



در

منابع طبیعی شماره ۷۳، زمستان ۱۳۸۵

پژوهش‌های سازندگی

## استفاده از ضایعات چوبی حاصل از هرس درختان سیب در تولید تخته خرده چوب

- ابوالفضل کارگرفرد، • عبدالرحمن حسین‌زاده، و • امیر نوربخش،  
اعضاء هیأت علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
- کاظم دوست حسینی، استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- فریبرز نیک‌نام، کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ

تاریخ دریافت: تیرماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: مهر ماه ۱۳۸۴

Email: Kargarfard@rifr-ac.ir

### چکیده

در این بررسی با استفاده از سرشاخه‌های حاصل از هرس درختان سیب به صورت خالص و در ترکیب با چوب صنوبر و با استفاده از ۳ رطوبت کیک خرده چوب ۱۱، ۱۳ و ۱۵ درصد و دو زمان پرس ۵ و ۶ دقیقه، تخته خرده چوب تهیه گردید. از ترکیب عوامل فوق ۱۲ ترکیب شرایط بوجود آمد و برای هر ترکیب ۳ تخته (تکرار) و در مجموع ۳۶ تخته ساخته شد. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده، اندازه‌گیری گردیده و با استفاده از آزمون فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده تحت تاثیر معنی‌دار هر سه عامل متغیر قرار داشته‌اند به طوری که زیادترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها در شرایط استفاده از ترکیب ماده چوبی سیب - صنوبر، رطوبت کیک خرده چوب ۱۵ درصد و زمان پرس ۶ دقیقه ملاحظه گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل چسبندگی داخلی تخته‌ها نشان داد که افزایش زمان پرس باعث بهبود این ویژگی گردیده است. ولی در تخته‌های ساخته شده از ترکیب چوبی سیب خالص، بهبود چسبندگی داخلی در اثر افزایش زمان پرس از شدت بیشتری برخوردار بود. همچنین نتایج بیانگر آن بود که واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری تخته‌ها در آب تحت تاثیر عامل ترکیب ماده چوبی قرار دارد و تخته‌های ساخته شده از ماده چوبی سیب نسبت به تخته‌های ساخته شده از ترکیب چوبی سیب صنوبر از واکنشیدگی ضخامت کمتری برخوردار بودند.

کلمات کلیدی: چوب، تخته خرده چوب، هرس درختان سیب، صنوبر، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی

Pajouhesh & Sazandegi No 73: pp: 27-32

### Utilization of apple wood prunings in particleboard production

By: A. Kargarfard., A. Hosseinzadeh., and A. Nourbakhsh., Academic Members of Research Institute of Forest and Rangelands. K. Doosthosseini., Professor of Natural Resources College of Tehran University. F. Niknam., MSc of Wood and Paper Science.

The purpose of this study was to examine the utilization of apple wood pruning as a raw material in particleboard manufacturing. In order to experimental boards were produced using pure apple wood particles and mixed to poplar particles, mat moisture content varied at 11, 13, and 15 percent and press time at 5 and 6 minutes. Thirty six sample boards (12 treatments) were produced and tested. The results of physical and mechanical properties measurements were as follows: The results demonstrated that modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of boards produced under condition of mixed apple and poplar particles, 15% mat moisture content and 6 minutes of press time were higher than the other treatments. The results showed that increasing of press time had effect on internal bonding (IB) of boards, this trend was significantly higher in boards made of apple wood particles compare to the other boards. The results also indicated that, thickness swelling (T.S) after 2 and 24 hours water soaking were affected by raw materials, and boards produced of apple wood particles had lower T.S than boards made of mixed wood apple and poplar particles. With regard to the physical and mechanical properties of boards, achieved the utilization of apple wood pruning residues could be recommended as a suitable lignocellulosic source in form of pure or mixed with poplar wood in particleboard industries.

**Key words:** Wood, Particleboard, Apple wood prunings, Poplar wood, Physical and mechanical properties

### مقدمه

مصرف چوب و فرآورده‌های چوبی در دنیا در سال‌های اخیر از رشد قابل توجهی برخوردار بوده است و در کشورهای در حال توسعه این روند شدت بیشتری داشته است. از طرفی توسعه واحدهای تولیدی در زمینه فرآورده‌های مرکب چوبی، مستلزم تامین ماده لیگنوسلولزی اولیه مناسب و ارزان قیمت می‌باشد و این موضوع در کشورهایی که دارای منابع محدود جنگلی هستند از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در حالی که در کشور ما به دلیل محدود بودن تولید چوب در جنگل‌های صنعتی شمال کشور، باعث گردیده است که تولیدات چوبی این جنگل‌ها در صنایعی که نیاز به ماده چوبی با کیفیت نسبتاً بالا دارند، مصرف گردیده و تامین ماده اولیه چوبی در صنعت اوراق فشرده چوبی بویژه تخته خرده چوب به یک مساله حاد تبدیل شود و صاحبان این صنعت را به تلاش برای دسترسی به مواد لیگنوسلولزی مناسب و ارزان که بتواند یک جایگزین مطمئن برای مواد چوبی جنگلی باشد، واداشته است. از آنجائی که صنعت تخته خرده چوب قادر است طیف وسیعی از مواد لیگنوسلولزی چوبی و غیرچوبی را مورد تغذیه و مصرف قرار دهد، تحقیقات وسیعی در این صنعت برای جایگزینی مواد لیگنوسلولزی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی با مواد چوبی جنگلی مورد مصرف این صنعت صورت گرفته است. به طوری که در حال حاضر در جهان با استفاده از ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی مانند باگاس و سرشاخه‌های پسته، تخته خرده چوب تولید می‌گردد. با این حال شناسایی و معرفی منابع لیگنوسلولزی جدید به واحدهای تولید تخته خرده چوب نیازمند بررسی‌های علمی و تحقیقات جامع می‌باشد.

وجود بیش از ۱۵۰/۰۰۰ هکتار باغ سیب در کشور (۱) و لزوم

هرس سالیانه این باغات به‌طور متوسط بیش از ۱۰۰/۰۰۰ تن ضایعات لیگنوسلولزی تولید می‌کند و استفاده از این ضایعات چوبی در مناطقی مانند آذربایجان شرقی و غربی و تهران از توجه اقتصادی مناسبی برخوردار می‌باشد. از طرف دیگر در مناطق مذکور سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی زیر کشت گونه‌های سریع‌الرشد به‌ویژه کلن‌های مختلف صنوبر قرار دارند که می‌توان از چوب آنها به عنوان یک مکمل با سرشاخه‌های سیب در ساخت تخته‌خرده چوب استفاده نمود. در واقع هدف این بررسی نیز امکان استفاده از ضایعات حاصل از هرس درختان سیب به صورت خالص و در ترکیب با چوب صنوبر در ساخت تخته‌خرده چوب تحت شرایط مختلف ساخت و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده بوده است.

بررسی‌های انجام شده بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب نشان می‌دهد که عوامل متعددی بر این ویژگی‌ها تاثیرگذار هستند که در این بین با توجه به اینکه هر گونه تغییری در ترکیب ماده چوبی مورد استفاده در ساخت تخته خرده چوب تاثیر به‌سزایی در شرایط ساخت و خواص فیزیکی و مکانیکی محصول نهایی می‌گذارد، بررسی‌های مختلفی در این زمینه انجام گرفته است. دوست حسینی و خادمی‌اسلام (۲) امکان ساخت تخته خرده چوب از سرشاخه‌های درخت بادام و صنوبر را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که ماده چوبی اولیه مورد استفاده بر ویژگی‌های تخته‌های ساخته شده تاثیر معنی‌داری داشته، به طوری که مقاومت خمشی تخته‌ها با افزایش مقدار مصرف سرشاخه درختان بادام، کاهش یافت. آنها همچنین مشاهده کردند که افزایش رطوبت کیک خرده چوب از ۱۲ به ۱۴ درصد باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب گردیده است در حالی که

بایستی توجه داشت که برای تعیین حداقل زمان پرس، زمان سخت شدن چسب در گوشه‌های تخته را در نظر داشت (۱۱).

### مواد و روش‌ها

در این بررسی عوامل ذیل در فرآیند ساخت، متغیر در نظر گرفته شد که شامل

- ترکیب ماده اولیه چوبی که در این تحقیق از دو ترکیب چوبی شامل ۱۰۰ درصد سرشاخه‌های هرس درختان سیب و مخلوط ۵۰ درصد سرشاخه‌های هرس درختان سیب با ۵۰ درصد چوب صنوبر (*P. nigra*) استفاده شده است.

- رطوبت یک خرد چوب که در سه سطح ۱۱، ۱۳ و ۱۵ درصد انتخاب گردید.

- زمان پرس که برای ساخت تخته‌ها از دو زمان پرس ۵ و ۶ دقیقه استفاده شد.

### مراحل ساخت تخته‌های آزمایشگاهی

ماده اولیه چوبی مورد استفاده از سرشاخه‌های حاصل از هرس درختان سیب و گونه صنوبر (*P. nigra*) تهیه گردید. جرم مخصوص سرشاخه‌های چوبی سیب در رطوبت ۱۲ درصد معادل ۰/۷۵ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه‌گیری شد. برای تهیه خرد چوب مناسب، سرشاخه‌های سیب و صنوبر پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از یک خرد کن غلطکی از نوع Pallman به خرد چوب‌های درشت و سپس بوسیله یک آسیاب حلقوسی به خرد چوب‌های قابل استفاده در ساخت تخته خرد چوب تبدیل شدند. پس از حذف خرد چوب‌های بسیار ریز و بسیار درشت که مناسب ساخت تخته خرد چوب نبودند، رطوبت خرد چوب‌ها بوسیله یک خشک کن آزمایشگاهی تارسیدن به سطح ۱ درصد کاهش داده شد. سپس خرد چوب‌های خشک شده در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت، بسته‌بندی و برای ساخت تخته‌های آزمایشگاهی نگهداری شدند.

برای چسب زنی خرد چوب‌ها از یک دستگاه چسب زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب همراه با کاتالیزور (از  $\text{NH}_4\text{CL}$  به مقدار ۱ درصد بر اساس وزن خشک چسب مصرفی به عنوان سخت کننده استفاده شده است). به وسیله یک نازل و با استفاده از هوای فشرده بر روی خرد چوب‌ها که در داخل محفظه چسب پاش در حال چرخش قرار داشتند پاشیده شده و با آنها کاملاً مخلوط گردید، به منظور تشکیل یک خرد چوب از یک قالب چوبی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی متر استفاده شد و خرد چوب‌های چسب‌زنی شده که بوسیله ترازوی آزمایشگاهی توزین شده بود به صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند.

پس از تشکیل یک خرد چوب با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی از نوع BURKLE L-۱۰۰ اقدام به فشردن یک خرد چوب و ساخت تخته‌های آزمایشگاهی گردید. در این بررسی از ترکیب ۳ متغیر در سطوح مختلف ۱۲ تیمار حاصل شد که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد که در مجموع ۳۶ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. بعد از پایان مرحله پرس، به منظور مشروط سازی و یکنواخت سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی نگهداری گردیدند.

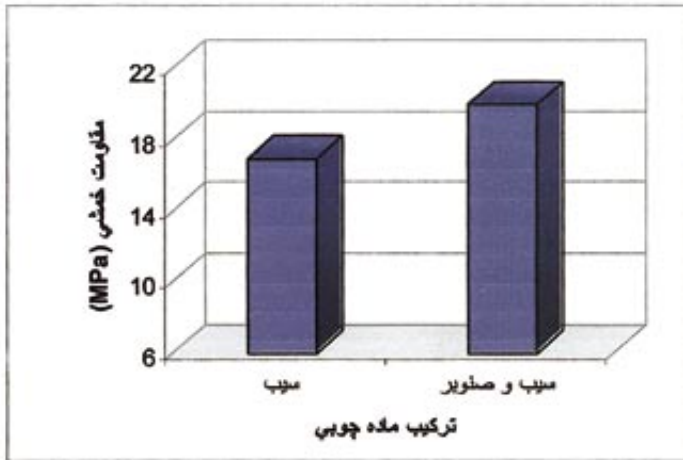
افزایش رطوبت کیک از ۱۴ به ۱۶ درصد سبب کاهش چسبندگی داخلی تخته‌ها گردیده است که نامبردگان، کاهش چسبندگی داخلی در رطوبت ۱۶ درصد را به دلیل تجمع و افزایش فشار بخار در لایه میانی تخته‌ها عنوان کرده‌اند (۲). روشنی استفاده از دو گونه تاغ و صنوبر در ساخت تخته خرد چوب را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه‌گیری نمود در شرایطی که از ترکیب ۲۵ درصد تاغ و ۷۵ درصد صنوبر استفاده شود بسیاری از خواص تخته از جمله مقاومت خمشی در حد مطلوب خواهد بود (۳).

Hata و همکاران در تحقیقات خود نشان داده‌اند که با ایجاد گرادبان رطوبتی بین سطح و مغز کیک خرد چوب و انتقال سریع حرارت به قسمت‌های داخلی کیک، می‌توان به مقدار قابل توجهی زمان پرس را کاهش داد. در اثر انتقال سریع بخار به لایه میانی کیک، پلیمر شدن چسب در تمام نقاط کیک به‌ویژه در لایه میانی کامل شده و در نهایت کیفیت تخته از جمله چسبندگی داخلی آن بهبود می‌یابد (۷). طبرسا و سلیمی در مطالعات خود در مورد بررسی امکان استفاده از سرشاخه‌های بادام در ساخت تخته خرد چوب به این نتیجه رسیدند که چوب صنوبر در تنش فشاری معادل ۲ مگاپاسکال و چوب بادام در تنش فشاری معادل ۱۷ مگاپاسکال از حالت الاستیک به پلاستیک تغییر رفتار می‌دهند (۴).

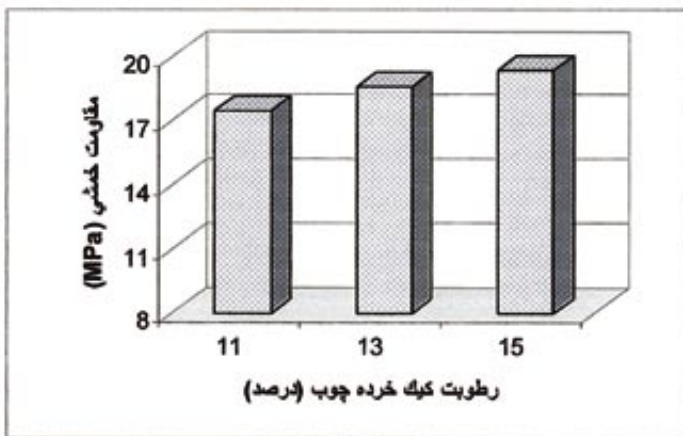
لتیباری و همکاران با استفاده از ضایعات هرس درختان خرما اقدام به ساخت تخته خرد چوب کرده و نتیجه گرفتند که می‌توان با استفاده از ضایعات نخل تخته‌هایی با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی استاندارد تولید نمود (۵). Kasir در نتایج حاصل از بررسی هایش عنوان کرده است که مقدار رطوبت و پراکنش آن در ضخامت کیک خرد چوب دارای بیشترین تأثیر بر انتقال حرارت از سطح به مغز تخته‌ها بوده است. وی بیان می‌دارد که افزایش درجه حرارت لایه مغزی با افزایش یافتن مقدار رطوبت از ۹ به ۱۳ درصد با پراکنش یکنواخت در کیک خرد چوب به آرامی صورت می‌پذیرد در حالیکه با ایجاد گرادبان رطوبتی بین لایه سطحی و مغزی، این افزایش حرارت در مغز کیک دارای شتاب بیشتری خواهد شد (۱۰).

Jie - Ying و همکاران در بررسی‌های خود، اقدام به مقایسه فرآیند پرس کردن معمولی و پرس کردن با تزریق بخار در تولید تخته خرد چوب از گونه صنوبر کرده و به این نتیجه رسیدند که در روش پرس کردن با تزریق بخار، کل زمان پرس کردن به مقدار زیادی کوتاه شده و تخته‌های ساخته شده با این روش دارای مقاومت چسبندگی داخلی فوق‌العاده‌ای هستند ولی خواص خمشی تخته‌های ساخته شده با دو روش مذکور دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند (۸).

Jiyou و همکاران در بررسی‌های خود تحت عنوان تکنولوژی تولید تخته خرد چوب با چسب ایزوسیانات عواملی مانند درجه حرارت پرس، زمان پرس، دانسیته، مقدار رطوبت، مقدار مصرف چسب و مصرف پارافین را مورد ارزیابی و بحث قرار داده و نتیجه گرفتند که شرایط پرس و مقدار رطوبت ذرات خرد چوب در تولید تخته خرد چوب، مهمترین فاکتورهای تأثیر گذار هستند (۹). Maloney در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده است که هنگامی که درجه حرارت مغز تخته به ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسد، عمل سخت شدن چسب پس از ۳۰ ثانیه رخ می‌دهد. اما دمای مغز تخته در کناره‌ها به ندرت به ۱۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. زیرا کناره‌ها یا گوشه‌های تخته از دو طرف در معرض هوا هستند و معمولاً سردترین قسمت‌های تخته، آخرین قسمت‌هایی هستند که چسب در آنجا سخت می‌شود. بنابراین



شکل ۱- تاثیر ترکیب ماده چوبی بر مقاومت خمشی



شکل ۲- تاثیر رطوبت کیک خرده چوب بر مقاومت خمشی

سطح ویژه چسب خوری آنها به جهت افزایش جرم مخصوص دانست. این امر باعث می شود ذرات چسب بیشتری بر روی سطوح خرده چوبها قرار گرفته و با افزایش نقاط اتصال بین خرده چوبها، چسبندگی داخلی مطلوب تری بوجود آید. تاثیر متقابل رطوبت کیک خرده چوب و زمان پرس نیز تاثیر معنی داری بر چسبندگی داخلی داشته است، بطوری که در زمان پرس ۵ دقیقه با افزایش رطوبت کیک خرده چوب از چسبندگی داخلی کاسته شده است در حالی که در زمان پرس ۶ دقیقه افزایش رطوبت کیک خرده چوب باعث بهبود و افزایش چسبندگی داخلی شده است (شکل ۵).

همچنین نتایج حاصل از اندازه گیری واکنش پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری تخته ها در آب نشان داد که عامل ترکیب ماده چوبی بر این ویژگی معنی داری باشد و در شرایطی که از ماده چوبی سیب خالص برای ساخت تخته ها استفاده شده است در سطح معنی داری واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعتی تخته ها کمتر بوده است و با اضافه شدن ماده چوبی صنوبر به ترکیب ماده چوبی به مقادیر واکنش پذیری ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت افزوده شده است.

تهیه نمونه های آزمونی برای تعیین ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته ها با استفاده از یک دستگاه اره گرد انجام گرفته است. تخته ها ابتدا کناره بری شده و سپس مطابق استاندارد DIN ۶۸۷۶۳-۶ (۶) برش نمونه های تعیین مقاومت خمشی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE)، مقاومت چسبندگی داخلی (IB) و واکنش پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب تخته ها (T.S24 و T.S2) انجام گرفته است. بعد از انجام آزمایشات فیزیکی و مکانیکی بر روی نمونه های تهیه شده، نتایج حاصله در قالب طرح کامل تصادفی تحت آزمایشات فاکتوریل با ۳ متغیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در صورت وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها، میانگین ها. با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) طبقه بندی و تاثیر مستقل و متقابل هریک از عوامل متغیر بر خواص مورد مطالعه در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد مورد بحث قرار گرفت.

### نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تاثیر عوامل متغیر مورد بررسی شامل ترکیب ماده چوبی، رطوبت کیک خرده چوب و زمان پرس بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته های ساخته شده نشان داد که تاثیر مستقل هر سه عامل متغیر بر مقاومت خمشی معنی دار بوده است و در شرایط استفاده از ترکیب چوبی سیب و صنوبر، رطوبت کیک خرده چوب ۱۵ درصد و زمان پرس ۶ دقیقه، زیاده ترین مقاومت خمشی حاصل شده است. به طوری که در شکل ۱ مشاهده می شود در شرایطی که از ترکیب چوبی سیب و صنوبر برای ساخت تخته ها استفاده شده است مقاومت خمشی در سطح معنی داری از تخته های ساخته شده از ترکیب چوبی سیب زیاده تر بوده است. از طرف دیگر مشاهده گردید که با افزایش رطوبت کیک خرده چوب به طور معنی داری به مقاومت خمشی تخته ها اضافه شده است و در رطوبت کیک خرده چوب ۱۵ درصد زیاده ترین مقاومت خمشی حاصل شده است (شکل ۲).

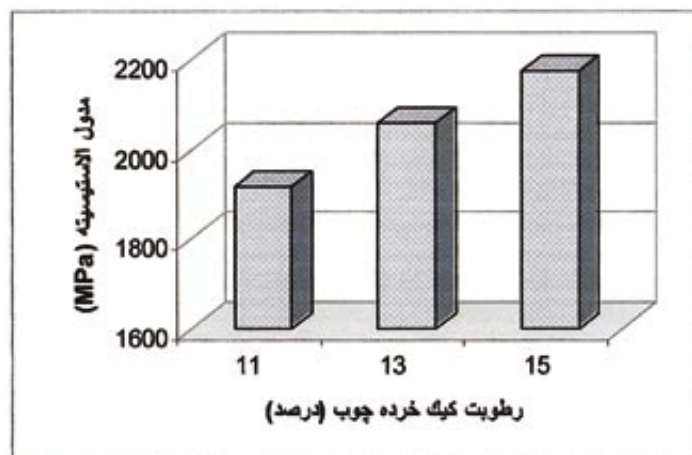
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مدول الاستیسیته تخته های ساخته شده مشابه مقاومت خمشی بوده و نشان داد که هر سه عامل متغیر تاثیر معنی داری بر این ویژگی دارند. و زیاده ترین مدول الاستیسیته در تخته هایی که در شرایط استفاده از ترکیب چوبی سیب و صنوبر، رطوبت کیک خرده چوب ۱۵ درصد و زمان پرس ۶ دقیقه ساخته شده اند، مشاهده شد. در شکل ۳ ملاحظه می شود که تخته های ساخته شده با رطوبت کیک خرده چوب ۱۵ درصد، دارای مدول الاستیسیته بالاتری نسبت به تخته های ساخته شده با رطوبت کیک خرده چوب ۱۱ و ۱۳ درصد می باشند.

اندازه گیری چسبندگی داخلی تخته ها نشان داد که تاثیر زمان پرس بر این ویژگی معنی دار می باشد و با افزایش زمان پرس، چسبندگی داخلی تخته ها بهبود یافته است. اما هنگامی که از ترکیب چوبی سیب خالص برای ساخت تخته ها استفاده شده است، افزایش زمان پرس تاثیر بیشتری در بهبود چسبندگی داخلی داشته است (شکل ۴). از طرف دیگر مشاهده شد که در زمان پرس ۶ دقیقه، تخته های ساخته شده از خرده چوب های سیب از چسبندگی داخلی بالاتری برخوردار هستند که دلیل آن را می توان مربوط به کاهش

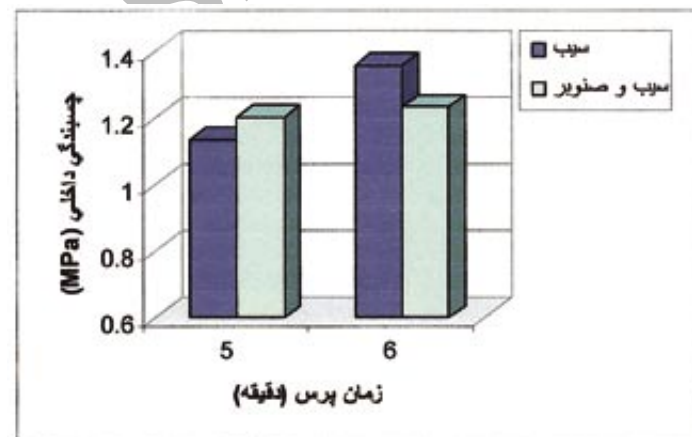
معنی‌داری به مقاومت خمشی تخته‌ها اضافه شده است (شکل ۲) و در رطوبت کیک خرده‌چوب ۱۵ درصد زیادترین مقاومت خمشی حاصل شده است. در اثر افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب، در یک دمای پرس مشخص، میزان نرم شوندگی خرده‌چوب‌ها به دلیل کاهش نقطه انتقال شیشه لیگنین آنها، افزایش یافته و تحت تاثیر فشار وارده از طرف پرس، خرده‌چوب‌ها از فشردگی و درهم‌رفتنی بیشتری برخوردار می‌شوند. این عامل در افزایش کیفیت سطح تخته موثر بوده و باعث شده است که با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب، مقاومت خمشی تخته‌ها بهبود یابد. تحقیقات دوست حسینی و خادمی اسلام نیز نشان داده است که افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب از ۱۲ به ۱۴ درصد باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب می‌گردد. با این حال مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده از سرشاخه‌های سیب در حد استاندارد بوده و می‌توان از این ماده چوبی به صورت خالص نیز در ساخت تخته‌خرده‌چوب استفاده کرد (۲).

نتایج مشاهده شده برای مدول الاستیسیته تخته‌ها مشابه نتایج حاصل برای مقاومت خمشی آنها بوده است و به دلیل تاثیر مثبت افزایش ضریب فشردگی کیک خرده‌چوب در اثر وارد شدن گونه چوبی صنوبر در ترکیب ماده چوبی مورد استفاده و تاثیر افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب در بهبود کیفیت سطح تخته‌ها بویژه در زمان پرس ۶ دقیقه، مدول الاستیسیته تخته‌ها در این شرایط از سطح بالاتری برخوردار بود. همانطور که در مورد تاثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر تغییرات مقاومت خمشی بحث گردید ترکیبات چوب به‌ویژه لیگنین در حضور رطوبت در دمای پائین تری به نقطه نرم شدگی یا نقطه انتقال شیشه می‌رسند و در نتیجه با افزایش رطوبت، قابلیت فشردگی و انعطاف‌پذیری خرده‌چوب‌ها حین عمل پرس افزایش می‌یابد که با افزایش کیفیت سطوح تخته‌ها همراه می‌باشد که به نوبه خود در بهبود ویژگی‌های خمشی موثر می‌باشد.

نتایج حاصل نشان داد که چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده از چوب سیب با افزایش زمان پرس به طور محسوسی بهبود یافته‌اند. استفاده از یک گونه چوبی با جرم مخصوص زیاد باعث می‌شود که سرعت انتقال حرارت از لایه سطحی به لایه میانی کیک خرده‌چوب حین مرحله پرس کاهش یابد. به همین دلیل در استفاده از ترکیب چوبی سیب خالص که دارای جرم مخصوص بیشتری نسبت به ترکیب چوبی سیب و صنوبر است افزایش زمان پرس تاثیر بیشتری در انتقال حرارت از لایه سطحی به مغز تخته و در نتیجه افزایش چسبندگی داخلی داشته است. از طرف دیگر مشاهده شد که در زمان پرس ۶ دقیقه، تخته‌های ساخته شده از خرده‌چوب‌های سیب از چسبندگی داخلی بالاتری برخوردار هستند که دلیل آن را می‌توان مربوط به کاهش سطح ویژه چسب خوری آنها به جهت افزایش جرم مخصوص دانست که باعث می‌شود ذرات چسب بیشتری بر روی سطوح خرده‌چوب‌ها قرار گیرد و با افزایش نقاط اتصال بین خرده‌چوب‌ها، چسبندگی داخلی مطلوب‌تری را بوجود آورد. در زمان پرس ۵ دقیقه مشاهده شد با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب از چسبندگی داخلی کاسته شده است در حالی که در زمان پرس ۶ دقیقه افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب باعث بهبود و افزایش چسبندگی داخلی شده است



شکل ۳- تاثیر رطوبت کیک خرده‌چوب بر مدول الاستیسیته



شکل ۴- تاثیر متقابل زمان پرس و ترکیب ماده چوبی بر چسبندگی داخلی

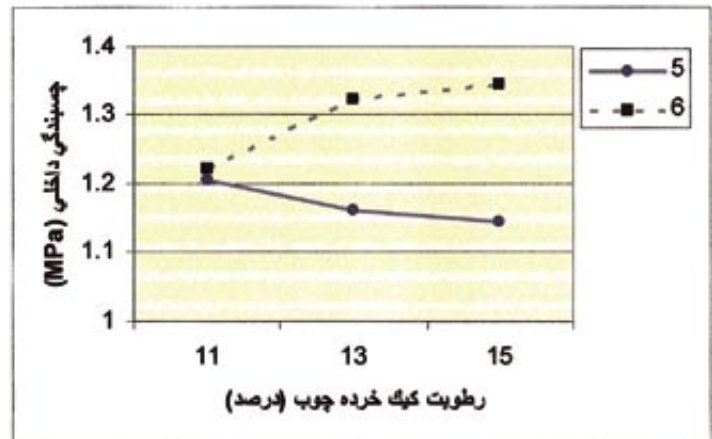
### بحث و نتیجه‌گیری

در این بررسی، اندازه‌گیری مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده نشان داد که در شرایط استفاده از ترکیب ماده چوبی سیب و صنوبر و رطوبت کیک خرده‌چوب ۱۵ درصد و زمان پرس ۶ دقیقه، زیادترین مقاومت خمشی به‌وجود آمده است. افزایش ضریب فشردگی کیک خرده‌چوب در اثر اضافه شدن گونه چوبی صنوبر به ترکیب ماده چوبی که دارای جرم مخصوص کمتری نسبت به جرم مخصوص سرشاخه‌های سیب می‌باشد باعث می‌شود که ضریب فشردگی کیک خرده‌چوب افزایش یابد و این عامل مهمی در افزایش ویژگی‌های خمشی تخته‌های ساخته شده می‌باشد. در این رابطه دوست حسینی و خادمی اسلام نیز امکان ساخت تخته خرده‌چوب از سرشاخه‌های درخت بادام و صنوبر را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که ماده چوبی اولیه مورد استفاده بر ویژگی‌های تخته‌های ساخته شده تاثیر معنی‌داری داشته به طوری که مقاومت خمشی تخته‌ها با افزایش مقدار مصرف سرشاخه درختان بادام، کاهش یافت (۲). از طرف دیگر مشاهده می‌شود که با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب به‌طور

شرقی و تهران که از نظر منابع لیگنوسولولزی جنگلی فقیر ولی دارای باغات وسیع و متمرکز درختان سیب هستند، می‌تواند در واحدهای کوچک تولید تخته خرده‌چوب مورد استفاده قرار گیرد. به‌منظور بهبود ویژگی‌های خمشی و کیفیت سطوح تخته‌های تولیدی استفاده از چوب صنوبر در ترکیب با این ماده لیگنوسولولزی پیشنهاد می‌گردد.

### منابع مورد استفاده

- ۱ - آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۷۷-۱۳۷۶، ۱۳۷۸؛ وزارت کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و بودجه، اداره کل آمار و اطلاعات، نشریه شماره (۷۸/۰۱): ۷۵-۷۷.
- ۲ - دوست حسینی، ک و خادمی‌اسلام، ح.، ۱۳۷۲؛ بررسی استفاده صنعتی از منابع لیگنوسولولزی ایران، ۱- استفاده از سرشاخه درختان میوه در صنایع تخته‌خرده چوب، مجله منابع طبیعی ایران، شماره (۴۶): ۶۳-۷۷.
- ۳ - روشنی، ع.، ۱۳۶۸؛ بررسی استفاده از گونه تاغ و گونه صنوبر در ساخت تخته خرده چوب، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۴ - طبرسات، و سلیمی، ل.، ۱۳۸۰؛ بررسی امکان استفاده از سرشاخه‌های بادام در ساخت تخته‌خرده‌چوب، مجموعه مقالات بهره‌برداری از منابع تجدید شونده و بازیافت در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، صفحه ۶۷ الی ۹۳.
- ۵ - لتیباری، ا.، حسین زاده، ع.، نوربخش، ا.، کارگرفرد، ا. و گلبابایی، ف.، ۱۳۷۵؛ بررسی ویژگی‌های تخته خرده چوب از ضایعات نخل، مجله تحقیقات چوب و کاغذ ایران، شماره ۱.
- 6-DIN Standard (NO. 68763) . 1990 ; Flat pressed particleboard for use in building construction.
- 7-Hata , T.;Subiyanto , B .; Kawai , S.;Sasaki ,H.,1989; Production of particleboard with steam – injection . part 1: Temperature behavior in particle mat during hot pressing and steam – injection pressing. Wood Sci . Technol .23: 361-369.
- 8-Jie –Ying , W.;Zheng Tian,L.;Wen Ben, C.; Jy,W.,1997; Comparison between steam – injection pressing and conventional hot pressing in producing poplar particleboards. Journal of Beijing Forestry University 6 :72-76. 4 ref.
- 9-Jiyou,G.;Zhenhua,G.;Haiyan,T.;Jun,A.;Jy,G.;Zh,G.;Hy, T.1999; Studies on production technology of particleboard with isocyanate resinse. China Wood Industry 13:7-10.
- 10-Kasir, W.A..1979; Influence of processing variable on the vertical density gradient and properties of particleboard. Ph.D.thesis.North Carolina State University. 137 pp.
- 11-Maloney,T.M.1977; Modern prticleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publication, Inc. San Francisco.



شکل ۵- تاثیر متقابل رطوبت کیک و زمان پرس بر چسبندگی داخلی

در این رابطه Hata و همکاران در تحقیقات خود نشان داده‌اند که با ایجاد گرادبان رطوبتی بین سطح و مغز کیک خرده چوب و انتقال سریع حرارت به قسمت‌های داخلی کیک، می‌توان به مقدار قابل توجهی زمان پرس را کاهش داد و با انتقال سریع بخار به لایه میانی کیک، پلیمرشدن چسب در تمام نقاط کیک بویژه در لایه میانی کامل شده و در نهایت کیفیت تخته از جمله چسبندگی داخلی آن بهبود می‌یابد (۷). هر چند مهمترین عامل انتقال حرارت در ضخامت کیک خرده چوب رطوبت می‌باشد و افزایش رطوبت کیک خرده چوب باعث شده‌است که حرارت پرس در زمان کوتاه‌تری از لایه سطحی به لایه میانی رسیده و در زمان کوتاه‌تری در اختیار ذرات چسب خرده‌چوب‌های لایه میانی قرار گیرد ولی زمان پرس ۵ دقیقه به اندازه کافی طولانی نیست تا بخار آب انباشته شده در لایه میانی از کناره‌های تخته خارج شده و اتصالات ایجاد شده در این لایه تحت تنش ناشی از فشار بخار قرار می‌گیرند. در حالی که در زمان پرس ۶ دقیقه، افزایش رطوبت کیک خرده چوب باعث گردیده است تا ضمن تسریع انتقال حرارت به لایه میانی اتصالات ایجاد شده توسط چسب به دلیل خارج شدن بخار آب از کناره‌های تخته در محیطی با فشار بخار کمتر شکل گرفته و لذا چسبندگی داخلی مطلوب‌تری در تخته‌های ساخته شده در این شرایط حاصل شده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری تخته‌ها در آب نشان داد در شرایطی که از ماده‌چوبی سیب خالص برای ساخت تخته‌ها استفاده شده است به طور معنی‌داری واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعتی تخته‌ها کمتر بوده است و با اضافه‌شدن ماده چوبی صنوبر به ترکیب ماده چوبی به مقادیر واکشیدگی ضخامت افزوده شده‌است. بدیهی است کاهش جرم مخصوص ماده اولیه چوبی، حجم کیک خرده چوب را افزایش می‌دهد که در این صورت سطح ویژه چسب خوری خرده‌چوب‌ها افزایش یافته‌است که نتیجه آن کاهش چسبندگی داخلی تخته‌ها و بالتبع آن افزایش واکشیدگی ضخامت بوده است. از طرف دیگر با افزایش ضریب فشردگی خرده‌چوب‌ها به دلیل کاهش جرم مخصوص خرده‌چوب‌های مورد استفاده، میل برگشت‌پذیری آنها پس از غوطه‌وری در آب تخته‌ها افزایش یافته‌است. در نتیجه ملاحظه می‌شود که افزوده شدن خرده‌چوب‌های صنوبر به ترکیب چوبی به طور معنی‌داری مقادیر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت را افزایش داده است. در یک نتیجه‌گیری نهایی می‌توان بیان داشت که سرشاخه‌های حاصل از هرس درختان سیب، یک ماده لیگنوسولولزی مناسب برای استفاده در صنعت تخته‌خرده‌چوب به شمار می‌آید و در مناطقی مانند استان‌های آذربایجان غربی،