

## بررسی اثر ضایعات روکش ملامینه بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF)

فاطمه رمضانیان ثانی<sup>۱\*</sup> و علی اکبر عنایتی<sup>۲</sup>

۱) فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. \*رایانامه نویسنده مسئول: f.sanifrs@gmail.com

۲) استاد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۲۶

### چکیده

برای بررسی اثر استفاده از ضایعات روکش ملامینه بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF)، از مخلوط ضایعات روکش ملامینه به صورت آسیاب شده و الیاف چوبی مورد در صنعت به نسبت ۱۰۰/۰، ۹۰/۱۰، ۸۰/۲۰ و ۷۰/۳۰ استفاده شد. پس از چسب زنی الیاف با چسب اوره فرم آلدهید و به مقدار ۱۰ درصد (به نسبت وزن خشک الیاف) کیک الیاف در پرس آزمایشگاهی با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد تحت فشار ۳۵ تا ۴۰ بار و زمان پرس ۶ دقیقه تا ضخامت ۱۵ میلی‌متر فشرده شدند. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها نشان داد که افزایش میزان ضایعات روکش‌های ملامینه در تخته‌ها موجب افزایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی گردید، در حالی که واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری کاهش پیدا کرد. بنابراین یافته‌های تحلیل آماری پژوهش حاضر نشان داد که بهترین تیمار در این تحقیق استفاده از ۲۰ درصد ضایعات روکش‌های ملامینه در ساخت تخته فیبر نیمه سنگین می‌باشد، چرا که ضمن دستیابی به حد مطلوب ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تعیین شده در استاندارد مربوط به این نوع تخته‌ها می‌توان از هدر رفت ضایعات و آلودگی محیط‌زیست جلوگیری کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تخته فیبر، خواص فیزیکی و مکانیکی، رزین ملامین فرمالدهید، ضایعات.

### مقدمه

آلودگی محیطی، کاهش منابع طبیعی و به‌طور کلی اختلال در محیط‌زیست مشکلاتی را به وجود می‌آورد که باید مورد توجه جدی جوامع قرار گیرد. در سال‌های اخیر از کاغذهای تزئینی و پوششی آغشته به رزین به‌طور خاص در صنعت مبلمان و کفپوش لمینیت استفاده می‌شود. در نتیجه افزایش تولید کاغذهای تزئینی و پوششی، در کارخانجات مقدار زیادی ضایعات کاغذهای آغشته به رزین ایجاد می‌شود. ضایعات کاغذهای آغشته به دلیل حجم بالای آن در سراسر جهان و تخریب‌پذیری کم آن به یک چالش عمده برای بازیافت تبدیل شده است. از جمله راهکارهای مورد توجه پژوهشگران، بررسی

تخته فیبر دانسیته متوسط (ام‌دی‌اف) از جمله فرآورده‌های مرکب چوبی است که به دلیل داشتن ویژگی‌هایی از قبیل ساختار همگن، سطوحی صاف، لبه‌های فشرده، قابلیت پرداخت، ابزار خوری، رنگ خوری و غیره جایگاه ویژه‌ای را در بازار مصرف فرآورده‌های چوبی به خود اختصاص داده است. تخته فیبر نیمه سنگین<sup>۱</sup> تحت فشار و دمای بالا با استفاده از الیاف چوب و یا الیاف گیاهان دیگر (به‌عنوان مواد خام) با به کار بردن چسب اوره فرمالدهید ساخته می‌شود. رشد سریع فناوری منجر به خطر تخریب محیط‌زیست شده است که به‌منزله تهدید جدی برای نسل‌های آینده می‌باشد.

امکان استفاده از این ضایعات در ساختار فرآورده‌های مرکب چوبی بوده است.

Varga و همکاران (۲۰۰۴) با هدف استفاده از ضایعات کاغذهای ملامینه مطالعه‌ای را انجام دادند. در این بررسی مقدار رزین UF (۱۰ درصد) ثابت و مقدار ضایعات کاغذ ملامینه ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد نسبت به وزن خشک خرده چوب در نظر گرفته شد. نمونه‌های شاهد نیز بدون افزودن کاغذ ملامینه ساخته شدند. نتایج نشان دادند که با افزودن کاغذهای آغشته به رزین ملامین فرمالدهید در مخلوط کیک خرده چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب افزایش یافت. بابازاده و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی امکان استفاده از ضایعات کاغذ روکش ملامینه را به‌عنوان جایگزین بخشی از چسب اوره فرمالدهید در تخته خرده چوب سه لایه بررسی کردند، مقدار ضایعات کاغذ روکش ملامینه در لایه مغزی در ۴ سطح ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد وزن خشک چسب مصرفی با هدف صرفه‌جویی و کاهش مصرف چسب بود. مقاومت‌های مکانیکی و خواص فیزیکی تخته‌های تولید شده شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، مقاومت به پیچ، دانسیته، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مطابق با استاندارد EN اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد جایگزینی ضایعات روکش ملامینه به‌جای چسب اوره فرمالدهید در مغز تخته، ضمن کاهش مصرف چسب و انتشار فرمالدهید، مقاومت تخته‌های تولید شده را در حد استاندارد ملی ایران حفظ کرده است.

Alpar و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی استفاده از کاغذهای دکور آغشته به رزین ملامین بازیافتی در ساخت تخته خرده چوب پرداختند. در این مطالعه مقدار رزین UF ثابت (۱۰ درصد) و نسبت اضافه شدن ضایعات کاغذ ملامینه به خرده چوب به مقدار ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. نمونه‌های شاهد نیز بدون اضافه کردن کاغذ آغشته ساخته شدند. نتایج نشان داد که با افزودن کاغذهای دکور آغشته به چسب ملامین، خواص مختلف تخته خرده چوب حاصل افزایش می‌یابد و یا به حد مجاز می‌رسد. همچنین مقدار چسب اوره فرمالدهید مصرفی کاهش می‌یابد. Diogo و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی استفاده از ضایعات کاغذهای آغشته به رزین ملامین در ساخت

تخته خرده چوب پرداختند. آن‌ها با استفاده از ۴ سطح ۰، ۴، ۸ و ۱۲ درصد اختلاط کاغذهای آغشته به رزین ملامین در لایه میانی تخته خرده چوب به این نتیجه رسیدند که خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده با تخته‌های استاندارد فرقی نداشته است. در نهایت پیشنهاد کردند که استفاده از ضایعات کاغذ آغشته به ملامین فرمالدهید از لحاظ فنی امکان‌پذیر است و به‌عنوان جایگزین مواد اولیه باعث کاهش هزینه‌های تولید می‌شود.

Cavdar و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی برخی از خصوصیات تخته تراشه‌های جهت‌دار (OSB) ساخته‌شده از ضایعات کاغذ آغشته به چسب ملامین به‌عنوان پرکننده پرداختند. ذرات ضایعات کاغذ آغشته به ملامین تا ۵۰ درصد وزن خرده چوب خشک در تخته‌های ساخته‌شده از خرده چوب صنوبر و چسب اوره فرمالدهید استفاده شدند. خواص مکانیکی و فیزیکی شامل مدول الاستیسیته مقاومت خمشی، چسبندگی داخلی، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب نمونه‌ها به ترتیب مطابق با استانداردهای EN 310، EN 319 و EN 317 تعیین شد. بر اساس نتایج، مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی نمونه‌ها با افزایش مقدار ضایعات کاغذ آغشته به ملامین در تخته‌ها بهبود یافت. علاوه بر این، واکنشیدگی ضخامت و جذب آب نمونه‌های محتوی این ضایعات کمتر از تخته‌های شاهد بود. همچنین ضایعات کاغذ ملامینه می‌تواند پتانسیل مناسبی در ساخت OSB داشته باشد، بدون اینکه تأثیر منفی بر روی خواص مقاومتی نمونه‌ها حاصل از خود نشان دهد. بر اساس گزارش سال ۱۳۹۹ سهم مصرف روکش‌های ملامینه در ایران حدود ۲۳ درصد مصرف انواع روکش‌های مصنوعی بوده است. مقدار ضایعات کاغذهای آغشته به رزین ملامین فرمالدهید در کارخانه‌های کشور به‌طور متوسط و در سال ۱۳۹۸ حدود ۱۸۰ تن برآورد شد. یک روش مناسب برای به حداقل رساندن حجم این ضایعات، استفاده از آن‌ها در تولید فرآورده‌های مرکب چوبی بود (انجمن صنفی کارفرمایان صنایع چوب ایران، ۱۳۹۹). در نهایت در پژوهش حاضر تلاش شده است با بررسی امکان کاربرد این ضایعات در صنایع تولید ام‌دی‌اف راه‌حلی برای مصرف این ضایعات به‌عنوان جایگزینی برای مواد خام اولیه و همچنین کمک به حفظ محیط‌زیست پیشنهاد داد.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی ماده اولیه

الیاف: ماده خام مورد نیاز از الیاف استفاده شده در کارخانه فیبر ایران شامل مخلوط گونه‌های صنوبر<sup>۲</sup>، توسکا<sup>۳</sup> و ممرز<sup>۴</sup> به میزان ۷۵ درصد، آزاد<sup>۵</sup> ۵ درصد و گونه‌های باغی به میزان ۲۰ درصد تهیه شد. الیاف برای رسیدن به رطوبت ۳ درصد به مدت ۲۴ ساعت درون کوره الکتریکی آزمایشگاهی با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس تا زمان ساخت تخته‌های آزمایشگاهی در کیسه‌های پلاستیکی سربسته نگهداری شدند.

ضایعات روکش‌های ملامینه: ضایعات روکش‌های ملامینه که قبل از فرآیند پرس بر روی ورق‌های ام‌دی‌اف تولید شده بودند از کارخانه ایزوفام در شهرک صنعتی شمس‌آباد تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. این ضایعات به وسیله دست و سپس طی دو مرحله با استفاده از آسیاب پالمن نوع 430 - 120PHT X به ذرات خیلی کوچک تبدیل شدند. برای دستیابی به ذرات

همسان، ابتدا با استفاده از الک‌هایی با مش‌های ۳۰ و ۶۰، ذرات خیلی ریز و خیلی درشت حذف و باقی‌مانده ذرات از الک با مش ۱۰ گذرانده شدند. ذرات باقی‌مانده روی الک با مش ۱۰ جهت استفاده جمع‌آوری گردید (Basboga et al., 2018, Lykidis, C. and Grigoriou, A. 2007).

خصوصیات بیومتری الیاف به‌ویژه ضریب کشیدگی (l/d) آن‌ها از ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر خواص تخته فیبر نیمه سنگین است. جهت اندازه‌گیری ابعاد الیاف مورد استفاده در ساخت تخته‌های آزمایشگاهی تعداد ۵۰ عدد فیبر به‌طور تصادفی انتخاب، طول و قطر آن‌ها به وسیله عدسی چشمی مدرج میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ابعاد ذرات ضایعات روکش ملامینه نیز ۵۰ عدد از این ذرات به‌طور تصادفی انتخاب و قطر و ضخامت آن‌ها به وسیله میکرومتر اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات بیومتری الیاف چوبی و ذرات ضایعات روکش ملامینه

الیاف چوب	طول (میلی‌متر)	قطر (میلی‌متر)	ضریب کشیدگی (نسبت طول به قطر)
	10 ± 1/8	0/4 ± 0/1	25 ± 1/9
ذرات روکش ملامینه	طول (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	ضریب کشیدگی (نسبت طول به ضخامت)
	10 ± 1	0/7 ± 0/1	14/30 ± 0/7

تا ۴۰ بار و زمان پرس ۶ دقیقه تا ضخامت ۱۵ میلی‌متر فشرده شد. تخته‌ها پس از سرد شدن، کناره بری و به مدت ۱۴ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ مشروط شدند. سه تیمار از اختلاط ذرات ضایعات روکش‌های ملامینه با الیاف وجود داشت که در نهایت برای هر تیمار ۳ تکرار، علاوه بر ۳ عدد تخته شاهد و در مجموع ۱۲ عدد تخته آزمایشگاهی ساخته شد. تخته‌های آزمایشگاهی پس از دستیابی به تعادل رطوبتی طبق استاندارد EN326-1 به نمونه‌های آزمایشگاهی مورد نیاز برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها بریده شدند و تا زمان اندازه‌گیری این ویژگی‌ها، در اتاق کليمای استاندارد نگهداری شدند (Andrzej et al., 1997, Philip, et al., 2007).

چسب: رزین اوره فرمالدهید تجاری از شرکت تیران شیمی تهیه شد. این رزین محلول در آب و حاوی ۵۸ درصد مواد جامد، ویسکوزیته ۲۷۰ سانتی‌پواز، زمان ژل شدن (با هاردنر) ۹۰ ثانیه، اسیدیته ۷/۵ و جرم حجمی ۱/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود.

ساخت تخته‌های آزمایشگاهی: برای ساخت تخته‌های آزمایشگاهی چسب اوره فرم آلدهید به مقدار ۱۰ درصد نسبت به وزن خشک الیاف، بعد از افزودن کاتالیزور، بر روی مخلوط الیاف و ذرات ضایعات روکش‌های ملامینه در سه سطح (۷۰/۳۰، ۸۰/۲۰ و ۹۰/۱۰) پاشیده شد. کیک الیاف با استفاده از پرس گرم آزمایشگاهی با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، تحت فشار ۳۵

<sup>4</sup> *Carpinus betulus*

<sup>5</sup> *Zelkova carpinifolia*

<sup>2</sup> *Populus nigra*

<sup>3</sup> *Alnus glutinosa*

$$D_h = \frac{M_h}{V_h}$$

رابطه (۷)

$$MC = \frac{(M_h - M_0)}{M_0} \times 100$$

تحلیل آماری: این بررسی با استفاده از طرح بلوک کاملاً تصادفی انجام و به کمک تکنیک تجزیه واریانس اثر هر یک از عوامل متغیر بر ویژگی‌های تخته در سطح ۱ درصد تجزیه و تحلیل بررسی و در صورت معنی‌دار بودن با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی شدند. به منظور بررسی نرمال بودن نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف، از آزمون کولموگروف اسمیرنوف<sup>۶</sup> و برای بررسی همگنی واریانس‌ها، از آزمون لوین<sup>۷</sup> استفاده گردید.

### نتایج

خواص فیزیکی و مکانیکی: نتایج تجزیه واریانس تأثیر ضایعات روکش ملامینه بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها در جدول ۲ و میانگین نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه گردیده است.

آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی: مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های آزمون طبق استاندارد EN310 و چسبندگی داخلی تخته‌ها طبق استاندارد EN319 با استفاده از ماشین Wolpert تعیین شدند. برای اندازه‌گیری واکنش‌دهی ضخامت در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب از استاندارد EN317 استفاده شد و برای تعیین جرم مخصوص و درصد رطوبت، از استاندارد EN323 و EN322 استفاده گردید.

جهت محاسبه مقادیر نهایی از رابطه‌های زیر استفاده شد:

رابطه (۱)

$$MOR = \frac{3P.L}{2b.h^2}$$

رابطه (۲)

$$MOE = \frac{P.L}{4b.h^3Y}$$

رابطه (۳)

$$IB = \frac{P}{A}$$

رابطه (۴)

$$TS_2 = \frac{(T_2 - T_0)}{T_0}$$

رابطه (۵)

$$TS_{24} = \frac{(T_{24} - T_0)}{T_0}$$

رابطه (۶)

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر ضایعات روکش ملامینه بر صفات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مورد آزمون

منابع تغییرات		درجه آزادی		میانگین مربعات			
بلوک	۲	رطوبت	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	واکنش‌دهی	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	واکنش‌دهی	۰/۱۵ <sup>ns</sup>
		ضخامت بعد از ۲۰ ساعت	۰/۲۳ <sup>**</sup>	ضخامت بعد از ۲۴ ساعت	۰/۷۸ <sup>**</sup>	چسبندگی داخلی	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>
ضایعات روکش ملامینه	۳	مقاومت خمشی (مگاپاسگال)	۰/۹۳ <sup>ns</sup>	مدول الاستیسیته (مگاپاسگال)	۱۷۴۷/۷۵ <sup>**</sup>	مقاومت خمشی (مگاپاسگال)	۲۴/۵۹ <sup>**</sup>
		جرم ویژه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۰/۰۰۷۰*	۰/۰۰۶۰*	۵۴۴۲/۷۵ <sup>**</sup>	۰/۰۰۹۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۳
خطا	۶	۰/۰۴	۰/۰۹	۱۴۸/۴۱	۰/۰۶	۱۲/۰۴	۰/۰۰۰۰۶

ns: غیر معنی‌دار، \* معنی‌دار در سطح پنج درصد و \*\* معنی‌دار در سطح یک درصد

## بررسی اثر ضایعات روکش ملامینه بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) / ۵

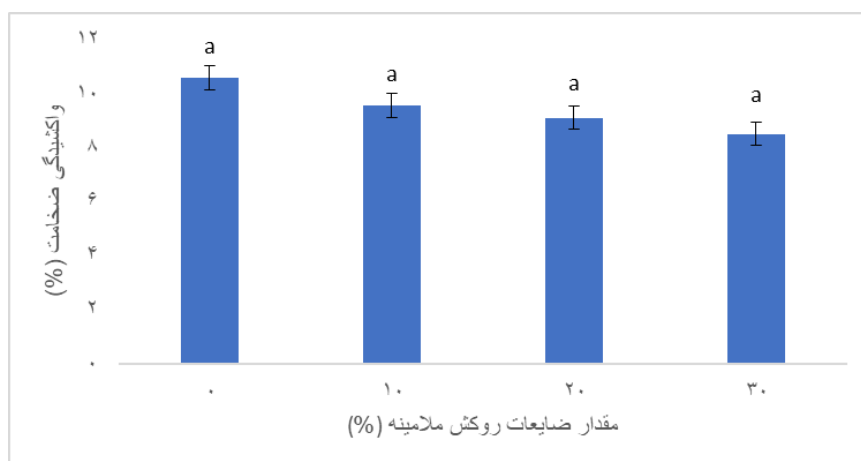
جدول ۳. اثر ضایعات روکش ملامینه بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها

مقاومت خمشی	مدول الاستیسیته	چسبندگی داخلی (مگاپاسگال)	واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت (درصد)	واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت (درصد)	ویژگی تیمارها (ضایعات روکش ملامینه)
۰/۸±۱۴/۵۰	۲۶/۴۵±۱۶۱۰	۰/۰۲۰±۰/۳۶	۰/۲±۱۳/۹۰	۰/۳۵±۱۰/۵۹	۰
۰/۴±۱۶/۷۰	۱۷/۳۴±۱۶۲۴	۰/۰۲۶±۰/۴۸	۰/۱±۱۳/۱۰	۰/۱۸±۹/۵۵	۱۰ درصد
۲/۲±۲۱	۲۹/۳۶±۱۷۰۰	۰/۰۱۷±۰/۴۸	۰/۴±۱۳/۰۰	۰/۲۸±۹/۱۰	۲۰ درصد
۰/۸±۱۵/۴۹	۲۹/۷۱±۱۶۱۳	۰/۰۱۷±۰/۴۶	۰/۳±۱۲/۷۰	۰/۳۰±۸/۵۰	۳۰ درصد

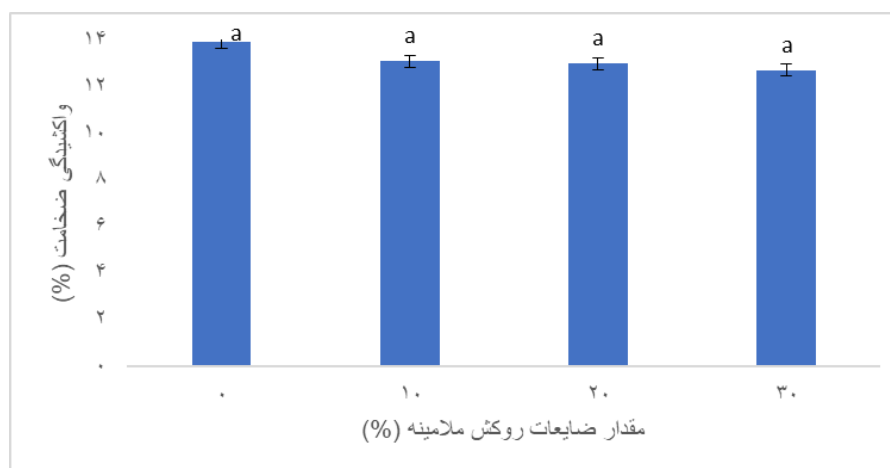
واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که افزایش میزان ضایعات روکش‌های ملامینه تأثیر معنی‌داری بر واکشیدگی ضخامت تخته‌ها نداشته است (شکل ۱ و ۲).

تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده نشان داد، جرم ویژه تخته‌های آزمون تیمارهای مختلف، دارای تفاوت معنی‌داری نیستند. این بدان معنی است که تفاوت‌های موجود بین نتایج مربوط به ویژگی‌های تخته‌ها ناشی از اثر عامل متغیر است.

واکشیدگی ضخامت: نتایج حاصل از اندازه‌گیری



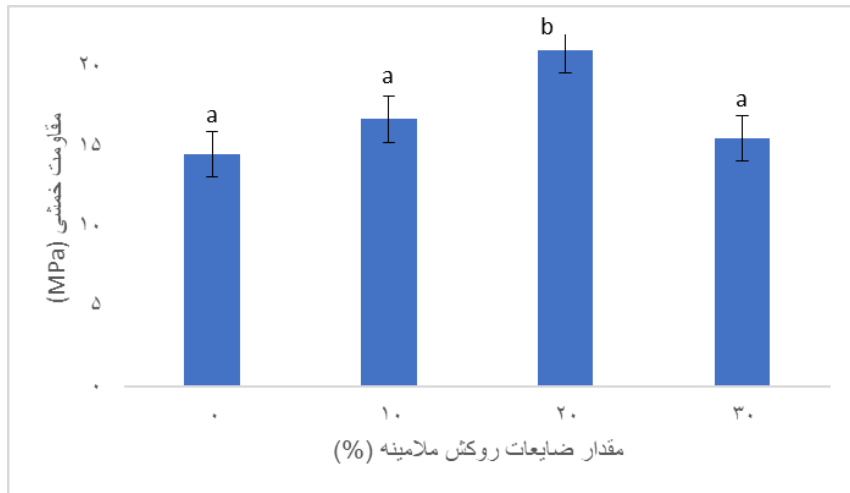
شکل ۱. اثر میزان ضایعات روکش ملامینه بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری



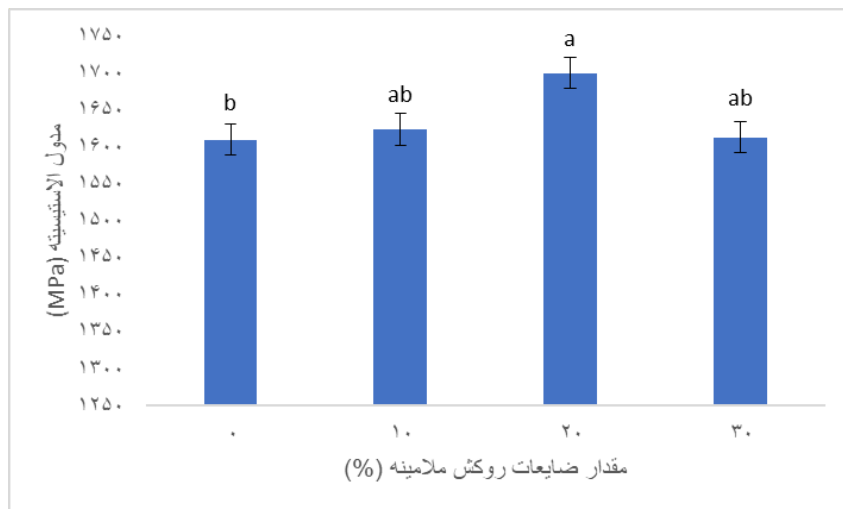
شکل ۲. اثر میزان ضایعات روکش ملامینه بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

میزان ضایعات روکش‌های ملامینه در ساختار تخته‌ها منجر به تقویت پیوند بین الیاف می‌گردد. اما به دلیل شکننده بودن رزین ملامین فرمالدهید، افزایش میزان ضایعات تا حد ۳۰ درصد، باعث کاهش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها شده است.

مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته: نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی نشان داد که میزان ضایعات روکش‌های ملامینه تأثیر معنی‌داری بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها داشته است، به‌طوری‌که با افزایش مقدار این ضایعات تا حد ۲۰ درصد، این ویژگی افزایش می‌یابد (شکل‌های ۳ و ۴). افزایش



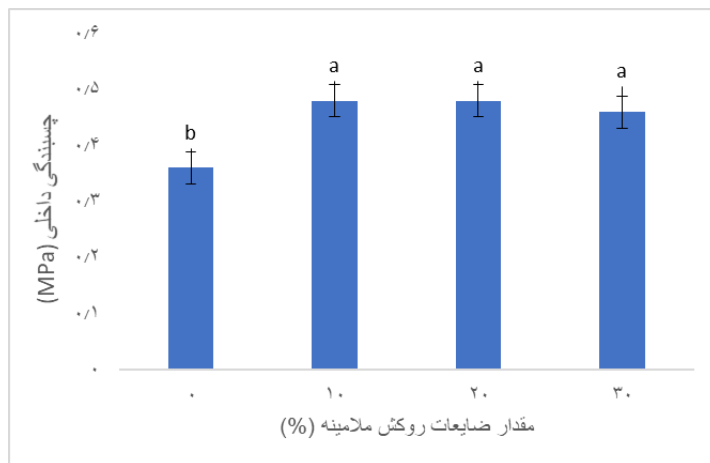
شکل ۳. اثر میزان ضایعات روکش ملامینه بر مقاومت خمشی



شکل ۴. اثر میزان ضایعات روکش ملامینه بر مدول الاستیسیته

باشد (شکل ۵). میانگین چسبندگی داخلی تخته‌ها نشان می‌دهد که کمترین مقدار این مقاومت مربوط به تخته‌های شاهد که فاقد ضایعات روکش‌های ملامینه هستند و بیشترین مقدار این مقاومت مربوط به تخته‌های حاوی ۳۰ درصد ضایعات روکش‌های ملامینه است.

مقاومت چسبندگی داخلی: نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میزان ضایعات روکش‌های ملامینه تأثیر معنی‌داری بر چسبندگی داخلی تخته‌ها داشته است. به‌طوری‌که با افزایش مقدار ضایعات روکش‌های ملامینه، میزان چسبندگی داخلی تخته‌ها بهبود پیدا کرده است که دلیل آن می‌تواند مربوط به پراکنش بیشتر و بهتر ضایعات روکش ملامینه در کیک الیاف



شکل ۵: اثر میزان ضایعات روکش ملامینه بر مقاومت چسبندگی داخلی

### بحث و نتیجه گیری

تخته‌ها نداشت و باعث کاهش نسبی این ویژگی در نمونه‌های آزمون شده است. Ayrimis و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند آب‌گریزی قوی کاغذ آغشته به رزین دارای اثر مثبت روی ثبات ابعادی تخته فیبر نیمه سنگین می‌باشد. میانگین واکشیدگی ضخامت تخته‌ها نشان می‌دهد که کمترین مقدار آن مربوط به تخته‌های حاوی ۳۰ درصد ضایعات روکش‌های ملامینه و بیشترین مقدار آن مربوط به تخته‌های فاقد ضایعات روکش‌های ملامینه است. در نهایت می‌توان بیان نمود که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های مختلف در این مطالعه بهترین مقدار استفاده از ۲۰ درصد ضایعات روکش‌های ملامینه می‌باشد، چرا که ضمن دستیابی به حد مطلوب ویژگی‌های تعیین‌شده در استاندارد مربوط به این‌گونه تخته‌ها، برای حفظ محیط‌زیست و استفاده بهینه از این ضایعات اهمیت به‌سزایی دارد. Ayrimis (۲۰۱۲) نیز در بررسی استفاده از ضایعات آغشته به رزین ملامین در تخته خرده چوب بیان کرد رزین ملامین فرمالدهید پیوندهای قوی‌تری نسبت به رزین اووره فرمالدهید بین خرده‌های چوب ایجاد می‌کند. نتایج مربوط به دو ویژگی مورد اشاره نشان داد که کمترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌های بدون ضایعات روکش‌های ملامینه و بیشترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌های حاوی ۲۰ درصد ضایعات روکش‌های ملامینه است.

این تحقیق با هدف امکان استفاده از ضایعات روکش ملامینه در صنایع تولید ام‌دی‌اف به‌عنوان راه‌حلی برای مصرف این ضایعات برای جایگزینی بخشی از مواد خام اولیه در این صنایع و همچنین کمک به حفظ محیط‌زیست انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی نشان داد که میزان ضایعات روکش‌های ملامینه تأثیر معنی‌داری بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها داشته است، به‌طوری‌که با افزایش میزان ضایعات روکش‌های ملامینه تا حد ۲۰ درصد به میزان خواص فوق‌افزوده شد. Varga و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی خود نیز به این نتیجه رسیدند که افزودن کاغذهای آغشته به رزین ملامین فرمالدهید به مخلوط کبک خرده چوب، خواص مکانیکی تخته خرده را افزایش می‌دهد. در آزمون چسبندگی داخلی اتصال بین الیاف چوب با افزایش مقدار کاغذ آغشته به رزین افزایش می‌یابد (Ayrimis, 2012). به‌علاوه خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ام‌دی‌اف تحت تأثیر خصوصیات الیاف چوبی، انتقال تنش از فیبر به فیبر و جهت‌گیری الیاف در ساختار تخته‌ها می‌باشد (Groom et al., 1999; Cogliano et al., 2005). افزایش میزان ضایعات روکش‌های ملامینه در ساختار تخته‌ها منجر به برقراری پیوندهای بیشتر بین الیاف و ضایعات شد و در نتیجه سطح تماس بین الیاف افزایش یافت، اما به دلیل شکننده بودن رزین ملامین فرمالدهید، افزایش میزان ضایعات تا حد ۳۰ درصد باعث کاهش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت چسبندگی در تخته‌ها شد. در حالی که افزایش مقدار ضایعات روکش‌های ملامینه تأثیر معنی‌داری بر واکشیدگی ضخامت

## منابع

- repart: Summary of IARC monographs on formaldehyde, 2-butoxyethanol, and 1-tert-butoxy-2-propanol. *Environmental Health Perspectives*, 113(9): 1205.
- Diogo, A., Luciano, D., Andre, Ch. and Francisco, A. (2012) Addition of impregnated paper residue to produce MDP wood panel: Example of solid waste recycling. *International Journal of Materials Engineering*, 2(6): 75-79.
- European Standard EN 322. (1993) Determination of moisture content, CEN European Committee for Standardization.
- European Standard EN 323. (1993) Determination of density, CEN European Committee for Standardization.
- European Standard EN 622-5. (1997) Fiberboard-Specifications. Requirements for dry process boards (MDF), CEN European Committee for Standardization.
- Groom, L., Mott, L. and Shaller, S. (1999) Relationship between fiber furnish properties and the structural performance of MDF. 33<sup>rd</sup> International Particleboard /Composite Materials Symposium Proceedings, 13-15 April, Pulman, A, USA, pp. 89-100.
- Lykidis, C. and Grigoriou, A. (2007) Hydrothermal recycling of waste and performance of the recycled wooden particleboards. *Waste Management*, 28(1): 57-63.
- Philip, Ye.X., Julson, J., Kuo, M., Womas, A. and Myers, D. (2007) Properties of medium density fiberboard made from renewable biomass. *Bioresource Technology*, 98(5): 1077-1084.
- Varga, M., Alpar, T. and Nemeth, G. (2004) General waste handling and recycling in particleboard production. *Management of Environmental Quality*, 15(5): 509-520.
- انجمن صنفی کارفرمایان صنایع چوب ایران. (۱۳۹۹) آمار واردات و صادرات انواع چوب آلات، اوراق فشرده چوبی، مبلمان، خمیر و کاغذ. قابل دسترس: [www.iranwoodind.com/](http://www.iranwoodind.com/) بابازاده لاهی، ع.، شمسیان، م.، فرخ پیام، س. و امینیان، ه. (۱۳۹۷) بررسی جایگزینی ضایعات روکش ملامینه با چسب اوره فرمالدهید در مغز تخته خرده چوب. نشریه پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۵(۳): ۱۰۳-۱۱۴.
- Alpar, T. and Winkler, A. (2006) Recycling of impregnated décor paper in particle board. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 2(2006): 113-116.
- Andrzej, M., Youngquist, J.A. and Bowers, H. (1997) Medium density fiberboard panel from waste wood and paper. Conference on Wood-An Ecological Material, November 18, pp. 541-547.
- Ayrimlis, N. (2012) Enhancement of dimensional stability and mechanical properties of light MDF by adding melamine resin impregnated paper waste. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 33(2012): 45-49.
- Basboga, I., Atar, I., Karakus, K., Yuce, O. and Mengeloglu, F. (2018). Effectiveness of melamine impregnated paper (MIP) waste as an adhesive in particleboard manufacturing. *Journal of Forestry Faculty*, 18(3): 292-303.
- Cavdar, D.A., Hüsnü, A.Y., Kalaycıoğlu, H. and Hiziroglu, S. (2013) Effect of waste melamine impregnated paper on properties of oriented strand board. *Materials and Design*, 51(October): 751-755.
- Cogliano, V.J., Grosse, Y., Baan, R.A., Straif, K., Secretan, M.B. and Ghissassi, F. (2005) Meeting



## Investigation of the effect of adding melamine resin impregnated paper waste on physical and mechanical properties of medium-density fiberboard (MDF)

Fatemeh Ramezani Sani<sup>1\*</sup> and Ali-Akbar Enayati<sup>2</sup>

- 1) MSc. Graduated, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. \*Corresponding author Email Address: f.sanifrs@gmail.com
- 2) Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Date of Submission: 2020/04/14

Date of Acceptance: 2020/06/18

### Abstract

To investigate the effect of melamine resin impregnated paper waste on physical and mechanical properties of medium-density fiberboard (MDF), a mixture of melamine resin impregnated paper waste and wood fibers in the ratio of 0.100, 10/90, 20/80, 70.30 was used. After gluing the fibers with urea-formaldehyde adhesive in 10% (relative to the dry weight of the fibers), the fiber cake in a laboratory press at a temperature of 170 °C, under the pressure of 35-40 bar and pressing time of 6 min to they were compressed to a thickness of 15 mm. The results obtained from measuring the physical and mechanical properties of the boards showed that increasing the amount of melamine resin impregnated paper waste in the boards led to increase the modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bonding, while the thickness swelling after 2 and 24 hours of immersion was decreased. Therefore, the findings of the present study statistical analysis showed that the best treatment in this study is the use of 20% melamine resin impregnated paper waste in the production of medium-density fiberboard, while achieving the desired levels of physical and mechanical properties specified in the standard range related to this type of board, can be prevent waste loss and environmental pollution.

**Keywords:** Fiber board, Melamine formaldehyde resin, Physical and mechanical properties, Waste.