بررسی خصوصیات فیزیکی و مقاومت به ضربه چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

علی کاظمی‌تبریزی[1*]، مصطفی سفیدروح[2] و میثم مهدی‌نیا[3]

۱) دانشجوی دکتری صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: eng_akt@yahoo.com

۲) دانشجوی دکتری فرآورده‌های چندسازه چوب، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳) دانشجوی دکتری فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۹

چکیده

در این پژوهش، اثر مقدار ماده افزودنی ضایعات آرد ماهی و همچنین مقدار ماده جفت‌کننده (MAPE) بر مقاومت به ضربه فاق‌دار و ویژگی‌های فیزیکی چندسازه‌های چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. آرد چوب برای این منظور در سطح ۴۰ درصد با پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) ۶۰ درصد مخلوط شد. آرد ماهی در سه سطح (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) نسبت به آرد چوب و جفت‌کننده در سه سطح (۰، ۲ و ۴ درصد) نسبت به پلی‌اتیلن در یک مخلوط‌کن داخلی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۶۰ دور در دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند. نمونه‌های آزمودنی استاندارد با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شدند. سپس مقاومت به ضربه فاقدار و همچنین خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله حاکی از این موضوع بود که با افزایش ضایعات آرد ماهی تا ۱۵ درصد بیشترین میزان مقاومت به ضربه و کمترین مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت به‌دست آمد. مقاومت به ضربه با افزایش میزان درصد جفت‌کننده تا ۴ درصد افزایش یافته و خواص فیزیکی بهبود یافت.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی، آرد ماهی، چندسازه، قالب‌گیری تزریقی، جفت‌کننده، پلی‌اتیلن سنگین.

مقدمه

تلاش روز افزونی در سال‌های اخیر برای تهیه چندسازه‌های چوب-پلاستیک از یک طرف به‌دلیل هزینه پایین و مزایای زیست‌محیطی آنها و از طرف دیگر، مشکلات زیست‌محیطی پلاستیک‌ها آغاز شده است (Arvanitoyannis *et al*., 1998). پلی‌اتیلن پلیمری از میان انواع مواد پلاستیکی ارزان قیمت و بسیار رایج در بسته‌بندی مواد غذایی بوده که تجزیه‌ناپذیر است. شکل نهایی اصلی پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی برای استفاده در صنایع غذایی شامل تولید انواع فیلم‌ها، بطری‌ها و ظرف-های یک‌بار مصرف تهیه شده به طریق گرما و قالب‌گیری دمشی می‌باشد.

از آنجایی که صنایع غذایی مقدار قابل‌توجهی پلاستیک مصرف می‌کنند، کاهش مقدار جزیی در استفاده

از آن می‌تواند به مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی منجر شود. بنابراین استفاده از پلیمرهای نسبتاً زیست‌تخریب‌پذیر راه‌حل مناسبی برای مشکلات پلاستیک‌ها به نظر می‌رسد (Plackett & Vazquz, 2004). علی‌رغم خواص زیست‌تخریب‌پذیری خیلی خوب برخی از پلیمرهای طبیعی مثل اسید پلی‌لاکتیک، پلی‌هیدروکسی بوتیریت و کوپولیمرهای آن، هزینه خیلی زیاد آنها مانع از استفاده تجاری وسیع آنها شده و فقط کاربردهای خاصی دارند (Avella *et al.*, 2005). بهترین منابع شناخته شده برای تهیه پلاستیک‌های طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر، نشاسته و سلولز می‌باشند (Chandra & Rustgi, 1998). در فرمولاسیون چندسازه‌های طبیعی، سلولز با وجود پژوهش‌های اندک در مورد آن، گسترش فراوانی یافته است.

برای مثال مطالعه‌های زیادی درباره استفاده از نشاسته در چندسازه‌های طبیعی انجام شده است (Guilbert & Gontard, 2005). همچنین سلولز به‌دلیل خواص مکانیکی و حرارتی قابل توجه به‌عنوان الیاف تقویتی در ساختمان چندسازه‌ها به‌کار می‌رود (Han & Rowell, 1996)

Plackett & Vazquz (۲۰۰۴) بیان کردند که معمولاً اضافه کردن الیاف طبیعی به چندسازه‌ها، تخریب‌پذیری آنها را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر بنا به اظهارهای Guilbert و Gontard (۲۰۰۵) افزودنی‌هایی مثل پلاستی‌سایزرها و همچنین نوع پلیمر اصلی با توجه به وزن مولکولی، ساختمان بلوری بودن آن در زیست‌تخریب‌پذیری آنها موثر هستند.

در واقع زیست‌تخریب‌پذیری در اثر فعالیت موجودات میکروسکوپی زنده رخ می‌دهد که تقریباً تمام آنها جز قارچ‌ها و باکتری‌ها تقسیم می‌شود. چهار محیط اصلی زیست‌تخریب‌پذیری شامل خاک، آب، دفن زباله‌ای و کود برای فرآورده‌های پلیمری وجود دارد.

هر محیط حاوی موجودهای میکروسکوپی مختلفی است و شرایط خاص خود را برای تجزیه دارد. با این وجود به طور عمده قارچ‌ها مسئول تجزیه مواد عالی در خاک هستند (Chandra & Rustgi, 1998).

Nourbakhsh و همکاران (۲۰۱۳) روی زیست تخریب‌پذیری چندسازه‌های چوبی به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ماده جدیدی به نام ضایعات آرد ماهی در ساخت چندسازه چوب‌پلاستیک می‌توان به مقدار قابل‌توجهی در زیست‌تخریب‌پذیری آنها کمک کرد.

در این مطالعه سعی شده است که علی‌رغم استفاده از ماتریس پلیمری پلی‌اتیلن سنگین، مقدار زیست‌تخریب‌پذیری به حداکثر خود رسانده شود. 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 شامل مواد کامپوزیتی می‌شود که از الیاف طبیعی و پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر نفتی تشکیل شده باشند. تلاش بر این است که بتوان کامپوزیتی دوست‌دار محیط-زیست تولید نمود و با توجه به اینکه ضایعات ماهی یک محصول زیست‌تخریب‌پذیر است، شاید با استفاده توام آن با آرد چوب در کامپوزیت چوب‌پلاستیک بتوان کامپوزیت مناسبی تولید کرد. هدف این مطالعه، اختلاط سلولز حاصل از آرد چوب مخلوط پهن‌برگان در مقادیر مختلف وزنی با آرد ضایعات ماهی و پلی‌اتیلن و ساخت چوب‌پلاستیک و در نهایت تاثیر ضایعات آرد ماهی در مقابل پلی‌اتیلن سنگین روی خواص فیزیکی و مقاومت به ضربه چوب‌پلاستیک ساخته شده بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE)، به‌عنوان ماده زمینه در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است.

آرد چوب از مخلوط پهن برگان ایران از کارخانه برنز اصفهان با حداکثر خشکی ۳ درصد تهیه گردید. از پلی‌اتیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید (MAPE) پودری شرکت کیمیا جاوید سپاهان با نام تجاری PE-G 101 به‌عنوان عامل جفت‌کننده استفاده شد (جدول ۲). در این تحقیق از ضایعات آرد ماهی کیلکای تولیدی توسط شرکت گیل پودر، بندر انزلی استان گیلان استفاده گردید که در دامنه ذرات مش ۶۰-۴۰ جدا شده بودند (جدول ۳). متغیرهای این پژوهش شامل سه سطح ضایعات آرد ماهی (۵،۱۰،۱۵ درصد) و سه سطح عامل جفت‌کننده (۰،۲،۴ درصد) بود که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات پلی‌اتیلن مورد استفاده در این پژوهش

ردیف	ماده	میزان
۱	شاخص جریان مذاب (گرم در ده دقیقه)	۲۰
۲	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۰/۹۵۶
۳	مقاومت کششی (مگاپاسگال)	۲۲
۴	مدول کششی (مگاپاسگال)	۹۰۰
۵	ازدیاد طول در نقطه شکست (درصد)	۷۰۰
۶	مدول خمشی (مگاپاسگال)	۱۰۰۰
۷	سختی به روش شور نوع دی (بدون واحد)	۶۶
۸	مقاومت به ضربه فاق‌دار (کیلوژول بر مترمربع)	۴
۹	فیلر معدنی (درصد)	-

جدول ۲. مشخصات عامل سازگارکننده MAPE مورد استفاده

نام تجاری	شکل ظاهری	ماده پایه	شاخص جریان مذاب گرم در ده دقیقه gr/10min	میزان مالئیک انیدرید (درصد)
PE-G 101	پودر	PE	۵۰-۸۰	۰/۸-۱/۲

جدول ۳. مشخصات و ساختار شیمیایی آرد ماهی مورد استفاده

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

جدول ۴. درصد اجزای کامپوزیت چوب‌پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	پلی‌اتیلن	پودر چوب	ضایعات آرد ماهی	جفت‌کننده
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

برای اختلاط مواد از دستگاه مخلوط‌ساز دکتر کولین (DR. Colien) ساخت کشور آلمان واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. این دستگاه یک اکسترودر دو ماردونه است. سرعت مارپیچ‌ها ۶۰ دور در دقیقه و دمای ساخت چندسازه نیز در اکسترودر فوق ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. مواد لیگنوسلولزی، پلیمری و جفت‌کننده به همراه آرد ماهی ابتدا به خوبی با هم مخلوط و بعد به قیف تغذیه دستگاه اکسترودر در دو مرحله ریخته شدند. مخلوط چندسازه به صورت مفتول خمیری شکل از روزنه اکسترودر خارج و درون حوضچه آب جلوی آن سرد گردید. عوامل ثابت و متغیر این پژوهش در جدول ۵ ذکر شده است. مواد داغ شکل‌پذیر به‌دست آمده از فرآیند اختلاط بلافاصله پس از جدا کردن از پره‌ها و دیواره محفظه مخلوط‌کن در هوای آزاد قرار داده تا کاملاً سرد شوند.

جدول ۵. عوامل ثابت و متغیر پژوهش حاضر

عوامل متغیر		عوامل ثابت	
جفت‌کننده	۰، ۲، ۴ درصد	پلی‌اتیلن	۶۰ درصد
پودر ضایعات ماهی	۵، ۱۰، ۱۵ درصد	آرد چوب	۴۰ درصد

به‌منظور خرد کردن مواد سرد خارج شده از دستگاه مخلوط‌کن و تبدیل آن به گرانول برای تغذیه دستگاه تزریق از خردکن نیمه‌صنعتی (WIESER, WG-LS 200/200, Germany) واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. گرانول‌ها به‌منظور حذف رطوبت و آماده‌سازی برای عملیات تزریق به مدت ۲۴ ساعت در خشک‌کن با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای ساخت نمونه‌های آزمونی استاندارد به روش قالب‌گیری تزریقی از دستگاه تزریق نیمه‌صنعتی ساخت شرکت ایمن ماشین موجود در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. گرانول‌ها در ابتدا به‌وسیله دستگاه قالب‌گیری تزریقی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شده و با فشار زیاد به داخل قالب نمونه‌های کششی، خمشی و ضربه تزریق شدند. چهار

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

تمامی آزمون‌های فیزیکی نظیر دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت بر طبق آیین‌نامه D7031 استاندارد ASTM انجام گرفت. آزمون مقاومت به ضربه ایزود (Izod) طبق آیین‌نامه D256 استاندارد ASTM و ارزیابی مقاومت به ضربه به کمک دستگاه پاندولی ساخت شرکت سنتام مدل SIT20D موجود در آزمایشگاه مکانیک گروه صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی کرج انجام پذیرفت.

تاثیر عوامل میزان جفت‌کننده و میزان استفاده از آرد ماهی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌ها در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین ۱۴۳ نمونه از کامپوزیت‌های تولید شده در قالب ۱۱ تیمار فرمول‌بندی با سه تکرار ساخته شدند. از این رو تجزیه و تحلیل نتایج آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی تحت آزمون فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ صورت گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. همچنین رسم نمودارها با به‌کارگیری نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

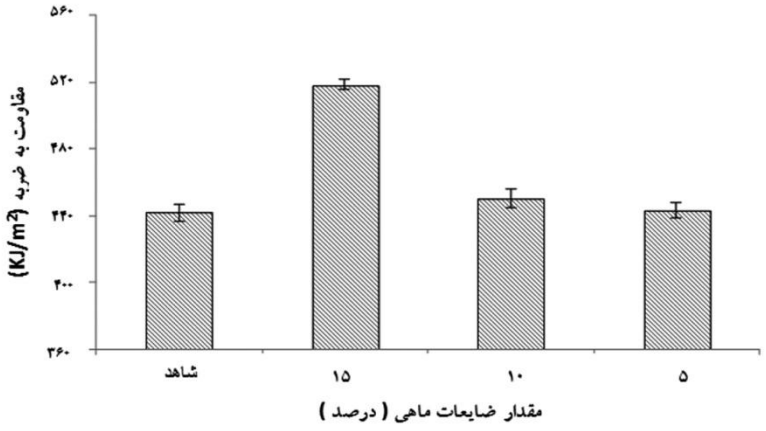
نتایج

اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر مقاومت به ضربه

اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر مقاومت به ضربه مطابق با جدول تجزیه واریانس معنی‌دار نبود (جدول ۶). با این حال بالاترین میزان مقاومت به ضربه با استفاده از ۱۵ درصد ضایعات آرد ماهی به‌دست آمده که ۱۷/۳۹ درصد نسبت به استفاده از ۵ درصد ضایعات آرد ماهی افزایش نشان داد (شکل ۱).

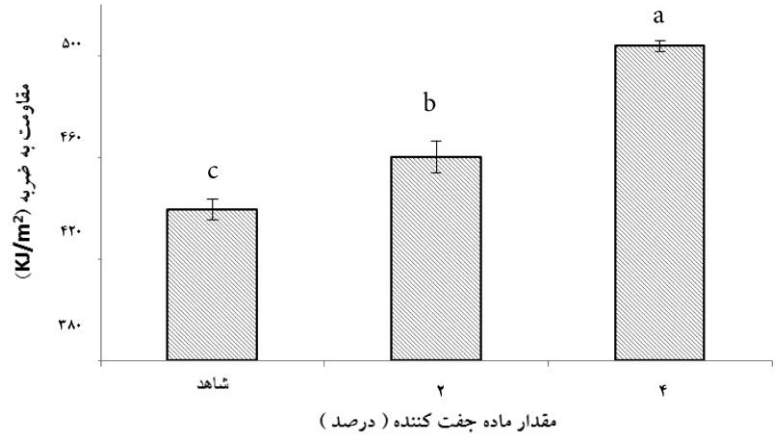
جدول ۶. جدول تجزیه واریانس برای مقاومت به ضربه چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطع معنی‌داری
آرد ماهی	۲	۱۷۰/۰۹۹	۸۵/۰۵۰	۱/۲۹۵۴	۰/۲۹۸۱
جفت‌کننده	۲	۸۷/۱۲۹	۴۳/۵۶۵	۰/۶۶۳۶	۰/۰۱۸
آرد ماهی × جفت‌کننده	۴	۲۹۰/۶۸۵	۷۲/۶۷	۱/۱۰۶۹	۰/۳۸۳۷

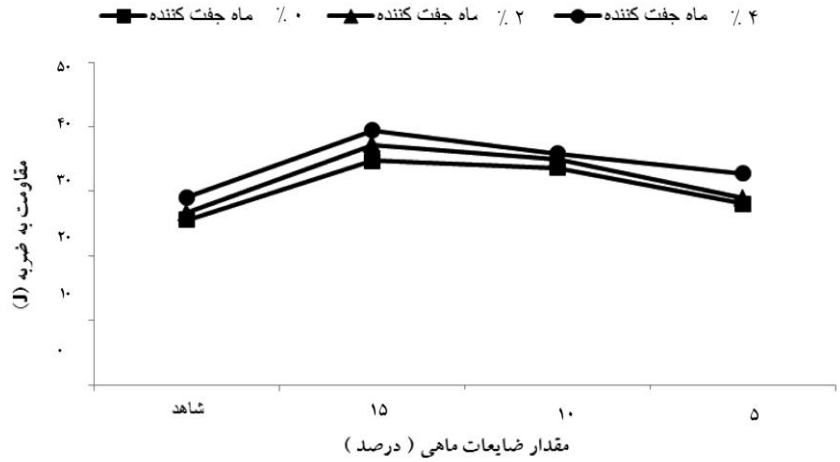


شکل ۱. اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر مقاومت به ضربه چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه معنی‌دار شد. مقاومت به ضربه مطابق با گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سه گروه جداگانه قرار گرفت. بالاترین میزان مقاومت به ضربه در استفاده از جفت‌کننده ۴ درصد به‌دست آمد که نسبت به جفت‌کننده ۲ درصد، ۱۲/۷۱ درصد افزایش نشان داده و در رتبه برتر (A) قرار گرفت. کمترین مقدار نیز مربوط به استفاده از صفر درصد جفت‌کننده بود (شکل ۲).



شکل ۲. اثر مستقل جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین



شکل ۳. **اثر متقابل جفت‌کننده و ضایعات ماهی در مقاومت به ضربه چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین**

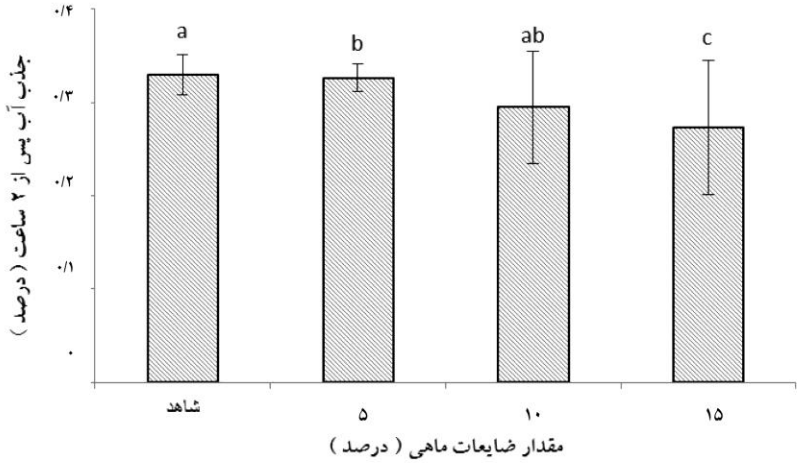
مطابق با جدول تجزیه واریانس اثر متقابل پودر ضایعات ماهی و جفت‌کننده بر مقاومت به ضربه معنی‌دار نبود. بالاترین میزان مقاومت به ضربه مربوط در اثر متقابل ۵ درصد آرد ماهی و ۴ درصد جفت‌کننده به‌دست آمد که نسبت به میزان استفاده از ۱۵ درصد ضایعات ماهی و صفر درصد جفت‌کننده (به‌عنوان کمترین مقدار)، ۵۴/۳۶ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر مستقل ضایعات ماهی بر جذب آب ۲ ساعت غیرمعنی‌دار و بر جذب آب ۲۴ ساعت معنی‌دار بود (جدول ۷). پایین‌ترین

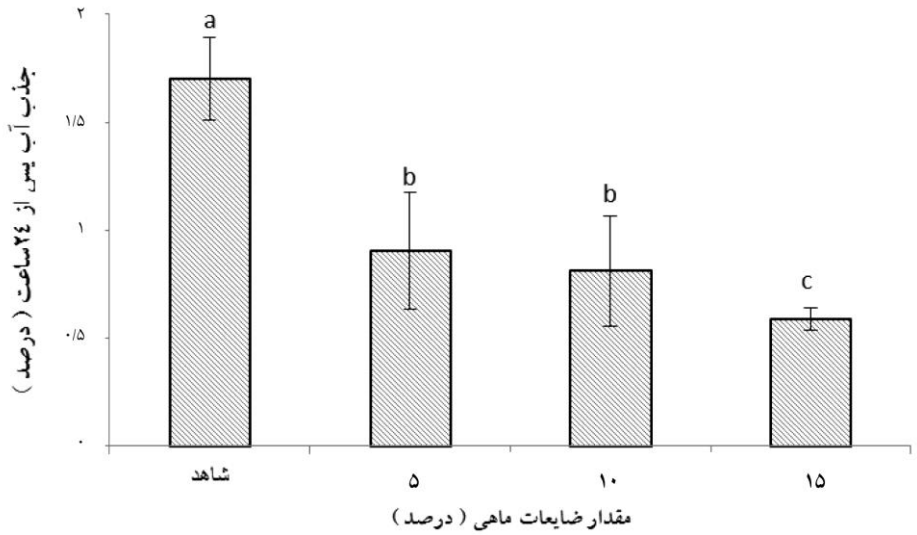
میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۵۹ درصد بود که در تیمار ۱۵ درصد ضایعات ماهی به‌دست آمد. بالاترین مقدار جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۰/۳۳ و ۱/۷ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴ و ۵).

جدول ۷. نتایج آزمون تجزیه واریانس برای جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح معنی‌داری
جذب آب پس از ۲ ساعت					
آرد ماهی	۳	۰/۱۱	۰/۰۳۶	۲/۰۹	۰/۱۳
جفت‌کننده	۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲۸۸	۰/۰۲۱
آرد ماهی × جفت‌کننده	۶	۰/۰۴۴	۰/۰۰۷	۰/۴۲	۰/۴۵
جذب آب پس از ۲۴ ساعت					
آرد ماهی	۳	۰/۷۲	۰/۲۴	۰/۸۷	۰/۰۴۶
جفت‌کننده	۲	۳/۳۴	۱/۶۷	۶/۰۹	۰/۰۰۷
آرد ماهی × جفت‌کننده	۶	۴/۷۹	۰/۷۹	۲/۹۱	۰/۰۲۸



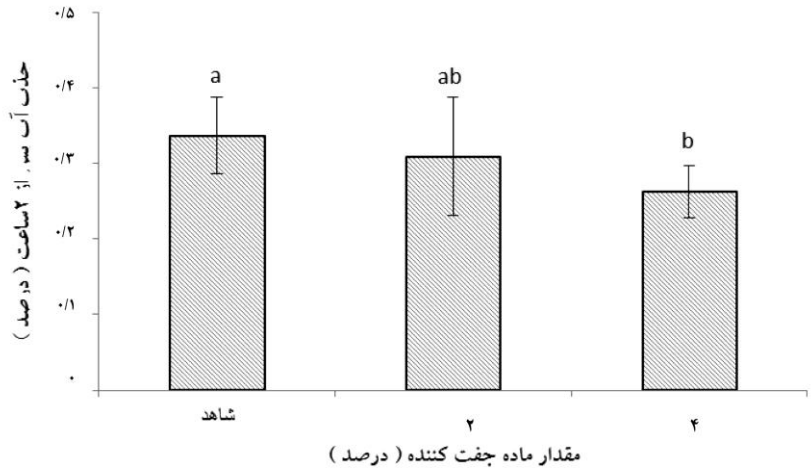
شکل ۴. اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر جذب آب پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین



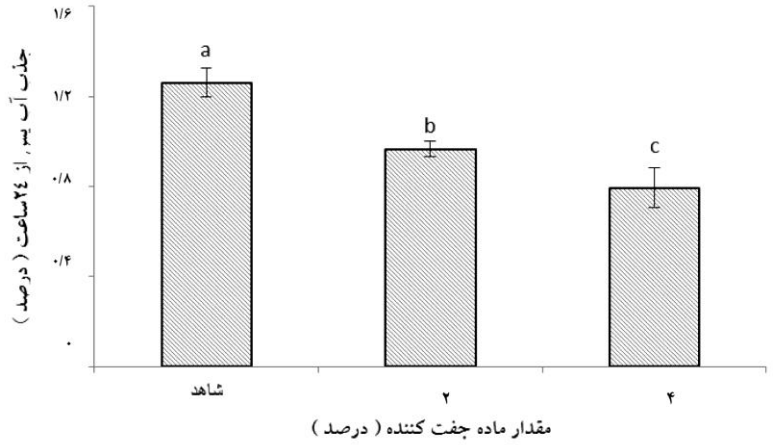
شکل ۵. اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

اثر مستقل جفت‌کننده بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت

اثر مستقل جفت‌کننده بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت معنی‌دار بود. کمترین مقدار جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت با توجه به شکل ۶ و ۷ به‌ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۷۹ درصد بوده که مربوط به تیمارهایی است که مقدار جفت‌کننده آنها ۴ درصد است، ولی در تیمارهایی که مقدار جفت‌کننده آنها صفر درصد است مقدار جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت ۰/۳۴ و ۱/۲۶ درصد می‌باشد که نسبت به کمترین مقدار ۲۳ و ۳۷ درصد افزایش داشته است.

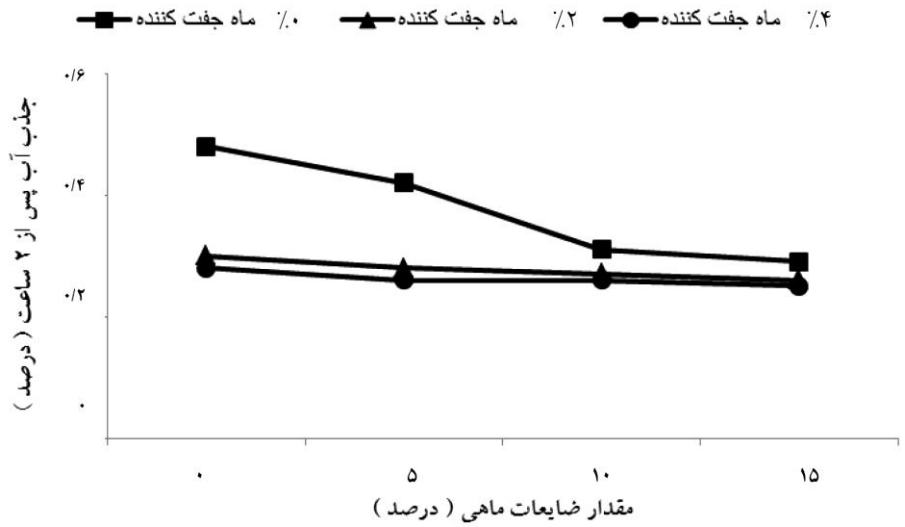


شکل ۶. **اثر مستقل ماده جفت‌کننده بر جذب آب پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین**

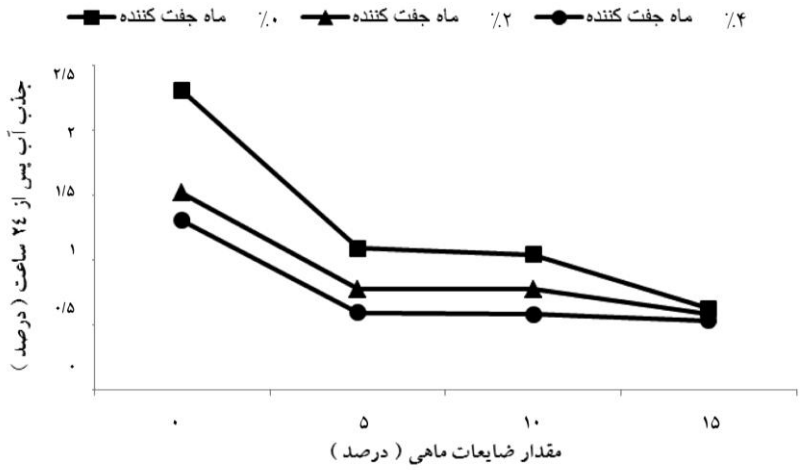


شکل ۷. اثر مستقل ماده جفت‌کننده بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

اثر متقابل ضایعات ماهی و جفت‌کننده بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت مطابق با جدول تجزیه واریانس و شکل ۸ و ۹ به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بود. کمترین میزان جذب آب در استفاده از ۴ درصد جفت‌کننده و ۱۵ درصد ضایعات به‌دست آمده و بالاترین مقدار جذب آب در تیمارهای با صفر درصد جفت‌کننده و صفر درصد ضایعات ماهی حاصل شد.



شکل ۸ **اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت‌کننده بر جذب آب پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین**



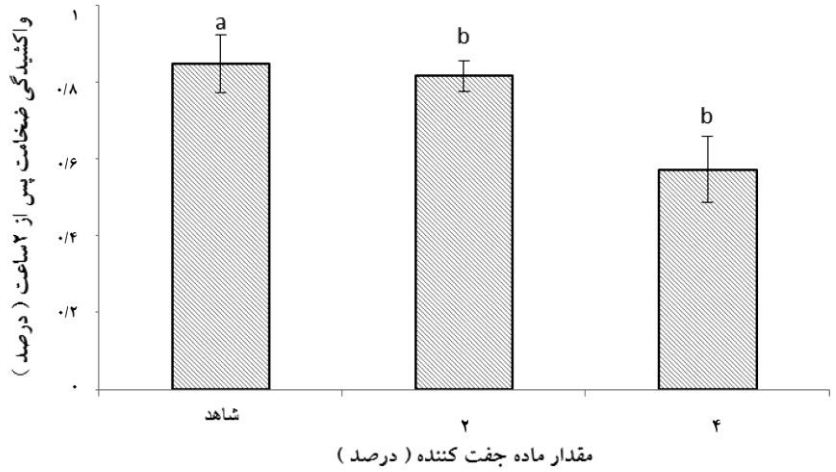
شکل ۹. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت‌کننده بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین

اثر مستقل ضایعات ماهی بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس معنی‌دار بود (جدول ۸). پایین‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۸۶ درصد به‌دست آمد که در آن از ۱۵ درصد ضایعات ماهی استفاده شده است. بالاترین مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۱/۲۱ و ۱/۶۷ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۰ و ۱۱).

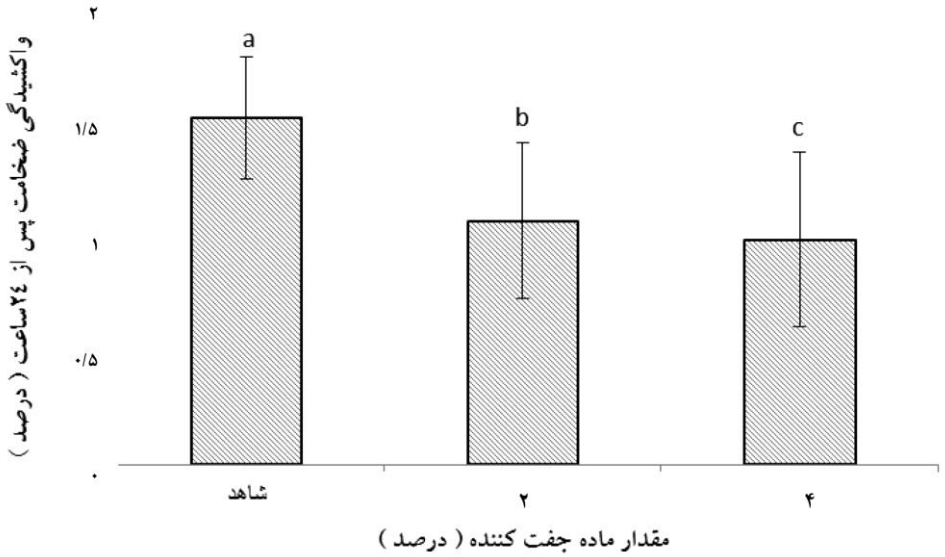
جدول ۸. نتایج آزمون تجزیه واریانس برای واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون f	سطع معنی‌داری
واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت					
آرد ماهی	۳	۱/۸۸	۰/۶۳	۱/۹۸	۰/۰۴۱
جفت‌کننده	۲	۱/۸۶	۰/۹۳	۲/۹۳	۰/۰۷
آرد ماهی × جفت‌کننده	۶	۸/۲۱	۱/۳۷	۴/۳۲	۰/۰۴۱
واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت					
آرد ماهی	۳	۱/۲۱	۰/۴۱	۰/۸۴	۰/۰۱۸
جفت‌کننده	۲	۳/۰۹	۱/۵۵	۳/۲۳	۰/۰۳۷
آرد ماهی × جفت‌کننده	۶	۱۰/۲۹	۱/۷۲	۳/۵۸	۰/۰۱۱

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) مشاهده می‌شود اثر مستقل جفت‌کننده بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بود. کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۰/۵۷ و ۱/۰۳ درصد مربوط به تیمارهایی است که مقدار جفت‌کننده آنها ۴ درصد بود (شکل ۱۲ و ۱۳). با این حال در تیمارهایی که مقدار جفت‌کننده آنها صفر بود، مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به‌ترتیب ۰/۸۵ و ۱/۵۸ درصد به‌دست آمد.

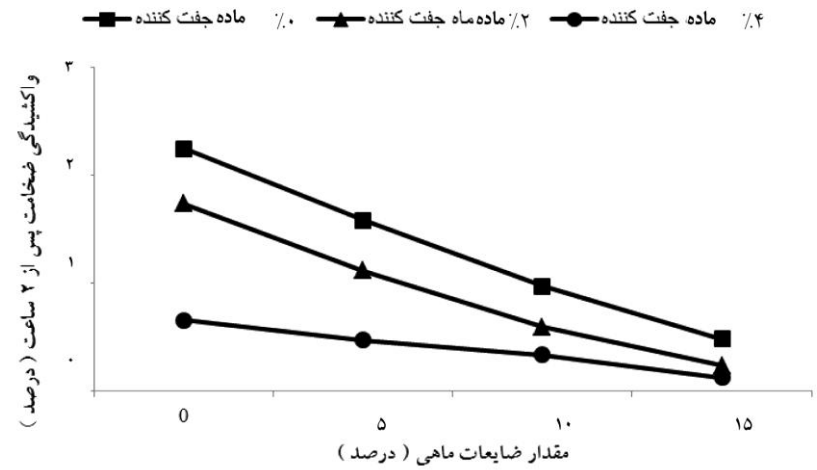


شکل ۱۰. اثر مستقل ماده جفت‌کننده بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین

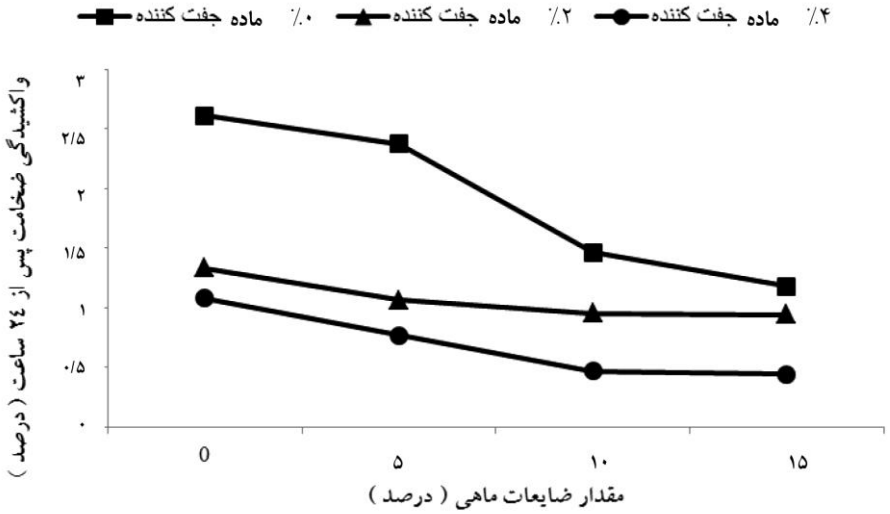


شکل ۱۱. اثر مستقل ماده جفت‌کننده بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین

اثر متقابل ضایعات ماهی و جفت‌کننده بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت معنی‌دار بود (شکل ۱۴). کمترین واکشیدگی ضخامت در استفاده از جفت‌کننده ۴ درصد و ۱۵ درصد ضایعات به‌دست آمده و بالاترین مقدار واکشیدگی ضخامت در تیمارهای با صفر درصد جفت‌کننده و صفر درصد ضایعات ماهی مشاهده شد.



شکل ۱۲. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت‌کننده بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی‌اتیلن سنگین



شکل ۱۳. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت‌کننده بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی‌اتیلن سنگین

بحث و نتیجه‌گیری

ویژگی‌های فیزیکی نمونه همان‌گونه که در نتایج مشاهده شد با افزایش ضایعات در ترکیب بهبود یافت که می‌توان علت آن را در ترکیبات ضایعات ماهی جستجو کرد. نزدیک به ۷۱ درصد ضایعات ماهی را پروتئین و چربی (۷۰ درصد پروتئین، ۷/۸ درصد چربی و ۱۰ درصد رطوبت) تشکیل می‌دهد (جدول ۴) که موجب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها می‌شود. همچنین با افزایش مقدار ماده جفت‌کننده ویژگی‌های فیزیکی بهبود یافته که می‌توان گفت انجام

واکنش‌های استری بین گروه‌های انیدریدی MAPE و گروه‌های هیدروکسیل ذرات چوبی باعث کاهش تماس مولکول‌های آب با گروه‌های هیدروکسیل آزاد آرد چوب می‌شود. افزایش MAPE موجب کاهش شکافه‌ای ریز، تر شدگی بهتر ذرات توسط پلیمر و همچنین با افزایش MAPE، گروه‌های هیدروکسیلی بیشتری از چوب استری می‌شوند. بدین ترتیب میزان گروه‌های هیدروکسیلی آزاد در دسترس برای واکنش با مولکول‌های آب کاهش می‌یابد (Wan *et al.*, 2009؛ Ashori & Nourbakhsh, 2010).

در مورد مقاومت به ضربه باید اذعان داشت که اضافه شدن آرد ماهی باعث خواهد شد تا نیروی اعمالی در حین آزمون ضربه به جای اینکه از داخل محیطی همگن عبور کند با مجموعه‌ای از نقاط روبه‌رو شود که تمرکز تنش در آنها اتفاق می‌افتد. این نقاط مستعد ترک بوده و باعث افت مقاومت به ضربه خواهند شد. بنابراین با اضافه شدن آرد ماهی در طی آزمون ضربه، میزان جذب انرژی ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. مقاومت به ضربه نمونه‌ها با افزایش مقدار ماده جفت‌کننده افزایش یافت که علت آن را می‌توان در افزایش مقاومت به شکست به وسیله افزایش اتصالات بین ماده زمینه و الیاف جستجو کرد. ماده سازگارکننده با بهبود سطح مشترک بین فیبر و ماتریس، نیروی لازم جهت شکست را افزایش می‌دهد (تجویدی و همکاران، ۲۰۰۳).

سپاسگزاری و قدردانی

بدین وسیله از مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و همچنین پژوهشگاه پلیمر جهت همکاری‌ها و رهنمودها تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

تجویدی، م.، ابراهیمی، ق. و عنایتی، ع. ا. (۲۰۰۳) بررسی اثر استفاده از سازگارکننده بر روی خواص مکانیکی مواد مرکب پلی پروپیلن و آرد چوب با استفاده از تحلیل مکانیکی- دینامیکی (DMA). مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶(۱-۲): ۵۹-۴۷.

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(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, 107(10): 8-19.

Avella, M., Vlieger, J.J.D., Errico, M.E., Fischer, S., Vacca, P. and Volpe, M.G. (2005) Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications. Journal of Food Chemistry, 93(3): 467-474.

Chandra, R. & Rustgi, R. (1998) Biodegradable polymers program polymer science. Progress in Polymer Science, 23: 1273-1335.

Guilbert, S. and Gontard, N. (2005) Agro-polymers for edible and biodegradable films: Review of agricultural polymeric materials, physical and mechanical characteristics. In: Jung H. Han (Ed.). Innovations in food packaging. Elsevier Academic Press, USA. pp: 263-276.

Han, J.S. and Rowell, J.S. (1996) Chemical composition of fibers. In: R. M. Rowell and J. Rowell (Ed.). Paper and composites from agro based resources, CRC Press, USA. pp: 83-130.

Nourbakhsh, A., Ashori, A., and Kazemi-Tabrizi, A. (2013) Characterization and biodegradability of polypropylene composites using agricultural residues and waste fish. Composites Part B: Engineering, 56: 279-283.

Plackett, D. and Vazquz, A. (2004). Natural polymers sources. In: C. Baillie (Ed.). Green composites: Polymer composites and the Environment. CRC Press, USA. pp: 123-153.

Wan, Y.Z., Luo, H., He, F., Liang, H., Huang, Y. and Li, X.L. (2009) Mechanical, moisture absorption and biodegradation

behaviors of bacterial cellulose Fibre-reinforced starch Biocomposites. Composites Science and Technology, 69(7-8): 1212-1217.

Impact Strength and Physical Properties of Composite Made of Wood Flour-Fish Wastes (FW) and High Density Polyethylene (HDPE)

Ali Kazemi[1*], Mostafa Sefidrooh[2] and Meysam Mehdinia[3]

1) Ph.D. Student Department of Wood and Paper, Science and Technology, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. *Corresponding Author Email Address: eng_akt@yahoo.com
2) Ph.D. Student of Wood Composite Products, Young Researchers and Elite Club, Science and research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3) Ph.D. Student of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran.

Date of Submission: 2014/10/18 Date of Acceptance: 2015/02/18

Abstract

In this study, the effects of fish waste powder addition and the coupling agent Maleic Anhydride Poly Ethylene (MAPE) content on notched impact strength and physical properties of wood-plastic composite were studied. Wood flour (40%) was mixed with 60% of polyethylene (PE). Fish waste in three levels of 5, 10 and 15% was mixed into wood powder and coupling agent on three levels (0, 2 and 4) of PE in a domestic blender at 180 °C and a speed of 60 rpm. Standard composite samples were manufactured using injection molding. Notched impact strength and physical properties including water absorption and thickness swelling were measured. The results revealed that with a 15% increase in fish powder waste, the highest impact strength was gained along the lowest water absorption and thickness swelling. The increase in coupling agent concluded in impact strength and physical properties enhancement up to 4%.

Keywords: Physical properties, Fish waste powder, Composite, Injection molding, coupling agent, High density pthylene.