تأثیر استفاده از ماده افزودنی CZ100 جهت کاهش میزان چوب مصرفی در ساخت تخته خرده چوب

محمدحسین عابد[۱]
سیما سپهوند[۲]
مهدی جنوبی[۳*]
پیام مرادپور[۴*]
بهزاد بلوری[۵]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

[۲] استادیار، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دانشکده فناوری‌های نوین و مهندسی هوافضا، پردیس زیراب، گروه سامانه‌های‌زیستی، زیراب، ایران

[۳] استاد، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

[۴] استادیار، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه علوم و مهندسی صنایع چوب و کاغذ، کرج، ایران

[۵] مدیر عامل شرکت پاک بلور نارین، تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
mehdi.jonoobi@ut.ac.ir
pmoradpour@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۴

چکیده

کمبود منابع چوبی از یکسو و افزایش تقاضای فراورده‌های چوبی از سوی دیگر موجب برداشت بی‌رویه چوب و کمبود مواد اولیه چوبی شده است؛ لذا، باید از مواد جایگزین برای حل این مشکل استفاده کرد. اما، مواد جایگزین علاوه بر تأمین مواد اولیه باید از نظر اقتصادی و خواص مکانیکی تخته‌ها نیز مورد تأیید باشد. ازآنجایی‌که CZ100 یک ماده معدنی بلوری و همگن، ارزان و در دسترس است. همچنین از استحکام، پایداری و مقاومت مکانیکی بالایی نیز برخوردار است؛ بنابراین، هدف از این پژوهش تأثیر ماده افزودنی CZ100 بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب می‌باشد. بدین منظور تخته‌هایی با ماده افزودنی CZ100 با نسبت‌های (۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد) ساخته شد. سپس، خواص مکانیکی و فیزیکی تخته خرده‌های ساخته شده با ماده افزودنی CZ100 اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد خواص مکانیکی تخته خرده‌ها با افزایش ماده افزودنی CZ100 تا مقدار۶ درصد افزایش یافت و با افزایش ماده افزودنی جذب آب و واکشیدگی ضخامت (۲ و ۲۴ ساعت) به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طور کلی، با توجه به نتایج حاصله ماده افزودنی CZ100پتانسیل بالایی در بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌ها دارد و همچنین به‌خاطر قیمت پایین آن نسبت به چوب استفاده از آن موجب کاهش هزینه-های ناشی از تهیه مواد اولیه می‌شود.

واژگان کلیدی: ماده افزودنی، تخته‌خرده‌چوب، مواد جایگزین، صرفه اقتصادی، خواص مکانیکی و فیزیکی.

مقدمه

امروزه با توجه به رشد جمعیت و متعاقباً افزایش تقاضا برای محصولات صنایع چوب و کاغذ در جهان و در کشور، این صنعت روزبه‌روز در حال گسترده شدن می‌باشد. در حقیقت، چوب ماده‌ای ارزشمند است که می‌تواند در کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد و برای اکثر کاربردها ترجیح داده می‌شود. با این حال بازسازی طبیعی درختان نمی‌تواند تقاضای فزاینده این ماده اولیه را در برخی از نقاط جهان برآورد کند؛ لذا، انواع مختلفی از پانل‌های کامپوزیت برای تولید مواد با ابعاد بزرگتر از انواع مواد لیگنوسلولزی ایجاد شده است [۱،۲]. به‌طورکلی، منابع تأمین ماده اولیه کارخانه‌های محصولات چوبی در کشور بیشتر از طریق جنگل‌ها و سرشاخه‌های جنگلی می‌باشد. اما، با توجه به عواملی نظیر افزایش رشد جمعیت و افزایش تقاضا، فقیر بودن پوشش جنگلی در ایران، ممنوعیت وارد کردن گرده‌بینه با پوست، لزوم توجه به

سایر منابع لیگنوسلولزی نظیر پسماندهای کشاورزی و جایگزینی گیاهان غیر چوبی مثل باگاس، کلزا، گندم و غیره امری اجتناب ناپذیر می‌باشد [۱]. از آنجائی که کمبود مواد اولیه در برخی مناطق وجود دارد؛ لذا، تهیه مواد اولیه دشوارتر شده و از نظر هزینه مشکل بزرگی را تحمیل می‌کند. علاوه بر این، با توجه به کمبود منابع سلولزی در کشورها، برای پاسخ به این تقاضای فزاینده، تولید فرآورده‌های چوبی متنوع و جدید با خصوصیات کاربردی و مکانیکی بهتر، عمر مصرف بیشتر و کاهش میزان مصرف چوب امری ضروری است [۲-۵]. به طور کلی، از یک طرف رشد سریع تقاضا برای محصولات چوبی و محدود بودن منابع چوبی، از طرف دیگر افزایش قیمت چوب، کاهش منابع و نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از برداشت بی‌رویه چوب و کمبود این مواد اولیه صنایع چوب و کاغذ، کشور را با بحران‌های عدیده‌ای روبه‌رو کرده و محققان را بر آن داشته تا به دنبال راه‌حل‌های اصولی و درازمدت برای تأمین مواد اولیه این صنعت باشند. در حقیقت، بررسی‌ها و تحقیقات گسترده‌ای بر روی منابع غیرچوبی به عنوان جایگزینی برای چوب در راستای تأمین مواد اولیه صنایع چوب و کاغذ کشور و تخته خرده چوب انجام شود. در واقع، استفاده از منابع در دسترس و ارزان‌قیمت اعم از منابع لیگنوسلولزی به‌دست‌آمده از پسماندهای کشاورزی (یکی از مواد جایگزین منابع چوبی جنگلی در ساخت فراورده‌های چوبی به ویژه تخته خرده چوب) و معدنی می‌تواند چاره ساز باشند [۶-۸]. مواد معدنی به دلیل ارزان بودن، در دسترس بودن و سازگاری بیشتر با فراورده‌های چوبی مورد توجه محققان قرار گرفته است. در واقع، مواد معدنی باعث پایداری و افزایش خواص مکانیکی فرآورده‌های چوبی می‌شوند. موجب حفظ و نگهداری جنگل‌ها می‌شوند. استفاده از مواد معدنی موجب کاهش مقدار مصرف مواد اولیه، کاهش هزینه‌های تولید محصولات چوبی، افزایش راندمان کار و بهبود خواص کیفی فرآورده‌های چوبی می‌شوند [۹،۱۰]. Lawinska و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی به بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های ساخته شده از پلیمر طبیعی (الیاف کلاژن خرد شده) و پرکننده‌های معدنی مانند دولومیت، بنتونیت و کائولن پرداختند. نتایج آنها نشان داد که کامپوزیت‌های ساخته شده دارای خصوصیات مکانیکی و فیزیکی مناسب بودند. همچنین نتایج نشان دهنده امکان کاربرد گسترده کامپوزیت‌های تولید شده است که یکی از آنها استفاده در کفی‌های کفش است. زیرا کیفیت آنها به دلیل تراکم زیاد غدد عرق در کف پا، عنصر مهمی در تعیین کیفیت بهداشتی کفش است [۱۱]. Sophia و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقاتشان برای ایجاد یک اتصال دهنده گچ کامپوزیت با مقاومت و پایداری بیشتر از مواد افزودنی معدنی (زئولیت طبیعی و کلسینه) و پرکننده‌های بی‌کربنات (پودرهای پوسته ضایعات) استفاده کردند و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های گچی ساخته شده را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقاومت مکانیکی به دلیل توانایی پر کردن و همچنین خاصیت تقویت پودرهای پوسته در هنگام استفاده در ترکیب با زئولیت افزایش یافت. علاوه بر این، زئولیت طبیعی به عنوان عامل پخت داخلی عمل کرده و باعث افزایش هیدراتاسیون گچ می‌شود. همچنین زئولیت کلسینه به عنوان عامل متراکم‌کننده عمل کرده و باعث بهبود پایداری آب و کاهش تخلخل کل ماتریس گچ می‌شود [۱۲]. CZ100 ترکیبی از چند نوع ماده معدنی همگن است که قیمتی بسیار ارزان‌تر از چوب را دارد و دارای استحکام، پایداری، چقرمگی شکست و خواص مکانیکی زیاد است. همچنین دارای خاصیت زیست‌سازگاری و واکنش‌پذیری خوب است [۱۳]؛ لذا، هدف از این تحقیق، کاهش میزان چوب مصرفی و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی با استفاده از ماده افزودنی CZ100 می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

ماده CZ100 به شکل پودر با دانسیته ۲۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مکعب از شرکت مرک (آلمان) تهیه شد. خرده‌چوب‌ها از کارخانه نئوپان سازی نشتارود تنکابن (مازندران) تهیه شدند. چسب مورد استفاده در این پژوهش اوره فرمالدهید می‌باشد که از کارخانه چسب البرز تهیه شد، مشخصات چسب مورد استفاده در جدول ۱ ذکر

[1] Ceria Zirconia

شده است. همچنین، از سخت‌کننده (هاردنر) کلرید آمونیوم که از کارخانه مرک آلمان تهیه شد استفاده شد.

جدول ۱. مشخصات چسب مصرفی (اوره فرمالدهید)

شکل ظاهری	مواد جامد (درصد)	ویسکوزیته (Cp)	دانسیته (g/cm^3)	فرمالدهید آزاد (درصد)	pH	ژل تایم (S)
مایع (سفید)	۰/۵۰	۷۷/۶	۱/۲	۲/۲	۷/۸	۸۵

ساخت تخته‌خرده‌چوب

ابتدا خرده‌چوب‌ها در آون با دمای ۱۰۰±۳ °C به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. سپس برای ساخت تخته‌ها ابتدا ماده افزودنی CZ100 و خرده چوب‌ها با درصد مشخص شده (جدول ۲) اختلاط و آماده چسب زنی‌شدند. بر اساس عوامل ثابت و متغیر (جدول ۲) از رزین اوره فرمالدهید به همراه ۱/۵ درصد ماده سخت‌کننده کلرید آمونیوم برای چسب زنی استفاده شد. با توجه به مشخصات رزین مورد نظر درصد جامدات چسب برای لایه میانی ۵۵ درصد و برای لایه‌های سطحی ۴۸ درصد تنظیم شد. مقدار مصرف چسب برای لایه میانی ۸ درصد وزن خشک خرده چوب و برای لایه‌های سطحی ۱۲ درصد وزن خشک خرده چوب بود. پس از آماده‌سازی و تنظیم مقدار چسب، سخت‌کننده کلرو آمونیوم به نسبت ۱/۵ درصد به آن اضافه شد. بعد از انجام این مراحل ابتدا خرده چوب‌های ریز که برای لایه‌های سطحی بود و مقدار ۳۰ درصد وزن تخته بود داخل مخلوط‌کن ریخته شد و چسب به‌وسیله پیستوله به آن اضافه شد. بعلاوه، برای خرده چوب‌های درشت که برای لایه میانی بودند و مقدار آن ۷۰ درصد وزن تخته بودند به همین شکل داخل مخلوط‌کن ریخته و عملیات چسب زنی انجام شد. پس از انجام مرحله چسب زنی خرده چوب‌ها، برای تشکیل کیک خرده چوب از قالب چوبی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر استفاده شد. ابتدا برای تشکیل یکنواخت لایه زیرین از نصف خرده چوب‌های لایه سطحی استفاده شد. سپس خرده چوب‌های لایه میانی به‌صورت یکنواخت روی آن پخش شد و بعد از آن نصف دیگر خرده چوب‌های سطحی روی آن قرار گرفت. کیک خرده چوب توسط پرس گرم هیدرولیکی از نوع Burkle–LA 160 با قطر پیستون ۲۵ سانتی‌متر و ابعاد مفید صفحات ۵۰×۵۰ سانتی‌متر پرس شد. جهت ساخت تخته‌ها از فشار ۲۰-۲۵ بار و دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. در نهایت، تخته‌هایی با ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر با ضخامت ۱۶ میلی‌متر و دانسیته هدف ۰/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب ساخته شد. در نهایت، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز به‌منظور مشروط‌سازی و یکنواخت‌سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند. سپس نمونه‌های نهایی برای آزمون خمش سه نقطه‌ای، مقاومت چسبندگی داخلی و خواص فیزیکی (جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت) تهیه شدند.

جدول ۲. عوامل ثابت و متغیر

عوامل ثابت		عوامل متغیر		
ضخامت کیک (میلی‌متر)	۱۶	CZ100 (٪)	خرده چوب (درصد)	کد تیمار
دانسیته (g/cm^3)	۰/۶۵	۰	۱۰۰	C
فشار پرس (بار)	۲۵-۲۰	۲	۹۸	$CZ_{2\%}$
دمای پرس (°C)	۱۷۰	۴	۹۶	$CZ_{4\%}$
زمان پرس (دقیقه)	۵	۶	۹۴	$CZ_{6\%}$
اوره فرمالدهید (درصد)	۱۰	۸	۹۲	$CZ_{8\%}$
کلرید آمونیوم (درصد)	۱/۵	۱۰	۹۰	$CZ_{10\%}$

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها

ویژگی‌های فیزیکی شامل جذب آب و واکشیدگی ضخامت طبق استاندارد EN 317 انجام شد و در نهایت جذب آب و واکشیدگی ضخامت به ترتیب به‌وسیله معادله ۱ و ۲ محاسبه شدند. مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته طبق استاندارد EN 310 توسط دستگاه آزمون مکانیکی Zwick/Roell مدل Z100 با طول دهانه ۲۸۰ میلی‌متر و سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه بر روی نمونه‌ها انجام شد. همچنین آزمون چسبندگی داخلی طبق استاندارد EN 319 و مقاومت به نگهداری پیچ تخته‌ها طبق استاندارد EN 317 انجام شد.

$$W_A = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \qquad (۱)$$

$$T_S = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \qquad (۲)$$

تجزیه‌وتحلیل آماری

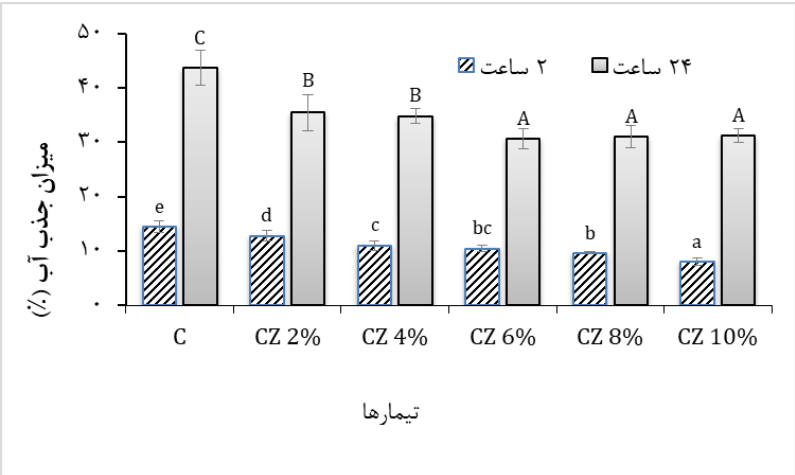
بعد از انجام آزمایش‌ها و تعیین ویژگی‌های فوق، برای تحلیل داده‌ها از برنامه آماری SPSS (ورژن ۲۰,۰) استفاده شد. نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی و آنالیز واریانس یکطرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن طبقه‌بندی (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) و اثر مستقل و متقابل هر یک از عوامل متغیر بر ویژگی‌های مذکور مورد بحث قرار گرفت.

نتایج و بحث

خواص فیزیکی تخته‌ها

جذب آب (۲ و ۲۴ساعت)

جذب آب در چندسازه‌های لیگنوسلولزی از ویژگی‌های مهمی است که مصارف نهایی این قبیل چندسازه‌ها را تعیین می‌کند. آزمون ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقدار جذب آب توسط چندسازه و تأثیر آن بر ابعاد فراورده را مشخص می‌کند. نتایج جذب آب در ۲ و ۲۴ ساعت در شکل ۱ نشان‌داده‌شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان غوطه‌وری درصد جذب آب افزایش پیدا کرده است، بیشترین میزان جذب آب در نمونه‌های شاهد مشاهده شد، کمترین میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری به ترتیب برابر ۸/۰۴ در تخته های ساخته شده با ۱۰ درصد افزودنی CZ100)تیمارهای CZ 10%) و ۳۰/۶۴ درصد در تخته-های ساخته شده با ۶ درصد افزودنی CZ100)تیمارهای CZ 6%) است.



شکل ۱- اثر افزودنی CZ100 بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت (*حروف لاتین نشان دهنده گروه‌بندی دانکن)

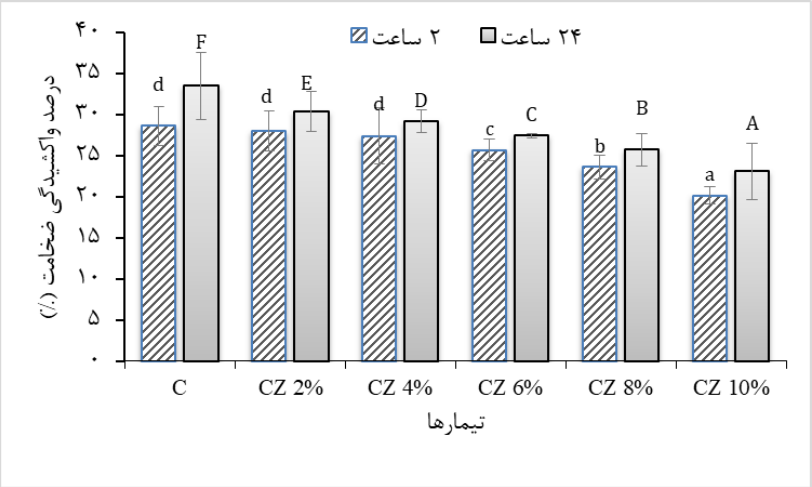
نتایج تجزیه واریانس نشـان داد که اثر مستقل مقدار افزودنی CZ100 بر میزان جذب آب تخته خرده چوب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۳). به‌طوری‌که با افزایش مقدار افزودنی درصد میزان جذب آب تخته‌خرده‌چوب نسبت به نمونه‌های شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. یکی از دلایل این امر بهبود عملکرد چسب در حضور ماده افزودنی و دلیل دیگر آن خاصیت آبگریزی ماده افزودنی می‌باشد [۱۴]. همچنین، ذرات CZ100 باعث کاهش تخلخل و درنتیجه افزایش تراکم تخته می‌شود؛ لذا، به خاطرکاهش تخلخل و افزایش تراکم تخته‌ها، نفوذ آب به داخل تخته در ساعات اولیه غوطه‌وری کاهش می‌یابد [۱۵]. همچنین قابل مشاهده است بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۶، ۸ و ۱۰ درصد وجود ندارد به گونه‌ای که گروه‌بندی دانکن آنها را در یک گروه دسته بندی کرده است. این امر می‌تواند به دلیل جذب آب در بافت خرده چوب در بلند مدت باشد، چون که بیشتر میزان جذب آب در ساعت‌های اولیه در حفرات و فضاهای خالی تخته صورت می‌گیرد و در کوتاه مدت به اشباع می‌رسند، و در بلند مدت بیشتر جذب در بافت خرده چوب اتفاق خواهد افتاد. گروه‌بندی دانکن میانگین داده‌ها را بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در ۵ و۳ گروه دسته‌بندی کرده است. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات Sepahvand و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت داشت [۱۵].

جدول۳. تجزیه واریانس اثر افزودنی CZ100 بر میزان جذب آب

فاکتور اندازه‌گیری		میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین	F	Sig.
جذب آب ۲ ساعت	بین گروه‌ها	۱۵۶/۱۳۵	۵	۳۱/۲۲۷	۳۱/۵۹۴	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۲۹/۶۵۲	۳۰	۰/۹۸۸		
	مجموع	۱۸۵/۷۸۷	۳۵			
جذب آب ۲۴ ساعت	بین گروه‌ها	۷۵۲/۸۶۱	۵	۱۵۰/۵۷۲	۶۷/۳۹۱	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۶۷/۰۲۹	۳۰	۲/۲۳۴		
	مجموع	۸۱۹/۸۹۰	۳۵			

واکشیدگی ضخامت (۲ و ۲۴ ساعت)

واکشیدگی ضخامت یکی از خصوصیات فیزیکی حـائز اهمیت چندسازه‌های چوبی می‌باشد کـه میـزان پایـداری ابعاد چندسازه‌ها را در برابر آب مشخص می‌کنـد و در تعیین کاربرد آن بسیار مؤثر است [۳]. نتایج درصد واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در شکل ۲ نشان‌داده‌شده است. نتایج نشان داد که با افزایش زمان غوطه‌وری میزان درصد واکشیدگی ضخامت افزایش پیدا کرده است. همچنین بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامت در نمونه‌های شاهد بعد از غوطه‌وری ۲ و ۲۴ ساعته به ترتیب برابر ۲۸/۶۲ و ۳۳/۴۸ درصد است و کمترین میزان واکشیدگی ضخامت بعد از غوطه‌وری در آب در تخته‌های ساخته شده با ۱۰ درصد افزودنی تیمارهای CZ 10% مشاهده شد.



شکل۲- اثر افزودنی CZ100 بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر افزودن CZ100 بر واکشیدگی ضخامت تخته‌خرده‌چوب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در درصدهای پایین دارای اختلاف معنی‌دار نیست به صورتی که گروه‌بندی دانکن تیمارهای ۲ و ۴ درصد را همراه شاهد در یک گروه‌بندی قرار داده است، اما با افزایش ماده افزودنی CZ100 میزان مقاومت به برگشت ضخامت در سطح اطمینان ۹۵ درصد به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴) که می‌تواند به دلیل بهبود چسبندگی داخلی باشد. زیرا CZ100 ماده‌ای بلوری واکنش‌پذیر است که می‌تواند با چسب موجود اتصالات عرضی و شبکه سه بعدی ایجاد کند [۱۶]. شایان ذکر است که افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت می‌تواند به گسستگی بین چسب و ذرات چوبی در نتیجه ترک‌های ریز مربوط باشد که امکان نفوذ آب را فراهم می‌کند. بعلاوه ممکن است به دلیل آبشویی ماده افزودنی CZ100 باشد [۳،۱۷].

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر افزودنی CZ100 بر میزان واکشیدگی ضخامت

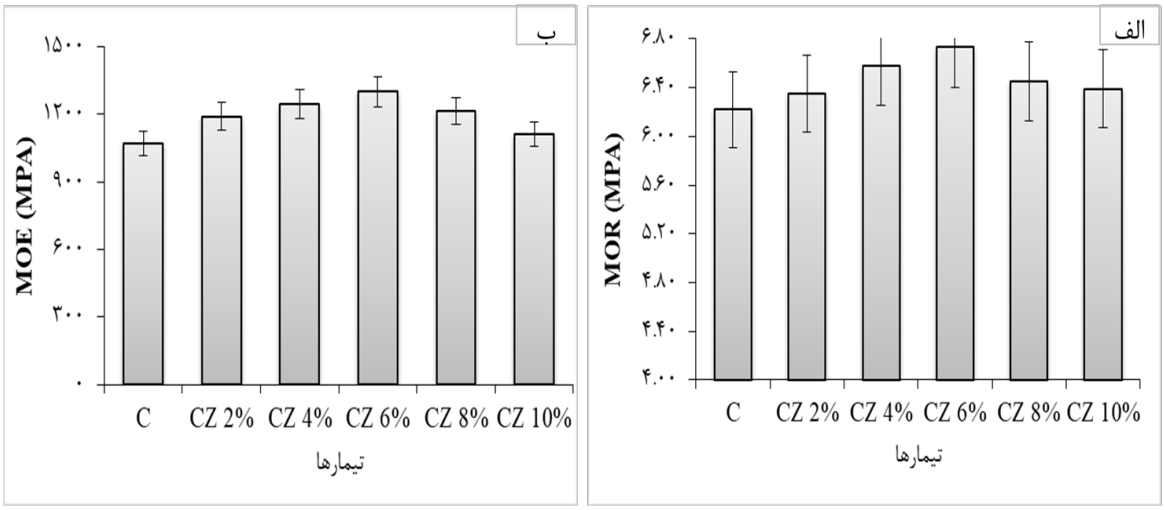
فاکتور اندازه‌گیری		میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین	F	Sig.
واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت	بین گروه‌ها	۳۱۸/۲۷۰	۵	۶۳/۶۵۴	۴۹/۵۳۸	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۳۸/۵۴۹	۳۰	۱/۲۸۵		
	مجموع	۳۵۶/۸۱۹	۳۵			
واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت	بین گروه‌ها	۴۰۷/۸۲۸	۵	۵۶۶/۵۶۶	۵۵/۱۰۳	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۴۴/۴۰۸	۳۰	۱/۴۸۰		
	مجموع	۴۵۲/۲۳۶	۳۵			

خواص مکانیکی تخته‌ها

مدول گسیختگی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE)

یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی خواص مکانیکی مواد مرکب چوبی مقاومت خمشی است که نشان‌دهنده تحمل ماده مرکب به نیروی خمشی است و ارتباط زیادی به فشردگی و کیفیت اتصال لایه سطحی دارد [۳]. همچنین، از خواص مهم مواد مرکب قابلیت خم پذیری و ارتجاعی بودن و از طرفی سفتی آن‌ها است. ازآنجایی‌که مدول‌الاستیسیته خمشی رابطه تنش به کرنش در محدوده الاستیک می‌باشد، هر چه مدول‌الاستیسیته خمشی بیشتر باشد سفتی نمونه بیشتر خواهد بود [۳،۱۴]. نتایج حاصل از مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در شکل ۳ (الف و ب) نشان‌داده‌شده

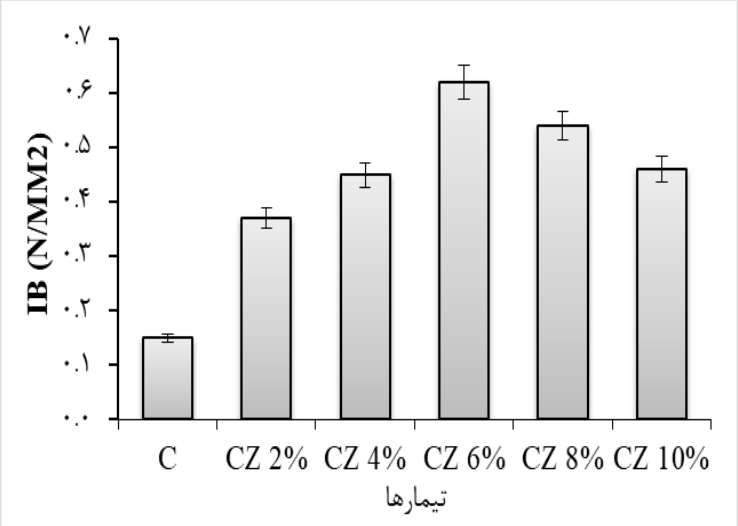
است. نتایج نشان داد تا مقدار ۶ درصد CZ100 مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته افزایش پیدا می‌کند، که بیشتر به دلیل آن خاصیت پرکنندگی ماده افزودنی است که فضای خالی میان خرده‌چوب‌ها را پر می‌کند. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش ماده افزودنی CZ100 ۸ و ۱۰ درصد مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته کاهش پیدا می‌کند. این کاهش می‌تواند به این دلیل باشد که ۸ و ۱۰ درصد ماده افزودنی تا حدودی مانع اتصال فیزیکی خرده چوب‌ها با یکدیگر می‌شود [۱۴،۱۸].



شکل ۳- اثر افزودنی CZ100 برالف). مقاومت خمشی و ب). مدول الاستیسیته

چسبندگی داخلی (IB)

در ارزیابی خواص مکانیکی فراورده مرکب، بررسی چسبندگی داخلی مربوط به قدرت اتصال ذرات چوب و چسب در لایه میانی تخته است. نتایج چسبندگی داخلی در شکل ۴ نشان‌داده‌شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار چسبندگی داخلی تخته‌های شاهد ۰/۱۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع بود. اما، با افزایش میزان ماده افزودنی CZ100 در تخته‌ها چسبندگی داخلی در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. دلیل این افزایش بخاطر نوع چسب و خاصیت اسیدی ماده افزودنی CZ100 می‌باشد [۳]. اما با افزایش ماده افزودنی CZ100 از ۶ تا ۱۰ درصد چسبندگی داخلی به مراتب کاهش پیدا کرده است. این کاهش می‌تواند به دلیل ایجاد اختلال در چسبندگی چسب در درصدهای بالای ماده افزودنیCZ100 باشد. زیرا حضور CZ100 در تخته‌خرده‌ها به خصوص در لایه سطحی موجب می‌شود تا در هنگام پرس میزان تخلخل موجود در تخته‌خرده کاهش یابد. در نتیجه بافت متراکم در سطوح تخته مانع انتقال حرارت مناسب برای منعقد شدن چسب در لایه میانی تخته شود؛ لذا، چسبندگی داخلی که وابسته به منعقد شدن مناسب چسب در لایه میانی می‌باشد کاهش می‌یابد [۱۵،۱۹].

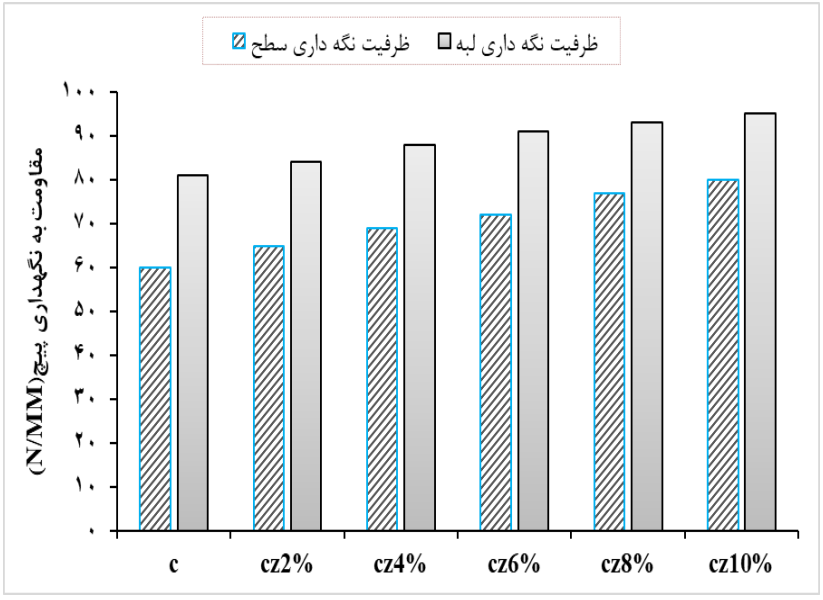


شکل ۴- اثر افزودنی CZ100 بر چسبندگی داخلی

مقاومت به نگهداری پیچ

نتایج حاصل از مقاومت به نگهداری پیچ در شکل ۵ نشان‌داده‌شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، با افزایش میزان درصد افزودنی CZ100 به خرده چوب مقاومت به نگهداری پیچ به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته است همچنین ازآنجایی‌که پیچ در سه لایه سطح بالا و پایین و مغز تخته خرده چوب نفوذ می‌کند، مقاومت بیشتری نسبت به نگهداری پیچ در جهت جانبی (لبه) دارد. این وضعیت مربوط به دانسیته کلی موادی است که در آن دانسیته سطح صفحات بیشتر از دانسیته مرکز باشد [۲۰،۲۱].

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مقایسه با نمونه شاهد افزودن CZ100 تأثیر معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد در مقاومت به نگهداری پیچ داشت (جدول ۵). بعلاوه، گروه‌بندی دانکن آن‌ها را در سه گروه دسته‌بندی کرد.



شکل ۵- اثر افزودنی CZ100 بر مقاومت به نگهداری پیچ

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر افزودنی CZ100 بر مقاومت به نگهداری پیچ

فاکتور اندازه‌گیری		میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین	F	Sig.
ظرفیت نگه‌داری سطح	بین گروه‌ها	۱۳۶۸/۵۳۴	۵	۲۷۳/۷۰۷	۱۳۸/۰۵۲	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۵۹/۴۷۹	۳۰	۱/۹۸۳		
	مجموع	۱۴۲۸/۰۱۳	۳۵			
ظرفیت نگه‌داری لبه	بین گروه‌ها	۳۶۳/۱۷۷	۵	۷۲/۶۳۵	۱۸/۰۸۸	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۱۲۰/۴۷۲	۳۰	۴/۰۱۶		
	مجموع	۴۸۳/۶۴۹	۳۵			

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به‌منظور بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها و همچنین کاهش میزان چوب مصرفی از ماده افزودنیCZ100 استفاده شد. در این تحقیق ملاحظه گردید که با افزایش ماده افزودنی CZ100 از صفر تا ۱۰ درصد، میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته خرده‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. به طور کلی افزودن ماده افزودنی CZ100 موجب بهبود خواص فیزیکی تخته خرده چوب می‌شود. نتایج ویژگی‌های مکانیکی تخته ها نشان داد که افزودن CZ100 به طور معنی‌داری موجب افزایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌خرده‌ها می‌شود، البته لازم به ذکر است که در درصدهای ۸ و ۱۰ ماده افزودنی CZ100 تأثیر منفی بر روی خواص تخته‌ها داشت. به طوری که مقاومت خمشی نمونه‌ها در تیمارهای انجام شده کمتر از نمونه‌های شاهد بود. درنهایت، با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از ماده افزودنی CZ100 در درصدهای پایین (۶ درصد) باعث بهبود عملکرد، افزایش خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب و همچنین کاهش هزینه‌های ناشی از تهیه مواد اولیه می‌شود.

سپاسگزاری

در پایان نویسندگان این مقاله از دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی برای انجام هرچه بهتر این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

[1] Avarand, M., Jamali rad, L., Aminian, H., and Vaziri, V., 2019. Physical and mechanical properties of particleboard made from mixing corn stalk, wheat straw and industrial wood particles. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 25(4), 103-116. (In Persian)

[2] Atchison, K. A., and Dolan, T. A., 1990. Development of the geriatric oral health assessment index. Journal of dental education, 54(11), 680-687.

[3] Tsuji, M., Tabarsa, T., and Mohammadi, A., 2010. Making straw chipboard using a mixture of urea and melamine formaldehyde resins. Iran Wood and Paper Science Research, 25(2 (33 series)), 291-301. (In Persian)

[4] Beg, M. D. H., and Pickering, K. L., 2008. Reprocessing of wood fibre reinforced polypropylene composites. Part I: Effects on physical and mechanical properties. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 39(7), 1091-1100.

[5] Hamid, M. R. Y., Ab Ghani, M. H., and Ahmad, S., 2012. Effect of antioxidants and fire retardants as mineral fillers on the physical and mechanical properties of high loading hybrid biocomposites reinforced with rice husks and sawdust. Industrial Crops and Products, 40, 96-102.

[6] Plekhanova, T. A., Keriene, J., Gailius, A., and Yakovlev, G. I., 2007. Structural, physical and mechanical properties of modified wood–magnesia composite. Construction and Building Materials, 21(9), 1833-1838.

[7] Lois, J., 1982. El almacenamiento de bagazo-para su utilizacidn industrial en Cuba. Thesis to CSc. Higher School VsLD. Zvolen, Czecho-Slovakia.

[8] Nasir, K. M., Sulong, N. H. R., Johan, M. R., and Afifi, A. M., 2020. Synergistic effect of industrial-and bio-fillers waterborne intumescent hybrid coatings on flame retardancy, physical and mechanical properties. Progress in Organic Coatings, 149, 105905.

[9] Shalbafan, A., Nadali, A., and Thoemen, H., 2020. A multifunctional mineral binder for plywood production: The effect of manufacturing parameters on bonding quality. Materials, 13(10), 2360.

[10] Sahin, H. T., and Simsek, Y., 2021. Mineral-bonded wood composites: An alternative building materials. Engineered Wood Products for Construction, 317-334.

[11] Ławińska, K., Serweta, W., and Modrzewski, R., 2018. Qualitative evaluation of the possible application of collagen fibres: composite materials with mineral fillers as insoles for healthy footwear. Fibres and Textiles in Eastern Europe. 5(131), 81-85.

[12] Sophia, M., and Sakthieswaran, N., 2019. Synergistic effect of mineral admixture and bio-carbonate fillers on the physico-mechanical properties of gypsum plaster. Construction and Building Materials, 204, 419-439.

[13] Aribi, K., Soltani, Z., Ghelamallah, M., and Granger, P., 2018. Structure, morphology and reducibility of ceria-doped zirconia. Journal of Molecular Structure, 1156, 369-376.

[14] Amintowlieh, Y., Sardashti, A., and Simon, L. C., 2012. Polyamide 6–wheat straw composites: Effects of additives on physical and mechanical properties of the composite. Polymer Composites, 33(6), 976-984.

[15] sepahvand, S., Ramezani, S., jonoobi, M., and Efhamisisi, D., 2021. The possibility of using zeolite as a retarder of particleboard obtained from sugarcane pulp. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 12(3), 309-321. (In Persian)

[16] Çavdar, A. D., 2020. Effect of zeolite as filler in medium density fiberboards bonded with urea formaldehyde and melamine formaldehyde resins. Journal of Building Engineering, 27, 101000.

[17] Parghi, A., and Alam, M. S., 2016. Physical and mechanical properties of cementitious composites containing recycled glass powder (RGP) and styrene butadiene rubber (SBR). Construction and Building Materials, 104, 34-43.

[18] Essabir, H., Bensalah, M. O., Rodrigue, D., and Bouhfid, R., 2017. A comparison between bio-and mineral calcium carbonate on the properties of polypropylene composites. Construction and Building Materials, 134, 549-555.

[19] Nazeriyan, M., Akbari, S., Farrokhpayam, S. and Nosrati Sheshkal, B., 2016. The influence of treatment and shelling ratio on the mechanical properties of particleboard manufactured from Canola (Brassica napus) stalk particles. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(2): 255-270. (In Persian)

[20] Mcnatt, J.D., 1986. Screw-holding, internal bond, and related properties of composite board products for furniture and cabinet manufacture: A survey of literature. In FPS proceedings 47357. Greensboro, North Carolina, USA. 47357: 30-35.

[21] Talaei, A., Zare, M. S., and Abdolzadeh, H., 2016. Effect of furfurylation on shear strength of bond line and screw withdrawal resistance of beech and fir. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 31(Fall 3), 435-445. (In Persian)

The effect of using the additive CZ100 to reduce the amount of consumable wood in manufacturing particleboard

Abstract

The diminishing availability of wood resources, coupled with an increasing demand for wood products, has led to excessive wood harvesting and a shortage of raw materials. To address this issue, it is crucial to explore alternative materials that not only substitute for wood but also meet economic and mechanical standards. CZ100, a crystalline and homogeneous mineral, emerges as a promising candidate due to its affordability, availability, high strength, stability, and mechanical resistance. This research investigates the impact of the CZ100 additive on the physical and mechanical properties of particleboard. Particleboards were manufactured with varying proportions of CZ100 (0, 2, 4, 6, 8, and 10%). Subsequently, their mechanical and physical properties were evaluated. The findings indicate that the addition of up to 6 wt% CZ100 enhances the mechanical properties of particleboards. Additionally, the inclusion of this additive significantly reduces water absorption and thickness shrinkage after 2 and 24 hours. Overall, the results suggest that CZ100 has significant potential to improve the physical and mechanical properties of particleboard. Moreover, due to its lower cost compared to wood, CZ100 also has the potential to reduce the costs associated with raw material procurement.

Keywords: Additive, Particleboard, Wood consumption reduction, Alternative materials, Economical.

M. Abed[1]
S. Sepahvand[2]
M. Jonoobi[3*]
P. Moradpour[4*]
B. Blouri[5]

[1] M. Sc, graduate, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Biosystems, Faculty of New Technologies and Aerospace Engineering, Zirab campus, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[3] Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[4] Assistant Professor, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[5] CEO of Pak Bolour Narin, Tehran, Iran

Corresponding author:
mehdi.jonoobi@ut.ac.ir
pmoradpour@ut.ac.ir

Received: 2023/10/29
Accepted: 2024/05/03