

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

علی کاظمی تبریزی^{۱*}، مصطفی سفیدروح^۲ و میثم مهدی نیا^۳

- (۱) دانشجوی دکتری صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. *رایانامه eng_akt@yahoo.com نویسنده مسئول:
- (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 پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۶

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 واکنش‌پذیری 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 واکنش‌پذیری 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

بسته‌بندی مواد غذایی بوده که تجزیه‌ناپذیر است. شکل نهایی اصلی پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی برای استفاده در صنایع غذایی شامل تولید انواع فیلم‌ها، بطری‌ها و ظرف‌های 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

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

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 تخریب پذیری چندسازه‌های چوبی به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ماده جدیدی به نام ضایعات آرد ماهی در ساخت چندسازه چوب پلاستیک می‌توان به مقدار قابل توجهی در زیست تخریب پذیری آنها کمک کرد.

در این مطالعه سعی شده است که علی‌رغم استفاده از ماتریس پلیمری پلی‌اتیلن سنگین، مقدار زیست تخریب پذیری به حداکثر خود رسانده شود. روش‌های مختلفی برای استفاده از الیاف طبیعی در تولید چندسازه‌های زیست تخریب پذیر 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 زیست تخریب پذیر 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 زیست تخریب پذیر است، شاید با استفاده توأم آن با آرد چوب در کامپوزیت چوب پلاستیک بتوان کامپوزیت مناسبی تولید کرد. هدف این مطالعه، اختلاط سلولز حاصل از آرد چوب مخلوط پهن‌برگ در مقادیر مختلف وزنی با آرد ضایعات ماهی و پلی‌اتیلن و ساخت چوب پلاستیک و در نهایت تاثیر ضایعات آرد ماهی در مقابل پلی‌اتیلن سنگین روی خواص فیزیکی و مقاومت به ضربه چوب پلاستیک 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.

از آن می‌تواند به مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی منجر شود. بنابراین استفاده از پلیمرهای نسبتاً زیست‌تخریب پذیر راه‌حل مناسبی برای مشکلات پلاستیک‌ها به نظر می‌رسد (Plackett & Vazquez, 2004). علی‌رغم خواص زیست‌تخریب‌پذیری خیلی خوب برخی از پلیمرهای طبیعی مثل اسید پلی‌لاکتیک، پلی‌هیدروکسی بوتیریت و کوپولیم‌های 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 به دلیل خواص مکانیکی و حرارتی قابل توجه به‌عنوان الیاف تقویتی در ساختمان چندسازه‌ها به کار می‌رود (Han & Rowell, 1996).

Plackett & Vazquez (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.

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 جفت کننده (۰،۲،۴ درصد) بود که در جدول ۴ نشان داده شده است.

آرد چوب از مخلوط پهن برگان ایران از کارخانه برنز اصفهان با حداکثر خشکی ۳ درصد تهیه گردید. از پلی اتیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید (MAPE) پودری شرکت کیمیا جاوید سپاهان با نام تجاری PE-G 101 به- عنوان عامل جفت کننده استفاده شد (جدول ۲). در این تحقیق از ضایعات آرد ماهی کیلکای تولیدی توسط

جدول ۱. مشخصات پلی اتیلن مورد استفاده در این پژوهش

ردیف	ماده	میزان
۱	شاخص جریان مذاب (گرم در ده دقیقه)	۲۰
۲	دانسیته (گرم بر سانتی متر 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 فاق دار (کیلوژول بر مترمربع)	۴
۹	فیلر معدنی (درصد)	-

جدول ۲. مشخصات عامل سازگار کننده 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 چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	کد تیمار	پلی اتیلن	پودر چوب	ضایعات آرد ماهی	جفت کننده
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

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 شکل پذیر به دست آمده از فرآیند اختلاط بلافاصله پس از جدا کردن از پرها و دیواره محفظه مخلوط کن در هوای آزاد قرار داده تا کاملاً سرد شوند.

برای اختلاط مواد از دستگاه مخلوط ساز 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 سانتی گراد بود. مواد لیگنوسلولزی، پلیمری و جفت کننده به همراه آرد ماهی ابتدا به خوبی با هم مخلوط و بعد به قیف تغذیه دستگاه اکسترودر در دو

جدول ۵. عوامل ثابت و متغیر پژوهش حاضر

عوامل متغیر	عوامل ثابت
جفت کننده	پلی اتیلن ۶۰ درصد
پودر ضایعات ماهی	آرد چوب ۴۰ درصد

داده شدند. برای ساخت نمونه های آزمون استاندارد به روش قالب گیری تزریقی از دستگاه تزریق نیمه صنعتی ساخت شرکت ایمن ماشین موجود در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. گرانولها در ابتدا به وسیله دستگاه قالب گیری تزریقی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد ذوب شده و با فشار زیاد به داخل قالب نمونه های کششی، خمشی و ضربه تزریق شدند. چهار

به منظور خرد کردن مواد سرد خارج شده از دستگاه مخلوط کن و تبدیل آن به گرانول برای تغذیه دستگاه تزریق از خردکن نیمه صنعتی (WIESER, WG-LS) (200/200, Germany) واقع در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران استفاده شد. گرانولها به منظور حذف رطوبت و آماده سازی برای عملیات تزریق به مدت ۲۴ ساعت در خشک کن با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد قرار

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).

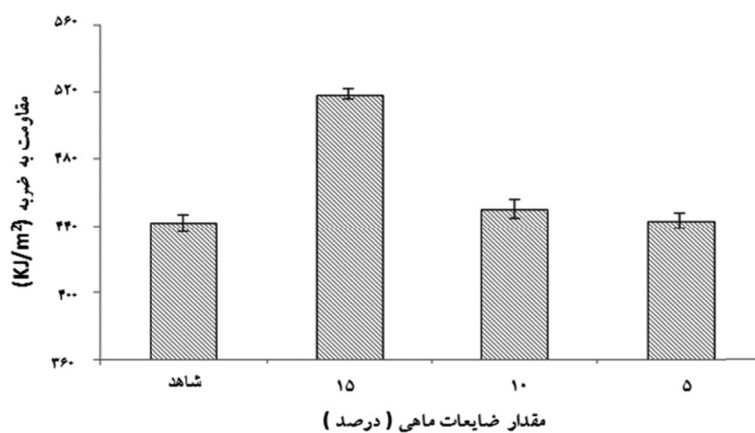
نمونه شکافدار، ساده، دهبلی شکل و نمونه آزمون خمش به وسیله آن قالب‌گیری شد. فشار تزریق ۱۰ مگاپاسکال و زمان سرد شدن ۲۰ ثانیه بود.

تمامی آزمون‌های فیزیکی نظیر دانسیته، جذب آب و واکنشیدگی 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

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

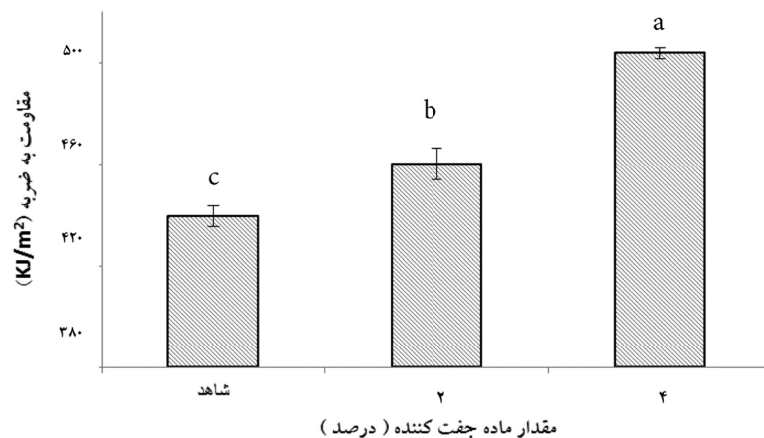
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح معنی‌داری
آرد ماهی	۲	۱۷۰/۰۹۹	۸۵/۰۵۰	۱/۲۹۵۴	۰/۲۹۸۱
جفت‌کننده	۲	۸۷/۱۲۹	۴۳/۵۶۵	۰/۶۶۳۶	۰/۰۱۸
آرد ماهی x جفت‌کننده	۴	۲۹۰/۶۸۵	۷۲/۶۷	۱/۱۰۶۹	۰/۳۸۳۷



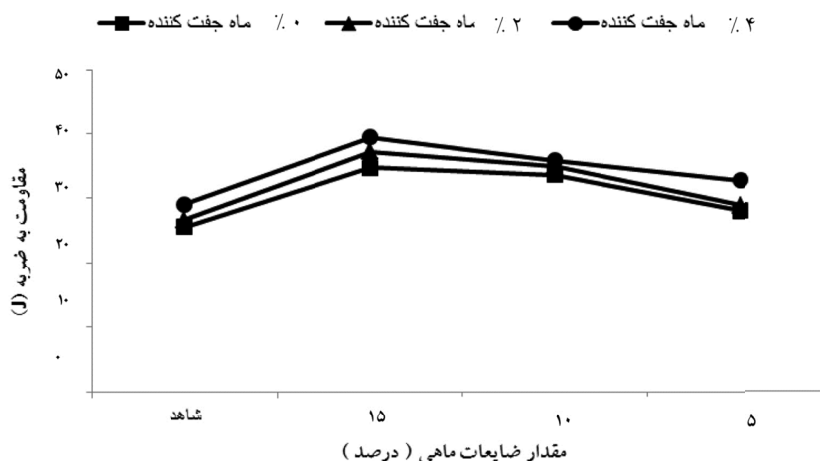
شکل ۱. اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر مقاومت به ضربه چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین

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).

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 به دست آمد که



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



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

ماهی و صفر درصد جفت‌کننده (به‌عنوان کمترین مقدار)، ۵۴/۳۶ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳).

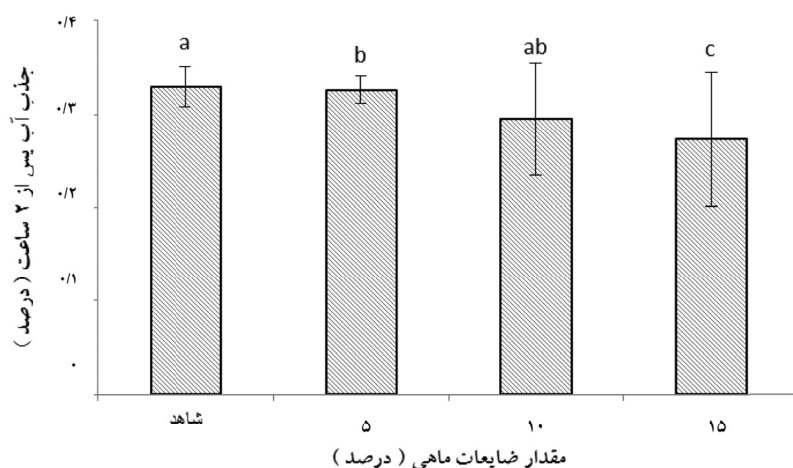
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر مستقل ضایعات ماهی بر جذب آب ۲ ساعت غیرمعنی‌دار و بر جذب آب ۲۴ ساعت معنی‌دار بود (جدول ۷). پایین‌ترین

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 به دست آمد که نسبت به میزان استفاده از ۱۵ درصد ضایعات

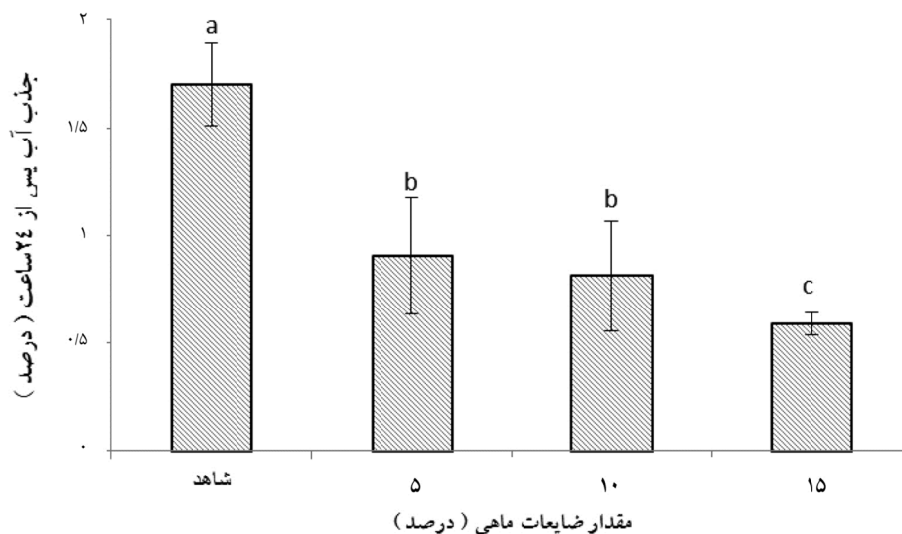
میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۳۳ و ۱/۷ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴ و ۵).
 ۰/۵۹ درصد بود که در تیمار ۱۵ درصد ضایعات ماهی به دست آمد. بالاترین مقدار جذب آب پس از ۲ و ۲۴

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

جذب آب پس از ۲ ساعت					
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار f	سطح معنی داری
آرد ماهی	۳	۰/۱۱	۰/۰۳۶	۲/۰۹	۰/۱۳
جفت کننده	۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲۸۸	۰/۰۲۱
آرد ماهی × جفت کننده	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
جفت کننده	۲	۳/۳۴	۱/۶۷	۶/۰۹	۰/۰۰۷
آرد ماهی × جفت کننده	۶	۴/۷۹	۰/۷۹	۲/۹۱	۰/۰۲۸



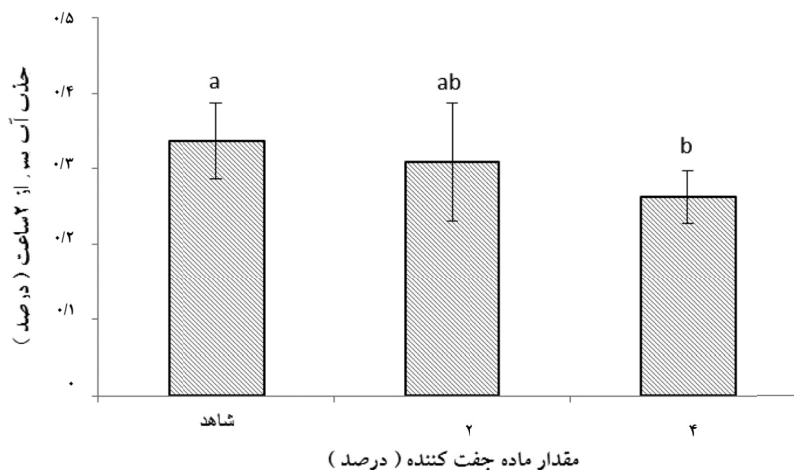
شکل ۴. اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر جذب آب پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین



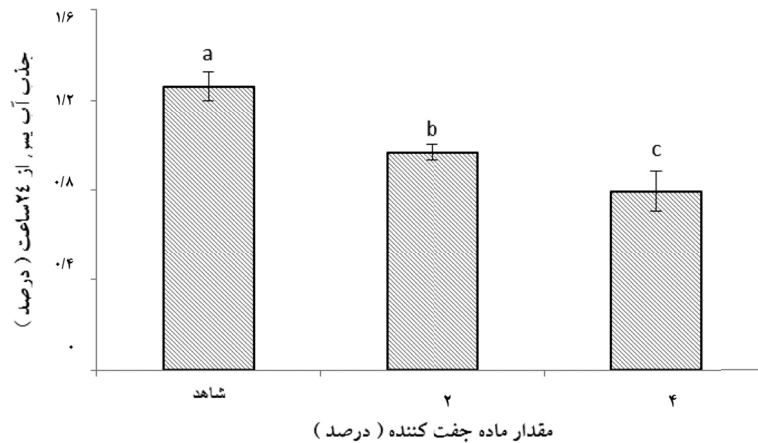
شکل ۵. اثر مستقل ضایعات آرد ماهی بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین

درصد است، ولی در تیمارهایی که مقدار جفت کننده آنها صفر درصد است مقدار جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت ۰/۳۴ و ۱/۲۶ درصد می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۲۳ و ۳۷ درصد افزایش داشته است.

اثر مستقل جفت کننده بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت اثر مستقل جفت کننده بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت معنی دار بود. کمترین مقدار جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت با توجه به شکل ۶ و ۷ به ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۷۹ درصد بوده که مربوط به تیمارهایی است که مقدار جفت کننده آنها ۴



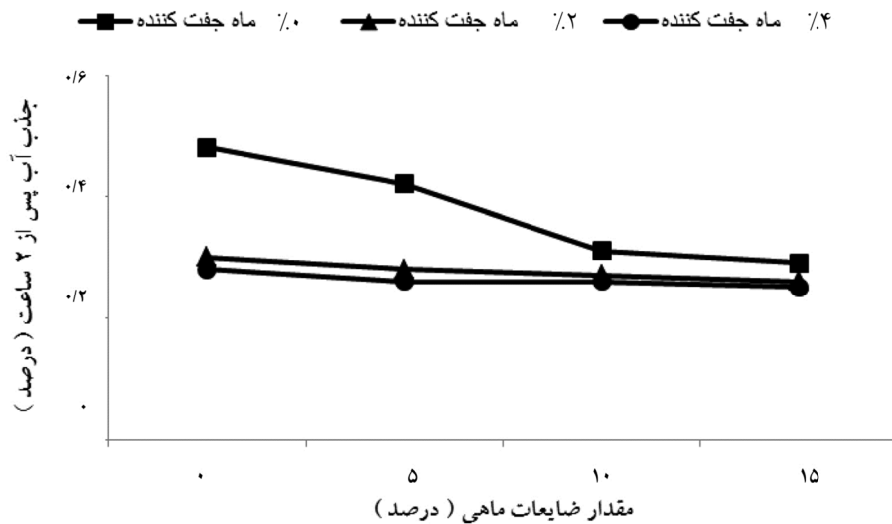
شکل ۶. اثر مستقل ماده جفت کننده بر جذب آب پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب- ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین



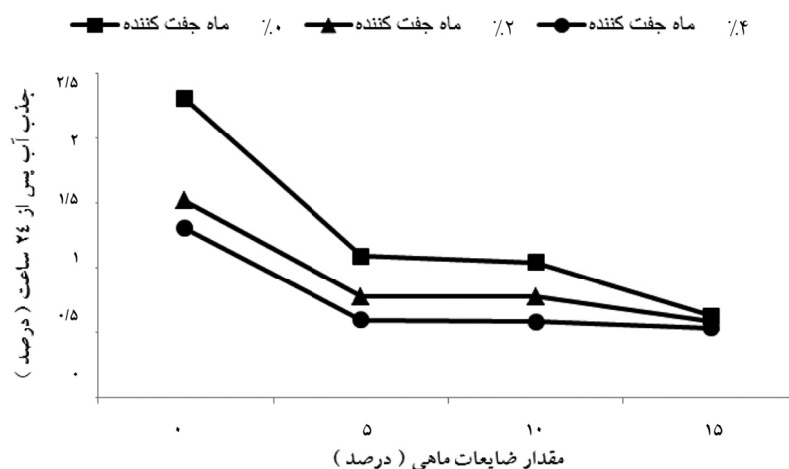
شکل ۷. اثر مستقل ماده جفت کننده بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین

درصد ضایعات به دست آمده و بالاترین مقدار جذب آب در تیمارهای با صفر درصد جفت کننده و صفر درصد ضایعات ماهی حاصل شد.

اثر متقابل ضایعات ماهی و جفت کننده بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت مطابق با جدول تجزیه واریانس و شکل ۸ و ۹ به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار بود. کمترین میزان جذب آب در استفاده از ۴ درصد جفت کننده و ۱۵



شکل ۸. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت کننده بر جذب آب پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین



شکل ۹. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت کننده بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی اتیلن سنگین

به دست آمد که در آن از ۱۵ درصد ضایعات ماهی استفاده شده است. بالاترین مقدار واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۱/۲۱ و ۱/۶۷ درصد مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۰ و ۱۱).

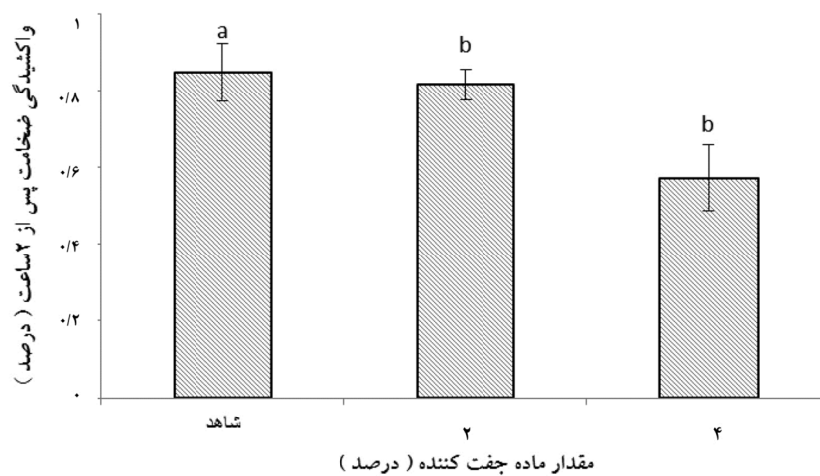
اثر مستقل ضایعات ماهی بر واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس معنی دار بود (جدول ۸). پایین ترین میزان واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۸۶ درصد

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

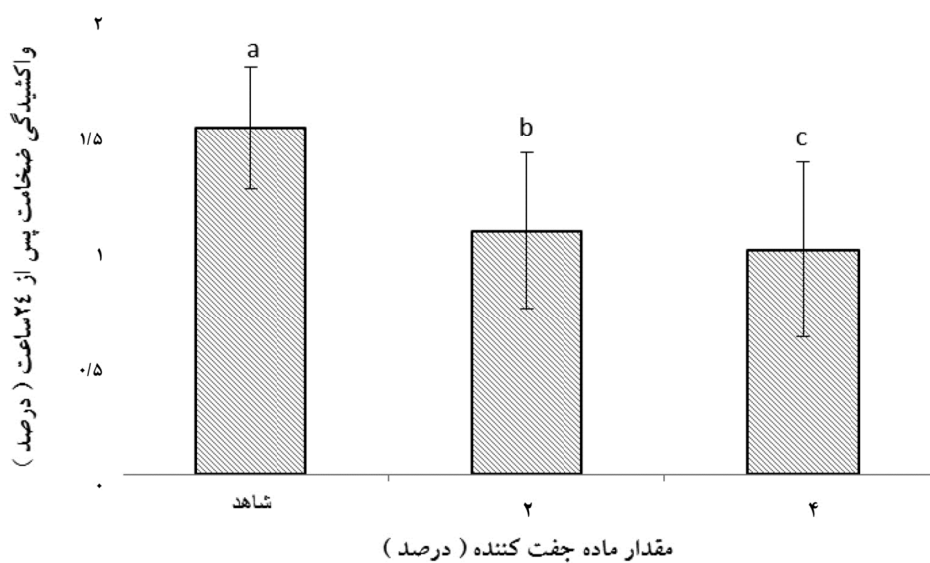
واکنش پذیری ضخامت پس از ۲ ساعت					
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون f	سطح معنی داری
آرد ماهی	۳	۱/۸۸	۰/۶۳	۱/۹۸	۰/۰۴۱
جفت کننده	۲	۱/۸۶	۰/۹۳	۲/۹۳	۰/۰۰۷
آرد ماهی x جفت کننده	۶	۸/۲۱	۱/۳۷	۴/۳۲	۰/۰۴۱
واکنش پذیری ضخامت پس از ۲۴ ساعت					
آرد ماهی	۳	۱/۲۱	۰/۴۱	۰/۸۴	۰/۰۱۸
جفت کننده	۲	۳/۰۹	۱/۵۵	۳/۲۳	۰/۰۳۷
آرد ماهی x جفت کننده	۶	۱۰/۲۹	۱/۷۲	۳/۵۸	۰/۰۱۱

که مقدار جفت کننده آنها ۴ درصد بود (شکل ۱۲ و ۱۳). با این حال در تیمارهایی که مقدار جفت کننده آنها صفر بود، مقدار واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۰/۸۵ و ۱/۵۸ درصد به دست آمد.

همان گونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) مشاهده می شود اثر مستقل جفت کننده بر واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار بود. کمترین مقدار واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب ۰/۵۷ و ۱/۰۳ درصد مربوط به تیمارهایی است



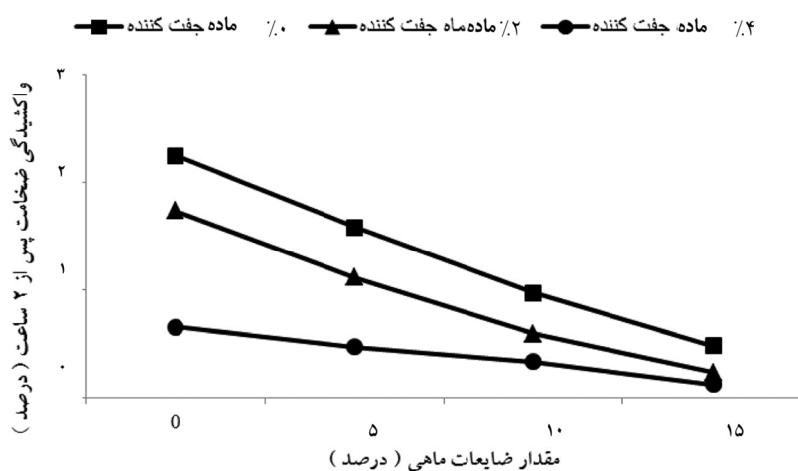
شکل ۱۰. اثر مستقل ماده جفت کننده بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین



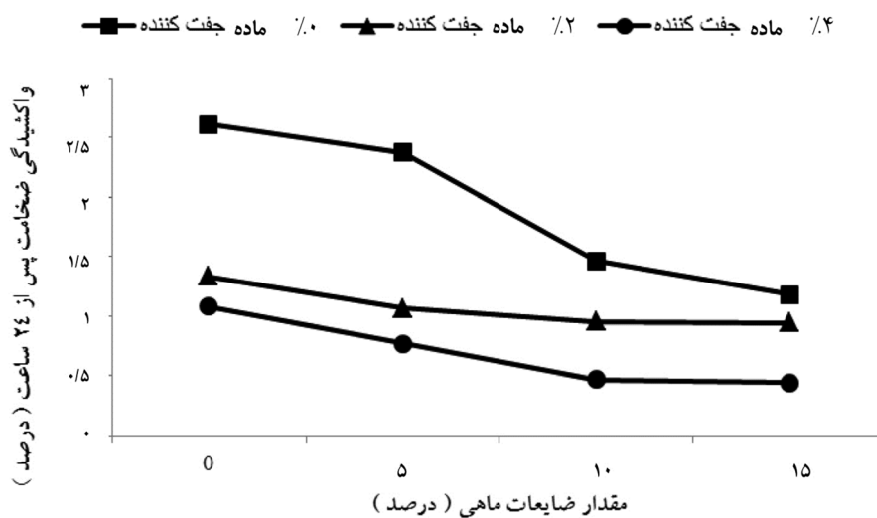
شکل ۱۱. اثر مستقل ماده جفت کننده بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی- پلی اتیلن سنگین

درصد و ۱۵ درصد ضایعات به دست آمده و بالاترین مقدار واکشیدگی ضخامت در تیمارهای با صفر درصد جفت کننده و صفر درصد ضایعات ماهی مشاهده شد.

اثر متقابل ضایعات ماهی و جفت کننده بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت معنی دار بود (شکل ۱۴). کمترین واکشیدگی ضخامت در استفاده از جفت کننده ۴



شکل ۱۲. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت کننده بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی اتیلن سنگین



شکل ۱۳. اثر متقابل ضایعات ماهی و ماده جفت کننده بر واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت چندسازه آردچوب-ضایعات ماهی-پلی اتیلن سنگین

بحث و نتیجه گیری

چربی (۷۰ درصد پروتئین، ۷/۸ درصد چربی و ۱۰ درصد رطوبت) تشکیل می دهد (جدول ۴) که موجب کاهش جذب آب و واکسیدگی ضخامت نمونه ها می شود. همچنین با افزایش مقدار ماده جفت کننده ویژگی های فیزیکی بهبود یافته که می توان گفت انجام

ویژگی های فیزیکی نمونه همان گونه که در نتایج مشاهده شد با افزایش ضایعات در ترکیب بهبود یافت که می توان علت آن را در ترکیبات ضایعات ماهی جستجو کرد. نزدیک به ۷۱ درصد ضایعات ماهی را پروتئین و

منابع

- تجوییدی، 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) Agropolymers 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 Vazquez, 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
- 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 (Ashori & Nourbakhsh, 2009؛ Wan et al., 2009).
- 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 (تجوییدی 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.

Composites Science and Technology,
69(7-8): 1212-1217.

behaviors of bacterial cellulose Fibre-
reinforced starch Biocomposites.

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

Ali Kazemi^{1*}, Mostafa Sefidrooh² and Meysam Mehdinia³

- 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.