

## ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی چند سازه چوب-پلاستیک ساخته شده از ضایعات ساقه کلزا و پلی پروپیلن

طاهره قلی پور<sup>۱\*</sup>، حسین رنگ آور<sup>۲</sup> و ابوالفضل کارگرفرد<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران  
پست الکترونیک: gholipour\_t@yahoo.com

۲- استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

۳- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

### چکیده

در این پژوهش خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب - پلاستیک ساخته شده از پودر ساقه کلزا و چوب با مورد بررسی قرار گرفت. پودر ساقه کلزای مورد استفاده به دو صورت با مغز و مغز زدایی شده و مقدار آن در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نسبت به جرم خشک چوب، عوامل متغیر این تحقیق در نظر گرفته شدند. نمونه‌ی شاهد نیز از آرد چوب و پلی- پروپیلن تهیه شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مطابق با استاندارد EN اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که افزایش نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب تا سطح ۲۵ درصد سبب افزایش مقاومت به پیچ عمود بر سطح شد. همچنین افزایش همین عامل تا سطح ۵۰ درصد باعث افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها شد. اما میزان بیشتر درصدهای بیان شده سبب کاهش مقاومت‌های مکانیکی گردید. افزایش نسبت اختلاط پودر کلزا به پودر چوب افزایش میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت را در پی داشت. همچنین نمونه‌های بدون مغز (بافت اسفنجی ساقه کلزا) در تمامی تیمارها نسبت به چندسازه‌های حاوی مغز دارای کمترین میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت و بالاترین ویژگی‌های مکانیکی ذکر شده (مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته) بودند.

واژه‌های کلیدی: ساقه کلزا، چندسازه، پلی پروپیلن، مقاومت به پیچ عمود بر سطح، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

### مقدمه

میکروبی و ... است که در فرایندی مانند اکستروژن، قالب تحت فشار و تزریق تولید می‌شود. امروزه الیاف سلولزی جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف کامپوزیتی مانند چندسازه‌های چوب-پلاستیک پیدا کرده و هر روز بر کاربرد صنعتی آنها افزوده می‌شود (Clemons, 2002)

چندسازه<sup>۱</sup> (WPC) از مخلوط پلیمر، الیاف لیگنوسلولزی و افزودنی‌هایی مانند روان کننده، سازگار کننده، رنگ دانه، ضد خوردگی، ضد اشعه فرابنفش، ضد

1 - Wood plastic composite

Sain *et al.*, (2003) چندسازه‌های هیبریدی پلی- پروپیلن را مورد بررسی قرار داده و از الیاف خمیر کاغذ، شاهدانه، کتان و پودر چوب به‌عنوان فاز تقویت کننده استفاده کردند. چندسازه‌ی ساخته شده با الیاف خمیر کاغذ به علت داشتن ضریب ظاهری بالاتر، بیشترین مقاومت کششی را داشت و وجود (MAPP) به علت گروه‌های فعال زیاد و وزن مولکولی بالا در بهبود خواص مقاومتی چندسازه‌های هیبریدی بسیار اثربخش بود.

Razavi *et al.*, (2006) خواص مکانیکی و جذب آب چندسازه‌های ذرات شلتوک برنج و پلی‌پروپیلن را مورد بررسی قرار دادند. مقادیر مختلفی از شلتوک برنج (بین صفر تا ۴۰ درصد وزنی) با ماتریس پلی‌پروپیلنی مخلوط شده و از MAPP به‌عنوان ماده جفت‌کننده استفاده شد. نتایج نشان داد که مدول خمشی و کششی در سطوح ۴۰ درصد شلتوک برنج، بالاترین مقدار را دارا بودند و مقاومت خمشی بهبود یافته و تغییر طول و انرژی در نقطه شکست کاهش پیدا کردند. همچنین میزان درصد جذب آب با افزودن مقدار شلتوک برنج افزایش یافت.

میرمهدی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر مقدار پرکننده و انواع مختلف آرد چوب را بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه پلی‌اتیلن-آرد چوب درخت خرما حاصل از هرس سالانه مورد مطالعه قرار دادند. انواع مختلف چوب نخل شامل: ساقه، برگ، و مخلوط ساقه و برگ بود. چندسازه‌ها با ۴۵، ۶۰ و ۷۰ درصد وزنی از این پرکننده ساخته شدند. نتایج بیانگر آن بود که با افزایش مقدار پرکننده، ویژگی‌های مکانیکی یعنی مدول گسیختگی و مقاومت کششی نمونه‌ها کاهش و مدول الاستیسیته خمشی افزایش یافت. مدول الاستیسیته خمشی تخته‌های ساخته-

(Shahdifar *et al.*, 2010). به علت مشکلات زیست محیطی و هزینه‌ی زیاد استفاده از الیاف مصنوعی در تولید چندسازه‌ها پژوهش‌های گسترده‌ای برای جایگزینی این الیاف با الیاف طبیعی انجام شده است. از جمله مزایای استفاده از الیاف سلولزی به جای الیاف مصنوعی، سازگاری خوب آنها با محیط زیست، تجدیدپذیری، مصرف انرژی کم برای تولید، فراوانی و کاهش خوردگی دستگاه‌های تزریق است. یکی از منابع مهم سلولزی که می‌تواند در ساخت چندسازه‌های چوب-پلاستیک مورد استفاده قرار گیرد ضایعات ساقه‌ی کلزا می‌باشد که در حال حاضر پسماند حاصل از برداشت آن بدون کاربرد خاصی از بین می‌رود. پژوهشگران زیادی روی خواص فیزیکی و مکانیکی این کامپوزیت‌ها مطالعه کرده و سعی کرده‌اند تا ارتباط منطقی بین این خواص و عوامل مؤثر از قبیل شرایط اختلاط، فرمول‌بندی آمیزه، نوع چوب، ساختار و نوع سازگار کننده به‌دست آورند. برخی از این تحقیقات که استفاده از مازاد محصولات کشاورزی را نیز شامل می‌شود بشرح زیر می‌باشد. (Fernand *et al.*, 1997), (Julson *et al.*, 2004), (Wang *et al.*, 2001), (Rowell *et al.*, 1997), (Han *et al.*, 2006) به بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب - پلاستیک حاصل از ترکیب آرد سبوس برنج و پلی‌الفین پرداختند. نتایج به‌دست آمده با میزان جذب آب تخته خرده چوب، (MDF) و چوب‌های گونه کاج قرمز و توس مقایسه گردید. براساس نتایج بدست آمده جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت نمونه‌ها با افزایش آرد سبوس برنج افزایش یافته و مقاومت مکانیکی آنها کاهش یافت. این چندسازه جهت استفاده در پوشش‌های داخلی حمام و کف پوشش‌ها مناسب شناخته شد.

ضایعات ساقه کلزا با آرد چوب به منظور ایجاد ارزش افزوده برای این ماده اولیه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پودر پلی‌پروپیلن با شاخص جریان مذاب  $18 \text{ g}/10 \text{ min}$  و چگالی  $0.9 \text{ g}/\text{cm}^3$  با نام تجاری Moplen V30 S محصول شرکت پتروشیمی اراک به عنوان ماتریس زمینه و از مالئیک انیدرید پیوند خورده با پلی‌پروپیلن (MAPP) محصول شرکت کیمیا جاوید با شاخص جریان مذاب  $10 \text{ g}/10 \text{ min}$  (وزنه  $2/16$ ،  $T=230^\circ\text{C}$ ) به میزان ۲ درصد وزن کل چندسازه در تمامی نمونه‌ها به عنوان سازگار کننده برای ایجاد سازگاری بیشتر بین دو فاز ذرات چوب و پلیمر استفاده شده است. همچنین پودر چوب شامل مخلوطی از گونه‌های پهن برگ تولید شده توسط شرکت آریاسلولز با ابعادی محدود ۶۰-۲۰ مش (۲۵۰ تا ۸۴۰ میکرون) مورد استفاده قرار گرفت. کلزای مورد استفاده در این تحقیق از یکی از مزارع نزدیک شهرستان بهشهر واقع در استان مازندران جمع‌آوری و با دستگاه خرمن‌کوب خرد شد. آنگاه توسط دستگاه جداکننده فیبر به الیاف تبدیل شده و به وسیله دستگاه آسیاب کوچک آزمایشگاهی به پودر تبدیل گردید. آنگاه پس از غربال ذرات ریز مورد نیاز، محدود ۲۰ مش تا ۶۰ (۲۵۰ تا ۸۴۰ میکرون) تهیه شد. همچنین به منظور تهیه کلزای بدون مغز به وسیله باددهی مغز‌دایی شد و توسط همان آسیاب به پودر مورد نیاز (مش ۲۰ تا ۶۰) تبدیل گردید. این ذرات قبل از فرایند اختلاط در یک خشک‌کن آزمایشگاهی با دمای  $3 \pm 103$  درجه سانتی‌گراد تا رطوبت تقریبی ۳ درصد خشک شده و

شده از آرد برگ با اختلاف معناداری از تخته‌های ساخته شده از آرد مخلوط و ساقه بیشتر بود.

امیدوار و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی خواص مکانیکی چندسازه‌ی پلی‌اتیلن بازیافتی با استفاده از کاه گندم برای ساخت چوب پلاستیک به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد آرد کاه گندم تا سطح ۳۰ درصد مقاومت‌های کششی و خمشی را افزایش داده و تا سطح ۴۰ درصد موجب بهبود مدول الاستیسیته کششی چندسازه شده است. اما بر مقاومت به ضربه تأثیر چندانی نداشت. همچنین استفاده از ذرات ریز آرد کاه گندم مقاومت به ضربه و مدول الاستیسیته کششی و خمشی را افزایش داد. اما اندازه ذرات کاه بر استحکام کششی و خمشی تأثیر معنی‌دار نداشت. بنابراین بهترین مقاومت مکانیکی در چندسازه حاصل از ۳۰ درصد آرد کاه گندم و ۷۰ درصد پلی‌اتیلن سنگین بازیافتی مشاهده شد.

در تحقیقی که توسط (کریمی و همکاران، ۱۳۸۳) بر روی ساخت چندسازه‌ی پلی‌پروپیلن صورت گرفت از دو نوع تقویت‌کننده کف و باگاس با نسبت‌های ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی، همچنین پلی‌پروپیلن به عنوان ماده زمینه و MAPP به میزان ۲ درصد به عنوان سازگارکننده استفاده شد. نتایج حکایت از این داشت که با افزودن الیاف کف و باگاس به ماتریس زمینه، مقاومت کششی، تغییر طول در مرحله شکست، مقاومت به ضربه و سختی بهبود یافت. البته الیاف کف در مقایسه با الیاف باگاس دارای مدول الاستیسیته‌ی بهتری بود.

با توجه به مطالب فوق، هدف از این پژوهش بررسی خواص کاربردی چندسازه‌ی چوب-پلاستیک ساخته شده از ضایعات کلزا و همچنین تعیین شرایط بهینه اختلاط



شکل ۱- نمونه‌هایی از تخته‌های آزمونی

### تهیه نمونه‌های آزمونی و اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی

تخته‌های ساخته شده به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاه کیماتیزه شدند. سپس آزمون‌هایی شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته مطابق با استاندارد DIN-EN 310، مقاومت به نگهداری پیچ عمود بر سطح مطابق با استاندارد DIN-EN 320، آزمون جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت مطابق با استاندارد DIN-EN 317 انجام گردید.

### پردازش آماری داده‌ها

به منظور بررسی و مقایسه خواص مکانیکی تخته‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب آنالیز واریانس یک طرفه و طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

### نتایج

جدول ۲ تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی را نشان می‌دهد.

به منظور جلوگیری از جذب رطوبت محیط، در داخل کیسه‌های ضخیم پلاستیکی قرار داده شدند. عوامل متغیر در این تحقیق نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر

چوب در چهار سطح  $\frac{\text{پودر ساقه کلزا}}{\text{پودر چوب}}$ ، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و

۱۰۰:۰ بود. همچنین دو نوع کلزا شامل کلزای با مغز و بدون مغز در نظر گرفته شد. از ترکیب عوامل متغیر ۸ تیمار حاصل گردید و تیمار شاهد شامل تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد پودر چوب در نظر گرفته شد. از هر تیمار ۳ تکرار و در مجموع ۲۷ تخته ساخته شد.

### فرایند اختلاط و روش ساخت نمونه

اختلاط ماتریس پراکنده (مخلوط آرد چوب و پودر ساقه کلزا) نسبت به ماتریس پلی‌پروپیلن ۶۰ به ۴۰ بود. مواد وزن شده براساس میزان درصدشان در هر اختلاط که مشخصات آنها در جدول ۱ آورده شده، به صورت دستی با یکدیگر مخلوط شدند. سپس مخلوط تهیه شده در داخل قالب فلزی به ضخامت اسمی ۱ سانتی‌متر و ابعاد  $30 \times 30$  سانتی‌متر ریخته شده و به وسیله پرس گرم هیدرولیکی با شرایط دمایی ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به مدت ۲۰ دقیقه تحت فشار قرار گرفت. پس از اتمام زمان پرس گرم تخته‌ها به مدت ۵ دقیقه در داخل پرس سرد قرار داده شدند. دانسیته تخته‌ها ثابت و  $0/9$  گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد. نمونه‌هایی از تخته‌های ساخته شده در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- تیمارهای مختلف و نسبت اختلاط و درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده آن

مقدار MAPP (%)	میزان PP (%)	میزان مجموع پودر چوب و کلزا (%)	نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب	نام تیمار
۲	۳۸	۶۰	۲۵:۷۵	C1= کلزا=۲۵%
۲	۳۸	۶۰	۲۵:۷۵	C1= کلزا=۲۵%
۲	۳۸	۶۰	۵۰:۵۰	C2= کلزا=۵۰%
۲	۳۸	۶۰	۵۰:۵۰	C2= کلزا=۵۰%
۲	۳۸	۶۰	۷۵:۲۵	C3= کلزا=۷۵%
۲	۳۸	۶۰	۷۵:۲۵	C3= کلزا=۷۵%
۲	۳۸	۶۰	۱۰۰:۰	C4= کلزا=۱۰۰%
۲	۳۸	۶۰	۱۰۰:۰	C4= کلزا=۱۰۰%
۲	۳۸	۶۰	۰:۱۰۰	۱۰۰ درصد پودر چوب

جدول ۲- تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمونی

مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسته (MPa)	قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح (N/mm)	جذب آب پس از ۲ ساعت (%)	جذب آب پس از ۲۴ ساعت (%)	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (%)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (%)
۷۹/۹۰*	۵۵۶/۱۲*	۲۹۹/۴۹*	۵۹۸۶/۰۶*	۶۷۸۹/۲۰*	۹۶/۲۷*	۷۱۵/۰۲*
۱۴/۴۰*	۶۴/۴۰*	۳۳/۸۶*	۱۵۹۳/۷۵*	۱۳۹۷/۶۶*	۱۹/۹۰*	۳۶/۱۴*
۳/۷۶*	۱۰/۸۳*	۳/۰۹*	۱۱۷/۶۵*	۱۰۲/۰۱*	۱/۸۴ <sup>ns</sup>	۳/۳۶*

داری

جدول ۳- تأثیر مستقل درصد اختلاط پودر ساقه کلزا و پودر چوب بر خواص فیزیکی و مکانیکی

درصد اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب				
۲۵:۷۵	۵۰:۵۰	۷۵:۲۵	۱۰۰ درصد کلزا	۱۰۰ درصد چوب (تیمار شاهد)
(B) ۲۵/۱۷	(A) ۲۵/۸۱	(D) ۲۳/۷۲	(E) ۲۱/۴۰	(C) ۲۴/۴۸
(B) ۲۶/۸۶	(A) ۲۹/۴۳	(D) ۲۳/۰۴	(E) ۱۹/۷۲	(C) ۲۵/۰۳
(A) ۱۷/۳	(C) ۱۵/۷	(D) ۱۴/۰	(E) ۱۲/۳	(B) ۱۶/۷
(A) ۶/۱۸	(B) ۹/۵۸	(C) ۱۲/۰۷	(D) ۱۴/۱۲	(E) ۴/۲۰
(A) ۹/۶۶	(B) ۱۲/۵۹	(C) ۱۶/۱۲	(D) ۱۸/۲۶	(E) ۵/۶۴
(A) ۰/۴۲	(B) ۰/۶۴	(C) ۰/۹۲	(D) ۱/۳۴	(E) ۰/۲۲
(A) ۱/۷۹	(B) ۲/۱۱	(C) ۲/۵۶	(D) ۳/۰۵	(E) ۰/۵۲

ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار می باشد. جدول ۳ و ۴ به ترتیب تأثیر مستقل درصد اختلاط ساقه کلزا به پودرچوب و تأثیر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) را بر خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها نشان می دهد.

همان طور که جدول تجزیه واریانس ۲ نشان می دهد، تأثیر مستقل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و اثر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت به پیچ عمود بر سطح، جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت و واکنشیدگی

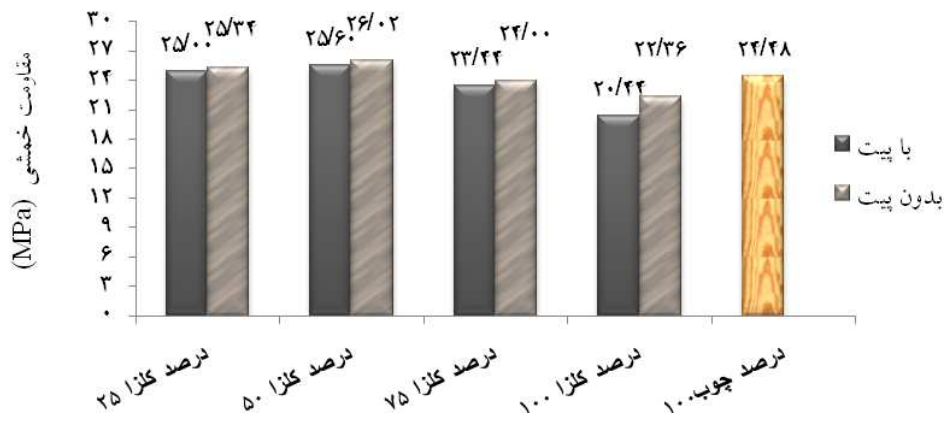
جدول ۴- تأثیر مستقل نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر خواص فیزیکی و مکانیکی

بدون مغز	با مغز	خواص فیزیکی و مکانیکی
(A) ۲۴/۴۴	(B) ۲۳/۷۹	مقاومت خمشی (MPa)
(A) ۲۵۳۷	(B) ۲۴۲۶	مدول الاستیسیته (MPa)
(A) ۱۵۵	(B) ۱۴۹	قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح (N/mm)
(B) ۸/۲۹	(A) ۱۰/۱۷	جذب آب ۲ ساعت (%)
(B) ۱۱/۴۳	(A) ۱۳/۴۷	جذب آب ۲۴ ساعت (%)
(B) ۰/۶۲	(A) ۰/۸۰	واکنشیدگی ضخامت ۲ ساعت (%)
(B) ۱/۹۱	(A) ۲/۱۰	واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (%)

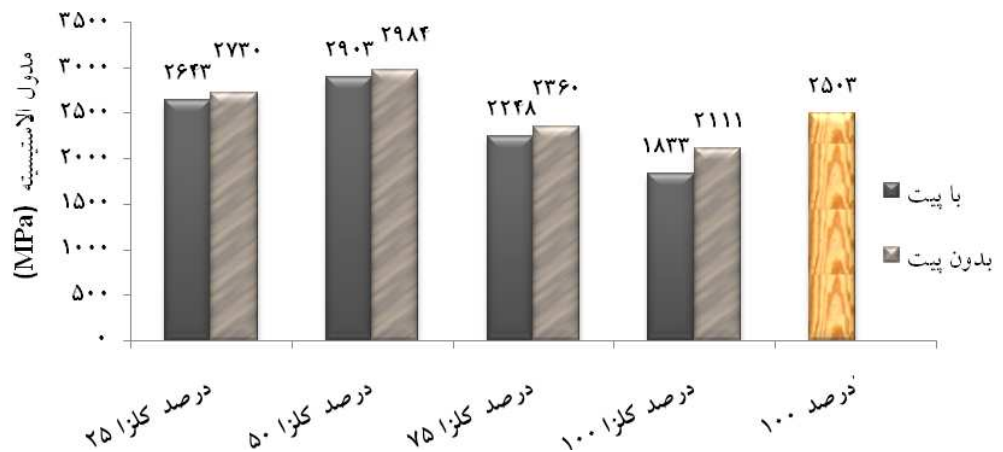
چوب-پلاستیک می گردد. در این خصوص نمونه‌های ساخته شده با پودر ساقه کلزای با مغز دارای مقاومت خمشی ۲۳/۷۹ MPa و مدول الاستیسیته ۲۴۲۶MPa بوده که در مقایسه با نمونه‌های مشابه اما بدون مغز برای مقاومت خمشی ۲/۶۵ درصد و مدول الاستیسیته ۴/۳۷ درصد کاهش را نشان می دهد. جدول آنالیز واریانس (جدول ۲) نشان می دهد که اثر متقابل مقدار اختلاط پودر کلزا و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است. شکل ۲ و ۳ تأثیر متقابل این دو متغیر را بر هر دو ویژگی مکانیکی بیان شده نشان می دهد.

#### مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته

همان طور که جدول ۳ نشان می دهد، افزایش میزان پودر کلزا تا ۵۰ درصد نسبت به جرم پودر چوب باعث افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها شده و بیشتر از آن باعث کاهش این دو ویژگی شده است. تخته‌های چوب-پلاستیک ساخته شده با ترکیب ۵۰ درصد پودر چوب و ۵۰ درصد پودر کلزا بالاترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را داشته که مقدار آن به ترتیب ۲۵/۸۱ MPa و ۲۹۴۳ MPa می باشد و در گروه-بندی دانکن در گروه برتر A قرار گرفتند. همچنین جدول ۴ نشان می دهد که وجود مغز در پودر ساقه کلزا باعث کاهش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های



شکل ۲- تأثیر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت خمشی



شکل ۳- تأثیر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مدول الاستیسیته

مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در نمونه‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد کلزای دارای مغز با مقدار ترتیبی ۲۰/۴۴MPa و ۱۸۳۳ MPa می‌باشد.

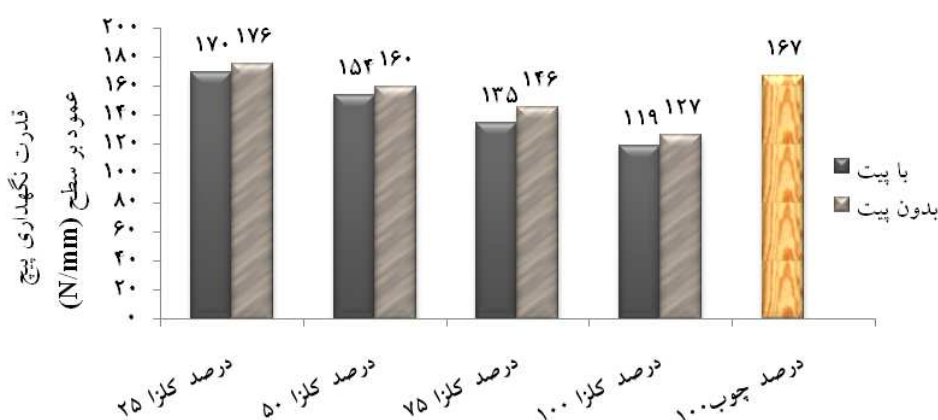
همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به کامپوزیت‌های ساخته شده با نسبت اختلاط مساوی (۵۰ درصد کلزا و ۵۰ درصد پودر چوب) و بدون مغز بوده که مقدار آن به ترتیب ۲۶/۰۲ و ۲۷۳۰ MPa می‌باشد و کمترین مقدار



### قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح

عمود بر سطح تخته‌های چوب-پلاستیک می‌گردد. نمونه‌های ساخته شده با پودر ساقه کلزای با مغز دارای قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح  $149 \text{ MPa}$  بوده که در مقایسه با نمونه‌های مشابه اما بدون مغز  $3/87$  درصد کاهش را نشان می‌دهد. جدول آنالیز واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر متقابل مقدار اختلاط پودر کلزا و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر قدرت نگهداری پیچ تخته‌ها در سطح اعتماد  $95$  درصد معنی‌دار است. شکل ۴ تأثیر متقابل این دو متغیر را بر این ویژگی نشان می‌دهد.

مطابق با جدول ۳ افزایش میزان پودر کلزا تا  $25$  درصد نسبت به جرم پودر چوب باعث افزایش قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح نمونه‌ها شده و بیشتر از آن باعث کاهش این ویژگی شده است. تخته‌های ساخته شده با ترکیب  $75$  درصد پودر چوب و  $25$  درصد پودر کلزا بالاترین قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح را داشته که مقدار آن  $173 \text{ MPa}$  می‌باشد و در گروه‌بندی دانکن در گروه A قرار گرفتند. جدول ۴ نیز نشان می‌دهد که وجود مغز در پودر ساقه کلزا باعث کاهش قدرت نگهداری پیچ



شکل ۴- تأثیر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر مقاومت به پیچ عمود بر سطح

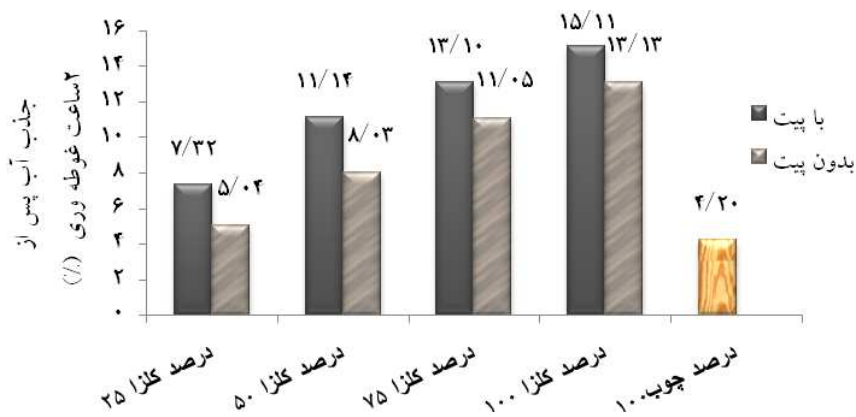
### جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش درصد اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری افزایش می‌یابد. به طوری که کمترین مقدار جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت را تیمار شاهد (تخته‌های ساخته شده با  $100$  درصد چوب) داشته که مقدار آن به ترتیب  $4/20$  و  $5/64$

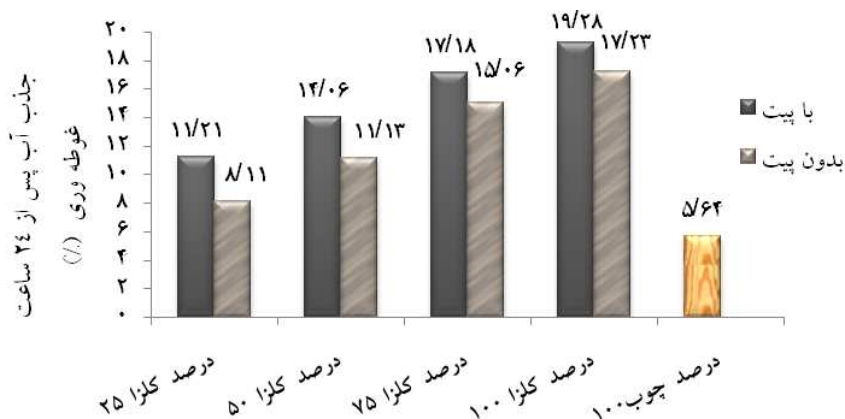
مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار مقاومت به پیچ عمود بر سطح مربوط به نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط  $25$  درصد کلزا و  $75$  درصد پودر چوب و بدون مغز بوده که مقدار آن  $173 \text{ MPa}$  می‌باشد و کمترین مقدار این مقاومت در نمونه‌های ساخته شده با  $100$  درصد کلزای دارای مغز با مقدار  $119 \text{ MPa}$  می‌باشد.

۲ نشان می‌دهد که اثر متقابل مقدار اختلاط پودر کلزا و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری و واکنشیدگی ضخامت ۲۴ تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. اما بر واکنشیدگی ضخامت ۲ ساعتی معنی‌دار نیست. شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب تأثیر متقابل این دو متغیر را بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری نشان می‌دهند.

درصد و حداقل واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعتی نیز مربوط به نمونه‌های شاهد با مقدار ۰/۲۲ و ۰/۵۲ درصد می‌باشد. جدول ۴ بیان می‌دارد که وجود مغز در ساقه کلزا باعث افزایش روند جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری می‌گردد. در واقع کمترین مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در نمونه‌های ساخته شده با کلزای بدون مغز مشاهده شده است. جدول



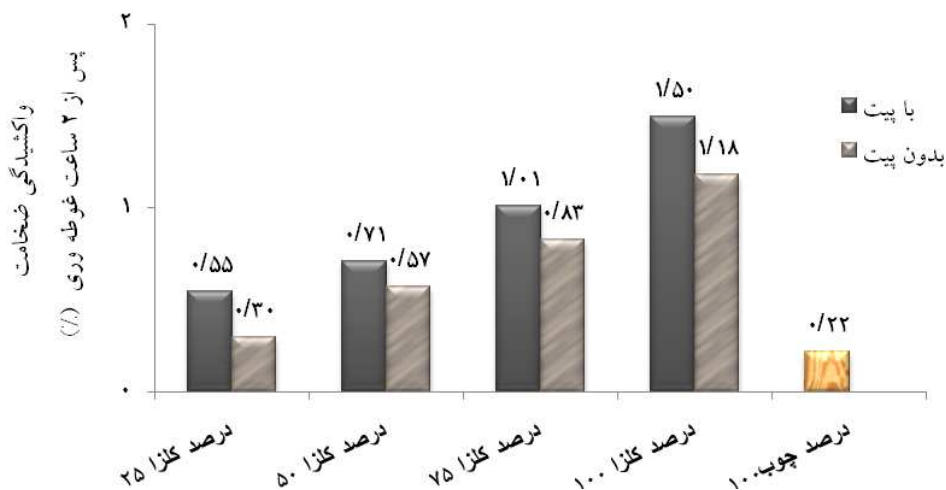
شکل ۵- اثر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری



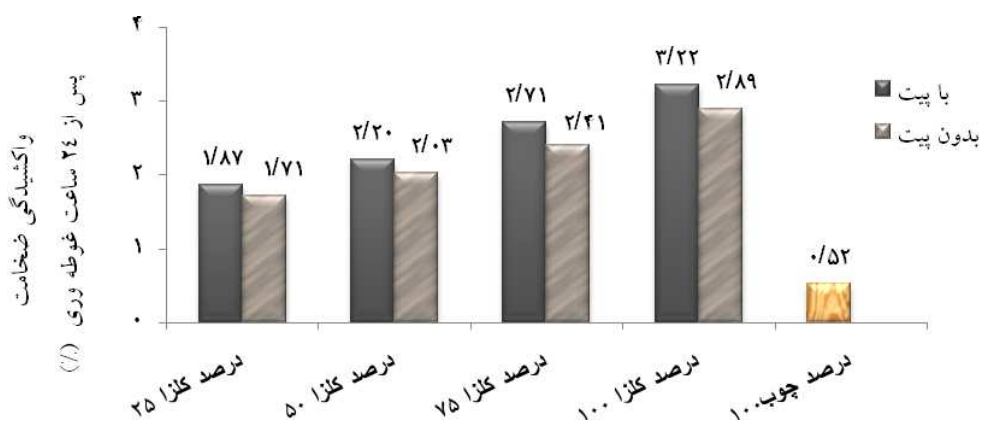
شکل ۶- اثر متقابل نسبت اختلاط پودر ساقه کلزا به چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

درصد کلزای با مغز بوده و کمترین مقدار در تیمار شاهد (تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد چوب) مشاهده شده است.

شکل ۵، ۶، ۷ و ۸ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری مربوط به نمونه‌های ساخته شده با تیمار ۱۰۰



شکل ۷- اثر متقابل نسبت اختلاط کلزا به پودر چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت



شکل ۸- اثر متقابل نسبت اختلاط کلزا به چوب و نوع کلزا (با مغز و بدون مغز) بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت

## بحث

۵۰ درصد برای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته با توجه به دانسیته آن (حجم زیاد به ازای جرم ثابت) سبب کپسوله نشدن حجم زیادی از ساقه کلزا توسط پلی پروپیلن شده و باعث ایجاد اتصال کمتر (پیوندهای ضعیف تری) در چندسازه چوب-پلاستیک شده و مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را کاهش می دهد. همچنین وجود مغز در ذرات کلزا به سبب کاهش مقاومت به پیچ عمود بر سطح، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چندسازه چوب-پلاستیک می شود. بافت اسفنجی و بسیار سبک مغز ساقه کلزا که فاقد الیاف بوده و عمدتاً شامل عناصر پارانشیمی و شبه پارانشیمی است (برزگر شیری و امیدوار، ۱۳۸۹) و به دلیل طول کمتر و عدم وجود ساختار سلولزی مستحکم در آن، نمی تواند پیوند مناسبی با زمینه ماتریس پلیمر بوجود بیاورد. بنابراین ویژگی های مکانیکی تخته ها را کاهش می دهد. بررسی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب نمونه های ساخته شده نشان داد که با افزایش ذرات کلزا از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد نسبت به جرم پودر چوب، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت روند افزایشی داشته و بیشترین مقدار این دو ویژگی فیزیکی را نمونه های ۱۰۰ درصد کلزا دارا بودند. نتایج به دست آمده با تحقیقات (Han et al., 2006) در خصوص ساخت چوب - پلاستیک حاصل از ترکیب آرد سبوس برنج و پلی الفین مطابقت دارد. به طور کلی می توان بیان نمود که استفاده از ضایعات ساقه کلزا پس از مغززدایی در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک امکان پذیر بوده و بهترین ترکیب در ساخت آن استفاده از ۵۰ درصد پودر چوب با ۵۰ درصد پودر کلزا می باشد. از طرف دیگر نمونه های آزمون حای ذرات مغز جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت بیشتری در مقایسه با نمونه های

نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چندسازه های ساخته شده با مخلوط ضایعات ساقه کلزا، پودر چوب و پلی پروپیلن نشان داد که تأثیر نسبت اختلاط کلزا به پودر چوب بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت به پیچ عمود بر سطح نمونه های ساخته شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار بوده و بالاترین میزان مقاومت به پیچ عمود بر سطح مربوط به تخته هایی با ترکیب (۲۵ درصد پودر کلزا و ۷۵ درصد پودر چوب) و بیشترین میزان مقاومت خمشی را تخته هایی با ترکیب (۵۰ درصد کلزا و ۵۰ درصد پودر چوب) دارا بودند. به طوری که این تخته ها در مقایسه با تیمار شاهد (تخته های ساخته شده با ۱۰۰ درصد پودر چوب) مقاومت به پیچ عمود بر سطح و مقاومت خمشی را به ترتیب ۴ و ۵/۴۳ درصد افزایش دادند. ساقه کلزای مورد استفاده در این تحقیق به دلیل داشتن دانسیته کمتر نسبت به چوب باعث افزایش ضریب فشردگی تخته ها شده، همچنین به علت بالا بودن ضریب ظاهری (نسبت طول به قطر) بیشتر در مقایسه با پودر چوب مقاومت های مکانیکی تخته ها را بهبود می بخشد. نتایج بدست آمده با پژوهش انجام شده توسط (مالونی ۱۹۹۷) در ارتباط با رابطه افزایش ظرفیت نگهداری پیچ با افزایش ضریب کشیدگی الیاف و نتایج (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۴)، (Razavi et al., 2006) و همچنین (رنگ آور و همکاران، ۱۳۹۰) در خصوص استفاده از الیاف سلولزی با ضریب ظاهری بالا در افزایش مؤثر مقاومت خمشی و مدول-الاستیسیته مطابقت دارد. از آنجا که در چندسازه چوب-پلاستیک، ماده پلیمری مورد استفاده نقش اصلی را در ایجاد اتصالات بین اجزاء و تأمین استحکام خمشی ایفا می نماید، افزایش بیش از ۲۵ درصد پودر کلزا برای مقاومت به پیچ و

- تأثیر مقدار و نوع پرکننده. مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۱۸(۴):
- Clemons C., Wood - Plastics Composites in the United States The Interfacing of Two Industries, Forest Product J., 52, 10-18, 2002.
- EN 310. 1996. Wood based panels. determination of modulus of elasticity bending and bending strength. European Standardization Committee .Brussell.
- EN 317. 1996. Particleboards and fiberboards . determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee .Brussell.
- EN 320. 1996. Fiberboards, determination of resistance to axial of screw. European Standardization Committee .Brussell.
- Fernand M.B., Costa H.S. and Carvalho D.L., Polypropylene wood Fiber Composites: Effect of Treatment and Mixing Conditions on Mechanical Properties, J. Appl. Polym. Sci., 65, 1227-1235, 1997.
- Haijun, L. and Sain, M. 2003. High stiffness natural fiber- reinforced hybrid polypropylene composites. Polymer- plastic technology and engineering. Vol 42, No 5, pp: 853-862.
- Han-seung, Y., K. Hyun-joong, B. Hee-junpark and H. Teak-Sung (2006). Water absorption behavior and mechanical properties of lignocellulosic fillerpolyolefin bio composites. Composite Structures, 72(4): 429-437.
- Julson J.L., Subbarao G., Stokke D.D. and Gieselman H.H., Mechanical Properties of Biorenewable Fiber-Plastic Composites, J. Appl. Polym. Sci., 93, 2483-2493, 2004.
- Maloney, T.M. 1977. Modern particleboard and dray process fiberboard manufacturing, Miller freeman. San Francisco, CA. 672p.
- Razavi-Nouri, M., Jafarzadeh, F., Oromiehie, A. and Langroudi, AE.. 2006 . Mechanical properties and water absorbtion behaviour of chopped rice husk-filled polypropylene composites. Iranian Polymer Journal, No 9: 757-766.
- Rowell R.M., Young R.A. and Rowell J.K., Paper and Composites from Agro-based Resources, CRC, New York, Chapt. 8, 1997.
- Shahdifar V., Amiri E., Rezadoust A.M., and Hosseini M.H. Study on Properties and Performance of Cotton/Epoxy Composite Inhibitor, Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian), 23, 203- 211, 2010.
- Wang Y., Chan H.C., Lai S.M. and Shen H.F., Twin Screw Compoundin of PEHD Wood Flour Composites, Int. Polym. Proc. 16, 100-107, 2001.

ساخته شده با کلزای مغززدایی شده و همچنین تیمار شاهد (۱۰۰ درصد پودر چوب) داشتند. از آنجایی که بافت مغز دانسیته پایین تری داشته و پس از آسیاب شدن سطح ویژه آن افزایش می‌یابد، از این رو این بافت رطوبت‌پذیری بالایی دارد. در نتیجه کپسوله‌شدن آن توسط پلیمر زمینه کمتر بوده، بنابراین جذب آب و واکنشیدگی ضخامت را افزایش و مقاومت‌های مکانیکی آن را کاهش می‌دهد.

### سپاسگزاری

در پایان از مدیریت و پرسنل محترم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن و کارگاه صنایع چوب دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی که امکانات لازم را برای اجرای این تحقیق فراهم نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

### منابع مورد استفاده

- برزگر شیری، م، و امیدوار، ا، ۱۳۸۹. بررسی فیزیکی، شیمیایی و بیومتری الیاف پسماند ذرت جهت استفاده در صنعت چوب-پلاستیک. مجموعه مقالات همایش ملی فناوری‌های نوین در صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد چالوس.
- رنگ آور، ح، رسام، غ، گل پور، و، ۱۳۹۰. بررسی امکان استفاده از ضایعات کلزا در ساخت تخته خرده چوب. فصلنامه علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد ۱۸(۱): ۹۱-۱۰۴.
- کریمی، ع. ن، روحانی، م، پارسا پزوه، د، و ابراهیمی، ق، ۱۳۸۳. بررسی استفاده از الیاف لیگنوسلولوزی (باگاس و کنف) در ساخت چندسازه الیاف- پلی پروپیلن. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷(۳): ۴۹۱-۵۰۶.
- گرجانی، ف، و امیدوار، ا، ۱۳۸۴. بررسی فرایند ساخت و خواص مکانیکی چندسازه پلی اتیلن سنگین بازیافتی-کاه گندم. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، جلد ۷۲: ۸۸-۸۴.
- میرمهدی، م، امیدوار، ا، مدهوشی، م، و شاکری، ع، ۱۳۹۰. بررسی ویژگی‌های مکانیکی چندسازه پلی اتیلن/ آرد چوب نخل خرما:

## Physical and mechanical properties of wood-plastic composite made of *Canola* stem residues and polypropylene

Gholipour, T.<sup>\*1</sup>, Rangavar, H.<sup>2</sup> and Kargarfard, A.<sup>3</sup>

1\*-Corresponding author, M.Sc., Student of Wood science and Tecnology Department, Shahid Rajae Teacher Training University, Tehran, Iran. Email: gholipour\_t@yahoo.com

2-Assistant professor, Wood Science and Tecnology Department, Shahid Rajae Teacher Training University, Tehran, Iran.

3-Associate Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

Received: Sep., 2012

Accepted: Nov., 2013

### Abstract

In this study, physical and mechanical properties of wood-plastic composite made of *Canola* stem flour and polypropylene were investigated. Variable factors *were* four levels of canola stem flour (25, 50, 75 and 100 percent based on the dry weight of the wood flour) with and without pit. The control samples were made of only wood flour and polypropylene. Physical and mechanical properties including screw withdrawal strength perpendicular on the surface, flexural strength, modulus of elasticity, water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water were measured in accordance with EN standards. Results showed that increasing the mixing ratio of *canola* stem flour to wood flour up to 25% resulted in increase in screw withdrawal strength perpendicular to the surface. Increasing this factor up to 50% led to increase in MOR and MOE. Thereafter, any increase in the mixture, decreased mechanical strengths. Increasing the mixing ratio of *canola* stem flour to wood flour resulted in increase in water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hrs. The specimens without pit showed lowest amount of water absorption and thickness swelling levels and highest mechanical properties (screw withdrawal resistance, flexural strength and modulus of elasticity).

**Key words:** *Canola* Stem, composite, polypropylene, screw withdrawal strength perpendicular to the surface, water absorption, thickness swelling.