

## بررسی ویژگی‌های مکانیکی تخته فیبر دانسیته متوسط تولید داخلی و وارداتی به کمک پروفیل دانسیته عمودی اشعه ایکس، طیف‌سنجی و آنالیز تصویری (مطالعه موردی شرکت آراین سینا)

وحید معظمی<sup>۱\*</sup>، فاطمه افسونی<sup>۲</sup>، سعید داداشی<sup>۳</sup> و اسماعیل داداشی<sup>۴</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد فرآورده‌های چندسازه چوبی، مسئول تحقیق و توسعه شرکت آراین سینا، ساری، ایران

پست الکترونیک: Moazami\_vahid@yahoo.com

۲- کارشناس ریاضی، مدیرعامل شرکت آراین سینا، ساری، ایران

۳- کارشناس علوم چوب و کاغذ، مدیریت کارخانه شرکت آراین سینا، ساری، ایران

۴- کارشناس علوم چوب و کاغذ، کارشناس فرایند تولید کارخانه شرکت آراین سینا، ساری، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۵

### چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی ویژگی‌های مکانیکی تخته فیبر دانسیته متوسط تولید داخلی و تخته فیبر دانسیته متوسط وارداتی (کشور مالزی) بوده است. به دلیل عدم شناخت و عدم دسترسی به اطلاعات عوامل و متغیرهای تأثیرگذار متعدد در تولید اوراق تخته فیبر در صنعت به‌ویژه تخته‌های وارداتی، برای درک بهتر تفاوت‌ها از اشعه ایکس برای نمایان کردن پروفیل دانسیته عمودی تخته‌ها و طیف‌سنجی ایکس (FT-IR)، برای شناسایی ترکیبات الیاف و پیوندهای به وجود آمده با چسب و آنالیز ابعادی الیاف تخته‌ها استفاده شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تخته‌های تولید داخل نسبت به تخته‌های وارداتی مقاومت‌های مکانیکی بالاتری داشته است. به طوری که میانگین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به ترتیب برای تخته‌های ساخته شده در داخل کشور ۳۴/۵۶ و ۲۷۶۲ مگاپاسکال بوده است و برای تخته‌های وارداتی ۲۴/۸۷ و ۲۲۷۷ مگاپاسکال است. همچنین میانگین مقاومت چسبندگی داخلی برای تخته‌های ساخته شده در داخل کشور ۰/۷۸ مگاپاسکال و برای تخته‌های وارداتی ۰/۵۸ بوده است. نتایج حاصل از پروفیل دانسیته نشان داد که تخته‌های ساخته شده در داخل کشور، در لایه میانی دارای دانسیته ۵۹۹ تا ۶۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب و لایه‌های سطحی نیز دارای دانسیته ۱۰۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب بوده، در حالی که تخته‌های وارداتی در لایه میانی دارای دانسیته ۵۳۳ تا ۵۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب و لایه‌های سطحی نیز دارای دانسیته ۱۰۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب داشته‌اند. با توجه به نتایج حاصل از طیف‌سنجی‌های FT-IR به دست آمده از نمونه‌های تخته‌های تولید داخلی نسبت به تخته‌های وارداتی دارای پیوند هیدروژنی بیشتری می‌باشند. تصاویر آنالیز الیاف نیز نشان داد که بیشترین، کمترین و میانگین طول الیاف برای تخته‌های تولید داخل به ترتیب ۲۶۰، ۱۰ و ۱۲۰ و بیشترین، کمترین و میانگین طول الیاف برای تخته‌های وارداتی به ترتیب ۱۹۰، ۵ و ۴۵ به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی: پروفیل دانسیته عمودی، طیف‌سنجی، آنالیز تصویری، تخته فیبر با دانسیته متوسط.

## مقدمه

تخته فیبر دانسیته متوسط<sup>۱</sup> از جمله فراورده‌های مرکب چوبی است که تولید، واردات و مصرف آن در سالیان اخیر در کشور با استقبال خوبی مواجه شده است. با توجه به آمار منتشره سازمان خواربار کشاورزی و مرکز تجارت بین‌المللی، تخته فیبر با دانسیته متوسط به‌عنوان محصول پرکاربرد در صنایع چوب بوده و سهم قابل توجهی از بازار صنعت چوب را به خود اختصاص داده است. با توجه به آمار منتشرشده از سوی انجمن کارفرمایان صنایع چوب ایران در سال ۱۳۹۴، مقدار ۱۲۶۱۶۷۶ مترمکعب انواع محصول تخته فیبر با دانسیته متوسط وارد ایران و مقدار ۶۳۲۳۷۸/۶ مترمکعب انواع محصول تخته فیبر با دانسیته متوسط در داخل کشور تولید شده است. مجتمع آراین سینا واقع در استان مازندران و شهرستان ساری با داشتن ۲ خط تولید فعال تخته فیبر با دانسیته متوسط و ۲ خط تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط در حال راه‌اندازی در استان گیلان، شهرستان رشت و با ظرفیت فعلی حدود ۳۰۰ هزار مترمکعب سهم قابل توجهی را در بازارهای داخلی ایران به خود اختصاص داده است. به دلیل تفاوت در نوع ماده اولیه و تکنولوژی‌های بکار رفته در ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط داخلی، محصول نهایی دارای مقاومت‌های مکانیکی متفاوتی نسبت به نمونه وارداتی می‌باشند. پروفیل دانسیته عمودی یک پارامتر کلیدی و تأثیرگذار در مقاومت‌های مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط است که تحت تأثیر متغیرهای تولید، شامل ماشین‌های خط تولید و همچنین پراکنش رطوبت و خصوصیات ماده اولیه به‌ویژه دانسیته حجمی<sup>۲</sup> فیبر می‌باشد. Belini و همکاران (۲۰۱۴)، به بررسی پروفیل دانسیته با اشعه X در کیفیت تخته فیبر با دانسیته متوسط پرداختند. آنان گزارش کردند که تخته‌های ساخته‌شده با مخلوط الیاف باگاس تا ۱۵ درصد و الیاف اکالیپتوس تا ۸۵ درصد دارای بیشترین پیک دانسیته در دو سطح و مرکز تخته بوده‌اند. همچنین آنان اشاره کردند که افزایش مصرف چسب تا ۱۶ درصد باعث یکنواخت شدن بیشتر شکل پروفیل دانسیته

می‌شود. Wong و همکاران (۲۰۰۰)، به مطالعه چگونگی تشکیل پروفیل دانسیته و اثرات آن بر خواص تخته فیبر پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، سرعت بسته شدن پرس، فشار، توزیع رطوبت و روش پرس کردن تخته، بر روی دانسیته لایه‌های سطحی<sup>۳</sup> (PD) تأثیر بیشتری نسبت به دانسیته لایه میانی<sup>۴</sup> (CD) می‌گذارد. همچنین آنان اشاره کردند که شکل دانسیته در نواحی لایه میانی (CD) اثر مستقلی بر روی مقاومت چسبندگی داخلی می‌گذارد و با افزایش دانسیته در لایه میانی چسبندگی داخلی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش دانسیته میانگین<sup>۵</sup> (MD) به علت کاهش تخلخل تخته، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بهبود می‌یابد. Zhiyong و همکاران (۲۰۰۶)، طی مطالعه خود به تأثیر برنامه پرس بر روی تشکیل پروفیل دانسیته عمودی تخته فیبر با دانسیته متوسط پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که فشار اولیه بر روی فرم و میزان حداکثر و حداقل پروفیل دانسیته تأثیرگذار می‌باشد. به طوری که با افزایش فشار اولیه در هنگام پرس، دانسیته لایه‌های سطحی افزایش می‌یابد و مقاومت خمشی افزایش قابل توجهی دارد؛ اما مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد. Zhang و همکاران (۲۰۱۲)، به پیش‌بینی مدول یانگ به کمک پروفیل دانسیته عمودی حاصل از اشعه ایکس پرداختند. آنان بر اساس متغیرهای وابسته همانند دما، رطوبت، فشار گاز و فشار بخار با زمان پرس و پیش‌پرس سه مدل و فرم برای پروفیل دانسیته عمودی (فرم‌های U شکل، V شکل و H شکل) به‌دست آوردند. با توجه به نتایج، پروفیل دانسیته V شکل دارای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بیشتری به‌علت دانسیته سطحی بالاتر، نسبت به دو فرم دیگر داشته است. Farrokhpayam و Jahanilomer (۲۰۱۵)، به بررسی پروفیل دانسیته عمودی برای ارزیابی کیفیت تخته خرده چوب بر اساس سه متغیر رطوبت یک، دمای پرس و زمان بسته شدن دهانه پرس پرداختند. آنان برای اندازه‌گیری پروفیل دانسیته از روش لایه‌گیری استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد در حالت

3- peak density  
4- core density  
5- mean density

1- Medium Density Fiber (MDF)  
2- Bulk density

تجربی به مقدار زیادی کاسته می‌شود و نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش را نیز می‌توان به‌صورت منسجم‌تر و معنی‌دارتر ارائه داد. اگر میزان الیاف نرمال کم باشد و الیاف از کیفیت ایده‌آلی برخوردار نباشند، تولید تخته مطابق با ضوابط تعیین‌شده مشکل است. Kelemwork و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای تأثیر اندازه ذرات را بر روی ویژگی‌های تخته‌های ساخته‌شده از بامبو مورد بررسی قرار دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که اندازه ذرات، چسبندگی داخلی تخته را تحت تأثیر قرار داده است. Maloney (۱۹۷۷) روی تخته‌های ساخته‌شده از الیاف زبر و پوشال‌های رنده‌ای (در سه سطح دانسیته و با سه سطح مقدار پارافین و رزین پودری فنل فرمالدئید) مطالعه و با مقایسه نتایج مشاهده کرد که تخته‌های ساخته‌شده از پوشال‌های به‌دست‌آمده از الک به درشتی ۴ مش مقدار MOR بالاتری نسبت به تخته‌های ساخته‌شده از پوشال‌های ریز دارند. Hua و همکاران (۲۰۱۲)، به مطالعه اثر شرایط حرارت ریفاینر بر کیفیت الیاف تخته فیبر با دانسیته متوسط پرداختند. نتایج آنان نشان داد که بین متغیرهای مختلف، ارتفاع بار در مخزن پیش-بخاردهی اثر مستقل بر روی کیفیت الیاف می‌گذارد. به‌طوریکه افزایش ارتفاع بار در مخزن پیش‌بخاردهی باعث کاهش الیاف بزرگ‌سایز می‌شود. Ibrahim و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی تأثیر پارامترهای ریفاینر بر روی خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) ساخته‌شده از تنه درخت خرما پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده آنان دریافتند که با افزایش فشار ریفاینر از ۲ تا ۶ بار و زمان پیش‌حرارت دهی از ۱۰۰ تا ۴۰۰ ثانیه خواص مقاومتی و فیزیکی بهبود می‌یابد.

وجود توان عظیم مصرف تخته فیبر لزوم بررسی و مقایسه مقاومت‌های تخته‌های تولیدشده در داخل کشور با تخته‌های وارداتی را طلب می‌کند. از این‌رو عمده اهداف این پژوهش تفاوت مقاومت‌های مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته‌شده در داخل کشور با تخته‌های وارداتی معمول در بازارهای داخلی می‌باشد. به دلیل عدم شناخت و عدم دسترسی به اطلاعات عوامل و متغیرهای تأثیرگذار

بسته شدن سریع پرس اختلاف بین دانسیته لایه‌های سطحی و میانی زیاد می‌شود. همچنین آنان اعلام کردند دو عامل رطوبت کیک و دمای پرس به‌ترتیب تأثیر بیشتری بر روی پروفیل دانسیته تخته‌ها می‌گذارند.

Nazerian و Moazami (۲۰۱۵)، در تحقیقی تحت عنوان مقاومت خمشی پانل ساندویچ از نوع خرده‌ای، تولیدشده از خرده‌نی، به‌منظور مقایسه اثر نوع تیمار (حرارتی، آب‌جوش و شاهد) در لایه مغزی پانل ساندویچ از طیف‌سنجی FT-IR استفاده کردند. آنان مشخص کردند که نوع ماده اولیه و نوع تیمار ماده اولیه تأثیر بسزایی بر روی مقاومت خمشی می‌گذارد. Akbari و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی خواص مکانیکی تخته خرده چوب ساخته‌شده از کلزا و صنوبر با روش آماری سطح پاسخ (RSM) برای آنالیز ماده اولیه و ترکیب ماده اولیه و رزین پلیمر شده از طیف‌سنجی FT-IR استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که به‌وسیله طیف‌سنجی FT-IR می‌توان ماده اولیه و پیوندهای به‌وجود آمده در تخته نهایی را ملاحظه کرد. Ismaeilimoghadam و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه تأثیر اصلاح شیمیایی آرد چوب بر ویژگی‌های نانو کامپوزیت هیبریدی پلی‌پروپیلن - نانو سلولز برای شناخت اثر تیمار قلیایی بر روی ساختار کامپوزیت از طیف‌سنجی FT-IR استفاده کردند. آنان روش FT-IR را برای شناخت اتصالات روشی مؤثر و کارآمد بیان کردند. Masoudifar و همکاران (۲۰۱۵) برای بررسی و شناخت تأثیر نوع تیمار شیمیایی ماده چوبی بر خواص فیزیکی، مکانیکی چندسازه‌های هیبریدی آرد چوب و پلی‌پروپیلن از طیف‌سنجی FT-IR استفاده کردند. نتایج حاصل از طیف‌سنجی نشان داد که نوع تیمار شیمیایی و ماده اولیه، بر میزان جذب گروه هیدروکسیل در باند جذبی  $3463/5 \text{ cm}^{-1}$  تأثیرگذار است.

آنالیز ابعادی روشی است که به‌کمک آن می‌توان متغیرهای مؤثر در یک پدیده را با تعداد کمتری متغیر بدون بعد دسته‌بندی کرد. هنگامی‌که این متغیرهای بدون بعد، به‌عنوان عوامل مؤثر در پدیده‌ای مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شوند، از حجم آزمایش‌های لازم برای انجام مطالعه

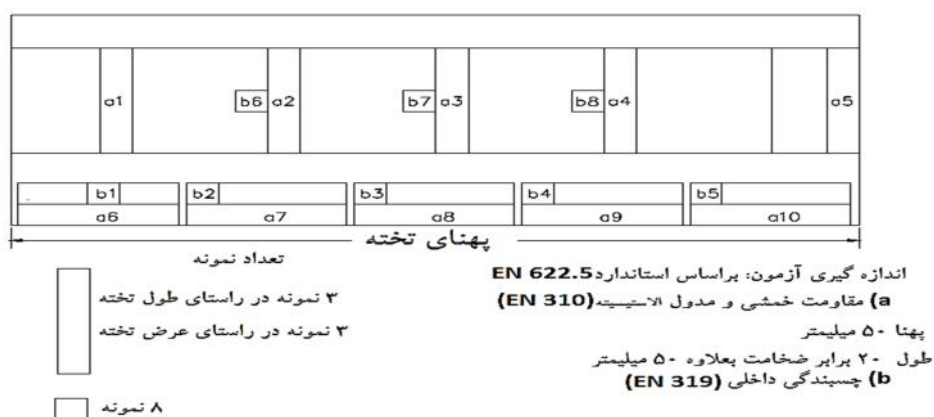
برای اندازه‌گیری پروفیل دانسیته عمودی از دستگاه پروفیل دانسیته عمودی مدل Sicoscan استفاده شد (شکل ۲). در این تحقیق اندازه‌گیری خصوصیات الیاف با استفاده از روش آنالیز تصویری انجام شد که روشی نوین برای اندازه‌گیری خصوصیات الیاف می‌باشد. به منظور بررسی شکل هندسی و اندازه ابعاد الیاف تخته‌های موردنظر به مدت ۱۰ ساعت در آب جوش قرار داده شدند. سپس الیاف به صورت سالم از هم جدا شدند. به منظور رسیدن به رطوبت ۶ درصد الیاف به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد داخل آون قرار داده شدند. به صورت تصادفی ۱۰۰ گرم از الیاف تخته وارداتی و ۱۰۰ گرم از الیاف تخته تولید داخلی، برداشته و بعد به طور مجزا اسکن شد (شکل ۳). با استفاده از نرم‌افزار ۱-۱-۴ Digimizer اقدام به اندازه‌گیری طول الیاف گردید. روش کار بدین صورت بود که در ابتدا باید نرم‌افزار بر اساس واحد موردنظر (در اینجا میلی‌متر) کالیبره گردد. بدین منظور از لام استاندارد استفاده شد و از لام استاندارد با همان بزرگنمایی که از نمونه‌ها تصویر گرفته شده بود، تصویر گرفته شد. پس از کالیبره کردن ابعاد، روی آیگون Length کلیک کرده و بعد با کلیک بر روی الیاف، طول آنها (به‌طور تصادفی ۷۰ عدد از هر نمونه) اندازه‌گیری گردید.

متعدد در تولید اوراق تخته فیبر در صنعت به‌ویژه تخته‌های وارداتی، برای درک بهتر تفاوت‌ها پس از مطالعه و تحقیق پژوهش‌های فراورده‌های چوبی، در این تحقیق از اشعه ایکس برای نمایان کردن پروفیل دانسیته عمودی تخته‌ها و طیف‌سنجی ایکس (FT\_IR)، برای شناسایی ترکیبات الیاف و پیوندهای به وجود آمده با چسب و آنالیز ابعادی الیاف تخته‌ها استفاده شده است.

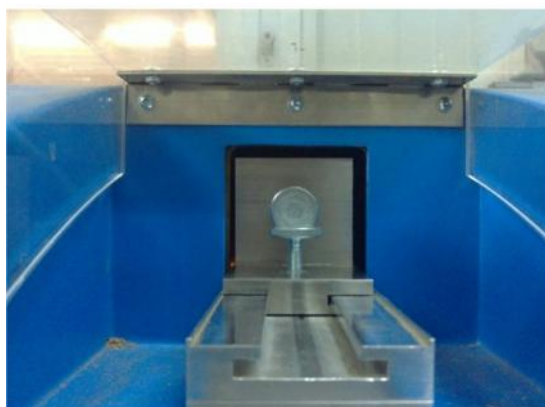
## مواد و روش‌ها

### تهیه نمونه‌های آزمونی

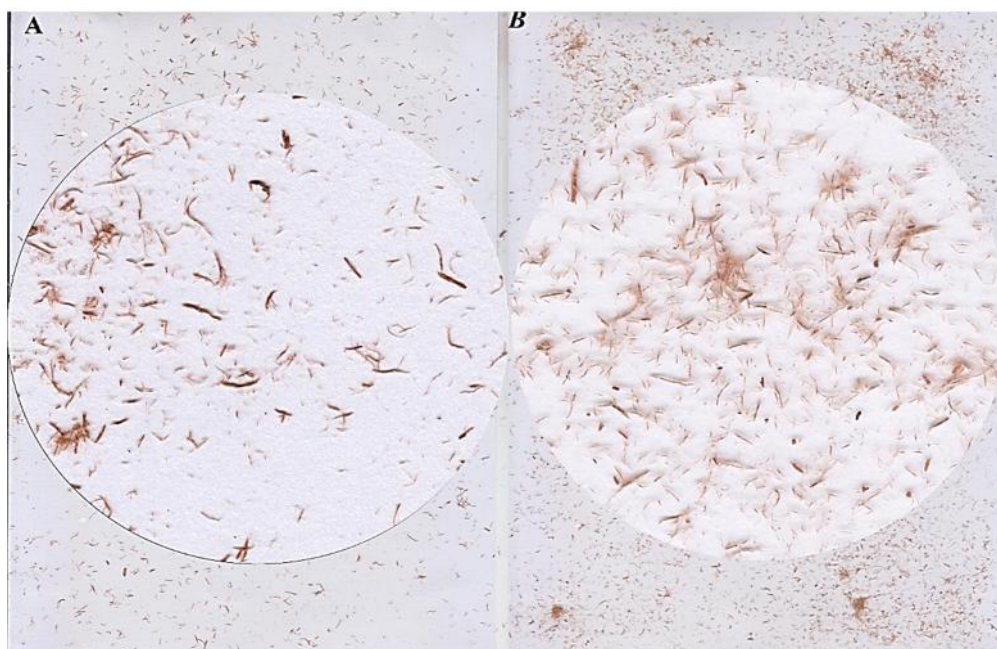
تعداد ۵۰ عدد تخته فیبر با دانسیته متوسط خام (بدون روکش) تولیدشده در داخل کشور و ۵۰ عدد تخته فیبر با دانسیته متوسط خام وارداتی ساخت کشور مالزی با ابعاد  $۱۶ \times ۸۳ \times ۳/۶۶$  به صورت تصادفی تهیه شدند. پس از رسیدن به رطوبت تعادل، نمونه‌های آزمونی برای مقاومت‌های مکانیکی شامل مقاومت خمشی، چسبندگی داخلی مطابق استانداردهای EN-310، EN622-5 و EN-319 مطابق شکل یک برش داده شدند. ۱۵ درصد از نمونه‌های برش داده‌شده به صورت تصادفی انتخاب شدند و توسط دستگاه آزمون مکانیکی (IMAL (IB 600) آزمایشگاه مجتمع آریین سینا، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تحت بارگذاری قرار گرفتند.



شکل ۱- روش نمونه‌برداری از تخته‌ها



شکل ۲- دستگاه پروفیل دانسیته



شکل ۳- اسکن از الیاف تخته تولید داخلی (A) و اسکن از الیاف تخته وارداتی (B)

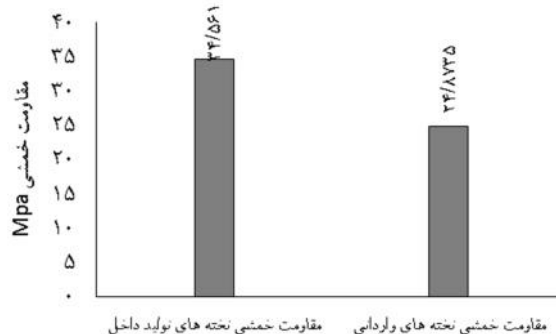
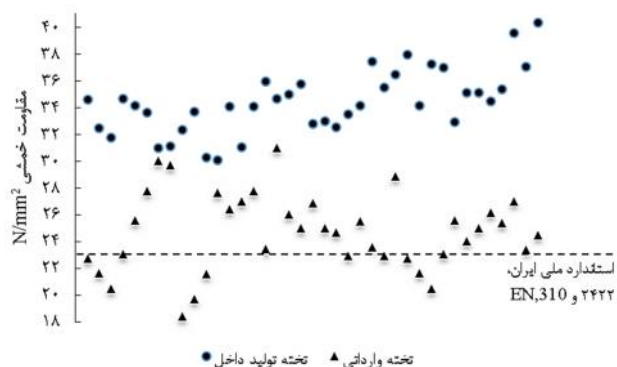
### نتایج

میانگین و تجزیه واریانس خصوصیات مکانیکی تخته‌های ساخته شده در داخل و تخته‌های وارداتی، بر اساس آزمون  $t$ ، دارای اختلافی در سطح ۹۵ درصد اطمینان آماری (برای مقاومت خمشی مقدار  $t$  برابر ۱۵، برای مدول الاستیسیته مقدار  $t$  برابر ۱۰ و برای چسبندگی داخلی مقدار  $t$  ۱۴) معنادار بوده است. با توجه به آزمایش‌های انجام شده بیشترین، کمترین و میانگین مقاومت خمشی برای

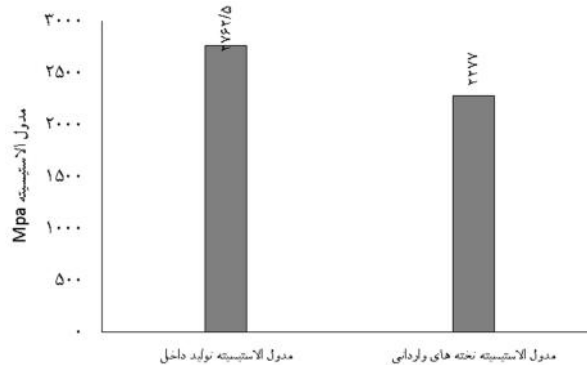
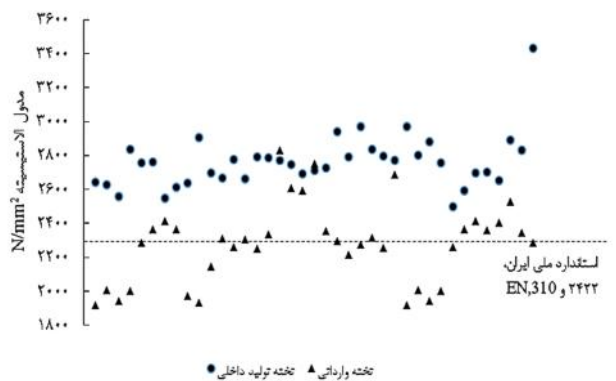
پس از اتمام آزمون‌های مکانیکی و آنالیز تصویری الیاف، از آزمون  $t$  برای تعیین معناداری تخته‌های تولید داخلی نسبت به تخته‌های وارداتی استفاده شد. از دستگاه طیف سنج ایکس (FT-IR) تبدیل فوریه برای آنالیز و بررسی پیوند تخته‌ها استفاده شد. به منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا مقدار کمی از تخته‌های مذکور با اندکی برمید پتاسیم (KBr) مخلوط و آسیاب گردید و بعد به قرص نازکی تبدیل شدند.

میانگین مدول الاستیسیته برای تخته‌های ساخته شده در داخل کشور به ترتیب ۳۴۳۱، ۲۵۰۰ و ۲۷۶۲ مگاپاسکال بوده است، در حالی که بیشترین، کمترین و میانگین مدول الاستیسیته برای تخته‌های وارداتی به ترتیب ۲۸۳۱، ۱۹۱۹ و ۲۲۷۷ مگاپاسکال می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد بسیاری از نمونه‌های آزمونی تخته‌های وارداتی دارای مدول الاستیسیته کمتر از حد مجاز تعریف شده در استاندارد ملی ایران و استاندارد EN310 که ۲۳۰۰ مگاپاسکال است، می‌باشند.

تخته‌های ساخته شده در داخل کشور به ترتیب ۴۰/۳۷، ۳۰/۰۷ و ۳۴/۵۶ مگاپاسکال بوده است، در حالی که بیشترین، کمترین و میانگین مقاومت خمشی برای تخته‌های وارداتی به ترتیب ۳۱، ۱۸/۴۲ و ۲۴/۸۷ مگاپاسکال می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۴ ملاحظه می‌گردد بسیاری از نمونه‌های آزمونی تخته‌های وارداتی در مقاومت خمشی کمتر از حد مجاز تعریف شده در استاندارد ملی ایران و استاندارد EN که ۲۳ مگاپاسکال است، می‌باشند. همچنین با توجه به شکل ۵، بیشترین، کمترین و



شکل ۴- مقاومت خمشی تخته‌های تولید داخلی و وارداتی



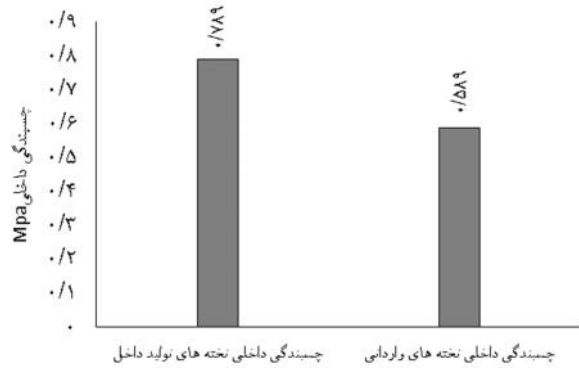
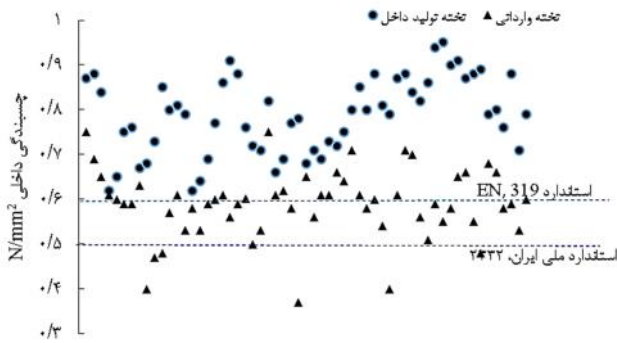
شکل ۵- مدول الاستیسیته تخته‌های تولید داخلی و وارداتی

کیفیت اتصال داخلی چسب استفاده می‌شود. با توجه به شکل ۵، بیشترین، کمترین و میانگین مقاومت چسبندگی داخلی برای تخته‌های ساخته شده در داخل کشور به ترتیب

آزمایش مقاومت در مقابل کشش عمود بر سطح تخته یا چسبندگی داخلی (IB) به عنوان شاخصی از اتصال بین الیاف می‌باشد. از نتایج و مشاهدات این آزمایش برای تعیین

نمونه‌های آزمونی تخته‌های وارداتی کمتر از استاندارد ملی ۲۴۲۲ و EN319 می‌باشند. درحالی که تخته‌های تولید داخلی، دارای چسبندگی داخلی حتی بیشتر از حد مجاز تعریف شده در استاندارد EN319 بوده‌اند.

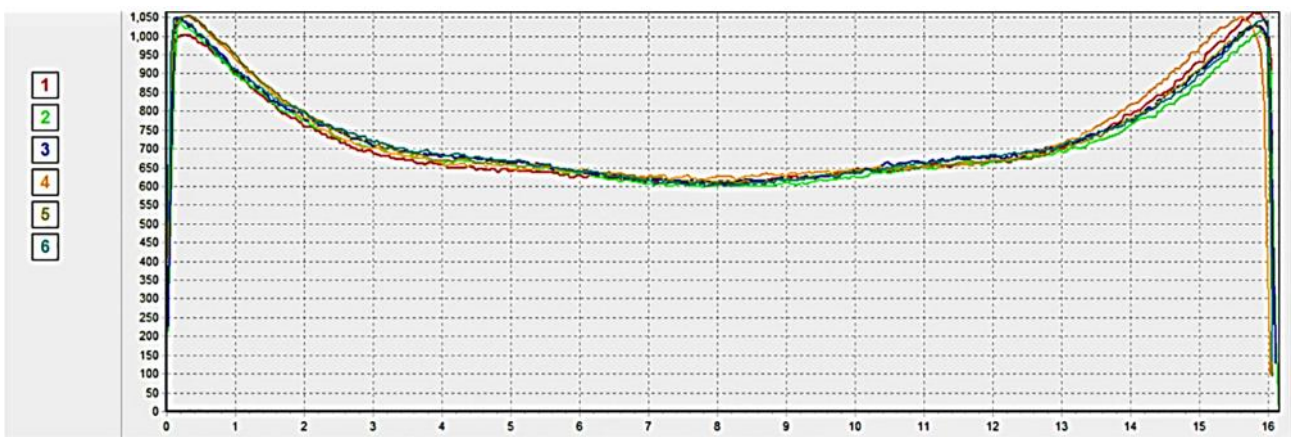
۰/۹۵، ۰/۶۲ و ۰/۷۸ مگاپاسکال بوده است اما بیشترین، کمترین و میانگین مقاومت چسبندگی داخلی برای تخته‌های وارداتی به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۳۷ و ۰/۵۸ مگاپاسکال می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد بسیاری از



شکل ۶- چسبندگی داخلی تخته‌های تولید داخل و وارداتی

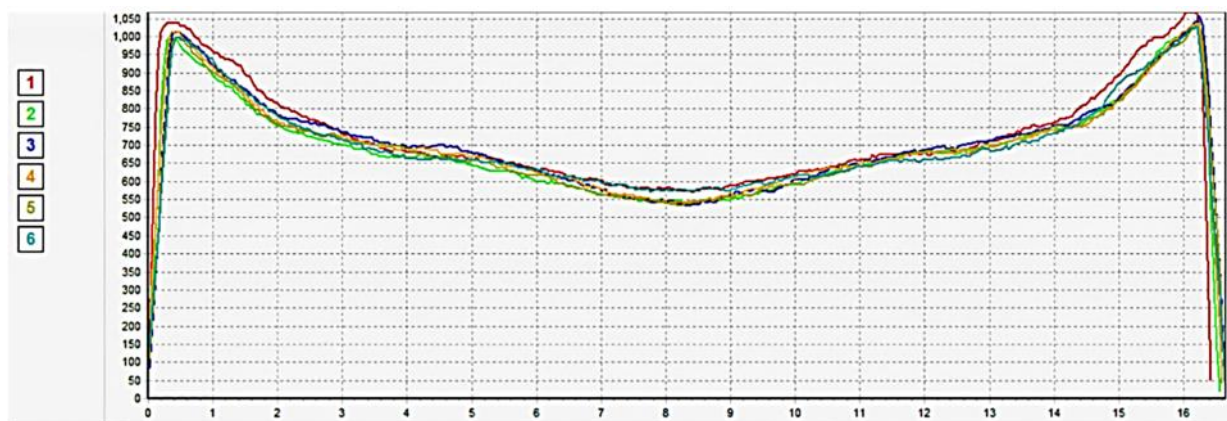
می‌شود، تخته‌های وارداتی در لایه میانی دارای دانسیته ۵۳۳ تا ۵۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب و لایه‌های سطحی نیز دارای دانسیته بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشند. درواقع تخته‌های داخلی نسبت به تخته‌های وارداتی در لایه میانی و لایه‌های سطحی به ترتیب ۱۲/۳۸ درصد و ۵ درصد دارای دانسیته بیشتر می‌باشند.

نتایج به دست آمده از پروفیل دانسیته عمودی حاصل از اشعه ایکس در شکل ۷ و ۸ ملاحظه می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده تخته‌های ساخته شده در داخل کشور، در لایه میانی دارای دانسیته ۵۹۹ تا ۶۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب و لایه‌های سطحی نیز دارای دانسیته بیش از ۱۰۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشند. همان‌طور که در شکل ۸ ملاحظه



شکل ۷- پروفیل دانسیته عمودی به دست آمده از تخته تولید داخل





شکل ۸- پروفیل دانسیته عمودی به دست آمده از تخته وارداتی

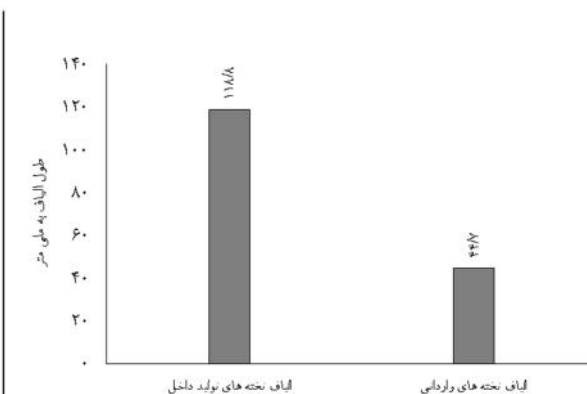
نتایج بیشترین، کمترین و میانگین طول الیاف برای تخته‌های تولید داخل به ترتیب ۲۶۰، ۱۰ و ۱۱۸/۸ و بیشترین، کمترین و میانگین طول الیاف برای تخته‌های وارداتی (کشور مالزی) به ترتیب ۱۹۰، ۵ و ۴۴/۷ اندازه‌گیری شد.



شکل ۹- طول الیاف تخته‌های تولید داخل و وارداتی

$2924 \text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده ارتعاش کششی متقارن C-H است که مربوط به اتر  $\text{CH}_2$ ،  $\text{CH}_2\text{OH}$  و  $\text{N-CH}_2$  می‌باشد (Kumar, 2013). طول موج  $1734 \text{ cm}^{-1}$ ، مربوط به کشش  $\text{C=O}$  در گروه کربوکسیل است (Colom, et al., 2003). جذب در محدوده  $1617 \text{ cm}^{-1}$  تا  $1645 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به ترکیبات دارای گروه کربونیل در چوب را نشان می‌دهد (Bodirlau et al., 2012). طیف‌سنجی  $1400 \text{ cm}^{-1}$  تا  $1500 \text{ cm}^{-1}$  جدا شدن زنجیرهای جانبی آلفاتییک در لیگنین و تشکیل پیوندهای عرضی با واکنش‌های کندانسه

با توجه به شکل ۹، میانگین و تجزیه واریانس الیاف تخته‌های ساخته شده در داخل و تخته‌های وارداتی (کشور مالزی)، بر اساس آزمون  $t$ ، دارای اختلافی در سطح ۹۵ درصد اطمینان آماری با مقدار  $t$  برابر ۱۱، معنادار بوده است. بر اساس این

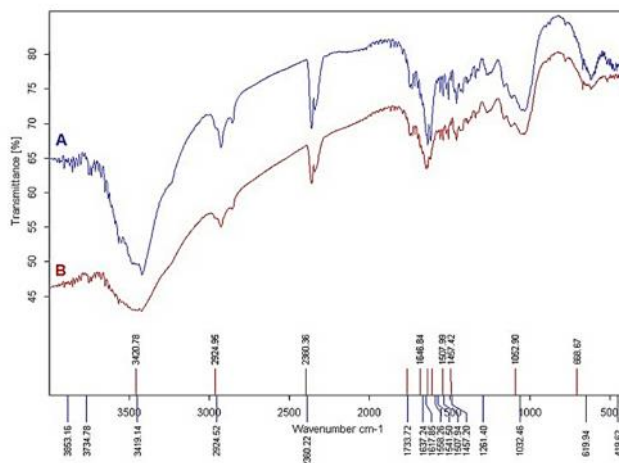


برای شناسایی ترکیبات پیوندهای بین الیاف و رزین و پیوندهای به وجود آمده با چسب، از طیف‌سنجی FT-IR بین طول موج  $600 \text{ cm}^{-1}$  تا  $4000 \text{ cm}^{-1}$  استفاده شد (شکل ۱۰). به وسیله طیف‌سنجی FT-IR مشخص گردید که بین تخته‌های تولید داخل و تخته‌های وارداتی ساخت کشور مالزی، تغییرات شدت پیک و برهم‌کنش گروه OH، دارای تفاوت‌های قابل توجه با یکدیگر بوده‌اند. طول موج در  $\text{cm}^{-1}$  ۳۴۲۰ نشان‌دهنده ارتعاش کششی متقارن OH در مولکول سلولز است (Zhou, et al., 2005). طول موج در محدوده



تغییرات در طول موج  $1032\text{ cm}^{-1}$  تا  $1052\text{ cm}^{-1}$  در تخته-ها مربوط به گروه‌های عاملی CH می‌باشد (Teaca, 2009).

لیگنین را نشان می‌دهد (Colom, et al., 2003; Muller, et al., 2003). پیک  $1261\text{ cm}^{-1}$  تغییر شکل O-H است.



شکل ۱۰- طیف‌سنجی FT-IR از نمونه‌های تخته‌های وارداتی (A) و تولید داخل (B)

## بحث

(Nazerian & Moazami, 2015). در این حالت چون فشار آرام به کیک وارد می‌شود فرصت کافی برای نفوذ بخار آب حاصل از لایه‌های سطحی به مغز تخته وجود داشته و سبب فشردگی بیشتر الیاف در لایه میانی می‌شود، در نتیجه دانسیته لایه میانی افزایش یافته و پروفیل دانسیته تخته‌ها یکنواخت‌تر می‌گردد. برای کاهش سرعت بسته شدن دهانه پرس، لازم است کیک قبل از پرس نهایی در پرس سرد کاملاً فشرده شده و مترکم شود تا خطر گیرایی زودهنگام رزین در پرس گرم برطرف گردد. بر اساس یافته‌های Xu و Suchsland (۱۹۸۹)، دانسیته لایه میانی رابطه مستقیم با چسبندگی داخلی دارد. به طوری که با افزایش دانسیته لایه میانی میزان چسبندگی داخلی افزایش می‌یابد؛ اما دانسیته لایه میانی تأثیر کمی بر روی مدول الاستیسیته می‌گذارد و لایه‌های سطحی مقدار الاستیسیته را کنترل می‌کنند و با افزایش دانسیته لایه‌های سطحی علاوه بر افزایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته نیز افزایش می‌یابد. از این رو با توجه به نتایج به دست آمده از پروفیل دانسیته عمودی تخته‌های تولید داخل به علت دانسیته بیشتر در لایه میانی و لایه‌های سطحی نسبت به نمونه مشابه وارداتی، از مقاومت‌های مکانیکی بالاتری (چسبندگی داخلی)

نتایج نشان داد که رابطه قوی بین پروفیل دانسیته و مشخصات مکانیکی تخته‌ها وجود دارد. پروفیل دانسیته یک پارامتر کلیدی و تأثیرگذار در مقاومت‌های تخته فیبر با دانسیته متوسط است که تحت تأثیر متغیرهای تولید، شامل ماشین‌های خط تولید خصوصاً پرس (و پیش پرس) و شکل‌گیری کیک قرار دارد. پروفیل دانسیته در ضخامت تخته عمدتاً متأثر از سه عامل زمان بسته شدن پرس، حرارت پرس، پراکنش رطوبت در کیک و تأثیر متقابل این عوامل هنگام پرس داغ می‌باشد (Jahanilomer & FarrokhPayam, 2015). زمان بسته شدن پرس، مدت زمانی است که از لحظه تماس صفحه بالایی پرس با سطح کیک شروع شده و تا رسیدن به ضخامت نهایی تخته ادامه می‌یابد. بسته شدن سریع دهانه پرس یا زمان کوتاه بسته شدن، لایه‌های سطحی کیک را سریعاً در معرض حرارت و فشار قرار داده و قبل از آنکه لایه میانی به اندازه کافی گرم و فشرده گردد، آنها را کاملاً مترکم می‌سازد. در این حالت پروفیل دانسیته سطحی افزایش می‌یابد، اما در شرایطی که زمان بسته شدن پرس طولانی است، فشار کمتری به لایه‌های سطحی تخته اعمال شده و دانسیته این لایه‌ها کاهش می‌یابد

اساس نتایج تحقیقات Nazerian و Moazami (۲۰۱۵)، Akbari و همکاران (۲۰۱۵)، Ibrahim و همکاران (۲۰۱۳) و Masoudifar و همکاران (۲۰۱۵) افزایش پیوندهای هیدروژنی می‌تواند به دلیل نوع ماده اولیه، شرایط و میزان تیمار حرارتی در واحد ریفرایر و همچنین نوع چسب مصرفی باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از پروفیل دانسیته عمودی اشعه ایکس، طیف‌سنجی‌های FT-IR، آنالیز تصویری و تحلیل آماری در این پژوهش، تخته فیبر با دانسیته متوسط تولید داخل نسبت به تخته‌های وارداتی از کشور مالزی دارای مقاوم‌های مکانیکی مطلوب‌تری می‌باشد.

#### سپاسگزاری

جناب آقای مهندس علی سعیدی (رئیس هیئت‌مدیره مجتمع آراین سعید)، کارآفرینی نقشی اساسی در توسعه فناوری و ایجاد توانمندی‌های تکنولوژیک کشورها داشته و یکی از بهترین پیامدهای اقتصادی آن اشتغال‌زایی در جوامع است که قادر است رشد اقتصادی کشورها را تسریع و آثار اجتماعی مناسبی را برای جوامع به ارمغان آورد. سرمایه یکی از مهمترین پیش‌نیازهای تأسیس کسب‌وکار است. از اینکه باهدف توسعه اشتغال‌زایی و اقتصاد مقاومتی با برنامه‌ای راهبردی و سرمایه‌گذاری به‌عنوان روان‌سازنده فعالیت‌های کارآفرینی و نیز با حمایت‌های گسترده موجب اشتغال‌زایی مفید و مطلوب به‌عنوان مؤثرترین عامل رشد کارآفرینی، اهتمام ورزیده‌اید؛ به پاس این همت عالی و رویکرد خلاقانه و مدبرانه، این مقاله به محضر حضرت‌عالی تقدیم می‌گردد.

#### منابع مورداستفاده

- Akbari, S., Nazerian, M., Farokhpayam, S.R. and Nosrati Sheshkal, B., 2015 Investigation of mechanical properties particleboard produced using canola stalks and poplar wood by Response Surface Method (RSM). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30(2): 230-242.
- Bodirlau, R., Teaca, C.A., Resmerita, A.M. and Spiridon, I., 2012. Investigation of structural and thermal properties of different wood species treated with toluene-2, 4-diisocyanate. International Journal

برخوردار می‌باشند. بر اساس نتایج Wong و همکاران (۲۰۰۱) و (۲۰۰۰)، رطوبت و ابعاد الیاف و یا ذرات بیشترین تأثیر را بر روی رسیدن به ضخامت نهایی موردنظر دارند. به همین دلیل در صنعت برخلاف محیط آزمایشگاه و یا پایلوت قابلیت تنظیم سرعت بسته شدن دهانه پرس به صورت یک set point وجود ندارد؛ اما با رسیدن به یک رطوبت و ابعاد الیاف بهینه می‌توان زمان رسیدن به ضخامت موردنظر را کم و یا زیاد کرد، در نتیجه از این طریق سرعت بسته شدن دهانه پرس نیز تنظیم می‌شود (در صنعت از شابلن در پرس استفاده نمی‌شود). از جمله عوامل مربوط به ماده اولیه که تأثیر فوق‌العاده‌ای بر روی مقاوم‌های مکانیکی دارد فرم هندسی الیاف می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز تصویری الیاف، تخته‌های تولید داخل نسبت به الیاف تخته‌های وارداتی دارای طول بیشتری می‌باشند. اثر الیاف ذرات تأثیر قابل توجهی بر مقاوم‌های مکانیکی می‌گذارد. به طوری که با افزایش طول الیاف مقاوم‌ها افزایش می‌یابد. الیاف با طول بلندتر باعث کاهش بالک دانسیته کیک می‌شوند. در راستای کاهش بالک دانسیته کیک، مقاوم‌های مکانیکی به علت همپوشانی و درهم‌رفتگی بیشتر الیاف افزایش می‌یابند. این افزایش همپوشانی باعث افزایش دانسیته لایه میانی تخته نیز می‌گردد. همچنین استفاده از فیبر حاصل از چوب سنگین به علت افزایش دانسیته حجمی و کاهش ارتفاع کیک باعث افزایش دانسیته لایه‌های سطحی تخته می‌شود (Belini, et al., 2014). از این رو تخته‌های تولید داخل به علت استفاده از برخی گونه‌های سنگین دارای دانسیته سطحی بیشتر و در راستای آن مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بالاتری نسبت به نمونه‌های وارداتی کشور مالزی است. طول موج در پیک  $3420 \text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده ارتعاش کششی متقارن OH در مولکول سلولز است (Zhou, et al., 2005) و پهنی پیک به علت پیوند هیدروژنی بین مولکولی بین سلولز و رزین است. به عبارتی دیگر پیوندهای هیدروژنی N-H از  $\text{NH}_2$  به علت واکنش متیلینیزاسیون که در جریان اتصالات عرضی اتفاق افتاده تشکیل شده‌اند (Edoga, 2006) که در تخته‌های ساخته شده در داخل نسبت به تخته‌های وارداتی پیوند هیدروژنی بین مولکولی بین سلولز و رزین بیشتر می‌باشد. بر

- charcoal as filler on the properties of wood composites. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 46: 34-3.
- Maloney, T.M., 1977. *Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing*. Miller Freeman Inc., San Francisco, USA. 672 p.
  - Masoudifar, M., Nosrati sheshkel, B., Mansouri, H.R., and Mohebbi Gargari, R., 2015. The Effect Type of Chemical Treatment of Wood Material on Physical, Mechanical and Morphological Properties of Wood Flour / Polypropylene Hybrid Composite. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(1): 119-131.
  - Muller, U., Ratzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M. and Zobl, H., 2003. Yellowing and IR-changes of spruce wood as results of UV-irradiation. *International Journal of photochemistry Photobiology B, Biology*, 69: 97-105.
  - Nazerian, N. and Moazami, V., 2015. Bending strength of sandwich-type particleboard manufactured from giant reed (*Arundo donax*). *Forest Products Journal*. 65 (5-6): 292-300.
  - Teaca B.R., 2009. Fourier transform infrared spectroscopy and thermal analyses of lignocellulose fillers treated with organic anhydrides. *Rom. International Journal of Phys.* 54(1-2):93-104.
  - Wong, E., Zhang, M. and Wang, Q., 2000. Formation of the density profile and its effects on the properties of fiberboard. *Iranian Journal of Japan Wood Research Society*, 46: 202-209.
  - Wong, S., Winistorfer, P. and Young, T., 2001. Fundamentals of vertical density profile formation in wood composites. Part III. MDF density formation during hot-pressing. *Iranian Journal of Wood and fiber science*, 36(1), 17-5.
  - Xu, H., and Suchsland, O., 1989. A simulation of the horizontal density distribution in a flake board. *International Journal of Forest Products Journal*, 39(5): 29-33.
  - Zhang, Y., Yu, Z., Shan, F. and Shang, J., 2012. Characteristic and prediction model of vertical density profile of fiberboard with "pretreatment - Hot pressing" united technology. *International Journal of wood research*, 57(4):613-630.
  - Zhiyong, C., James, H. and Jerrold, E., 2006. Effects of Pressing Schedule on Formation of Vertical Density Profile for MDF Panels, 40th International Wood Composites Symposium proceedings, Seattle, Washington. Pullman, Wash: Washington State University, April 11-12: 1-11.
  - Zhou, D., Zhang, L. and Guo, S., 2005. Mechanisms of lead bio sorption on cellulose/chitin beads. *Journal of Water Research*, 39(16): 3755-3762.
  - of Cellulose chemistry and technology, 46 (5-6): 381-387.
  - Belini, U.L., Fiorelli, J.b., Savastano, H. and Tomazello Filho, M., 2014. Density profile as a tool in assessing quality of new composite. *Iranian Journal of Materials Research*, 17(1): 138-145.
  - Colom, X., Carrillo, F., Nogues, F. and Garriga, p., 2003. Structural analysis of photo degraded wood by means of FTIR spectroscopy. *International Journal of Polymer Degrade. Stab*, 80: 543-549.
  - Edoga, M.O., 2006. Comparative study of synthesis procedures for urea-formaldehyde resins (Part I). *Leonardo Electron. International Journal of Pract Techno*, 72 (1):607-17.
  - European Standard EN 310, 1996. "Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength," European Standardization Committee, Brussell.
  - European Standard EN 319, 1996. Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussell.
  - European Standard EN 622-5, 1998. "Fiberboard-Specifications-Part 5. Requirements for dry process board (MDF), TES." European Standardization Committee, Brussell.
  - Hua, J., Chen, G., Xu, D. and Shi, S., 2012. Impact of thermo mechanical refining conditions on fiber quality and energy consumption by mill trial. *Journal of Bio resources* 7(2): 1919-1930.
  - Ibrahim, Z., Abdul Aziz, A., Raml, R., Mokhtar, A. and Lee, S., 2013. Effect of refining parameters on medium density fibreboard (MDF) properties from oil palm trunk (*Elaeis guineensis*). *Iranian Journal of Open Journal of Composite Materials*, 3:127-131.
  - Ismaeilimoghadam, S., Shamsian, M., Bayat Kashkoli, A. and Kord, B., 2015. Effect of chemical modification of wood flour on properties of polypropylene-nano SiO<sub>2</sub> hybrid nanocomposite. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(4): 674-689.
  - Jahaniomer, Z. and FarrokhPayam, S.R., 2015. Vertical density profile, a keyparameter for evaluating of particleboard quality. *Iranian Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 24(4):1-21.
  - Kelemwork, S.B., Tafiari, P.M.M. and Ding, W.E., 2007. Influence of culm age particle size and board density on the performance of particleboard made from Ethiopian highland bamboo (*yushauia alpine*). *Journal of bamboo and rattan*, 6(3&4): 239-250.
  - Kumar, A., Gupta, A., Sharma, K.V., Nasir, M. and Ahamed Khan, T., 2013. Influence of activated

## **Evaluation the mechanical properties of domestic and imported medium density fiber board with help of vertical density profile, X rays, Spectroscopy and imagine analyses (case study of Arian Sina Co.)**

**V. Moazami<sup>1\*</sup>, F. Afsooni<sup>2</sup>, S. Dadashi<sup>3</sup> and E. Dadashi<sup>4</sup>**

1\*-Corresponding author, Master of wood composite products, Arian Sina research, development and Training, Iran,  
Email: Moazami\_vahid@yahoo.com

2-Math Expert, managing director Arian Sina, Iran

3-Expert Wood and Paper Science, manage factory Arian Sina, Iran

4-Expert Wood and Paper Science, expert factory production process Arian Sina, Iran

Received: June, 2016

Accepted: Dec., 2016

### **Abstract**

The aim of this study was to evaluate the mechanical properties of domestic and imported medium density fiber board. X radiation techniques were used to reveal a vertical density profile of boards and X Spectroscopy (FT\_IR), was employed to identify the compounds present in fibers and the adhesive bonds and dimensional analysis of fibers. The results of statistical analysis showed that the mechanical strength domestic boards are higher than to the imported boards. Average flexural strength and modulus of elasticity domestic boards were measured as 34.56 and 2762 MPa and 2277 MPa, respectively and the relative values for imported boards were 24.87 and 2277 MPa. The average internal bond strength of domestic and imported boards was determined as 0.78 and 0.58 MPa. respectively. The results of density profile measurement showed that the density of the middle layer of domestic boards varies between 599 up to 615 kg/m<sup>3</sup> and surface layers as 1060 kg/m<sup>3</sup>, while the density of the middle layer of imported boards varies between 533 up to 571 kg/m<sup>3</sup> and surface layers as 1020 kg/m<sup>3</sup> density. According to the results of FT IR spectra. Domestic boards show more hydrogen bonds compared to imported board. Dimensional analysis of fibers showed that the highest, lowest and average of fibers length for the domestic boards is 260, 10 and 120 mm. and highest, lowest and average of fibers length for the imported boards 190, 5 and 45 mm. respectively.

**Keywords:** Vertical density profile, spectroscopy, imagine analysis, medium density fiber board.