

بررسی استفاده از ضایعات چوبی شهری در تولید تخته خرده چوب

احمد جهان لتیباری^{۱*}، فرداد گلبابایی^۲، عباس تمجیدی^۳، بابک سبحانی^۳ و کمیل رئوف کیا^۳

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

پست الکترونیک: latibari_24@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران

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

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۱

چکیده

با توجه به ضرورت و اهمیت استفاده از ضایعات چوبی به‌ویژه ضایعات چوبی شهری به‌عنوان ماده اولیه تولید تخته خرده چوب، جبران بخشی از کمبودهای موجود در تأمین ماده اولیه چوبی و ایجاد ارزش افزوده، قابلیت استفاده از ضایعات چوبی شهری شامل چوب کاج و چنار و همچنین ضایعات حاصل از هرس درختان انگور در تولید تخته خرده چوب بررسی شده و با ویژگی تخته خرده چوب از خرده چوب صنعتی از مخلوط چوب پهن‌برگان شمال ایران مقایسه شده است. تخته‌های آزمایشگاهی با دانسیته ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و با استفاده از سه میزان چسب اوره - فرمالدهید (۱۰، ۱۱ و ۱۲ درصد) ساخته شده و ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی تخته‌ها بر طبق دستورالعمل‌های آیین‌نامه EN اندازه‌گیری شده است. تخته‌های ساخته شده با استفاده از خرده چوب کاج به‌علت دانسیته حجمی کمتر این خرده چوب‌ها دارای زیاده‌ترین ویژگی‌های خمشی شامل مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بودند و در مقایسه با آن کمترین ویژگی‌های خمشی در تخته خرده چوب از خرده چوب‌های مخلوط پهن‌برگان شمال اندازه‌گیری شد. ولی زیاده‌ترین مقاومت چسبندگی داخلی در تخته‌های ساخته شده از خرده چوب مخلوط پهن‌برگان شمال و ۱۲ درصد چسب معادل ۱/۱۸ مگاپاسکال و کمترین آن در تخته خرده چوب مخلوط چوب کاج و چنار و ۱۱ درصد چسب معادل ۰/۳۶ مگاپاسکال اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های فیزیکی شامل واکنشیدگی ضخامت و جذب آب تخته خرده چوب از چوب چنار نامطلوب‌تر بود و کمترین واکنشیدگی ضخامت و جذب آب مربوط به تخته‌های ساخته شده از خرده چوب کاج به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کاج، چنار، انگور، پهن‌برگان، تخته خرده چوب، مقاومتی، فیزیکی.

مقدمه

استفاده از منابع کم ارزش‌تر، کمتر مورد استفاده قرار گرفته و ضایعاتی مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از پسماندها و ضایعات چوبی در ساخت تخته خرده چوب در کانون توجه بوده است.

استفاده روزافزون از چوب و محصولات چوبی، جوامع صنعتی را با محدودیت و کاهش این ماده مواجه ساخته است. بنابراین فرایندهای تولید محصولات چوبی و

ویژگی‌های ماده اولیه چوبی مهمترین متغیر مرتبط با تولید این محصول است، نه تنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ویژگی‌های محصول دارند، بلکه فرایند تولید و فراوری ماده اولیه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. چوب‌های سبک، تخته‌هایی با دانسیته مناسب و خواص کاربردی بهتری از فرآورده‌های ساخته شده با چوب‌های سنگین تولید می‌کند. زیرا در ساخت تخته خرده‌چوب در مرحله پرس گرم، فشردگی و تماس بیشتری بین خرده‌چوب‌ها ایجاد شده و پیوندهای قوی بین آنها توسعه می‌یابد. در صورتی که گونه‌های سنگین در طی پرس کردن فشردگی کافی برای تولید تخته‌های نیمه سنگین با کیفیت مطلوب را نخواهد داشت. با وجودی که دانسیته می‌تواند عامل مهمی در فرایند تولید تخته خرده‌چوب باشد ولی ویژگی‌های شیمیایی به‌ویژه pH و ظرفیت بافرکنندگی ماده چوبی از اهمیت زیادتری برخوردار است.

با توجه به اهمیت تخته خرده‌چوب و تولید و مصرف آن در اقصی نقاط دنیا، تحقیقات قابل ملاحظه‌ای نیز در ارتقاء ویژگی‌های این محصول و همچنین استفاده از منابع کم ارزش‌تر و ارتقاء فرایند انجام شده است.

Saukkonen (۱۹۹۹) جداسازی ضایعات چوبی شهری قابل بازیافت در ساخت صفحات چوبی را پیشنهاد داد. براساس این تحقیق، می‌توان تخته خرده‌چوب را به سهولت با استفاده از انواع مواد لیگنوسلولزی از جمله چوب، کاه، ساقه‌پنبه، باگاس و غیره تولید کرد و در آینده فرایند تولید این محصول، به سوی استفاده از مواد کم هزینه، مانند مواد ضایعاتی از جمله ضایعات صنعت مبلمان و ضایعات شهری پیش می‌رود. اما این مواد ارزان‌قیمت ناخالصی‌های مختلفی از جمله ناخالصی‌های فلزی، مواد معدنی و مواد آلی دارند و نیاز به جداسازی مؤثر این

ناخالصی‌ها سریعاً در حال رشد است.

Nemli و همکاران (۲۰۰۳) قابلیت استفاده از سرشاخه‌های هرس درختان کیوی در تولید تخته خرده‌چوب را بررسی کردند. در این تحقیق سرشاخه‌های کیوی با درصد‌های مختلف از خرده‌چوب‌های مورد استفاده در کارخانه‌های تولید تخته خرده‌چوب مخلوط شده و در لایه‌های میانی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که حتی با اضافه کردن درصدی از سرشاخه کیوی در لایه میانی تخته، مقاومت‌های مکانیکی بیش از حداقل استانداردهای اروپایی بوده است. همچنین چسبندگی داخلی تخته‌های تولید شده با سرشاخه‌های کیوی بالاتر از حدود مورد نیاز بوده ولی مقادیر واکنشیدگی ضخامت و جذب آب خیلی بالا می‌باشد.

کارگرفرد و نوربخش (۱۳۸۳) تأثیر میزان مصرف چسب و زمان پرس را در ساخت تخته خرده‌چوب با استفاده از ضایعات هرس درخت انگور مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش میزان چسب و زمان پرس مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در سطح معنی‌داری بهبود می‌یابد و چسبندگی داخلی تخته‌ها با مقدار مصرف چسب و زمان پرس دارای رابطه خطی می‌باشد.

Nemli و Kalaycioglu (۲۰۰۶) تولید تخته خرده‌چوب از ساقه کنف را بررسی کردند. پارامترهای مؤثر در تولید و ساخت تخته خرده از کنف، حرارت، زمان، فشار پرس و نسبت پوست بودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد به‌جز فشار پرس سایر پارامترها تأثیری بر روی خواص مکانیکی (مدول گسیختگی و مقاومت چسبندگی داخلی) نداشتند.

کارگرفرد و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی استفاده از

واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت معنی دار گردید. و موجب بهبود این خواص شده است.

Garay و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تخته خرده چوب ساخته شده با ضایعات کشاورزی مخلوط با چوب کاج جنگلی پرداختند. چهار نوع ضایعات ساقه شامل: ساقه گندم، ذرت، ساقه برنج و سبوس برنج در ساخت این تخته ها به کار برده شدند و دانسیته ها با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج آنها نشان داد همه تخته هایی که در ساخت آنها از ضایعات کشاورزی استفاده شده بود، با اینکه ساقه گندم و ذرت نتایج نسبتاً بهتری داشتند و راحت تر با یکدیگر ترکیب شدند دارای خواص مناسب جهت استفاده هستند.

با توجه به ضرورت و اهمیت استفاده از چوب های ضایعاتی و کم ارزش و به ویژه ضایعات چوبی شهری به عنوان ماده اولیه تولید تخته خرده چوب و جبران بخشی از کمبودهای موجود در تأمین ماده اولیه چوبی و ایجاد ارزش افزوده بهتر برای ضایعات چوبی شهری، در این بررسی قابلیت و اثر استفاده از چند نوع چوب از ضایعات شهری که بیشتر از سایر چوب ها هستند همراه با ضایعات هرس انگور به عنوان ماده اولیه چوبی در تولید تخته خرده چوب ارزیابی شده است. با توجه به تغییر نوع چوب، اثر سه میزان چسب نیز بررسی شده است. نتایج با تخته خرده چوب ساخته شده در شرایط مشابه از خرده چوب های کارخانه تولید تخته خرده چوب مقایسه گردیده است.

مواد و روشها

مواد

در این تحقیق از خرده چوب صنعتی (مورد استفاده در

ضایعات چوبی حاصل از هرس درختان سیب در تولید تخته خرده چوب پرداختند. در این بررسی با استفاده از سرشاخه های حاصل از هرس درختان سیب به صورت خالص و در ترکیب با چوب صنوبر و با استفاده از ۳ رطوبت یک خرد چوب (۱۱،۱۳ و ۱۵ درصد) و دو زمان پرس (۵ و ۶ دقیقه)، تخته خرده چوب ساخته شد. نتایج نشان داد که هر سه عامل متغیر تأثیر معنی داری بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته های ساخته شده داشتند، به طوری که زیاده ترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته ها در شرایط استفاده از ترکیب ماده چوبی سیب و صنوبر و رطوبت یک خرد چوب ۱۵ درصد و زمان پرس ۶ دقیقه ملاحظه گردید، همچنین تخته های ساخته شده از ترکیب چوبی سیب خالص چسبندگی داخلی بهتری داشتند و این تخته ها از واکشیدگی ضخامت کمتری نیز برخوردار بودند.

نوربخش و همکاران (۱۳۸۶) امکان استفاده از ضایعات پوست درخت راش در صنایع تخته خرده چوب را مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی اثر سه عامل درصد پوست، زمان پرس و درصد رطوبت یک خرد چوب مورد توجه قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد که افزایش میزان مصرف پوست تأثیر قابل توجهی در کاهش ویژگی های مقاومتی در تخته خرده چوب ساخته شده از ضایعات پوست چوب راش داشت و افزایش زمان پرس و درصد رطوبت یک خرد چوب باعث افزایش ویژگی های مقاومتی تخته خرده چوب شده است.

عنایتی و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر استفاده از سطوح مختلف سرشاخه درخت سیب و زمان پرس را در ساخت تخته خرده چوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که تأثیر افزایش زمان پرس تنها بر چسبندگی داخلی و

ضایعات چوب کاج و چنار از شهرستان کرج استفاده شد. درصد استفاده از هر نوع خرده چوب و شناسه مرتبط با آن در جدول ۱ خلاصه شده است.

کارخانه تولید تخته خرده چوب شرکت صنعت چوب شمال-گنبد، سرشاخه های جمع آوری شده حاصل از هرس درختان انگور از تاکستان های استان قزوین و

جدول ۱- ترکیب خرده چوب ساخت تخته (درصد در ترکیب) و شناسه مرتبط

شناسه							ترکیب خرده چوب
IA	IK	IC	KC	CN	KA	IN	
۵۰	۵۰	۵۰				۱۰۰	مخلوط پهن برگان
	۵۰		۵۰		۱۰۰		کاج
		۵۰	۵۰	۱۰۰			چنار
۵۰							سرشاخه انگور

قزوین بوده است. مشخصات رزین اوره-فرمالدهید در جدول ۲ خلاصه شده است.

چسب مورد استفاده اوره - فرمالدهید ساخت شرکت شیمیایی فارس، تهیه شده از کارخانه نئوپان ایران چوب

جدول ۲- مشخصات رزین اوره - فرمالدهید

ویسکوزیته (ثانیه)	pH	مواد جامد (درصد)	وزن مخصوص	زمان ژله ای شدن (ثانیه)
۴۵	۷/۵	۶۳	۱/۲۸۵	۶۷

ضایعات چوبی و سرشاخه هرس درخت انگور ابتدا به خرده چوب تبدیل شده و بعد توسط پوشال ساز مدل PZ8 ساخت شرکت Pallmann به پوشال تبدیل گردید و همراه با خرده چوب های صنعتی به آزمایشگاه گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج منتقل شدند. خرده چوب های کارخانه با رطوبت حدود ۲ درصد به آزمایشگاه انتقال یافته و خرده های سایر ضایعات در یک خشک کن آزمایشگاهی تا رطوبت ۲ درصد خشک شدند و پس از آن در کیسه پلی اتیلنی بسته بندی شدند.

تعیین pH و ظرفیت بافرکنندگی نمونه ها

برای تعیین pH و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی نمونه ها، از عصاره محلول در آب گرم استفاده شده است. به منظور تهیه عصاره ابتدا ۲۵ گرم آرد چوب (بر مبنای وزن خشک) که از غربال ۴۰ مش عبور کرده و بر روی غربال ۶۰ مش باقیمانده را در یک بالن ژوژه ریخته و ۲۵۰ سانتی متر مکعب آب دیونیزه به آن اضافه شد. بالن در محیط تحت کنترل بر روی اجاق قرار گرفته و به مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شده است. پس از پایان مرحله

برای محاسبه ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی از روابط زیر استفاده شد.

$$\text{ظرفیت بافرکنندگی قلیایی} = \frac{\text{معادل قلیایی یک گرم آرد چوب}}{\text{ظرفیت بافرکنندگی قلیایی}}$$

$$\text{ظرفیت بافرکنندگی اسیدی} = \frac{\text{معادل اسید یک گرم آرد چوب}}{\text{ظرفیت بافرکنندگی اسیدی}}$$

جوشاندن، محلول را صاف کرده و برای اندازه‌گیری pH و ظرفیت بافرکنندگی از یک دستگاه pH متر مدل Metrohm استفاده گردید (Johns & Niazi, ۱۹۸۵).

$$\frac{0.025 \times \text{حجم H}_2\text{SO}_4 \text{ مصرفی تا رسیدن pH به برابر ۳}}{5}$$

$$\frac{0.025 \times \text{حجم NaOH مصرفی تا رسیدن pH به برابر ۷}}{5}$$

اندازه‌گیری دانسیته حجمی خرده‌چوب

برای اندازه‌گیری دانسیته حجمی خرده‌چوب از یک قالب چوبی مکعبی شکل به ابعاد ۲۵×۲۵×۲۵ سانتی‌متر استفاده شده است. ابتدا پوشال‌ها به صورت پراکنده شده به داخل قالب ریخته شدند. به طوری که هیچ‌گونه فشاری بر روی آنها اعمال نشده و فشردگی ایجاد نشده است. پس از آن وزن پوشال داخل قالب توزین شده و بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است.

ساخت تخته و تهیه نمونه‌های آزمونی

تخته خرده‌چوب آزمایشگاهی با استفاده از چند نوع ماده اولیه چوبی و مخلوط با نسبت‌های مختلف آنها جمعاً ۷ سطح از ترکیب چوبی و سه مقدار چسب اوره - فرمالدهید (۱۰٪، ۱۱٪ و ۱۲٪ وزن خشک خرده‌چوب) ساخته شدند.

سایر عوامل ساخت شامل:

- دانسیته؛ ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب
- فشار پرس؛ ۲۵ بار
- دمای پرس؛ ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد
- مقدار هاردنر؛ ۲٪ کلروآمونیم بر مبنای وزن

خشک چسب

- زمان پرس؛ ۶ دقیقه
 - زمان بسته شدن پرس؛ ۳۰ ثانیه پس از تماس سطح بالایی کیک با صفحه گرم پرس
 - ضخامت تخته؛ ۱۵ میلیمتر
- تخته‌ها پس از پایان چرخه پرس و خارج کردن از پرس در محیط آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا به تعادل رطوبتی با محیط برسند.
- در این بررسی از ترکیب عوامل متغیر در مجموع ۲۱ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار و در مجموع ۶۳ تخته ساخته شد.

به منظور تهیه نمونه‌های آزمایشی، تخته‌ها پس از رسیدن به رطوبت تعادل محیط، طبق استاندارد EN 326-1 ابتدا به فاصله ۱/۵ سانتیمتر از اطراف کناره‌بری شدند و بعد نمونه‌های ویژگی‌های خمشی براساس استاندارد EN310/1996 و جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بر اساس استاندارد EN 317/1996 و نمونه‌های چسبندگی داخلی براساس استاندارد EN 319/1996 بریده شدند.

طرح آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی شد. در صورت معنی دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شده است. در ضمن از نرم افزار MstatC برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

نتایج

اسیدیته (pH)، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی اسیدیته و ظرفیت بافرکنندگی چوب، دانش بنیادی در زمینه کاربرد مناسب و صحیح مواد چوبی و سایر مواد لیگنوسلولزی است و در فرایندهای تشکیل اتصال چوب با چسب حائز اهمیت است و نقش تعیین کننده‌ای در تشکیل اتصال بین دو ماده فوق‌الذکر دارد. طراحی رزین‌ها در کارخانجات تولیدکننده آن و تهیه ترکیب چسب در کارخانه مصرف‌کننده نیز براساس این عوامل صورت می‌گیرد.

میانگین مقادیر pH، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی و دانسیته حجمی خرده‌چوب‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۳ خلاصه شده است. دانسیته حجمی خرده‌چوب‌های تولید شده از چوب مخلوط پهن‌برگان شمال ایران زیادتر از چوب کاج، انگور و حتی چنار می‌باشد که علت آن وجود چوب‌هایی مانند چوب انجیلی و بلوط در ترکیب چوب مخلوط پهن‌برگان شمال ایران است.

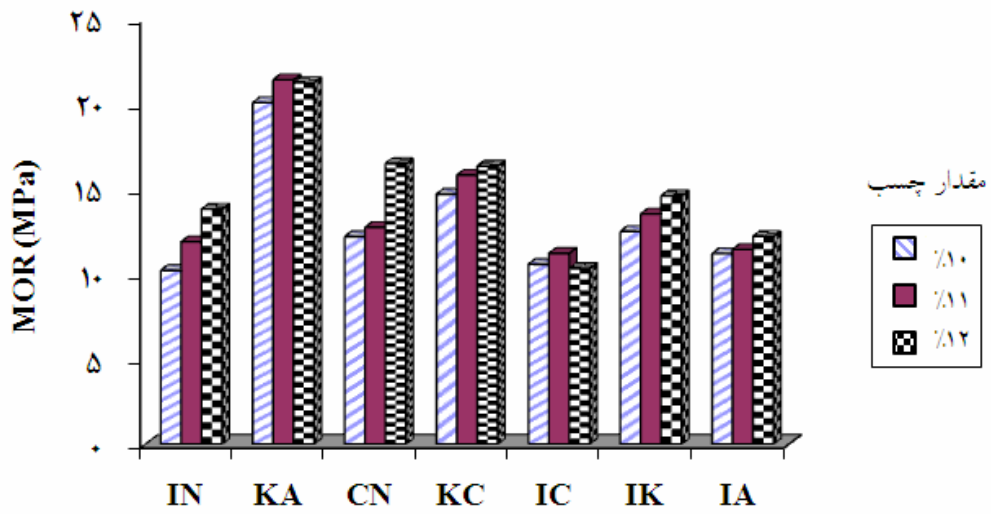
دو چوب کاج و چنار دارای pH مشابه هستند و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی این چوب‌ها کم و متعادل است (جدول ۳)، در صورتی که pH چوب مخلوط پهن‌برگان شمال ایران و سرشاخه انگور بیش از ۵ بوده و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی آنها زیادتر است که نشان‌دهنده توانایی زیادتر آزاد کردن اسید و قلیایی توسط این چوب‌ها می‌باشد.

جدول ۳- میانگین pH، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی و دانسیته حجمی خرده‌چوب‌ها

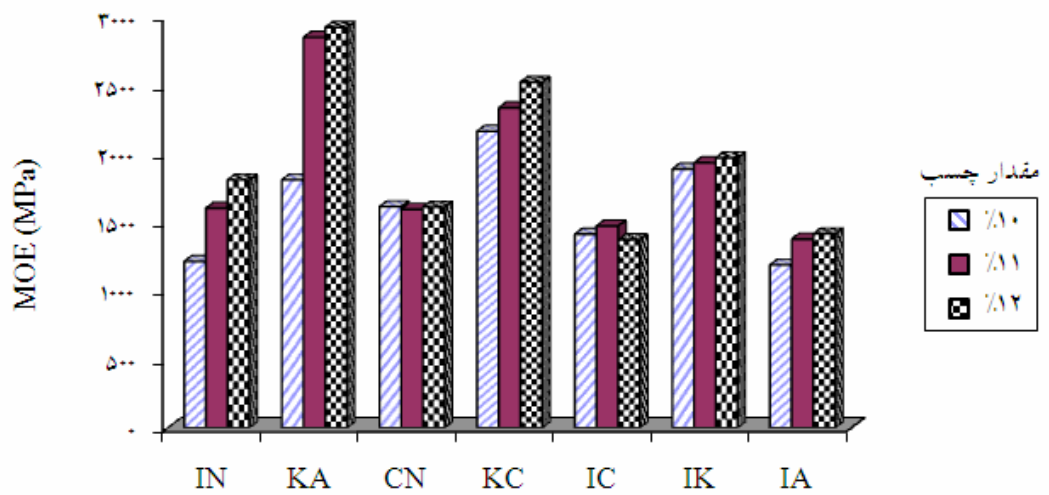
خرده‌چوب	pH	ظرفیت بافرکنندگی اسیدی (ml NaOH 1N)	ظرفیت بافرکنندگی قلیایی (ml H ₂ SO ₄ 1N)	دانسیته حجمی (kg/m ³)
چوب مخلوط پهن‌برگان شمال ایران	۵/۳۶	۰/۰۲	۰/۰۶۵	۲۴۵
چوب کاج	۴/۹۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۱۵۲/۷
چوب چنار	۴/۸۵	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۵	۱۳۵/۲
سرشاخه انگور ض	۵/۴۰	۰/۰۲	۰/۰۹۵	۱۳۹/۲

میانگین ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی تخته خرده‌چوب ساخته شده از خرده‌چوب‌های مخلوط پهن‌برگان شمال ایران و خرده‌چوب‌های کاج، چنار، سرشاخه انگور به صورت مجزا و ترکیبی و با استفاده از

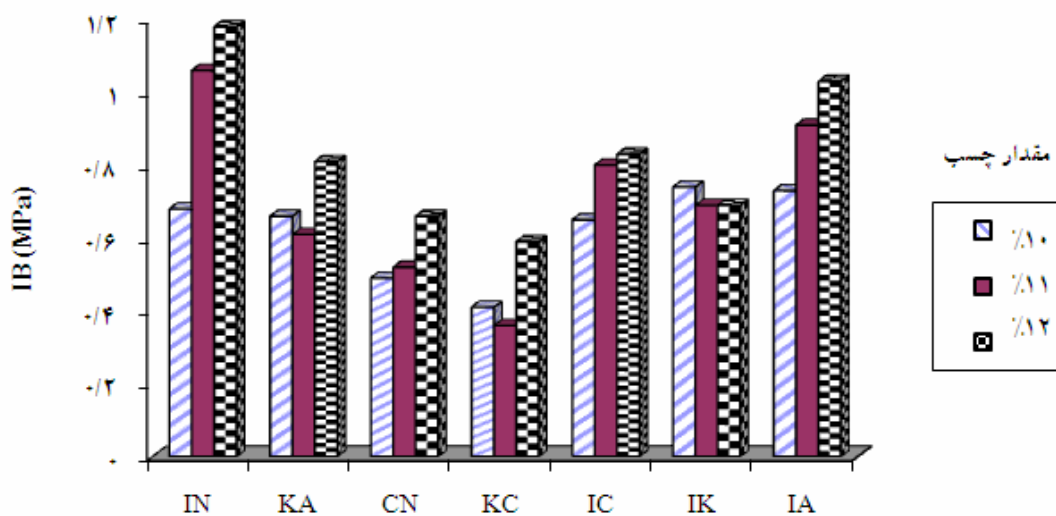
سه مقدار چسب اوره - فرمالدهید (۱۰، ۱۱ و ۱۲ درصد) ساخته شده‌اند (به صورت هیستوگرام در شکل‌های ۱ تا ۵ ترسیم شده است).



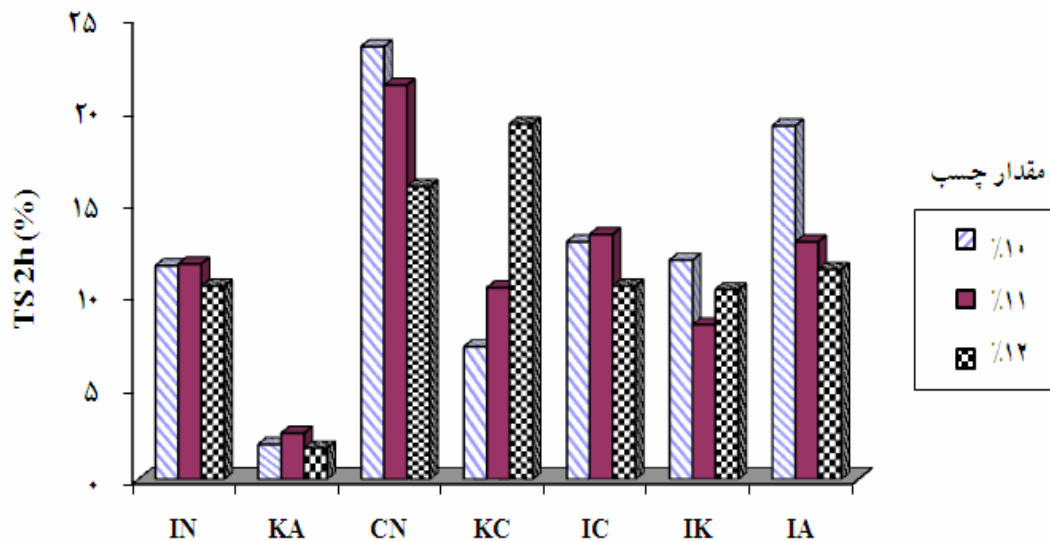
شکل ۱- مقاومت خمشی تخته خرده چوب از ضایعات چوبی شهری



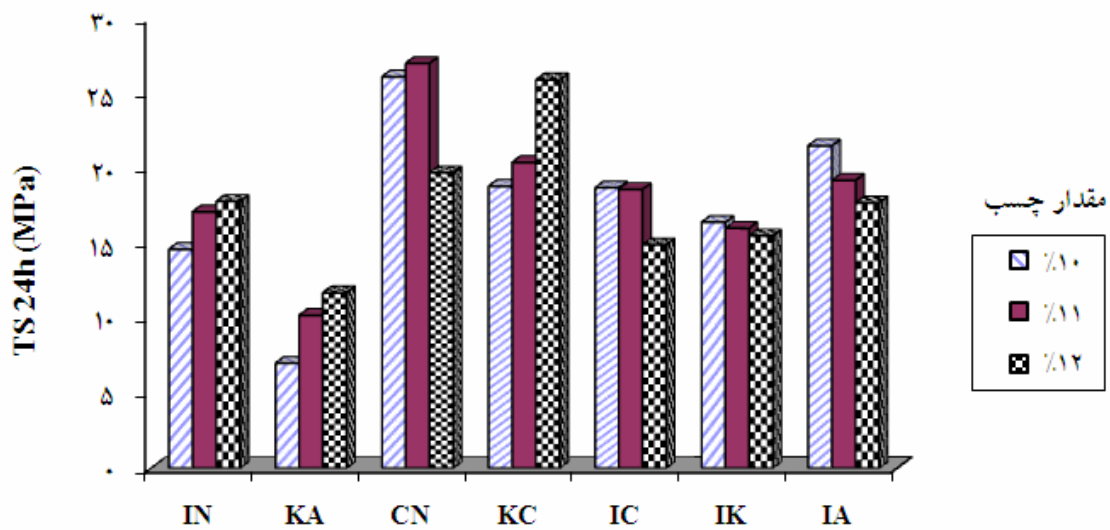
شکل ۲- مدول الاستیسیته خمشی تخته خرده چوب از ضایعات چوبی شهری



شکل ۳- چسبندگی داخلی تخته خرده چوب از ضایعات چوبی شهری



شکل ۴- واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده چوب از ضایعات چوبی شهری



شکل ۵- واكشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته خرده‌چوب از ضایعات چوبی شهری

ایران زیاده‌تر از مخلوط خرده‌چوب از پهن‌برگان شمال ایران است.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی انجام شده و تأثیر مستقل و مقابل عوامل مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهند که نوع چوب بر ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی تخته خرده‌چوب تأثیرگذار بوده و زیاده‌ترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و کمترین واكشیدگی ضخامت در تخته خرده‌چوب از چوب کاج به‌دست آمده است. ویژگی‌های تخته خرده‌چوب از چوب چنار و مخلوط چوب کاج و خرده‌چوب پهن‌برگان شمال

جدول ۴- سطح معنی‌داری (سطح احتمال آماری) تأثیر مستقل و مقابل عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های تخته خرده‌چوب

سطح احتمال آماری					منبع تغییرات
واكشیدگی ضخامت ۲۴ ساعته	واكشیدگی ضخامت ۲ ساعته	IB	MOE	MOR	
۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	ترکیب خرده‌چوب
۰/۲۸۵۷ ^{ns}	۰/۰۵۳۶*	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۱**	مقدار چسب
۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۲۸۵*	۰/۲۸۳۲ ^{ns}	اثر مقابل ترکیب خرده‌چوب و مقدار چسب

ترکیب خرده‌چوب صنعتی و خرده‌چوب از سرشاخه درخت سیب افزایش یافته است. نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های اثر دو عامل ترکیب خرده‌چوب و مقدار چسب بر مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب در سطح آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. ولی تجزیه واریانس اثر همزمان دو عامل ترکیب خرده‌چوب و مقدار چسب بر مقاومت خمشی معنی‌دار نشده است. بر اساس نتایج اندازه‌گیری مدول الاستیسیته تخته‌ها مشخص گردید که زیادترین میانگین مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌های ساخته شده با خرده‌چوب کاج و ۱۱ درصد چسب معادل ۲۹۲۶ مگاپاسکال بود و کمترین میانگین مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌های ساخته شده با خرده‌چوب صنعتی از مخلوط پهن‌برگان شمال ایران و ۱۰ درصد چسب معادل ۱۲۱۵ مگاپاسکال تعیین شده است.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری تأثیر مستقل ترکیب خرده‌چوب و مقدار چسب بر مدول الاستیسیته تخته خرده‌چوب در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شده و با زیاد شدن مقدار چسب این ویژگی افزایش یافته است. به علاوه چوب سبک‌تر کاج قادر به ایجاد فشردگی زیادتر و مدول الاستیسیته زیادتر بوده است. به طوری که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اثر متقابل دو عامل فوق بر مدول الاستیسیته در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار شده است.

با افزایش مقدار چسب هر دو ویژگی مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته افزایش یافته که دور از انتظار نمی‌باشد. زیرا با زیاد شدن مقدار چسب، پوشش بهتری از چسب بر روی خرده‌چوب به وجود آمده و اتصالات بیشتر و کارآمدتری در بین خرده‌چوب‌ها پدید آمده است. دوست حسینی (۱۳۸۰) عنوان می‌کند که افزایش مقدار مصرف چسب اوره - فرمالدهید خواص تخته‌های ساخته شده را

با توجه به این که دو عامل ترکیب خرده‌چوب (به‌عنوان مهمترین عامل مورد بررسی و مقدار چسب به‌عنوان تقویت‌کننده اتصال بین ذرات در دانسیته ثابت ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج ابتدا به صورت اثر مستقل هر یک از عوامل و بعد از آن تأثیر همزمان دو عامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. تأثیر این عوامل بر ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی تخته خرده‌چوب در سطح اعتماد آماری ۹۵ یا ۹۹ درصد معنی‌دار شده است و فقط تأثیر متقابل ترکیب خرده‌چوب و مقدار چسب بر مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب، تأثیر مقدار چسب بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (جدول ۴) معنی‌دار نشده است.

تأثیر متقابل دو عامل ترکیب خرده‌چوب و مقدار چسب بر ویژگی‌های مقاومتی و واکنشیدگی ضخامت بجزء مقاومت خمشی تخته خرده‌چوب ساخته شده معنی‌دار گردید.

بحث

ویژگی‌های مقاومتی

بر اساس نتایج به‌دست آمده زیادترین میانگین مقاومت خمشی مربوط به تخته‌های ساخته شده با چوب کاج و ۱۱ درصد چسب معادل ۲۱/۴۳ مگاپاسکال و کمترین میانگین خمشی نیز مربوط به تخته‌های ساخته شده از مخلوط پهن‌برگان شمال ایران و ۱۰ درصد چسب معادل ۱۰/۲۳ مگاپاسکال بود (شکل ۱). عنایتی و همکاران (۱۳۸۷) مشاهده کردند که با افزایش میزان خرده‌چوب‌های صنعتی از پهن‌برگان شمال ایران مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته خرده‌چوب

به دست آمده نشان داد با افزایش دانسیته حجمی خرده چوب، مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب افزایش یافته و زیاده ترین چسبندگی داخلی مربوط به تخته از خرده چوب های خاصیتی از مخلوط پهن برگان شمال است که دارای سطح ویژه کمتری هستند. سطح ویژه کمتر باعث می شود تا چسب بیشتری بر سطوح خرده چوب ها قرار گیرد و با افزایش نقاط اتصال بین خرده چوب ها، مقاومت چسبندگی داخلی بهتری به وجود آید. کارگرفرد و همکاران (۱۳۸۵) به این نتیجه رسیده اند که تخته های ساخته شده از خرده چوب ضایعات و سرشاخه های سیب از چسبندگی داخلی بالاتری برخوردار هستند و دلیل آن را کم شدن سطح ویژه این نوع خرده چوب و پوشش بهتر چسب می دانند.

نکته مهم دیگر در مورد اتصال بین خرده چوب و چسب اوره - فرمالدهید مربوط به شیمی خرده چوب ها است. خرده چوب های صنعتی از مخلوط پهن برگان شمال ایران به علت ظرفیت بافرکنندگی مناسب تر قادر به تشکیل اتصال قویتری با چسب اوره - فرمالدهید شده اند. در صورتی که خرده چوب های کاج با وجود دانسیته کمتر و ایجاد فشردگی بیشتر، به علت وجود مواد استخراجی محلول در حلال آلی اتصال ضعیف تری را تشکیل می دهند.

واکشیدگی ضخامت

واکشیدگی ضخامت یک ویژگی منفی برای فرآورده های چوبی می باشد و می تواند مشکلاتی در کاربرد این محصولات پدید آورد. بنابراین این ویژگی همواره اندازه گیری می گردد.

بر اساس نتایج به دست آمده، زیاده ترین میزان

دستخوش تغییر کرده است. نتایج این بررسی نشان داده است که افزایش چسب از ۱۰ درصد به ۱۲ درصد باعث افزایش ویژگی های خمشی تخته ها شده است.

چوب چنار رفتار ناشناخته ای دارد و تاکنون بررسی های جامعی در مورد ویژگی های فیزیکی و شیمیایی این چوب انجام نشد است. با توجه به این که سازوکار تشکیل اتصال بین چوب و چسب وابسته به ویژگی های شیمیایی چوب است، بنابراین رفتار چوب چنار به طریقی بوده که تأثیر مقادیر مختلف چسب بر مقاومت اتصال قابل ملاحظه و معنی دار نمی باشد.

در اثر استفاده از چوب کاج که دانسیته کمتری دارد و به طبع آن دانسیته حجمی خرده چوب از چوب کاج کمتر است. این پدیده باعث می شود که ضریب فشردگی یک خرده چوب افزایش یابد و این مسئله عامل مهمی در افزایش ویژگی های خمشی تخته های ساخته شده است. در پژوهش های دیگر نیز به تأثیر مثبت گونه های سبک تر در ساخت تخته خرده چوب در مقایسه با چوب گونه های سنگین تر و افزایش ضریب فشردگی در تخته ساخته شده تأکید شده است (Nemli و همکاران، ۲۰۰۳).

نتایج اندازه گیری مقاومت چسبندگی داخلی نشان داد که زیاده ترین میانگین مقاومت چسبندگی داخلی مربوط به تخته های ساخته شده با خرده چوب صنعتی از پهن برگان شمال ایران و ۱۲ درصد چسب اوره - فرمالدهید معادل ۱/۱۸ مگاپاسکال بوده است. کمترین میانگین چسبندگی داخلی نیز مربوط به تخته های ساخته شده با ترکیب خرده چوب از کاج و چنار و ۱۱ درصد چسب معادل ۰/۳۶ مگاپاسکال اندازه گیری شده است.

نتایج تأثیر مستقل و متقابل عوامل مورد بررسی بر این ویژگی در سطح ۹۹ درصد معنی دار شده است. نتایج

ویژگی‌های شیمیایی دو چوب مورد بررسی بر روی چسب باعث اُفت قابلیت تشکیل اتصال شده و حتی در مقدار چسب زیادتر واكشیدگی افزایش می‌یابد.

کارگرفرد و همکاران (۱۳۸۵) پس از اندازه‌گیری واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری نمونه تخته خرده‌چوب در آب نتیجه‌گیری کردند که تأثیر عامل ترکیب ماده چوبی بر این ویژگی معنی‌دار می‌باشد (و در شرایطی که از خرده‌چوب سرشاخه هرس درختان سیب استفاده شده است). واكشیدگی ضخامتی تخته‌ها کمتر بوده است. بدیهی است کاهش دانسیته ماده اولیه چوبی (چوب کاج)، دانسیته حجمی خرده‌چوب را افزایش داده و به تبع آن حجم کیک خرده‌چوب زیاد می‌شود. در این حالت سطح ویژه خرده‌چوب‌ها افزایش یافته و مواجه با کم شدن چسبندگی داخلی خواهیم بود. در مورد خرده‌چوب‌های صنعتی به علت دانسیته حجمی کمتر، میزان پذیرش چسب در واحد سطح خرده‌چوب‌ها زیادتر شده و در نتیجه آن چسبندگی داخلی افزایش یافته است. ولی چوب کاج به علت وجود مواد استخراجی محلول در حلال آلی قابلیت جذب آب کمتری داشته و به این دلیل واكشیدگی ضخامتی تخته خرده‌چوب کاج کمتر از تخته خرده‌چوب از مخلوط پهن برگان است. از طرف دیگر با زیاد شدن ضریب فشردگی خرده‌چوب‌ها به دلیل کم شدن دانسیته حجمی خرده‌چوب‌ها، میل به برگشت‌پذیری تخته بعد از غوطه‌وری در آب تخته‌ها افزایش یافته است. به علاوه به این نکته نیز باید توجه داشت که خرده‌چوب کاج به علت آبگریزی قادر به ایجاد واكشیدگی ضخامت کمتر بوده است.

براساس نتایج این بررسی، می‌توان بیان داشت که خرده‌چوب‌های تولید شده از ضایعات چوبی شهری نظیر

واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به تخته‌های با ۱۰۰ درصد خرده‌چوب چنار و ۱۱ درصد چسب معادل ۲۱/۴ درصد و کمترین واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به تخته‌های با ۱۰۰ درصد خرده‌چوب کاج و ۱۲ درصد چسب معادل ۱/۱۱ درصد اندازه‌گیری شده است. همچنین زیادترین میزان واكشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به تخته‌های ساخته شده با خرده‌چوب چنار و ۱۰ درصد چسب اوره - فرمالدهید معادل ۲۷ درصد و کمترین آن نیز مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد تخته خرده‌چوب کاج و ۱۰ درصد چسب معادل ۷ درصد است.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری تأثیر مستقل نوع خرده‌چوب بر واكشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح آماری ۹۹ درصد و تأثیر مقدار چسب بر این ویژگی در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار شده است. نتایج تجزیه و تحلیل آماری تأثیر متقابل دو عامل ترکیب خرده‌چوب و چسب بر ویژگی واكشیدگی ضخامت در سطح آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده است.

نتایج اندازه‌گیری واكشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری نمونه‌ها در آب نشان داد زمانی که از خرده‌چوب کاج حاوی مواد استخراجی محلول در حلال آلی برای ساخت تخته خرده‌چوب استفاده شده است واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به طور معنی‌داری کاهش یافته است. در صورت استفاده از خرده‌چوب چنار به علت ویژگی شیمیایی نامطلوب‌تر بر مقادیر واكشیدگی ضخامت افزوده شده است. بنابراین وقتی از ترکیب چوب کاج و چنار در ساخت تخته خرده‌چوب استفاده می‌شود تأثیر متقابل

- European Standard EN 325-1 (1993) Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results. European Standardization Committee, Brussell.
- European Standard EN 326-1 (1993). "Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results." European Standardization Committee, Brussell.
- European Standars EN 310. (1996). "Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength," European Standardization Committee, Brussell.
- Garay. R. M, MCdonald. F, Acevedo. M. L, Calderon. B, Araya. J. E. 2009. Particleboard made with crop residues mixed with wood from Pinus radiate. Bioresources 4(4), 1396-1408
- Johns, W.E., Niazi, K., 1980. Effect of pH and buffering capacity on the gelation time of urea-formaldehyde resin. Wood and Fiber 12(4), 255-263.
- Kalaycoglu. H, Nemli. G. 2006. Producing composite particleboard from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stalks. Industrial Crops and Products 24(2006) 177-180
- Nemli, G. Kirel, H. Serdar, B. Av, N. 2003. Suitability of kiwi(*Actinidia sinensis* planch) pruning for particleboard manufacturing. Industrial Crops and Products Vol 17(1):39-46
- Saukkonen. S. 1999. Cleaning recycled urbon waste wood materials for panel boards. Presented at second European panel product symposium.

ضایعات چوب کاج و چنار و همچنین ضایعات هرس درختان انگور از قابلیت خوبی به عنوان ماده اولیه لیگنوسلولزی ارزان قیمت برخوردار بوده و می تواند به صورت خالص یا مخلوط با یکدیگر و یا مخلوط با خرده چوب از مخلوط پهن برگان شمال ایران در تولید این محصول به کار برده شود.

منابع مورد استفاده

- دوست حسینی، کاظم. ۱۳۸۰. فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی. انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول.
- کارگرفرد، ا. نوربخش، ا. ۱۳۸۳. استفاده از ضایعات حاصل از هرس درختان انگور در تهیه تخته خرده چوب. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران (۱۹-۲). صفحه ۱۵۹-۱۷۳
- کارگرفرد، ا. حسین زاده، ع. نوربخش، ا. ۱۳۸۵. استفاده از ضایعات چوبی حاصل از هرس درختان سیب در تولید تخته خرده چوب. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی (۷۳)
- نوربخش، ا. رضوی، ا. دوست حسینی، ک. حسین زاده، ع. کارگرفرد، ا. ۱۳۸۶. بررسی امکان استفاده از ضایعات پوست درخت راش در صنایع تخته خرده چوب. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی (۷۵)
- European Standard EN 319 (1996) Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussell.

Investigation on the utilization of urban wood residues in the production of particleboard

Jahan Latibari, A.^{1*}, Golbabaee, F.², Tamjidi, A.³, Sobhani, B.³ and Raofkia A.³

1*- Corresponding Author: Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran e-mail: latibari_24@yahoo.com

2- Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands

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

Received: April, 2012

Accepted: Dec., 2012

Abstract

Based on the need and the importance of urban wood residues to fulfill part of the wood raw material for particleboard production, and to increase its value as raw material, the potential of such material including wood residues from pine and sycamore trees as well as grape fruit tree pruning for the production of particleboard was investigated. The results are compared with similar particleboard produced using particles from mixed hardwoods generated at the industrial scale mill. Laboratory boards at the density of 650 kg/m³ were made changing the resin dosage at three levels of 10, 11 and 12% based on the oven dry weight of the particles and the strength and thickness swelling of the boards were measured as defined in relevant EN standards. Due to the lower bulk density of particles from pine wood, boards produced using these particles generated the highest MOR and MOE, and the lowest MOR and MOE were measured from boards produced using particles from mixed hardwoods. However, the IB of the boards from mixed hardwoods and application of 12% resin was superior (1.18 MPa.) and the lowest IB (0.36 MPa.) was measured from the boards produced using the mixture of 50% pine and 50% sycamore particles. The thickness swelling of the sycamore boards were inferior and the lowest thickness swelling was measured from the pine particleboards.

Key words: Pine, sycamore, grape tree, hardwoods, strength, thickness swelling