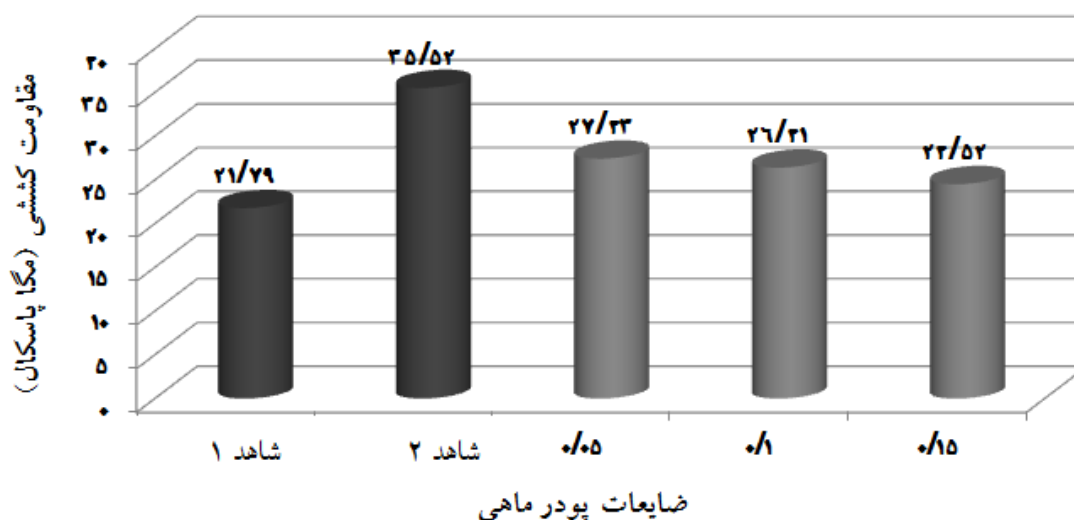
اثر مستقل جفت کننده بر مدول الاستیسیته خمشی MOE

مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل جفت کننده بر مدول الاستیسیته خمشی MOE در سطح ۱٪ معنی دار شده است. ضریب تغییرات مدول الاستیسیته خمشی MOE ۶/۲۹ درصد به دست آمده است.

مطابق با گروه بندی میانگین ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین ها برای مدول الاستیسیته خمشی بالاترین میزان مدول الاستیسیته خمشی در استفاده از جفت کننده ۲ درصد به دست آمده است که نسبت به جفت کننده ۴ درصد ۱۰/۹۷ درصد افزایش نشان می دهد که در رتبه برتر (A)

جدول ۸- جدول تجزیه واریانس برای مقاومت کششی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون f	sig
پودر ماهی	۲	۳۹/۳۸	۱۹/۶۹	۱۹/۵۲	**۰/۰۰۰۰
جفت‌کننده	۲	۵۷۲/۳۶	۲۸۶/۱۸	۲۸۳/۸۱	**۰/۰۰۰۰
پودر ماهی * جفت‌کننده	۴	۱۵/۲۶	۳/۸۱۶	۳/۷۸	*۰/۰۲۱۰



شکل ۶- اثر مستقل ضایعات پودر ماهی بر مقاومت کششی چندسازه

با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۵ درصد نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است.

مقاومت کششی در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. ضریب تغییرات مقاومت کششی ۳/۸۴ درصد به‌دست آمده است. مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین‌ها برای مقاومت کششی با جدول ۸، مقاومت کششی را در سه گروه جداگانه قرار داد. بالاترین میزان مقاومت کششی در استفاده از جفت‌کننده ۴ درصد به‌دست آمده است که نسبت به جفت‌کننده صفر درصد ۵۴/۷۶ درصد افزایش نشان می‌دهد که در رتبه برتر (A) قرار می‌گیرد و تیمار بعدی استفاده از ۲ درصد جفت‌کننده است که در گروه (B) قرار می‌گیرد (شکل ۷).

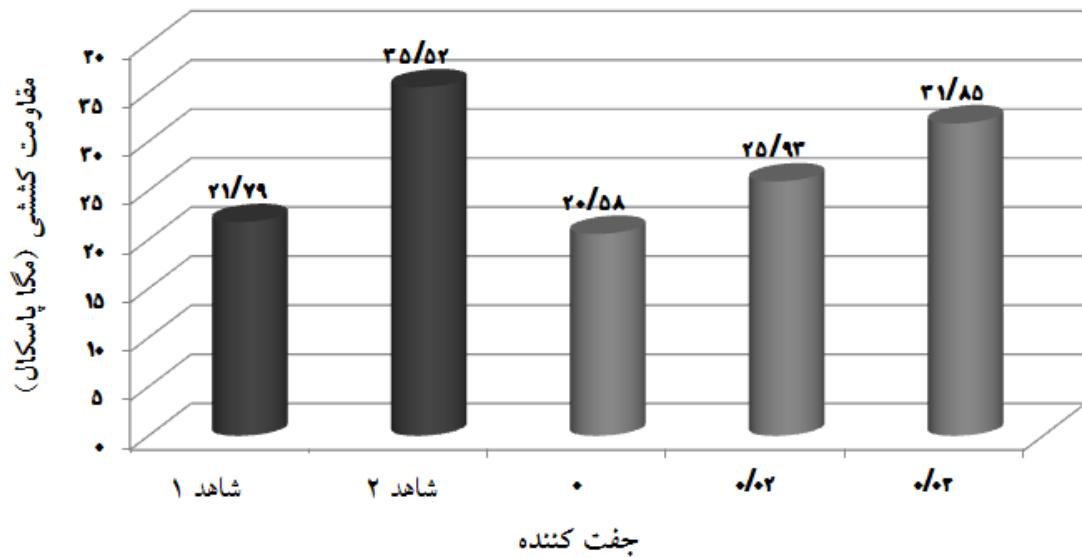
مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین‌ها برای مقاومت کششی با جدول ۸، مقاومت کششی را در سه گروه جداگانه قرار داد. بالاترین میزان مقاومت کششی استفاده از ضایعات پودر ماهی ۵ درصد به‌دست‌آمده است که نسبت به ضایعات پودر ماهی ۱۵ درصد ۱۱/۸۶ درصد افزایش نشان می‌دهد که در رتبه برتر (A) قرار می‌گیرد و تیمار بعدی استفاده از ۱۰ درصد ضایعات پودر ماهی است که در گروه (B) قرار می‌گیرد (شکل ۶).

اثر متقابل جفت‌کننده و ضایعات ماهی در مقاومت کششی مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر متقابل پودر ضایعات

اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت کششی مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر جفت‌کننده بر

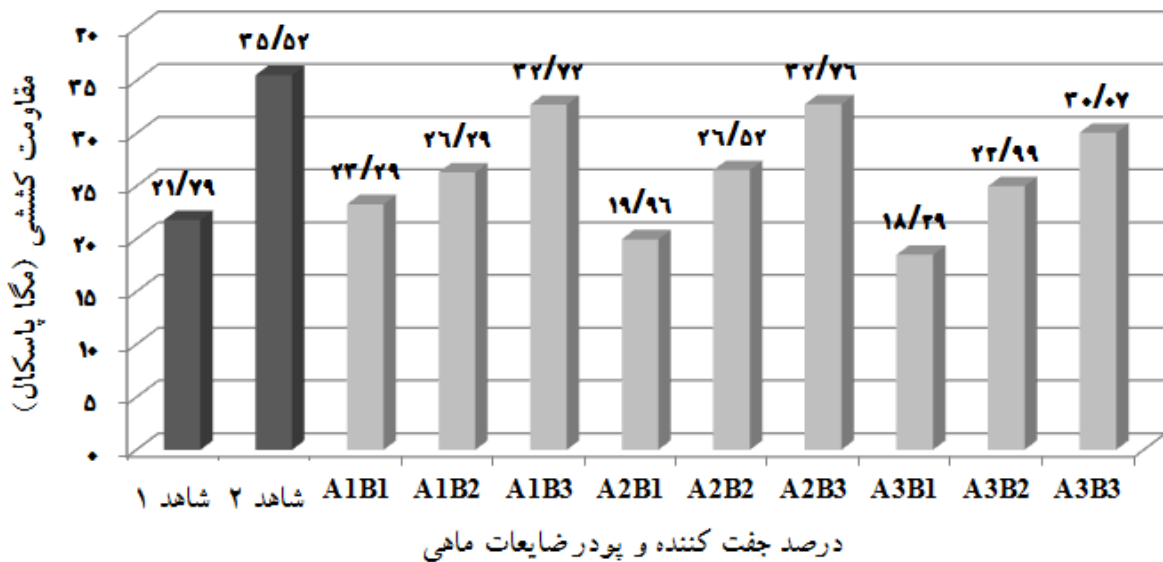
متقابل ۱۰٪ پودر ماهی و ۴٪ جفت‌کننده است که نسبت به میزان استفاده از ۱۵٪ ضایعات ماهی و صفر درصد جفت‌کننده ۷۷/۱۷٪ افزایش نشان می‌دهد (شکل ۸).

ماهی و جفت‌کننده بر مقاومت‌کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. ضریب تغییرات ۳/۸۴٪ به دست آمده است. مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) بالاترین میزان مقاومت‌کششی مربوط به اثر



شکل ۷- اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت‌کششی چندسازه

با توجه به مقادیر به دست آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۴ درصد نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است.



شکل ۸- اثر متقابل جفت‌کننده و ضایعات ماهی بر مقاومت‌کششی چندسازه

اثر مستقل ضایعات پودر ماهی بر مدول کششی مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل ضایعات پودر ماهی بر مدول کششی معنی دار نشده است. ضریب تغییرات بر مدول کششی ۱۸/۹۳ درصد به دست آمده است.

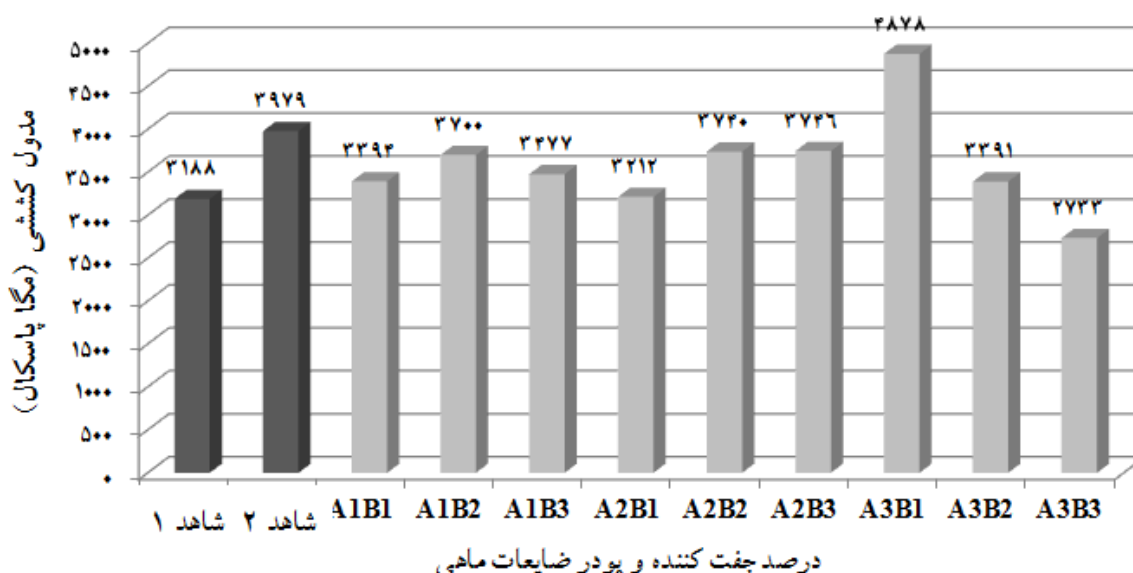
که در رتبه برتر A قرار می‌گیرد و تیمار بعدی میزان استفاده از ۵٪ ضایعات ماهی و ۴٪ جفت‌کننده است؛ که در رتبه B قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر به دست آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۱۰٪ ضایعات ماهی و ۴٪ جفت‌کننده نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است.

جدول ۹- جدول تجزیه واریانس برای مدول کششی

Sig	آزمون f	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
(n.s)	۰/۱۰۶۱	۴۸۸۹۱/۴۴۴	۹۷۷۸۲/۸۸۹	۲	پودر ماهی
(n.s) ۰/۳۰۳۴	۱/۲۷۵۲	۵۸۷۸۰۳/۰۰۰	۱۱۷۵۶۰۶/۰۰	۲	جفت‌کننده
* ۰/۰۲۳۴	۳/۶۷۶۸	۱۶۹۴۸۲۵/۱۱۱	۶۷۷۹۳۰/۴۴	۴	پودر ماهی * جفت‌کننده

نسبت به میزان استفاده از ۱۵٪ ضایعات ماهی و ۴ درصد جفت‌کننده، ۷۸/۴۶٪ افزایش نشان می‌دهد؛ که در رتبه برتر A قرار می‌گیرد و تیمار بعدی میزان استفاده از ۱۰٪ ضایعات ماهی و ۴٪ جفت‌کننده است؛ که در رتبه B قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر به دست آمده مشاهده می‌گردد که تیمار ۱۵٪ ضایعات ماهی و صفر درصد جفت‌کننده نسبت به شاهد ۱ افزایش و نسبت به شاهد ۲ کاهش داشته است (شکل ۹).

اثر متقابل جفت‌کننده و ضایعات ماهی در مدول کششی مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر متقابل پودر ضایعات ماهی و جفت‌کننده بر مدول کششی در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است. ضریب تغییرات ۱۸/۹۳٪ به دست آمده است. مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (DMRT) مقایسه بین میانگین‌ها بالاترین میزان مدول کششی مربوط به اثر متقابل ۱۵٪ پودر ماهی و صفر درصد جفت‌کننده را نشان می‌دهد که



شکل ۹- اثر متقابل جفت‌کننده و ضایعات ماهی بر مدول کششی چندسازه

بحث

مقاومت کششی و خمشی

نتایج مربوط به مقاومت کششی و خمشی چندسازه چوب پلاستیک نشان داد که با افزایش درصد ضایعات ماهی درصد مقادیر مقاومت‌های مذکور کاهش می‌یابد. مقاومت‌های کششی و خمشی مواد مرکب به شدت به کیفیت سطح مشترک بین دو فاز ماده مرکب وابسته است، زیرا انتقال تنش از ماده زمینه (فاز ماتریس پلیمری) به آرد چوب به وسیله این ناحیه صورت می‌گیرد (Tajvidi et al., 2003). از آنجایی که ماتریس پلیمری الیاف را در محل و آرایش مطلوب نگاه داشته و به عنوان یک محیط منتقل‌کننده بار بین الیاف عمل می‌کند و الیاف هم عضو بارپذیر اصلی چندسازه هستند (Farahani, 2008). از این رو با افزایش مقدار درصد الیاف طبیعی لیگنوسلولزی (آرد چوب) میزان تنش قابل تحمل ماده مرکب بر اثر وجود فاز تقویت‌کننده (الیاف سلولزی) افزایش می‌یابد (Tajvidi et al., 2003). بنابراین دارا بودن مدول الاستیسیته بالاتر پرکننده سلولزی نسبت به ماده زمینه و انتقال بیشتر تنش توسط پرکننده سلولزی با مدول بالا و پلیمر با مدول کم به بهبود مقاومت خمشی و کششی می‌انجامد.

بنابراین (Naeemiyan, 2007) با بررسی خواص چندسازه‌های آرد چوب / پلی پروپیلن به این نتیجه رسید که با افزایش میزان مصرف تقویت‌کننده‌های لیگنوسلولزی مقاومت‌های کششی و خمشی چندسازه‌ها افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات shakeri (۲۰۰۷) نیز نشان داد که افزایش پرکننده‌های لیگنوسلولزی تا ۳۰ درصد وزنی موجب بهبود استحکام کششی و خمشی چندسازه شده ولی در ۴۰ درصد وزنی سبب کاهش این خواص می‌شود.

مدول کششی و خمشی

مدول الاستیسیته یک ماده مرکب متأثر از مدول الاستیسیته اجزای تشکیل‌دهنده آن است، بنابراین با توجه به اینکه الیاف سلولزی دارای مدول الاستیسیته نسبتاً

بالایی هستند طبعاً می‌توانند مدول الاستیسیته ماده مرکب را بهبود ببخشند Nourbakhsh و Tajvidi (۲۰۰۳)؛ از این رو با افزایش الیاف درصد ضایعات ماهی مدول خمشی کاهش و مدول کششی افزایش می‌یابد.

Tajvidi و همکاران (۱۹۹۸)، دریافتند که با افزودن ماده سلولزی مقادیر مدول الاستیسیته و سختی افزایش قابل توجهی می‌یابد. همچنین نتایج مطالعات Tajvidi (۲۰۰۳)، افزایش مدول الاستیسیته و مقاومت‌های کششی و خمشی چندسازه‌های چوب پلاستیک را با افزایش درصد پرکننده‌های لیگنوسلولزی نشان می‌دهد. در این تحقیق ملاحظه گردید که با افزایش مقدار پودر ماهی ضایعاتی در ترکیب، مدول خمشی کاهش می‌یابد؛ اما اثر جفت‌کننده بر این میزان مقاومت نشان داد که با افزایش این ماده مقاومت‌های فوق کاهش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

- Arvanitoyannis, I., Biliaderis, C.G., Ogawa, H. and Kawasaki, N., 1998. Biodegradable Films Made From Low-Density Polyethylene (Ldpe), Rice Starch and Potato Starch For Food Packaging Applications: Part 1. Carbohydrate Polymers 36(2-3), 89-104.
- Ashori, A. and Nourbakhsh, A., 2010. Preparation and Characterization of Polypropylene/Wood Flour/Nanoclay Composites. *European Journal of Wood and Wood Products*, Doi 10.1007/S00107-010-0488-9.
- Baker, A. M.M. and Mead, J., 2000. Thermoplastics in Modern Plastics Handbook, (Harper, C.A., Ed), Pp.1.1-1.92. Mcgraw-Hill.
- Butylina, S., Martikka, O. and Karki, T., 2010. Comparison of Water Absorption and Mechanical Properties Of Wood-Plastic Composites Made From Polypropylene and Polylactic Acid. *Wood Material Science and Engineering*, 5: 220-228.
- Chandra, R. and Rustgi, R., 1998. Biodegradable Polymers Program Polymer Science. *Progress In Polymer Science* 23, 1273-1335.
- Farahani, A., 2008. Composite Corrosion Problem. Technical Publication, National Iranian Oil Company. *Exploration and Production Magazine*. No. 52. 64-62.
- Fu, J. and Naguib, H.E., 2006. Effect of Nanoclay on

- Nourbakhsh, A. and Ashori, A., 2009. Influence of Nanoclay and Coupling Agent on the Physical and Mechanical Properties of Polypropylene/Bagasse Nanocomposite. *Journal of Applied Polymer Science*, 112: 1386-1390.
- Nourbakhsh, A., Ashori, A. and Kazemi Tabrizi, A., 2014. Characterization and Biodegradability of Polypropylene Composites Using Agricultural Residues and Waste Fish. *Composites Part B: Engineering*, 56, 279-283.
- Oldak, D., Kaczmarek, H., Buffeteau, T. and Sourisseau, C., 2005. "Photo-and Bio-Degradation Processes In Polyethylene, Cellulose and Their Blends Studied By Atr-Ftir and Raman Spectroscopies." *Journal of Materials Science* 40, No. 16 (2005): 4189-4198.
- Plackett, D. and Vazquez, A., 2004 Natural Polymers Sources. In *Green Composites, Polymer Composites and the Environment*, (Baillie, C, Ed), Pp. 123-153. Crc Press.
- Shakeri, A.R. 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. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology (Persian)*.
- Tajvidi, M. and Ebrahimi, Gh., 1998. Investigate The Possibility of Using Cellulose Fibers, Wood and Paper Fiber Composites In Construction - Polypropylene. *Iranian Journal of Natural Resources*. Volume 51. No. 2. 45-35.
- Tajvidi, M., Ebrahimi, G. and Enayati, A., 2003. Dynamic Mechanical Analysis of Compatibilizer Effect on Mechanical Properties of Wood Flour-Polypropylene Composites. *Iranian Journal of Natural Resources*.
- Wan, Y. Z. and Et Al., 2009. "Mechanical, Moisture Absorption, and Biodegradation Behaviours of Bacterial Cellulose Fibre-Reinforced Starch Biocomposites." *Composites Science and Technology* 69.7 (2009): 1212-1217.
- Wu, Q., Lei, Y., Clemons, C. M., Yao, F., Xu, Y. and Lian, K., 2007. Properties of Hdpe/Clay/Wood Nanocomposites. *Journal of Plastic Technology*, 27(2):108-115.
- The Mechanical Properties of Pmma/Clay Nanocomposites Foams. *Journal of Cellular Plastic*, 45: 325-342.
- Guilbert, S. and Gontard, N., 2005. Agro-Polymers for Edible and Biodegradable Films: Review Of Agricultural Polymeric Materials, Physical and Mechanical Characteristics. In *Innovations In Food Packaging*, Ed. Jung H. Han. Pp 263-276. Elsevier Academic Press. 2005.
- Han, J.S. and Rowell, J.S., 1996. Chemical Composition of Fibers. In *Paper and Composites From Agro Based Resources*. Ed. R.M. Rowell, Judith Roweell. Pp 83-130. Crc Press. 1996.
- Incarato, L., Scarfato, P., Acierno, D., Milana, M.R. and Feliciani, R., 2003. Influence of Recycling and Contamination On Structure and Transport Properties Of Polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 89, 1768_1778.
- Kaczmarek, H. and Oldak, D., 2006. The Effect of Uv-Irradiation on Composting of Polyethylene Modified By Cellulose. *Polymer Degradation and Stability*, 91(10), 2282-2291.
- Karina, M., Onggo, H. and Syampurwadi, A., 2007. Physical and Mechanical Properties of Natural Fibers Filled Polypropylene Composites and Its Recycles. *Journal of Biological Sciences*, 7: 393-396.
- Kazemi Najafi, S., Hamidinia, E. and Tajvidi, M., 2006. Mechanical Properties of Composites From Sawdust and Recycled Plastics. *Journal of Applied Polymer Science*, 100: 3641-3645.
- Kord, B., Hemmasi, A.H. and Ghasemi, I., 2010. Properties of Pp/Wood Flour/Organomodified Montmorillonite Nanocomposites. *Journal of Wood Science Technology*. Doi 10.1007/S00226-010-0309-7.
- Kuan, C.F., Kuan, H.C., Ma, C.M. and Huang, C.M., 2005. Mechanical, Thermal and Morphological Properties of Water-Cross Linked Wood Flour Reinforced Linear Low-Density Polyethylene Composites, *Journal of Composites: Part A*, 37: 1696-1707.
- Naeemian, N., 2005. Investigate The Properties of Kenaf Fiber Hybrid Composites - Wood Flour / Polypropylene. Ph.D. Dissertation. Islamic Azad University Science and Research Branch of Tehran.

Investigation on mechanical properties of fish wastes and HDPE composites

A. Kazemi Tabrizi^{1*}, A. Nourbakhsh² and S.M.J. Sepidehdam³

1*-Corresponding author, Ph.D., student Department of wood and paper science and technology, young Researchers and Elite club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: Eng_akt@yahoo.com

2-Associate Prof, Department of Wood and Paper Science, Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Tehran, Iran

3- Assistant Prof, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University Karaj, Iran

Received: June, 2014

Accepted: April, 2015

Abstract

In this study, the effect of fish waste powder, polyethylene matrix, and coupling agent (MAPE) on physical and mechanical properties of wood-plastic composite were studied. For this purpose, poplar wood powder at 40% was mixed with 60% of HDPE. Fish waste at three levels (5, 10 and 15%), wood powder, HDPE and coupling agent at three levels (0, 2 and 4) was compounded at 180 °C and rotating speed of 50 rpm, and then samples were made using injection molding. The mechanical properties; tensile and bending strength, bending and tensile modulus were measured according of ASTM standards. This result showed that increasing the amount of fish powder waste to 10%, increased bending strength while other strengths were reduced. All strengths values were increased by increasing in percentage of coupling agent to 4%.

Keywords: Mechanical properties, wood powder, fish waste, injection molding, coupling agent, high density polyethylene.