

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۱۷

ص ۲۷۳-۲۸۶

## بررسی تأثیر مقدار الیاف چوب درخت انگور و زمان پرس بر خواص کاربردی و زبری سطح تخته‌فیبر دانسیته متوسط

- ❖ فاطمه رضایی\*؛ کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ علی اکبر عنایتی؛ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ محمد لایقی؛ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ حمیدرضا قاسمی منفرد؛ استاد دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

### چکیده

در این تحقیق استفاده از الیاف چوب درخت انگور به صورت مخلوط با الیاف گونه‌های چوبی در ساخت تخته‌فیبر دانسیته متوسط بررسی شد. زمان پرس در سه سطح ۴ و ۵ و ۶ دقیقه و نسبت اختلاط الیاف چوب درخت انگور با الیاف چوب‌های جنگلی در سه سطح ۱۰۰/۰ و ۷۰/۳۰ و ۴۰/۶۰، به منزله عوامل متغیر، بود. تخته‌ها به صورت همسان با دانسیته ۰/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت ۱۵ میلی‌متر ساخته شدند. زبری سطح و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل مقاومت خمشی (MOR) و واکنشیدگی ضخامت (TS) بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار الیاف چوب مو تا میزان ۳۰ درصد زبری سطح و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها افزایش می‌یابد؛ ولی با افزایش مقدار این الیاف تا ۶۰ درصد این دو ویژگی کاهش پیدا می‌کند. مقاومت خمشی تخته‌ها با افزایش میزان الیاف چوب مو تا میزان ۶۰ درصد کاهش یافت. افزایش زمان پرس تأثیر معناداری بر زبری سطح و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها نداشت.

واژگان کلیدی: الیاف چوب مو، تخته‌فیبر دانسیته متوسط، زبری سطح، زمان پرس.

## مقدمه

تخته‌فیبر به فرآورده‌ای گفته می‌شود که بدون چسب‌های گرماسخت<sup>۱</sup> یا با کمک آن‌ها و با به‌کارگیری فشار و دما از الیاف چوب یا سایر مواد لیگنوسلولزی ساخته می‌شود [۱]. کاهش سطح جنگل‌های تجاری تولیدکننده چوب و به‌خصوص چوب‌های هیزمی از یک سو و رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای تخته‌فیبر دانسیته متوسط و نیز افزایش تعداد کارخانجات تولیدکننده تخته‌فیبر دانسیته متوسط در کشور از سوی دیگر به‌کارگیری و استفاده از الیاف سایر مواد لیگنوسلولزی، از جمله پسماند گیاهان کشاورزی و ضایعات حاصل از هرس درختان باغی، را برای تأمین بخشی از ماده اولیه اجتناب‌ناپذیر کرده است. یکی از این منابع ارزشمند لیگنوسلولزی سرشاخه‌ها و ضایعات تنه، حاصل از هرس درختان انگور، است. طبق آخرین آمارهای منتشرشده از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۰، سطح زیر کشت تاکستان‌های کشور حدود ۳۲۸۰۸۱ هکتار است. همچنین، طبق برآوردهای انجام‌شده، میزان تقریبی ضایعات ناشی از هرس درختان مو دو تا سه تن در هر هکتار است؛ که با توجه به سطح زیر کشت این محصول در کشور مقدار کل این ضایعات در حدود ۶۵۰ تا ۹۸۰ هزار تن در سال خواهد بود [۲]. امروزه، به دلیل رقابت شدیدی که در تولید فرآورده‌های مرکب چوبی در جهان وجود دارد، توجه زیادی به کیفیت و خواص کاربردی این فرآورده معطوف شده و پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای نیز به دست آمده است. از این

موفقیت‌ها می‌توان به طراحی فرآورده‌های مرکب لایه‌ای جهت کاربردهای گوناگون و استفاده از اندازه متفاوت الیاف در لایه‌های سطحی و میانی این تخته‌ها اشاره کرد [۳].

کیفیت سطح از ویژگی‌های کاربردی فرآورده‌های مرکب است و تحت تأثیر شرایط مختلف رطوبت نسبی نه‌تنها کیفیت عملیات پرداخت و پوشش‌دهی را کاهش می‌دهد، بلکه بر میزان عملیات پرداخت یا لزوم سنباده‌زنی بیشتر اثر می‌گذارد و هزینه نهایی تولید را بالا می‌برد [۴]. زبری سطح<sup>۲</sup> در فرایند لایه‌ای کردن فرآورده‌های مرکب چوبی اهمیتی فوق‌العاده دارد؛ مثلاً، از آنجا که پوشش‌های PVC بسیار نازک‌اند و توانایی پوشاندن اختلالات سطح را ندارند، زبری سطح فرآورده‌ها می‌تواند اثری منفی بر کیفیت چسبندگی آن‌ها داشته باشد [۵].

در حالت کلی، درجه زبری سطح فرآورده‌های مرکب چوبی تابع ویژگی‌های مواد اولیه - مانند نوع گونه، اندازه ذرات، توزیع و همگنی آن‌ها - و همچنین متغیرهای تولید - از جمله پارامترهای پرس، میزان رزین، تراکم لایه سطحی، رطوبت تخته‌ها، فرایند سنباده‌زنی، و ماشین‌کاری پانل‌ها - است [۶].

هیزورواقلو و کوسانکورن خصوصیات سطح تخته‌فیبر دانسیته متوسط ساخته‌شده از چوب کائوچو و اکالیپتوس را در تایلند بررسی کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد هر چه دانسیته سطح بیشتر باشد صافی سطح نیز بیشتر می‌شود. به‌علاوه تخته‌های ساخته‌شده از چوب اکالیپتوس سطحی صاف‌تر از تخته‌های ساخته‌شده از چوب کائوچو داشتند؛ که علت آن الیاف بسیار کوتاه چوب کائوچو نسبت به چوب

1. Thermoset

2. Surface roughness

ضخامت تخته‌فیبر دانسیته متوسط می‌شود. به‌علاوه، استفاده از پارافین تأثیر معناداری بر زبری سطح تخته‌ها نداشت [۱۱].

همچنین نتایج کار کیو و همکاران او [۱۲]، فیلیپ و همکاران او [۱۳]، و کریمی و همکاران او [۱۴] نشان داد استفاده از الیاف پسماند گیاهان کشاورزی باعث افت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌فیبر دانسیته متوسط می‌شود.

برای افزایش کیفیت سطح فرآورده‌های مرکب و در عین حال بهبود ویژگی‌های کاربردی آن‌ها راه‌حل‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آن‌ها استفاده از مواد لیگنوسلولزی مناسب در لایه‌های سطحی است [۳]. با توجه به کمبود مواد لیگنوسلولزی و نیاز اساسی صنعت تخته‌فیبر به استفاده از منابع جدید لیگنوسلولزی، هدف این پژوهش تعیین امکان استفاده و میزان بهینه الیاف چوب درخت انگور برای رسیدن به کیفیت سطح و خواص کاربردی مناسب است.

### مواد و روش‌ها

الیاف مورد نیاز برای این بررسی، شامل الیاف گونه‌های چوبی (جنگلی و باغی)، از کارخانه آرین سینا، واقع در حومه شهرستان ساری، تهیه شد. ضایعات سرشاخه و تنه درختان انگور از باغ‌های اطراف شهرستان شهرکرد تهیه و به کمک اره نواری به قطعاتی به طول ۵ سانتی‌متر تبدیل شدند. سپس، به مدت یک روز در آب خیس خوردند و در نهایت با خردکن پالمن به صورت چیپس‌هایی با ابعاد مورد نیاز درآمدند. الیاف چیپس‌های تولیدشده، پس از بخارزنی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۶ بار

اکالپیتوس بود [۷]. آکبولوت و آریلمیس در بررسی تأثیر استفاده از نسبت بالای چوب واکنشی کاج بر جذب سطحی و زبری سطح تخته‌فیبر دانسیته متوسط ساخته‌شده اعلام کردند خواص آناتومی و مرفولوژی الیاف استفاده‌شده بر خواص سطحی تخته‌فیبر دانسیته متوسط مؤثر است؛ طوری که تخته‌های حاوی نسبت بالای الیاف چوب واکنشی (۷۵ درصد چوب واکنشی، ۲۵ درصد چوب نرمال) مقادیر جذب بالاتری داشتند و نیز زبری سطح این تخته‌ها بیشتر از زبری سطح تخته‌های حاوی ۱۰ درصد الیاف چوب واکنشی بود [۸]. رولر و رافائل اثر رطوبت تعادل بر زبری سطح تخته‌فیبر دانسیته متوسط بدون روکش ساخته‌شده از مواد خام و چسب‌های مختلف را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد رابطه بین مقدار رطوبت تعادل و زبری متوسط سطح تابعی پیچیده از تأثیر متقابل بین بسیاری از متغیرهاست [۹]. نتایج تحقیق آریلمیس و وایندی در زمینه تأثیر تیمار حرارتی بر کیفیت سطح و خواص چسبندگی تخته‌فیبر نشان داد تیمار حرارتی بعد از پرس اثری معنادار بر زبری سطح، ترشوندگی، و اتصال چسب پانل‌های تخته‌فیبر دانسیته متوسط دارد. با افزایش دمای تیمار، زاویه تماس افزایش و مقاومت اتصال کاهش یافت [۱۰]. اکرمی و همکاران او تأثیر پارافین و شرایط پرس را بر خواص کاربردی و همچنین زبری سطح تخته‌فیبر دانسیته متوسط بررسی کردند. نتایج نشان داد استفاده از پارافین تأثیر معناداری بر مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته و مقاومت برشی تخته‌های مطالعه‌شده ندارند. در زمینه تأثیر استفاده از پارافین بر خواص فیزیکی نیز مشخص شد افزایش مصرف پارافین باعث کاهش جذب آب و واکنش‌دگی

و مدت زمان ۷ دقیقه در دستگاه بخارزن آزمایشگاهی، به وسیله دستگاه دفیبراتور جدا شدند. الیاف به دست آمده تا رسیدن به رطوبت حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد در هوای آزاد و پس از آن در آن آزمایشگاهی و در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد طی مدت زمان ۲۴ ساعت تا رسیدن به رطوبت ۳ درصد خشک شدند. چسب مورد استفاده برای ساخت تخته‌ها از نوع چسب اوره‌فرمالدهید بود که از شرکت تیرانشیمی تهیه شد. خصوصیات آناتومی الیاف چوب‌های جنگلی و الیاف چوب مو با روش فرانکلین اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

با در نظر گرفتن عوامل متغیر: نسبت اختلاط الیاف چوب درخت انگور با الیاف چوب‌های جنگلی در ۳ سطح (۱۰۰/۰، ۷۰/۳۰، ۴۰/۶۰) و زمان پرس در سه سطح (۴، ۵، ۶ دقیقه) و عوامل ثابت: دمای پرس (۱۸۰ درجه سانتی‌گراد)، فشار ویژه پرس (۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، ضخامت تخته‌ها (۱۵ میلی‌متر)، نوع چسب (اوره‌فرمالدهید)، مقدار چسب (۱۰ درصد بر اساس وزن خشک الیاف)، نوع کاتالیزور (کلرید آمونیوم)، مقدار کاتالیزور (۲ درصد بر اساس وزن خشک چسب)، جرم مخصوص تخته‌ها (۰/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و نوع تخته‌ها: یک لایه، تخته‌های آزمونی ساخته شدند. الیاف مورد نیاز برای ساخت هر تخته توزین و در

چسبزن آزمایشگاهی چسب زده شدند. از قالبی با ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر برای شکل‌دهی کیک الیاف استفاده شد و الیاف چسب‌زده شده به صورت یکنواخت درون قالب پاشیده شدند. الیاف، پس از تشکیل کیک و فشرده شدن اولیه و سرد، با پرس گرم آزمایشگاهی از نوع Burkle-La-160 تا ضخامت اسمی فشرده شدند. با در نظر گرفتن عوامل متغیر، نه تیمار و برای هر تیمار سه تکرار و در مجموع بیست و هفت تخته آزمایشگاهی ساخته شد. تخته‌های آزمایشگاهی ساخته شده پس از کناره‌بری، به منظور رسیدن به تعادل رطوبتی با محیط و همچنین تعادل تنش‌های داخلی آن‌ها، به مدت دو هفته در اتاق کلیما با شرایط رطوبت نسبی  $5 \pm 65\%$  و دمای ۱  $\pm 20$  درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس، طبق استاندارد نمونه‌برداری EN ۳۲۶-۱ نمونه‌های آزمونی، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، برش داده شدند [۱۵]. ویژگی فیزیکی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها، پس از دو و بیست و چهار ساعت غوطه‌وری در آب، برابر استاندارد EN ۳۱۷، و ویژگی مکانیکی مقاومت خمشی (MOR) طبق استاندارد EN ۳۱۰ توسط ماشین آزمایش نوع INSTRON 4486 با سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه تعیین شد [۱۶ و ۱۷].

جدول ۱. میانگین ابعاد و ضریب لاغری الیاف چوب‌های جنگلی و مو

نوع ماده اولیه	طول (میلی‌متر)	قطر (میکرون)	ضخامت دیواره (میکرون)	ضریب لاغری
الیاف چوب مو	۰/۹۴	۲۴/۲	۵/۱	۳۸/۷
الیاف چوب‌های جنگلی	۱/۲۶	۲۴/۴	۶	۵۱/۶

این بررسی در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل اجرا شد و تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و زبری سطح نمونه‌ها با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن انجام گرفت.

### یافته‌ها و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و فاکتورهای زبری سطح در جدول ۲ می‌آید.

برای مشخص کردن زبری سطح از روش سوزنی، که روشی تماسی است، استفاده شد. در این روش مسافت مشخصی (۴/۸ میلی‌متر) از سطح نمونه مورد نظر توسط نوک سوزن فولادی دستگاه با سرعتی ثابت پیموده و پستی و بلندی و تغییرات ناهمواری سطح سنجیده می‌شود. برای اندازه‌گیری زبری نمونه‌های مورد نظر، سطح نمونه‌های با ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر با دستگاه سنباده‌زن آزمایشگاهی و با استفاده از کاغذ سنباده با دانه‌بندی ۱۸۰ سنباده زده شد. سپس، پارامترهای عددی کیفیت سطح شامل  $R_z$ ،  $R_a$  و  $R_q$  اندازه‌گیری و پروفیل سطح طبق استاندارد DIN۴۷۷۷ با استفاده از دستگاه HOMMEL WERKE T8000 رسم شد [۱۸].

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های مورد بررسی تخته‌های آزمونی

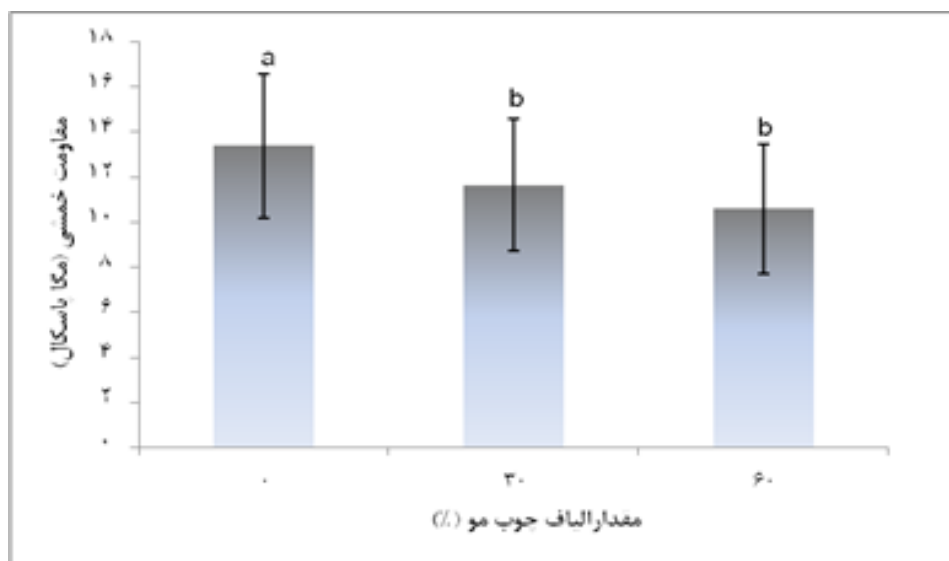
منبع تغییرات	مقاومت خمشی (f)	واکشیدگی ضخامت (۲h) (f)	واکشیدگی ضخامت (۲۴h) (f)	عامل $R_a$ (f)	عامل $R_z$ (f)	عامل $R_q$ (f)
درصد اختلاط الیاف مو	۹٫۶۲۸**	۹٫۶۲۸**	۱۴٫۰۴۴**	۶٫۹۳۱**	۳٫۶۵۳*	۶٫۷۴۵**
زمان پرس	۰٫۰۱۶ <sup>ns</sup>	۰٫۰۱۶ <sup>ns</sup>	۵٫۸۱۰**	۰٫۲۰۲ <sup>ns</sup>	۰٫۴۵۵ <sup>ns</sup>	۰٫۴۵۰ <sup>ns</sup>
درصد اختلاط الیاف مو × زمان پرس	۱٫۲۱۸ <sup>ns</sup>	۲٫۳۹۴ <sup>ns</sup>	۸٫۲۵۰**	۰٫۴۳۸ <sup>ns</sup>	۰٫۲۰۴ <sup>ns</sup>	۰٫۶۶۲ <sup>ns</sup>

\*\* معنادار در سطح ۱ درصد، \* معنادار در سطح ۵ درصد، ns: بدون اثر معنادار

الیاف چوب مو از میزان مقاومت خمشی کاسته می‌شود (شکل ۱). گروه‌بندی دانکن نشان می‌دهد تخته‌های حاوی ۳۰ درصد و ۶۰ درصد الیاف چوب مو در یک گروه قرار دارند و نمونه‌های شاهد در گروهی جداگانه قرار می‌گیرند.

### مقاومت خمشی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، تأثیر مستقل درصد الیاف چوب مو بر مقاومت خمشی در سطح ۱ درصد معنادار بود؛ طوری که با افزایش میزان



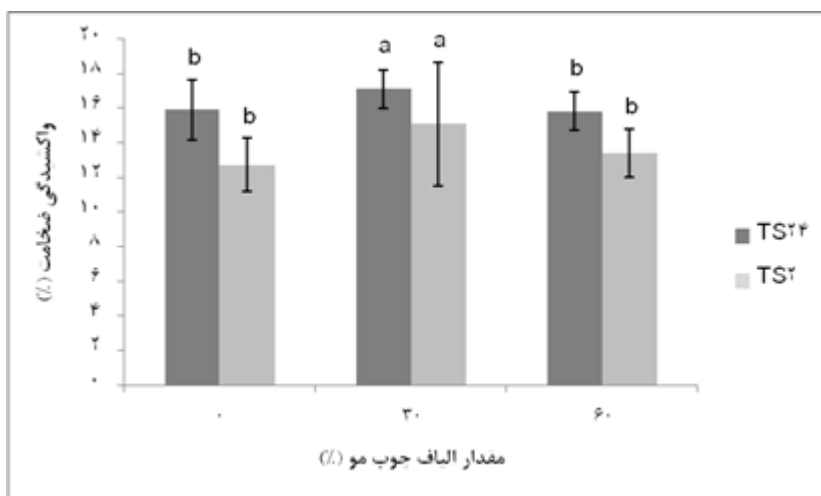
شکل ۱. اثر درصد الیاف چوب مو بر مقاومت خمشی

ساعت غوطه‌وری، نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با افزایش مقدار الیاف چوب مو از ۰ به ۳۰ درصد واکشیدگی ضخامت تخته‌ها افزایش و پس از آن با افزایش مقدار این الیاف از ۳۰ به ۶۰ درصد این ویژگی کاهش می‌یابد. دلیل افزایش این ویژگی می‌تواند کوتاه‌تر بودن طول و کمتر بودن ضریب کشیدگی الیاف چوب مو و در عین حال ضخامت کمتر دیواره این الیاف باشد [۱۴، ۱۹، ۲۰]. کاهش واکشیدگی ضخامت در اثر افزایش میزان الیاف چوب مو (از ۳۰ درصد به ۶۰ درصد) و بیشتر شدن حجم الیاف ریز و کوتاه با ضریب کشیدگی کم بود. این الیاف باعث پر شدن فضاهای خالی، فشردگی بیشتر، بهبود اتصالات داخلی تخته، و در نهایت کاهش واکشیدگی ضخامت می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، طبق گروه‌بندی دانکن، تخته‌های حاوی ۳۰ درصد الیاف چوب مو در گروهی مجزا قرار می‌گیرند و دارای بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامت‌اند.

با توجه به کوتاه‌تر بودن طول الیاف چوب مو و کمتر بودن ضریب کشیدگی (لاغری) آن‌ها (جدول ۱) نسبت به الیاف چوب‌های جنگلی، افزایش میزان الیاف چوب مو در ساختار تخته‌ها به در هم‌رفتگی کمتر آن‌ها هنگام تشکیل کیک الیاف منجر می‌شود و در نتیجه سطح تماس بین آن‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین، با افزایش سهم این الیاف در ساختار تخته‌ها، مقاومت خمشی آن‌ها کاهش می‌یابد [۱۲، ۱۴، ۱۹، ۲۰]. نتیجه این ویژگی نشان داد کمترین مقدار مقاومت خمشی مربوط به تخته‌های حاوی ۶۰ درصد الیاف چوب مو است (۱۰/۶ مگاپاسکال). همچنین بیشترین مقدار مقاومت خمشی در تخته‌های شاهد مشاهده شد (۱۳/۳۹ مگاپاسکال). از طرفی زمان پرس اثری معنادار بر مقاومت خمشی نداشت.

### واکشیدگی ضخامت

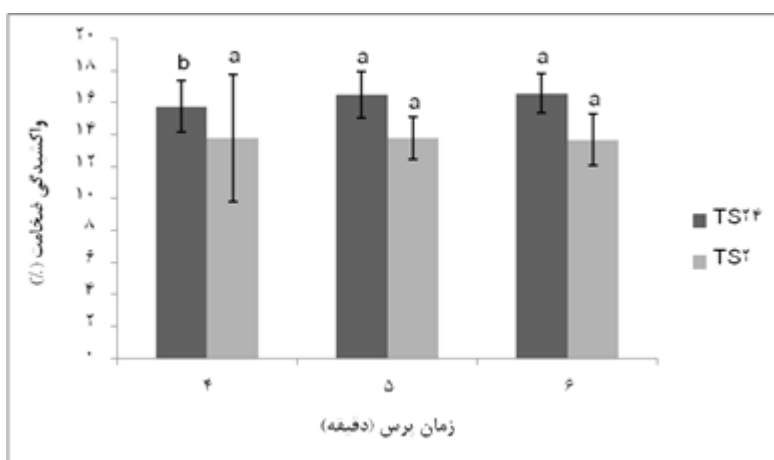
شکل ۲ اثر مستقل درصد الیاف چوب مو را بر واکشیدگی ضخامت، بعد از دو و بیست و چهار



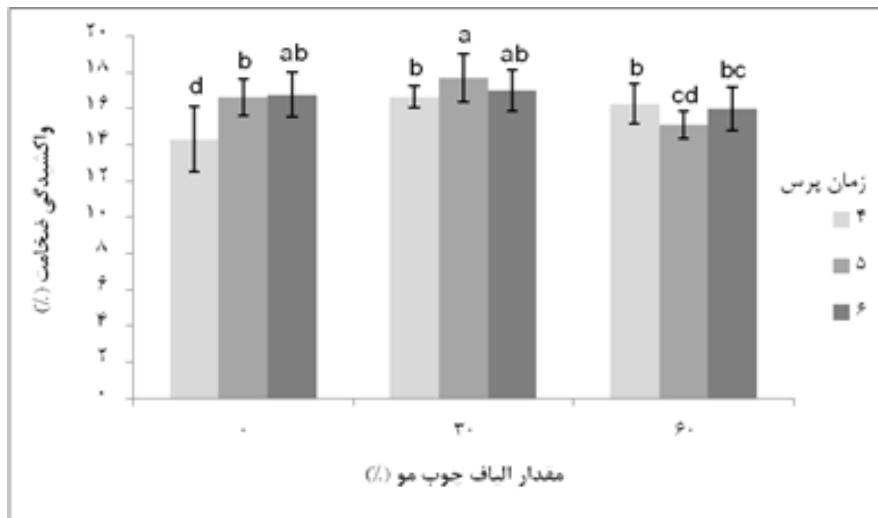
شکل ۲. اثر درصد الیاف چوب مو بر واکشیدگی ضخامت بعد از دو و بیست و چهار ساعت

ساخته‌شده با زمان پرس ۴ دقیقه واکشیدگی ضخامت کمتری داشتند و در گروهی جداگانه قرار گرفتند. شکل ۴ اثر متقابل درصد الیاف چوب مو و زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت را بعد از بیست و چهار ساعت غوطه‌وری در آب نشان می‌دهد. واضح است که بیشترین واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌های با ۳۰ درصد الیاف چوب مو و زمان پرس ۵ دقیقه (۱۷٫۷ درصد) و کمترین میزان آن مربوط به تخته‌های شاهد و زمان پرس ۴ دقیقه (۱۴٫۳ درصد) است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) واکشیدگی ضخامت بعد از بیست و چهار ساعت غوطه‌وری نشان داد اثر مستقل درصد الیاف چوب مو و زمان پرس و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور در سطح ۱ درصد معنادار است. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود، با افزایش زمان پرس واکشیدگی ضخامت تخته‌ها، بعد از بیست و چهار ساعت، افزایش می‌یابد. واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته‌شده با زمان پرس ۵ و ۶ دقیقه در یک حد است؛ ولی تخته‌های



شکل ۳. اثر زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت بعد از دو و بیست و چهار ساعت



شکل ۴. اثر درصد الیاف چوب مو و زمان پرس بر واكشیدگی ضخامت بعد از بیست و چهار ساعت

می‌شود، با افزایش مقدار الیاف چوب موی مصرفی از ۰ به ۳۰ درصد عامل  $R_a$  افزایش می‌یابد و پس از آن با افزایش مقدار الیاف چوب مو از ۳۰ به ۶۰ درصد مقدار این عامل کاهش پیدا می‌کند. اما این کاهش معنادار نیست و طبق گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار می‌گیرد.

### عامل $R_z$

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ مشخص می‌شود اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_z$  در سطح ۵ درصد معنادار است؛ ولی اثر مستقل زمان پرس و اثر متقابل درصد الیاف چوب مو و زمان پرس بر عامل  $R_z$  معنادار نیست. شکل ۶ نشان‌دهنده اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_z$  است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش مقدار الیاف چوب موی مصرفی از ۰ به ۳۰ درصد عامل  $R_z$  افزایش می‌یابد و پس از آن با افزایش مقدار این الیاف از ۳۰ به ۶۰ درصد، مقدار این عامل کاهش پیدا می‌کند.

### زبری سطح

برای تعیین زبری سطح تخته‌ها سه فاکتور میانگین ناهمواری سطح نسبت به خط میانی در طول اندازه‌گیری<sup>۱</sup> ( $R_a$ )، میانگین پنج نقطه برآمدگی و فرورفتگی متوالی در سطح<sup>۲</sup> ( $R_z$ )، و ریشه دوم میانگین مربعات زبری<sup>۳</sup> یا همان زبری مؤثر ( $R_q$ ) اندازه‌گیری شدند. جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس را نشان می‌دهد.

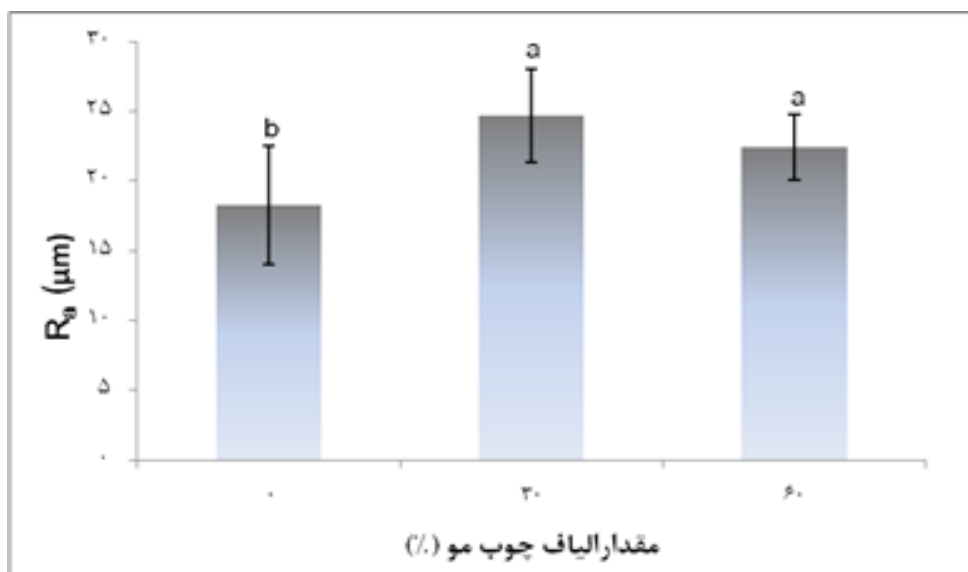
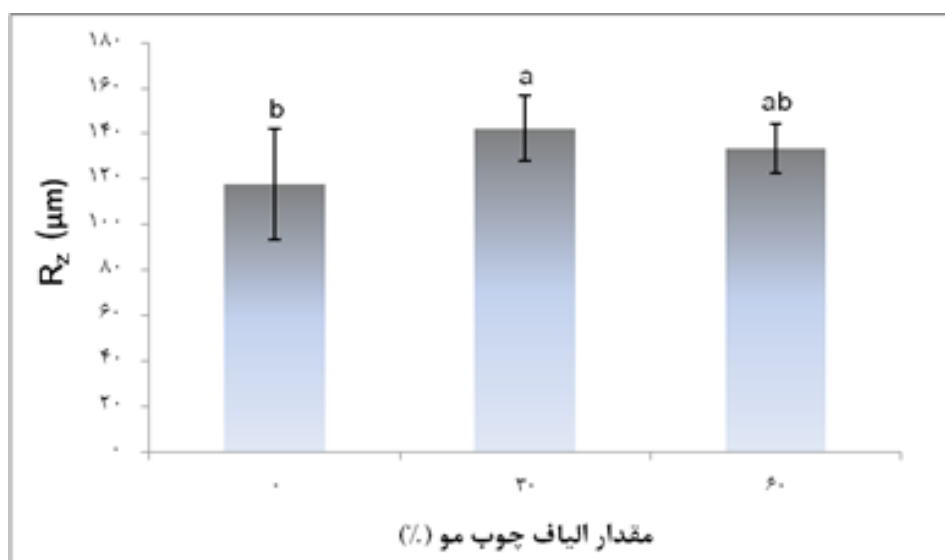
### عامل $R_a$

جدول ۲ نشان می‌دهد اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_a$  در سطح ۱ درصد معنادار است؛ اما اثر مستقل زمان پرس و اثر متقابل درصد الیاف چوب مو و زمان پرس بر عامل  $R_a$  معنادار نیست.

شکل ۵ نشان‌دهنده اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_a$  است. همان‌طور که مشاهده

1. Average Roughness
2. Mean peak-to-valley height
3. Root Mean Square Roughness (RMS)

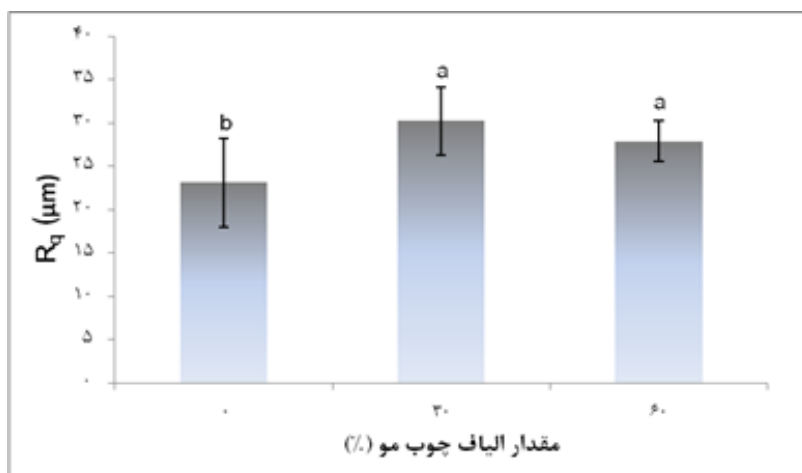
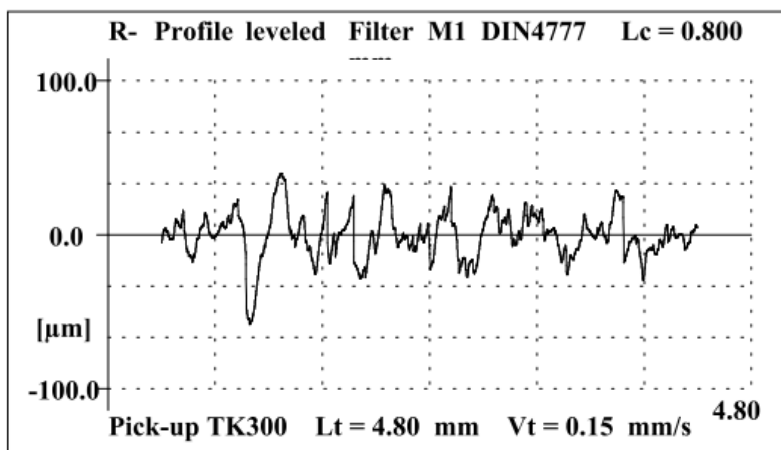


شکل ۵. اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_q$ شکل ۶. اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_z$ 

نشان‌دهنده اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_q$  است. نتایج بیان می‌کند با افزایش مقدار الیاف چوب مو از ۰ به ۳۰ درصد عامل  $R_q$  افزایش می‌یابد و پس از آن با افزایش مقدار این الیاف از ۳۰ به ۶۰ درصد مقدار این عامل کاهش پیدا می‌کند؛ اما این کاهش معنادار نیست.

### عامل $R_q$

جدول ۲ نشان می‌دهد اثر درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_q$  در سطح ۱ درصد معنادار است؛ اما اثر مستقل زمان پرس و اثر متقابل درصد الیاف چوب مو و زمان پرس بر عامل  $R_q$  معنادار نیست. شکل ۷

شکل ۷. اثر مستقل درصد الیاف چوب مو بر عامل  $R_q$ 

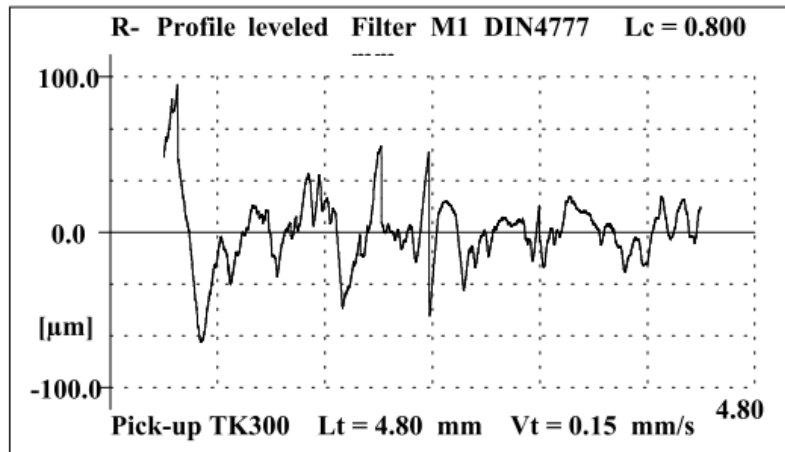
شکل ۸. پروفیل زبری سطح تخته شاهد (اندازه‌گیری شده با دستگاه زبری سنج HOMMEL WERKE T8000)

برآمدگی‌هاست (شکل‌های ۸ و ۱۰). در تخته‌های حاوی ۳۰ درصد الیاف چوب مو  $R_{sk} > 0$  است که نشان می‌دهد میزان برآمدگی‌ها بیشتر از فرورفتگی‌هاست (شکل ۹)؛ در حالی که در تخته‌های حاوی ۶۰ درصد الیاف چوب مو نسبت به تخته شاهد و تخته حاوی ۳۰ درصد الیاف چوب مو مقدار  $R_{ku}$  بیشتر است که نشان‌دهنده تیزی بیشتر منحنی در پروفیل سطح است. همچنین تخته‌های شاهد مقدار  $R_{ku}$  کمتری داشتند.

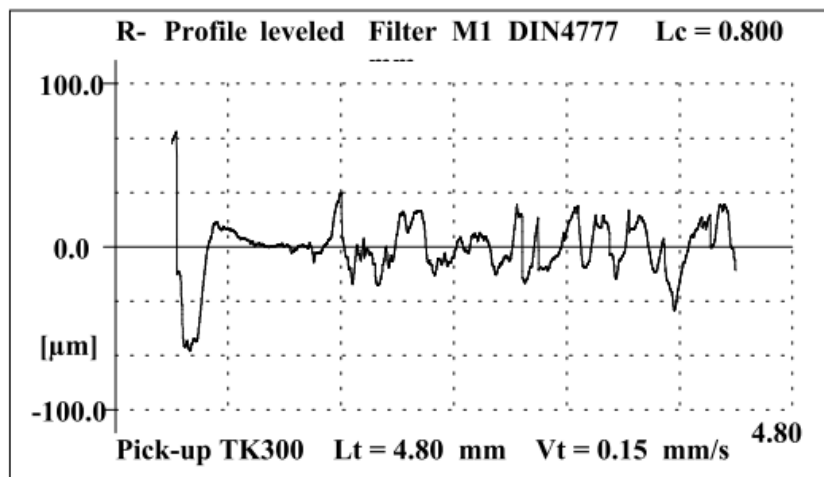
همان‌طور که شکل ۸ نشان می‌دهد، تخته‌های شاهد (دارای ۰ درصد الیاف مو) نسبت به تخته‌های حاوی ۳۰ و ۶۰ درصد الیاف مو پروفیل زبری هموارتری دارند. به‌علاوه، افزایش درصد اختلاط الیاف مو از ۳۰ به ۶۰ درصد باعث ایجاد پروفیل هموارتر در نمونه‌های آزمون شد. در تخته شاهد و تخته حاوی ۶۰ درصد الیاف چوب مو،  $R_{sk} < 0$  است که نشان می‌دهد میزان فرورفتگی‌ها بیشتر از

۱. شاخصی از شکل یا انحراف از تقارن منحنی توزیع ارتفاع‌ها در پروفیل سطح است.

۲. معیاری از تیزی منحنی در پروفیل سطح است.



شکل ۹. پروفیل زبری سطح تخته حاوی ۳۰ درصد الیاف چوب مو  
(اندازه‌گیری شده با دستگاه زبری سنچ (HOMMEL WERKE T8000))



شکل ۱۰. پروفیل زبری سطح تخته حاوی ۶۰ درصد الیاف چوب مو  
(اندازه‌گیری شده با دستگاه زبری سنچ (HOMMEL WERKE T800))

درهم‌رفتگی کمتر الیاف و در نتیجه به‌وجود آمدن سطح زیرتر می‌شود [۷]. نملی و همکاران او در بررسی پارامترهای مؤثر بر زبری سطح تخته‌خرده چوب اعلام کردند تخته‌های ساخته‌شده با ۷۰ درصد چوب کاج زبری سطح کمتر و ویژگی‌های سطح بهتری در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با ۷۰ درصد چوب راش دارند که یکی از علل آن را الیاف بلندتر چوب کاج نسبت به چوب راش و در نتیجه

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، افزایش میزان الیاف چوب مو تأثیری معنادار بر زبری سطح نمونه‌ها و پارامترهای زبری ( $R_q$ ,  $R_z$ ,  $R_a$ ) دارد (جدول ۲). مقدار سه عامل زبری مذکور در تخته‌های حاوی ۳۰ درصد الیاف چوب مو بیشتر از تخته‌های شاهد بود (شکل‌های ۵، ۶، ۷). دلیل این وضعیت می‌تواند کوتاه‌بودن طول الیاف چوب مو نسبت به الیاف چوب‌های جنگلی باشد (جدول ۱) که باعث

در هم‌رفتگی بهتر بیان کردند [۲۲]. هرچند ۳۰ درصد این الیاف بخشی از خلل و فرج را پر کردند، این مقدار نتوانست به طور کامل حفره‌ها را پر کند. با افزایش درصد الیاف چوب مو از ۳۰ به ۶۰ درصد مقدار سه عامل  $R_a$ ،  $R_z$  و  $R_q$  در تخته‌ها کاهش یافت (شکل‌های ۵ و ۶ و ۷). دلیل این کاهش زبری سطح می‌تواند بیشتر شدن حجم الیاف با طول و ضخامت دیواره کمتر باشد (جدول ۱). زیرا این الیاف باعث پر کردن فضاهای خالی و فشردگی بیشتر می‌شود و در نتیجه سطح صاف‌تری ایجاد می‌کند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد استفاده از الیاف چوب مو سبب کاهش مقاومت خمشی تخته‌ها در مقایسه با تخته‌های شاهد می‌شود. با افزایش الیاف چوب مو در ساختار تخته‌ها و تا مقدار ۳۰ درصد، واکنش‌دهی ضخامت آن‌ها افزایش و در صورتی که مقدار این الیاف تا ۶۰ درصد افزایش یابد، واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها کاهش می‌یابد. با وجود این، واکنش‌دهی

ضخامت تخته‌های شاهد و تخته‌های حاوی ۶۰ درصد الیاف چوب مو در یک گروه طبقه‌بندی شدند. نتایج اندازه‌گیری زبری سطح نیز نشان داد تخته‌های شاهد پروفیل زبری هموارتری نسبت به تخته‌های حاوی الیاف مو دارند. بنابراین، به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت استفاده از الیاف مو در ساخت تخته‌فیبر دانسیته متوسط تأثیری منفی بر زبری سطح، مقاومت خمشی، و به طور نسبی واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها دارد و افزایش زمان پرس نیز نمی‌تواند زبری سطح، مقاومت خمشی، و واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها را بعد از بیست و چهار ساعت غوطه‌وری بهبود بخشد. در این بررسی جداسازی الیاف چوب مو در آزمایشگاه و به‌ناچار طی دو مرحله انجام شد. این موضوع بر کیفیت الیاف و در نتیجه ویژگی‌های تخته‌های ساخته شده اثر منفی گذاشت. بنابراین، یک بررسی تکمیلی برای دستیابی به نتایج قطعی در زمینه کیفیت الیاف چوب مو ثمربخش خواهد بود.

## References

- [1]. Doosthoseini, K. (2007). Wood Composite Materials Manufacturing, Applications. University of Tehran Press, Tehran.
- [2]. <http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52> (02/12/2013)
- [3]. Doosthoseini, K. and Abdolzadeh, H. (2010). Investigation on the feasibility of utilization wood and OCC fiber on the surface layer of particleboard and their effects on surface hardness and roughness. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(1): 62-69.
- [4]. Ozdimer, T., Hizirolu, S., and Malkocoglu, A. (2009). Influence of relative humidity on surface quality and adhesion strength of coated medium density fiberboard (MDF) panels. Materials and Design, 30: 2543-2546.
- [5]. Kilic, M., Burdurlu, E., Aslan S., Altun S., and Tumerdem, O. (2009). The effect of surface roughness on tensile strength of the medium density fiberboard (MDF) overlaid with polyvinyl chloride (PVC). Material and Design, 30: 4580-4583.
- [6]. Hizirolu, S. and Suzuki, S. (2007). Evaluation of surface roughness of commercially manufactured particleboard and medium density fiberboard in Japan. Journal of Materials Processing Technology, 184: 436-440.
- [7]. Hizirolu, S. and Kosonkorn, P. (2006). Evaluation of surface roughness of Thai medium density fiberboard (MDF). Building and Environment, 41: 527-533.
- [8]. Akbulute, T. and Ayrilmis, N. (2006). Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of medium density fiberboard. Silva Fennica, 40(1): 161-167.
- [9]. Roller, A. and Roffael, E. (2007). Influence of different climatic conditions on the roughness of uncoated medium density fiberboard (MDF). Holz Roh Werkst, 65: 239-244.
- [10]. Ayrilmis, N. and Winandy, J. E. (2009). Effects of post heat-treatment on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard. Materials and Manufacturing Processes, 24: 594-599.
- [11]. Akrami, A., Doosthoseini, K., Faezipour, M., and Jahan Latibari, A. (2011). The Effect of paraffin addition and pressing conditions on some properties of medium density fiberboard (MDF) with emphasis on surface roughness. Journal of Forest and Wood Products, 63(4): 343-353.
- [12]. Kuo, M., Adams D., Mayers D., and Curry, D. (1998). Properties of wood/agricultural fiberboard bonded with soybean-based adhesive. Forest Product Journal, 48 (2): 71-75.
- [13]. Philip Ye, X., Julson, J., Kuo, M., Womac, A., and Myers, D. (2007). Properties of medium density fiberboard made from renewable biomass. Bioresource Technology, 98: 1077-1084.
- [14]. Karimi, F., Enayati, A., Faezipour, M., and Doosthoseini, K. (2012). A Study on physical and mechanical properties of medium-density fiberboard (MDF) made from corn stalk and wood fibers. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 2(2): 39-52.
- [15]. European Standard EN 326-1. (1993). Wood-based Panels. Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.
- [16]. European Standard EN 317. (1993). Wood-based Panel. Determination of Swelling in thickness after immersion in water. CEN European Committee for standardization.

- [17]. European Standard EN 310: Wood-based Panel. (1993). Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. CEN European Committee for standardization.
- [18]. DIN 4777: Metrology of surfaces. (1990). Profile filter for electrical contact stylus instruments; phasecorrected filters.
- [19]. Akgul, M. and Tozluoglu, A. (2008). Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture of medium density fiberboards. *Bioresource Technology*, 99(13): 5590-5594.
- [20]. Copur, Y., Guler C., Tascioglu C., and Tozluglu, C. (2008). In corporation of hazelnut shell and husk in MDF production. *Bioresource Technology*, 99: 7402-7406.
- [21]. Han, G., Umcmun, k., Zhang, M., Honda, T., and Kawai, S. (2001). Development of high performance uf-bonded reed and wheat straw medium density fiberboard. *Journal Wood Science*, 47: 350-355.
- [22]. Nemli, G., Ozturk, I., and Aydin, I. (2005). Some of the parameters influencing surface roughness of particleboard. *Building and Environment*, 40: 1337-1340.