

بتانسيل قابليت استفاده از ضايعات ليفي کشاورزي و مواد معدني در ساخت چندسازه چوب پلاستيك

امير نوربخش

- دانشيار، صنايع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

پست الکترونیک: nourbakhsh_amir@yahoo.com

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

چکیده

در این بررسی کاربرد ضایعات ليفي کشاورزي (ساقه ذرت، نی و کلزا) به‌عنوان ماده اولیه لیگنوسولوزی در چندسازه‌های گرمانرم مورد توجه قرار گرفته است. اثر افزودن کربنات کلسیم بر خواص مکانیکی مورد بحث قرار گرفته است. به‌طورکلی نتایج نشان داده است که افزودن ضایعات ليفي کشاورزي در چندسازه چوب پلاستيك به‌طور مشخص سبب بهبود خواص خمشی و کششی شده است. به‌طوری‌که ساقه کلزا دارای برتری محسوسی نسبت به دو ماده دیگر بوده است. ضریب کشیدگی بالاتر و خواص شیمیایی بهتر از جمله دلایل این برتری است. برتری خواص مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده به‌ترتیب در ساقه کلزا، ساقه ذرت و نی می‌باشد. خواص کششی و ضربه به‌طور مشخص با افزایش کربنات کلسیم با عدم اتصال مناسب بین الیاف و ماتریس پلیمر کاهش یافته، ولی مدول خمشی افزایش داشته است. به‌طورکلی نتایج نشان داده است که استفاده از ضایعات ليفي کشاورزي به‌عنوان تقویت‌کننده در چندسازه‌های چوب پلاستيك دارای خواص مکانیکی مورد انتظار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، پلی‌پروپیلن، پسماند ليفي کشاورزي، کربنات کلسیم، خواص مکانیکی.

مقدمه

چندسازه‌های چوب پلاستيك به‌تازگی مورد توجه بسیاری از صنایع و محققان قرار گرفته است. چندسازه‌های چوب پلاستيك امروزه دارای رشد بسیار وسیعی در دنیا هستند. رشد سالانه این صنعت در آمریکای شمالی تقریباً برابر ۱۸ درصد و در اروپا ۱۴ درصد می‌باشد (Wang et al., 2007; Ashori, 2008). چندسازه‌های چوب پلاستيك شامل ترکیبی از الیاف و مواد چوبی و پلیمرها می‌باشند. در این زمینه مواد چوبی دارای ویژگی‌های بسیار مناسبی برای استفاده در صنایع چندسازه‌ها می‌باشد. سطوح ویژه، دانسیته کم، مقاومت بالا، بدون فرسایش در فرایند ساخت، فراوانی،

تجدیدشوندگی و تخریب‌پذیری از جمله موارد بسیار مناسب یک ماده اولیه می‌باشد. به علت گسترش زیاد و دسترسی فراوان یک جایگزین مناسب به‌عنوان تقویت‌کننده می‌باشند (Nourbakhsh et al., 2009). در جریان تقاضای جهانی برای مواد اولیه ليفي شکل چوبی و غیرچوبی تحقیق و توسعه در زمینه استفاده از مواد ضایعاتی و سایر منابع مناسب مورد توجه قرار گرفته است (Stark, 2003 and Rowlands, 2003; Demir et al., 2006; Yu, et al., 2008; Shakeri et al., 2005; Ashori and Nourbakhsh, 2009). بر اساس تحقیقات و گزارش‌های انجام شده توسط Gorokhovskiy و همکاران (۲۰۰۵)، Panthapulakkal و

تحقیقات نشان داده است که به طور مشخص خواص خمشی با افزودن کربنات کلسیم بهبود می‌یابد (Yash, Khanna, ۲۰۰۶)، کربنات کلسیم در ابعاد ۷ میکرومتر و در دامنه ۱۲ تا ۳۲ درصد وزنی مدول خمشی چند سازه چوب پلاستیک را تا ۶۴ درصد افزایش داده است. همچنین مطابق با بررسی‌های انجام شده مشخص شده که در زمان استفاده از کربنات کلسیم میزان جذب آب و تغییر رنگ و مقاومت سایشی نسبت به مواد سلولزی مورد استفاده در چندسازه کاهش داشته است.

مطابق با بررسی‌های انجام شده توسط Klyosov (۲۰۰۷) استفاده از مواد معدنی نظیر کربنات کلسیم و کائولن سبب کاهش ویسکوزیته مذاب، کاهش اضمحلال حرارتی و کاهش اکسیداسیون نوری در شرایط جوی چندسازه نسبت به مواد چوبی شده است. در این بررسی که توسط شرکت Geodeck انجام شده، چندسازه تولیدی شامل ۵۰ درصد چوب، ۲۳ درصد کربنات کلسیم و ۲۵ درصد کائولن به همراه سایر افزودنی‌ها بوده است.

هدف از این تحقیق مطالعه پتانسیل قابلیت مواد ضایعاتی کشاورزی (ساقه ذرت، نی و کلزا) به عنوان ساقه‌های فیبری و تقویت‌کننده برای چندسازه‌های چوب پلاستیک می‌باشد. همچنین برآورد و مقایسه این مواد به عنوان جایگزین مواد اولیه چوبی مورد توجه می‌باشد. در این راستا اثرات افزودن درصد‌های مختلف کربنات کلسیم بر روی خواص مکانیکی نیز مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه چوبی

سه نوع ماده اولیه ضایعاتی کشاورزی در این بررسی مورد نظر قرار گرفت. این مواد شامل ساقه ذرت، ساقه نی و ساقه کلزا به میزان ۴۵ درصد بوده است. ترکیبات شیمیایی و مورفولوژیکی مواد لیگنوسلولزی مورد نظر در جدول ۱ آورده شده است. الیاف با استفاده از پالایش‌گر به روش خمیر سازی مکانیکی تهیه شدند. قبل از آماده‌سازی الیاف برای ساخت در آن به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت کمتر از ۳ درصد خشک گردیدند.

Sain (۲۰۰۷)، Yu و همکاران (۲۰۰۸) و Wang و همکاران (۲۰۰۷) در میان جایگزین‌های مناسب برای توسعه چندسازه‌های چوب پلاستیک استفاده از محصولات جانبی کشاورزی یا مواد ضایعاتی لیفی کشاورزی (شامل ساقه‌غلات، پوسته و شلتوک برنج، الیاف نارگیل، باگاس، ذرت و پوسته‌های مختلف غلات و انواع ضایعات به دست آمده از محصولات کشاورزی) مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از مواد ضایعاتی کشاورزی به عنوان یک تقویت‌کننده در تولید چندسازه‌های چوب پلاستیک می‌تواند پتانسیل قابلیت بسیار مناسبی در کشورهایی که دارای منابع چوبی کم می‌باشند، مورد استفاده قرار گیرد (Panthapulakkal, 2007 and Sain).

Copuer و همکاران (۲۰۰۷) نیز معتقدند که محصولات جانبی ضایعات کشاورزی به عنوان یک جایگزین مناسب به علت گستردگی، قابل دسترسی آسان، فراوانی، تجدیدشوندگی، مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی مورد توجه قرار گیرند.

چندسازه‌های چوب پلاستیک در دو دهه اخیر فعال‌تر شده است. صنایع پلاستیک به طور تجاری از مواد تالک، کربنات کلسیم، میکا و الیاف مصنوعی برای اصلاح پلاستیک‌ها استفاده می‌کنند. طبق گزارش Eckert در سال ۲۰۰۰ میلادی در حدود ۲/۵ میلیون کیلوگرم معادل ۵/۵ میلیون پوند از این نوع پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها استفاده شده است. کربنات کلسیم فراوانترین ماده معدنی دارای خواصی مانند سفیدی رنگ، سایش کم، کم بودن انرژی اختلاط، دامنه وسیع ابعادی و بهای کم بوده که در حدود ۱۵ درصد کل مواد معدنی دنیا را شامل می‌شوند، این ماده در سه رده کریستالینی طبقه‌بندی شده که شامل کلسیت، آراگونیت و واتریت می‌باشد که فقط کلسیت دارای ویژگی‌های منحصربه‌فرد بوده است. کلسیت دارای کاربردهای متفاوتی مانند صنایع پلاستیک و لاستیک‌سازی، کاغذ، محصولات پوششی، چسب‌ها و صنایع بافندگی می‌باشد (Kocsis, 1999). در چندسازه‌هایی که در ترکیب آنها از مواد معدنی مثل کربنات کلسیم استفاده می‌شود سبب کاهش برخی از خواص مکانیکی شده ولی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر بوده و دارای حداقل خواص مورد انتظار می‌باشد.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی و مورفولوژیکی مواد اولیه سلولزی مورد استفاده

ترکیبات شیمیایی	ساقه ذرت	ساقه کلزا	ساقه نی
سلولز (%)	۴۶/۵	۵۵/۷	۴۸/۲
لیگنین (%)	۱۴/۲	۲۳/۵	۲۲/۷
مواد استخراجی* (%)	۳/۶	۳/۵	۳/۲
خاکستر (%)	۱/۲	۴/۱	۱/۱
طول الیاف (میلی متر)	۱/۰۱	۱/۳۱	۰/۹۸
ضریب کشیدگی (نسبت طول به قطر)	۶۴/۱	۷۸/۷	۴۶/۵

* -حلال در آب گرم

پلی پروپیلن

پلی پروپیلن (PP) به عنوان زمینه از شرکت پتروشیمی بندر امام به شکل ذرات پلت و با شاخص جریان مذاب ۷-۱۰ گرم بر دقیقه و دانسیته ۰/۹۵ گرم بر سانتیمتر مکعب تهیه گردید.

جفت کننده پلی پروپیلنی گرافت شده با مالیک انیدرید (MAPP):

در این بررسی از انیدرید مالیک پلی پروپیلنی گرافت شده (MAPP) به میزان ۲ درصد با وزن مولکولی ۵۲۰۰۰، عدد اسیدی ۹ میلی گرم KOH/g، نقطه ذوب ۱۵۸ درجه سانتی گراد، ویسکوزیته بروکفیلد ۴۰۰۰۰ سانتی پواز در دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد از شرکت اشتمن آلمان تهیه گردید.

کربنات کلسیم (CaCO₃):

از کربنات کلسیم با درجه آزمایشگاهی از محصولات سیگما-آلدریج با وزن مولکولی ۱۰۰/۰۹ و دانسیته ۲/۹۳ گرم بر میلی لیتر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد استفاده شد.

روش ساخت:

ترکیبات و مخلوط سازی تیمارهای مختلف در جدول ۲ آورده شده است. چندسازه چوب پلاستیک در دو مرحله تهیه گردید. در مرحله اول الیاف سلولزی، جفت کننده و پلی پروپیلن و پودر کربنات کلسیم با ترکیبات و درصدهای متفاوت توسط دستگاه آزمایشگاهی اکسترودر دو ماردونه مخلوط سازی شدند. دمای مخلوط سازی اکسترودر دو ماردونه ۱۶۵، ۱۷۰،

۱۷۵، ۱۸۰ و ۱۸۵ درجه سانتی گراد با سرعت ۷۰ دور در دقیقه تنظیم گردید. در مرحله دوم مواد اکسترودر شده به شکل مفتول خنک سازی شده و بعد توسط دستگاه گرانول ساز برابندر مدل CW به شکل گرانول درآمدند. گرانول های به دست آمده در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد برای ۲۴ ساعت قبل از قالب گیری تزریقی خشک شدند. در مرحله بعدی گرانول ها توسط دستگاه قالب گیری تزریقی ایمن ماشین به قطعات آزمونی مطابق با استاندارد ASTM تبدیل شدند.

جدول ۲- ترکیبات و تیمارهای مختلف در سه ماده

لیگنوسلولزی

گونه	درصد کلسیم کربنات
ذرت	۱۰
کلزا	۲۰
نی	۱۰
	۲۰

اندازه گیری خواص مکانیکی

تمام نمونه های آزمونی مطابق با آیین نامه های استاندارد ASTM-D 638 برای خواص کششی، ASTM-D 790 برای خواص خمشی و ASTM-D 256 برای

و در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم افزار C-MSTAT انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

جدول ۳ خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی و اثرات مستقل و متقابل نوع الیاف سلولزی و درصد کربنات کلسیم را در سطح ۱ و ۵ درصد نشان می‌دهد. همچنین مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مقاومت به ضربه فاق دار آیزود آزمایش گردیدند. نمونه‌های کششی و خمشی با استفاده از دستگاه Instron (1186) در سرعت ۱/۵ و ۲ میلی متر بر دقیقه به ترتیب آزمایش شدند. برای آزمون استحکام کششی نمونه‌های دمبلی شکل از نوع III با ضخامت ۱۲ میلی متر تهیه گردید. دستگاه آزمایشگر مقاومت به ضربه از نوع Zwick 1446 انتخاب شد. نتایج ارائه شده، میانگین حداقل ۶ نمونه برای هر تیمار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون فاکتوریل دو عامله

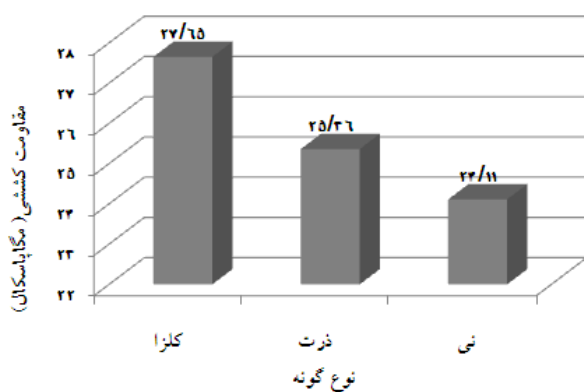
جدول ۳- خلاصه تجزیه واریانس مقاومت‌های مکانیکی

منبع	مقاومت کششی	مدول کششی	مقاومت خمشی	مدول خمشی	مقاومت به ضربه
نوع الیاف سلولزی	***/۰۱۷	***/۰۱۲	***/۰۴۱	ns/۲۱۸	**/۰۳۲
درصد کلسیم کربنات	***/۰۰۰	**/۰۱۱	**/۰۲۹	**/۰۱۲	**/۰۲۶
اثر متقابل (نوع الیاف سلولزی * درصد کلسیم کربنات)	***/۰۰۱	**/۰۲۲	ns/۰۸۲	ns/۲۸۵	**/۰۴۵

خواص کششی

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثرات مستقل نوع ماده سلولزی بر مقاومت و مدول کششی در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد. همان گونه که در شکل ۱ مشخص شده است اثرات مستقل نوع ماده سلولزی در سطح ۱ درصد بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک

معنی دار شده است. نتایج نشان داده است که استفاده از گونه کلزا سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به دو نوع ماده سلولزی دیگر شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که استفاده از گونه کلزا در گروه برتر (a) قرار داشته و نسبت به گونه ذرت که در گروه بعدی (b) قرار دارد دارای افزایش ۹/۲۴ درصدی می‌باشد.

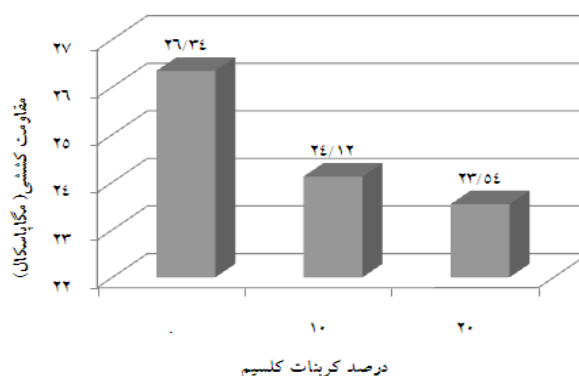


شکل ۱- اثر مستقل نوع ماده سلولزی بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک

از گونه کلزا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به گونه ذرت که در گروه بعدی (b) قرار دارد دارای افزایش ۱۲/۸۹ درصدی می باشد.



همچنین استفاده از گونه کلزا سبب افزایش مدول کششی نسبت به گونه ذرت شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده



شکل ۲- اثر مستقل درصد کربنات کلسیم بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک

کربنات کلسیم که در گروه بعدی (b) قرار دارد دارای افزایش ۱۰/۵۶ درصدی می باشد.

همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از تیمار کلزا به همراه ۱۰ درصد کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت کششی شده که در گروه بعدی (c) قرار گرفته است.

شکل شماره ۴ اثر متقابل استفاده از کربنات کلسیم و نوع ماده لیگنوسولوزی را بر مدول کششی چندسازه نشان می دهد. نتایج نشان داده است که استفاده از گونه کلزا بدون کربنات کلسیم سبب افزایش مدول کششی نسبت به سایر تیمارها شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که تیمار کلزا بدون کربنات کلسیم در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به تیمار ساقه ذرت بدون کربنات کلسیم که در گروه بعدی (b) قرار دارد دارای افزایش ۶/۲۳ درصدی می باشد.

همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از تیمار کلزا به همراه ۱۰ درصد کربنات کلسیم سبب افزایش مدول کششی شده که در گروه بعدی (c) قرار گرفته است. البته استفاده از مواد معدنی نظیر کربنات کلسیم و کائولن سبب کاهش ویسکوزیته مذاب، کاهش اضمحلال حرارتی و کاهش اکسیداسیون نوری در شرایط جوی چندسازه نسبت به مواد جویی شده می شود (Klyosov, 2007).

همان گونه که در شکل ۲ مشخص شده است اثرات مستقل درصد کربنات کلسیم در چندسازه چوب پلاستیک در سطح ۱ و ۵ درصد بر خواص کششی چند سازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج مقاومت و مدول کششی نشان داده است که عدم استفاده از کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت و مدول کششی نسبت به ۱۰ درصد کربنات کلسیم شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که در زمان عدم استفاده از کربنات کلسیم در گروه برتر (a) قرار می گیرد. البته در تیمارهایی که از ۱۰ درصد کربنات کلسیم استفاده شده است در گروه بعدی (b) قرار می گیرد.

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثر متقابل نوع ماده چوبی و درصد کربنات کلسیم بر مقاومت و مدول کششی در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار می باشد. همان گونه که در شکل ۳ مشخص شده است اثر متقابل میان نوع ماده سلولزی و درصد کربنات کلسیم در سطح ۱ درصد بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است.

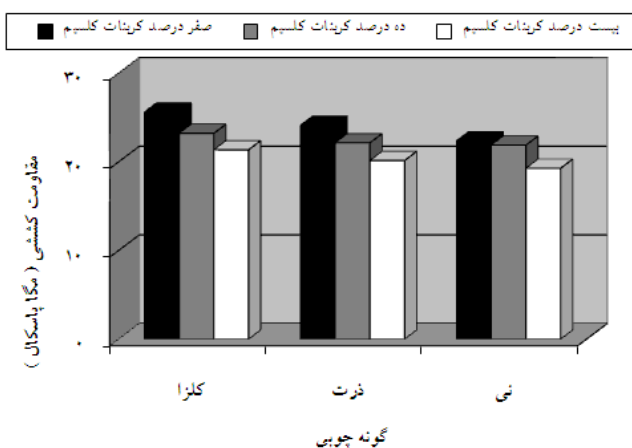
نتایج نشان داده است که استفاده از الیاف ساقه کلزا بدون کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت کششی نسبت به سایر تیمارها شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که تیمار کلزا بدون کربنات کلسیم در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به تیمار گونه ذرت بدون

خواص خمشی

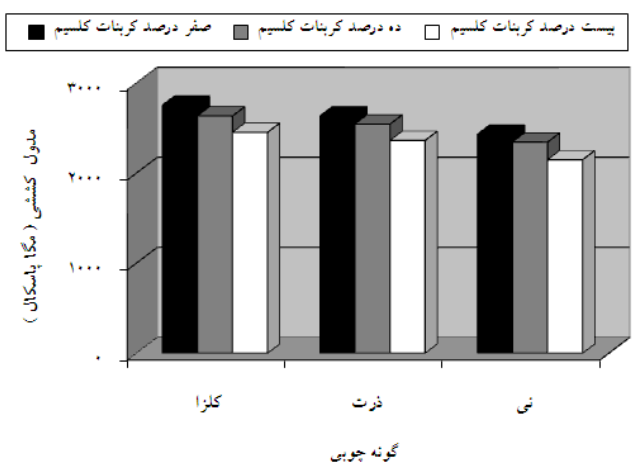
با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثرات مستقل نوع ماده سلولزی بر مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد. همان گونه که در شکل ۵ مشخص شده است اثرات مستقل ماده سلولزی در سطح ۵ درصد بر خواص کششی چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج نشان داده است که استفاده از گونه کلزا سبب افزایش مقاومت خمشی نسبت به دو نوع ماده سلولزی دیگر شده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از گونه کلزا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به گونه ذرت که در گروه بعدی (b) قرار دارد دارای افزایش ۱۰ درصدی می باشد.

همان گونه که در شکل ۶ مشخص شده است اثر مستقل درصد کربنات کلسیم در سطح ۵ درصد بر خواص خمشی چند سازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج مقاومت خمشی نشان داده است که عدم استفاده از کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت خمشی نسبت به ۱۰ و ۲۰ درصد کربنات کلسیم شده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که در زمان عدم استفاده از کربنات کلسیم مقاومت خمشی در گروه برتر (a) قرار می گیرد. در تیمارهایی که از ۱۰ درصد کربنات کلسیم استفاده شده است در گروه بعدی (b) قرار می گیرد.

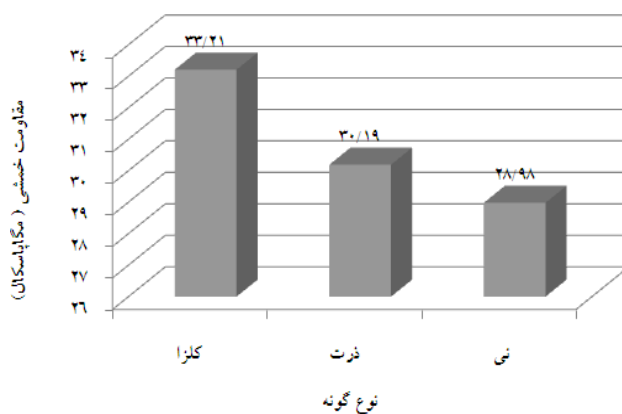
نتایج مدول خمشی نشان داده است که استفاده از ۱۰ درصد کربنات کلسیم سبب افزایش مدول کششی چندسازه نسبت به ۲۰ درصد کربنات کلسیم و بدون استفاده از آن گردیده است. تیمارهایی که با استفاده از ۱۰ درصد کربنات کلسیم به همراه سایر افزودنی های چندسازه ساخته شده اند در گروه برتر (a) قرار گرفته اند. نتایج به دست آمده با بررسی های Yash و Khanna (۲۰۰۶) مورد ارزیابی قرار گرفته و نشان داده است که کربنات کلسیم ۱۲ تا ۳۲ درصد مدول خمشی چند سازه چوب پلاستیک را تا ۶۴ درصد افزایش داده است.



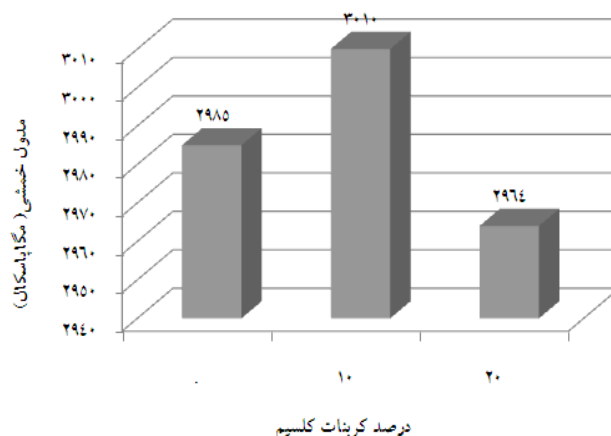
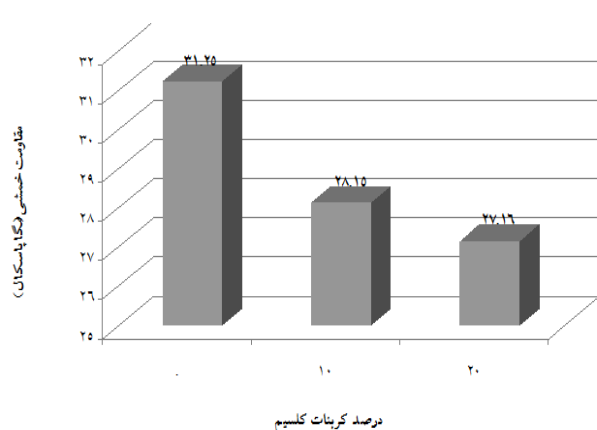
شکل ۳- اثر متقابل بین نوع ماده سلولزی و درصد کربنات کلسیم بر مقاومت کششی چندسازه چوب پلاستیک



شکل ۴- اثر متقابل بین ماده سلولزی و درصد کربنات کلسیم بر مدول کششی چندسازه چوب پلاستیک



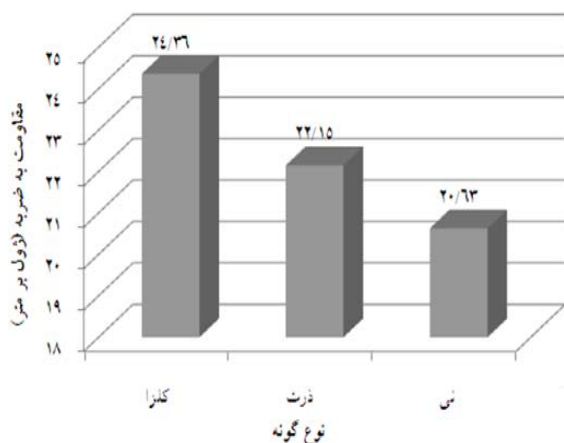
شکل ۵- اثر مستقل ماده سلولزی بر مقاومت خمشی چندسازه چوب پلاستیک



شکل ۶- اثر مستقل کربنات کلسیم بر خواص خمشی چندسازه چوب پلاستیک

خواص ضربه

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص شده است که اثر مستقل نوع ماده سلولزی بر مقاومت به ضربه در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد. همان گونه که در شکل شماره ۷ مشخص شده است اثرات مستقل ماده سلولزی در سطح ۵ درصد بر مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج نشان داده است که استفاده از گونه کلزا سبب افزایش مقاومت به ضربه نسبت به دو نوع ماده سلولزی دیگر شده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که استفاده از گونه کلزا در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به گونه ذرت که در گروه



شکل ۷- اثر مستقل ماده سلولزی بر مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک



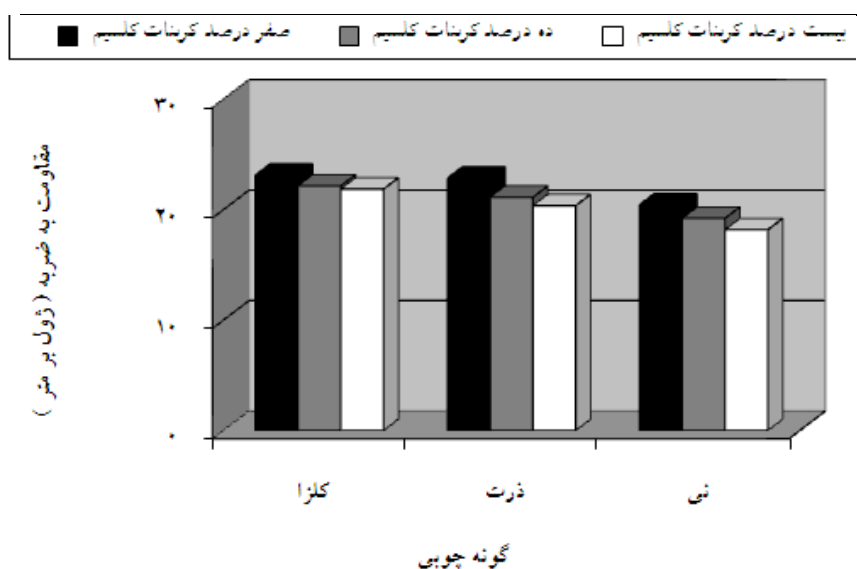
شکل ۸- اثر مستقل کربنات کلسیم بر مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک

همان گونه که در شکل ۸ مشخص شده است اثر مستقل درصد کربنات کلسیم در سطح ۵ درصد بر مقاومت به ضربه چند سازه چوب پلاستیک معنی دار شده است. نتایج مقاومت به ضربه نشان داده است که عدم استفاده از کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت به ضربه نسبت به ۱۰ درصد کربنات کلسیم گردیده است. با مقایسه میانگین ها به روش دانکن نیز ملاحظه می شود که در زمان عدم استفاده از کربنات کلسیم در گروه برتر (a) قرار می گیرد. البته در تیمارهایی که از ۱۰ درصد کربنات کلسیم استفاده شده است در گروه بعدی (b) قرار می گیرد. (b) قرار دارد دارای افزایش ۹/۹۷ درصدی می باشد.

که در گروه بعدی (b) قرار دارد دارای افزایش ۵/۷۳ درصدی می‌باشد.

همچنین نتایج نشان داده است که استفاده از تیمار کلزا به همراه ۱۰ درصد کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت به ضربه شده که در گروه بعدی (c) قرار گرفته است.

شکل شماره ۹ اثر متقابل میان استفاده از کربنات کلسیم و گونه را بر مقاومت به ضربه چندسازه نشان می‌دهد. نتایج نشان داده است که استفاده از گونه کلزا بدون کربنات کلسیم سبب افزایش مقاومت به ضربه نسبت سایر تیمارها شده است. با مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نیز ملاحظه می‌شود که تیمار کلزا بدون کربنات کلسیم در گروه برتر (a) قرار داشته که نسبت به تیمار گونه ذرت بدون کربنات کلسیم



شکل ۹- اثر متقابل بین ماده سلولزی و درصد کربنات کلسیم بر مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک

بحث

کاهش جزئی مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه فاق‌دار شده است.

مدول خمشی چندسازه چوب پلاستیک با افزودن ۱۰ درصد کربنات کلسیم افزایش داشته است.

خواص مکانیکی چندسازه‌هایی که در ترکیب آنها از مواد معدنی مثل کربنات کلسیم استفاده شده سبب کاهش شده است. ولی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر بوده و دارای حداقل خواص مورد انتظار مطابق با استاندارد می‌باشند.

در این تحقیق استفاده از سه نوع پسماند لیفی کشاورزی

- در سه سطح (ساقه کلزا، ساقه ذرت و نی) به‌عنوان ماده اولیه سلولزی به میزان ۴۵ درصد و همچنین کربنات کلسیم در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) در تولید چندسازه چوب پلاستیک مورد توجه قرار گرفته است.

• نتایج نشان داده است که:

- استفاده از ساقه کلزا با ضریب کشیدگی بالاتر و خواص شیمیایی بهتر ویژگی‌های مکانیکی بالاتری نسبت به ساقه ذرت و نی به‌دست آورده است.

- استفاده از کربنات کلسیم (CaCO₃) به‌عنوان ماده پرکننده سبب کاهش مقاومت و مدول کششی به‌طور مشخص و

- منابع مورد استفاده**
- Panthapulakkal, S., Sain, M., 2007. Agro-residue reinforced high-density polyethylene composites: fiber characterization and analysis of composite properties. *Composites Part A* 38 (6), 1445–1454.
 - Shakeri, A., Tabarsa, T., Tabari, A., 1384. Investigation on the Effect of Type, Quantity and Size of Straw Particles on the Mechanical Properties of Crops Straw-High Density Polyethylene Composites. *Polymer Science and Technology Journal*. 6, 377-382
 - Stark, N.M., Rowlands, R.E., 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood Fiber Science* 35 (2), 167–174.
 - Wang, Y.C., Wong, P.M.H., Kodur, V., 2007. An experimental study of the mechanical properties of fibre reinforced polymer (FRP) and steel reinforcing bars at elevated temperatures. *Composite Structures* 80 (1), 131–140.
 - Wang, Z., Wang, E., Zhang, S., Wang, Z., Ren, Y., 2009. Effects of cross-linking on mechanical and physical properties of agricultural residues/recycled thermoplastics composites. *Industrial Crops and Products* 29 (1), 133–138.
 - Yash P. Khanna PhD - Polymer Science & Engineering InnoPlast Solutions, Inc. 735 Aran Drive Roswell, GA 30076, USA
 - ASTM, 1999. Annual book of ASTM standards. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, United States.
 - Ashori, A., 2008. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries! *Bioresource Technology* 99 (11), 4661–4667.
 - Ashori, A., Nourbakhsh, A., 2009a. Effects of nanoclay as a reinforcement filler on the physical and mechanical properties of wood based composite. *Composite Materials* 43 (18), 1869–1875.
 - Copuer, Y., Guler, C., Akgul, M., Tas_cioglu, C., 2007. Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment* 42 (7), 2568–2572.
 - Demir, H., Atikler, U., Balkose, D., Tihminlioglu, F., 2006. The effect of fiber treatments on the tensile and water sorption properties of polypropylene-Luffa fiber composites. *Composites Part A* 37 (3), 447–456.
 - Gorokhovskiy, A.V., Escalante-Garcia, J.I., Gashnikova, G.Yu., Nikulina, L.P., Artemenko, S.E., 2005. Composite materials based on wastes of flat glass processing. *Waste Management* 25 (7), 733–736.
 - Kocsis J.K., *Polypropylene: An A-Z Reference*, Kluwer Academic Publishers, London 1999 p241
 - Nourbakhsh, A., Ashori, A., 2009. Preparation and properties of wood plastic composites made of recycled HDPE. *Composite Materials* 43 (8), 877

The potential of agricultural residue fibers and mineral material in wood plastics composites production

A. Nourbakhsh

-Associate Prof., Wood Science and Products Research Division, Iran Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, Email: nourbakhsh_amir@yahoo.com

Received: April, 2014 Accepted: July, 2015

Abstract

This article presents the potential of the application of agricultural residue fibers (i.e., corn stalk, reed stalk, and oilseed stalk) in the production of composites and compares their suitability as reinforcement for thermoplastics as an alternative to wood fibers. The effects of fiber loading and CaCO₃ content on the mechanical properties of the composites were also studied. Overall trend showed that with the addition of agricultural residue fibers, tensile and flexural properties of the composites are significantly enhanced. Oilseed fibers showed superior mechanical properties due to their high aspect ratio and chemical characteristics. The order of improvement in the mechanical properties of the composites is oilseed stalk > corn stalk > reed stalk at all fiber loadings. The tensile and impact properties of the composite significantly decreased with increasing CaCO₃ content but flexural modulus increased, due to the reduction of interfacial bond between the fiber and matrix. It can be concluded that agro-waste materials are attractive reinforcements from the standpoint of mechanical properties.

Keywords: Composites, polypropylene, agricultural residues fibers, calcium carbonate, mechanical properties.