The University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Evaluation of formaldehyde emission of medium density fiberboard made from with eco-friendly stabilizers and residue fibers of licorice root

Batoul Kameshki[1*] | Ali Bayatkashkoli[2] | Mohammad Dahmardeh Ghaleno[3] | Reza Dahmardeh Behroz[4] | Mohsen Shahreyare Moghddam[5]

1. Corresponding author, Department of Wood and Paper Industries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol Iran. Email: batoulkameshki@pgs.uoz.ac.ir
2. Department of Wood and Paper Industries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. Email: ali.bayatkashkoli@uoz.ac.ir
3. Department of Wood and Paper Industries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. Email: mmdahmardeh@uoz.ac.ir
4. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. Email: dahmardehbehrooz@uoz.ac.ir
5. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. Email: Mohsen.shahriari@uoz.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 20 June 2023
Revised: 07 September 2023
Accepted: 05 October 2023
Published online: 20 December 2023

Keywords:
Formaldehyde emission,
Licorice root residue,
Medium density fiberboard,
Stabilizer.

ABSTRACT

The emission of volatile organic compounds, including formaldehyde, is one of the important and well-known disadvantages of wooden products. The aim of this study is to measure the amount of formaldehyde gas released from medium density fiber board and reduce its emission by adding a mixture of fibers and stabilizers. For this purpose, medium density fiber boards were made from the extracted residue of licorice root and two types of stabilizers. Then, using the desiccator method, the amount of formaldehyde gas released from each sample was calculated in micrograms of formaldehyde per milliliter of solution. The obtained results show that in the treatment where the mixing ratio of industrial fibers to licorice root residue fibers is 70 to 30 and urea formaldehyde glue is modified with traditional stabilizers (alum, tragacanth gum and walnut leaf extract), the lowest formaldehyde emission is measured. Also, the control treatment (100% industrial fibers and pure urea-formaldehyde glue) has the highest formaldehyde emissions. Therefore, if the waste fibers of the licorice root are combined with factory fibers and the urea formaldehyde glue is modified with traditional stabilizers of the first type (oak fruit extract, Copper sulfate, zedo gum) and the second type (walnut leaf extract, alum, tragacanth gum), the amount Formaldehyde gas emissions are reduced by more than 50%. As a result, modified treatment with traditional stabilizers is considered the most optimal type of treatment to reduce formaldehyde emission.

Cite this article: Kameshki, B., Bayatkashkoli, A., Dahmardeh Ghaleno, M., Dahmardeh Behroz, R., Shahreyare Moghddam, M. (2023). Evaluation of formaldehyde emission of medium density fiberboard made from with eco-friendly stabilizers and residue fibers of licorice root. *Journal of Forest and Wood Products*, 76 (3), 269-282. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.361128.1256

© The Author(s) **Publisher:** The University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.361128.1256

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب
سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳
دانشگاه تهران

ارزیابی انتشار فرمالدهید تخته‌فیبرهای دانسیته متوسط ساخته شده با مواد تثبیت‌کنندهٔ دوست‌دار محیط‌زیست و الیاف پسماندهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان

بتول کمشکی[1*] | علی بیات کشکولی[2] | محمد دهمرده قلعه‌نو[3] | رضا دهمرده بهروز[4] | محسن شهریاری مقدم[5]

۱. نویسندهٔ مسئول، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: batoulkameshki@pgs.uoz.ac.ir
۲. گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: ali.bayatkashkoli@uoz.ac.ir
۳. گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: mmdahmardeh@uoz.ac.ir
۴. گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: dahmardehbehrooz@uoz.ac.ir
۵. گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران. رایانامه: mohsen.shahriari@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹

کلیدواژه:
انتشار فرمالدهید،
پسماند ریشه شیرین‌بیان،
تثبیت کننده،
تخته فیبر دانسیته متوسط.

چکیده

انتشار ترکیبات آلی فرّار از جمله فرمالدهید از معایب مهم و شناخته شده فرآورده‌های چوبی است. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری مقدار گاز فرمالدهید آزاد شده از تخته فیبرهای دانسیته متوسط ساخته شده و کاهش انتشار آن با افزودن مخلوطی از الیاف و مواد تثبیت کننده می‌باشد. بدین‌منظور با اختلاط پسماند عصاره‌گیری شدهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان و دو نوع مواد تثبیت کننده تیمارهای تخته فیبر دانسیته متوسط ساخته شدند. سپس با استفاده از روش دسیکاتور، میزان انتشار گاز فرمالدهید از هر نمونه برحسب میکروگرم فرمالدهید بر میلی‌لیتر محلول محاسبه گردید. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند در تیماری که نسبت اختلاط الیاف صنعتی به الیاف پسمانده ریشهٔ شیرین‌بیان ۷۰ به ۳۰ می‌باشد و چسب اوره فرمالدهید با مواد تثبیت کننده‌های سنتی (آلوم، صمغ کتیرا و عصاره برگ گردو) اصلاح شده است، کمترین انتشار فرمالدهید اندازه‌گیری شده است. همچنین تیمار شاهد (۱۰۰ درصد الیاف صنعتی و چسب خالص اوره فرمالدهید) بیشترین انتشار فرمالدهید را دارد. بنابراین اگر الیاف پسماندهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان با الیاف کارخانه ترکیب شود و چسب اوره فرمالدهید با تثبیت کننده‌های سنتی نوع اول (عصارهٔ میوه بلوط، کات کبود، صمغ بادام کوهی) و نوع دوم (عصارهٔ برگ گردو، آلوم، صمغ کتیرا) اصلاح شود، مقدار انتشار گاز فرمالدهید به‌میزان بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. در نتیجه، تیمار اصلاح شده با تثبیت کننده‌های سنتی، بهینه‌ترین نوع تیمار در برابر کاهش انتشار فرمالدهید محسوب می‌شود.

استناد: کمشکی، بتول؛ بیات کشکولی، علی؛ دهمرده قلعه‌نو، محمد؛ دهمرده بهروز، رضا؛ شهریاری مقدم، محسن (۱۴۰۲). ارزیابی انتشار فرمالدهید تخته‌فیبرهای دانسیته متوسط ساخته شده با مواد تثبیت‌کنندهٔ دوست‌دار محیط‌زیست و الیاف پسماندهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان. *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۶ (۳)، ۲۸۲-۲۶۹.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.361128.1256

© نویسندگان.
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2023.361128.1256

۱. مقدمه

متداول‌ترین آلایندهٔ هوای داخل ساختمان، فرمالدهید است. فرمالدهید یک مادهٔ شیمیایی بسیار مهم است که به‌طور گسترده به‌عنوان یک اتصال‌دهندهٔ عرضی توسط صنایع مختلف از جمله مصالح ساختمانی و صنایع چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. قرار گرفتن در معرض فرمالدهید در غلظت‌های بیشتر از ۰/۱ قسمت در میلیون باعث احتقان بینی و گلو، سوزش چشم‌ها و افزایش خطر ابتلا به سرطان می‌شود [۱]. آلاینده‌های هوای داخلی باعث تهدید سلامتی انسان‌ها شده است [۲]. کیفیت پایین هوای داخلی را می‌توان تا حدی به انتشار آلاینده‌های شیمیایی از پانل‌های چوبی مانند تخته‌فیبر دانسیته متوسط، تختهٔ خرده چوب و تختهٔ سه لایهٔ پهن‌برگان که به‌طور گسترده در مبلمان داخلی، کابینت و محصولات کف استفاده می‌شود و زمان استفاده طولانی دارد، نسبت داد [۳، ۴]. استفاده از رزین اوره فرمالدهید به‌عنوان چسب اصلی مورد استفاده در صنایع جنگلی، به‌دلیل چسبندگی عالی به مواد لیگنوسلولزی، چسبندگی ذاتی عالی، سهولت در جابجایی و کاربرد، عدم وجود رنگ در محصول نهایی و قیمت پایین می‌باشد. اما عدم مقاومت در برابر آب و هوا و حساس بودن آن به انتشار بخارهای فرمالدهید، از معایب اصلی این چسب است [۵]. انتشار فرمالدهید از صفحات فرآوردهٔ چوبی (مثل تخته خرده چوب و تخته‌فیبر) در طی فرآیند و بعد از ساخت اوراق فشردهٔ چوبی افزایش می‌یابد. این افزایش انتشار را می‌توان به فرآیند پردازش محصولات چوبی، که شامل خشک کردن، پرس و هیدرولیز حرارتی است و همچنین نسبت بالای فرمالدهید آزاد در رزین، نسبت داد. رزین‌های اوره فرمالدهید، شناخته‌شده‌ترین رزین‌های آمینه، دارای مزایای زیادی از جمله هزینهٔ کم، سهولت استفاده در شرایط مختلف پخت، سریع‌ترین زمان واکنش در پرس داغ، حلالیت در آب، دمای پخت کم و مقاومت در برابر میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. با این حال، رزین‌های اورهٔ فرمالدهید برای تولید تخته‌هایی با دوام در برابر قرار گرفتن در معرض شرایط بیرونی مناسب نیستند. بزرگ‌ترین اشکال رزین‌های اوره فرمالدهید این است که فرمالدهید را در طول پخت در محیط آزاد می‌کنند [۶]. مصالح ساختمانی و تزئینی داخلی مانند کابینت، مبلمان، کف‌پوش، و محصولات کامپوزیتی بر پایهٔ چوب، به‌ویژه تخته‌فیبر با دانسیتهٔ متوسط، غالب‌ترین منابع انتشار فرمالدهید آزاد در داخل خانه هستند. امروزه، تخته‌فیبر دانسیته متوسط محصولات کامپوزیتی تجاری بسیار رایج بر پایهٔ چوب هستند که به‌عنوان جایگزینی برای چوب در ساخت منازل، ساختمان‌ها و تقریباً تمام پروژه‌های نجاری مانند مبلمان، کابینت، قفسه، کمد، کف‌پوش و دیوارپوش استفاده می‌شوند. با این حال، این کامپوزیت‌های مبتنی بر چوب می‌توانند ویژگی‌های نامطلوبی را در حین استفاده از خود نشان دهند که مهم‌ترین آن مربوط به انتشار فرمالدهید و مقاومت کم در برابر آب است [۷]. برنامهٔ سم‌شناسی مؤسسهٔ ملی بهداشت ایالات متحده بیان می‌کند که فرمالدهید به‌طور منطقی به‌عنوان یک مادهٔ سرطان‌زا برای انسان شناخته شده است. امروزه آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده در جهت کاهش میزان مواجهه با بخارهای فرمالدهید، سفارش به استفاده از محصولات چوبی خاص تولید شده در داخل کشور یا واردات آن‌ها به ایالت متحده می‌کند. این موضوع در این آژانس به‌منظور اطمینان از مطابقت قانون ملی با الزامات محصولات چوبی کامپوزیت ایالت کالیفرنیا انجام شده است. قانون جدید شامل معافیت‌های خاصی برای محصولات ساخته شده با مقدار بسیار کم فرمالدهید یا رزین‌های بدون افزودن فرمالدهید و الزامات جدید برای برچسب‌گذاری محصولات، ضمانت‌نامه و مقررات اجرایی است [۸]. کاهش یا از بین بردن انتشار فرمالدهید در پانل‌های تولید شده با چسب‌های مصنوعی یک مشکل مهم است. انتشار فرمالدهید را می‌توان به روش‌های مختلفی، مانند کاهش نسبت فرمالدهید به هنگام سنتز و افزودن پرکننده‌ها (لیگنین، تانن، و غیره) کاهش داد [۹]. مواد پسماندهٔ کشاورزی و گیاهان یکساله، به مواد خام جایگزین برای تولید تختهٔ فیبر دانسیتهٔ متوسط یا سایر فرآورده‌های چوبی تبدیل شده‌اند. در حالی‌که بسیاری از صنایع از محصولات جنگلی به‌عنوان مادهٔ خام استفاده می‌کنند و استفادهٔ غیر اقتصادی از این منابع باعث انقراض جنگل‌ها می‌شود. برای کاهش تخریب جنگل، واقعاً باید منبع جایگزینی برای مواد اولیه پیدا کرد. به‌همین دلیل مطالعهٔ مناسب بودن الیاف گیاهی یکساله برای تولید فرآورده‌های چوبی حائز اهمیت است. این امر به حفاظت از محیط‌زیست و همچنین توسعهٔ فناوری‌های سازگار با محیط زیست کمک می‌کند [۱۰].

متداول‌ترین مواد جایگزین غیر چوبی عبارتند از کتان، باگاس، کنف، نی و پسماندهای غلات مانند کاه و کلش برنج و کاه گندم می‌باشد [۱۱]. یکی از بقایای کشاورزی، شیرین‌بیان است. شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) علاوه بر کاربرد دارویی

آن به‌صورت صنعتی در تهیهٔ شکلات‌ها، نوشیدنی‌ها و تنباکو مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲]. با این حال، در استفاده از الیاف شیرین‌بیان، تقریباً هیچ مطالعه‌ایی در صنعت تختهٔ خرده چوب وجود ندارد [۱۰]. گیاه شیرین‌بیان در حدود ۴۰۰۰ سال قبل به‌عنوان تقویت‌کنندهٔ بدن شناخته شده است. این گیاه به‌علت قدمت زیادی که در جهان دارد به نام پدر گیاهان دارویی نامگذاری شده است. شیرین‌بیان در اکثر مناطق جهان به‌خصوص میان دو عرض جغرافیایی ۴۵-۳۰ درجه در نیمکرهٔ شمالی زمین پراکنش دارد. این گیاه بومی مناطق مدیترانه‌ای است که در سطح وسیعی در کشورهای انگلیس، بلژیک، فرانسه، آلمان، ایتالیا، یونان و ترکیه کشت می‌گردد. گیاه شیرین‌بیان در کشور ایران پراکنش بسیار وسیعی دارد [۱۳] و در اکثر مناطق مثل گیلان،کرمان، شیراز، اصفهان و کرمانشاه گزارش شده است. در حال حاضر مقادیر زیادی از تفاله‌های حاصل از عصاره‌گیری ریشهٔ شیرین‌بیان در کوره‌های آجرپزی بی هدف مصرف می‌شود، در حالی‌که این تفاله‌ها را به‌دلیل دارا بودن مواد لینگو سلولزی، می‌توان در بخش‌های مختلف صنعتی مورد استفاده قرار داد [۱۴]. گروهی از ترکیبات مولکولی کوچک، پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها هستند که در غلظت‌های بالا در گیاهان وجود دارند [۱۵]. پوستهٔ میوهٔ بلوط ایرانی (جَفت) دارای ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی است [۱۶]. نفتوکینون‌ها و فلاونوئیدها به‌عنوان ترکیبات اصلی فنولی در برگ گردو وجود دارد [۱۷]. ترکیبات حلقوی فنولی و فلاونوئیدی با فرمالدهید واکنش نشان می‌دهد [۱۸]. بنابراین این فرضیه وجود دارد که مواد مورد استفاده در عصاره‌های گیاهی این تحقیق می‌تواند انتشار فرمالدهید را کاهش دهد. سولفات مس به‌عنوان یک جاذب و اکسیدکنندهٔ فرمالدهید [۱۹] و سولفات آلومینیم به‌عنوان یک چسبنده و تثبیت‌کننده [۱۹] در رزین اوره فرمالدهید استفاده شده است. یکی از بزرگترین منابع تولید و انتشار گاز فرمالدهید، فرآورده‌های مرکب چوبی است که اغلب با چسب اوره فرمالدهید ساخته می‌شود. چندین روش موفق در کاهش انتشار فرمالدهید در منابع استفاده شده است. قابل قبول‌ترین روش استفاده از افزودنی‌های شیمیایی روشی به‌نام جاذب فرمالدهید بوده است. این روش‌ها می‌توانند آزادسازی فرمالدهید آزاد از پانل‌های چوبی تولیدشده با رزین‌های فرمالدهید را محدود و کاهش دهند. عصاره‌های گیاهی(عصاره جفت بلوط و برگ گردو) و صمغ‌های گیاهی به دلایل داشتن ترکیبات فنولی، گروه‌های فراوان فلاونوئید، دوست دار محیط زیست، سمی نبودن، تجدید پذیر بودن و در دسترس بودن. مناسب‌ترین مواد جهت کاهش انتشار اوره فرمالدهید به شمار می روند. در این مطالعه، عصاره‌های گیاهی میوه بلوط و برگ گردو به‌عنوان جاذب فرمالدهید برای کاهش انتشار فرمالدهید از تخته‌های فیبر با دانسیته متوسط تولید شده با رزین اوره فرمالدهید ارزیابی شد. در این تحقیق اثرات استفاده از تثبیت کننده‌های سنتی از قبیل عصاره‌های گیاهی، صمغ‌های گیاهی، کات کبود و آلوم بر انتشار فرمالدهید چسب اوره فرمالدهید بررسی شده است. بدین منظور نمونه‌های تخته فیبر دانسیته متوسط با استفاده از الیاف کارخانه و الیاف ضایعاتی گیاه شیرین‌بیان و چسب به صورت خالص و حداقل با دو نوع تثبیت کننده‌های سنتی ساخته شدند.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. آماده‌سازی و استخراج عصاره

در این مطالعه، از برگ گردو و میوهٔ بلوط به‌دلیل در دسترس بودن، منافع زیست‌محیطی و همچنین به‌علت دارا بودن ترکیبات فنولی بالای عصارهٔ آن، استفاده شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در هوای آزاد به‌مدت ۱۴ روز خشک و سپس به‌وسیلهٔ دستگاه خردکن آسیاب شدند. پودر تهیه شده به‌مدت ۲۴ ساعت در آب قرار داده شد و سپس به روش بن‌ماری، عصاره‌گیری انجام شد. مایع عصاره در سینی‌های بزرگ قرار داده شدند تا در هوای آزاد آب اضافی تبخیر شده و عصاره باقی بماند. فرآیند استخراج عصارهٔ برگ گردو و میوهٔ بلوط براساس شرایط جدول ۱ انجام شد. در این مطالعه، عصاره‌های استخراج‌شده به تختهٔ فیبرهای دانسیته متوسط اضافه شد تا با فرمالدهید آزاد موجود در رزین اوره فرمالدهید واکنش دهد.

جدول ۱. شرایط عصاره‌گیری در فرآیند استخراج به روش بن‌ماری

گونه	دما (درجهٔ سانتی‌گراد)	نسبت (جامد/آب)	زمان (ساعت)	رطوبت ذرات (درصد)
برگ گردو	۸۵	۱/۶	۲	۱۸/۲۳
میوهٔ بلوط	۹۵	۱/۶	۲	۱۶/۶۹

۲-۲. ساخت و آماده‌سازی تخته فیبرهای دانسیته متوسط

الیاف صنعتی مورد استفاده برای ساخت تخته‌فیبر دانسیته متوسط از کارخانه آرین تختهٔ رشت با میانگین طول الیاف ۱/۴۶ میلی‌متر، قطر الیاف ۲۷ میکرون، مقدار لیگنین ۱۰/۲۲ درصد و مقدار دانسیتهٔ ۰/۷ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) از چوب‌های جنگلی تهیه شد. ریشه‌های شیرین‌بیان از زمین‌ها و مزارع طبیعی شیراز برداشت شدند. این منابع خودرو عاری از هرگونه مواد سمی و شیمیایی می‌باشند. بعد از ورود به محوطهٔ کارخانه، شاخ و برگ اضافی از ریشه جدا و شستشو و تمیز شدند و بعد از عصاره‌گیری، در طی مراحل مختلف خشک شدند و در نهایت به‌صورت آسیاب آماده گردید. ویژگی آناتومیکی و شیمیایی پسماندهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان به‌طور میانگین دارای طول ۲/۰۱ میلی‌متر و قطر الیاف ۴۰ میکرون مقدار لیگنین ۱۸/۲۰ درصد و مقدار دانسیتهٔ ۰/۶۵(گرم بر سانتی‌متر مکعب) اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است پسماندهٔ ریشه بدون هیچ‌گونه تیمار و فرآوری شیمیایی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. پسماند ریشهٔ شیرین‌بیان از کارخانه عصاره‌گیری شیرین‌بیان شیراز تهیه شد. جهت ساخت تخته‌فیبر دانسیته متوسط الیاف صنعتی با الیاف پسماند ریشهٔ شیرین‌بیان مخلوط شدند.

کیک الیاف در یک قالب چوبی در ابعاد ۳۵×۳۵ به نسبت وزنی مشخص توزین و پس از تشکیل کیک الیاف، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی (فشار پرس برابر ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و دمای پرس ۱۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد در زمان پرس ۵ دقیقه) اعمال شد. در این تحقیق، جرم مخصوص تخته‌فیبر با دانسیتهٔ متوسط در حدود ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، رطوبت کیک الیاف در حدود ۱۲ درصد، مقدار چسب اوره فرمالدهید ۱۰ درصد و ضخامت تخته در حدود ۱۶ میلی‌متر برای تمام تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. بعد از پایان مرحلهٔ پرس، به‌منظور مشروط‌سازی و یکنواخت‌سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به‌مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی ۶۵ درصد و درجه حرارت ۳±۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) نگهداری شدند. چسب مصرفی برای ساخت تخته فیبر با دانسیتهٔ متوسط اوره فرمالدهید می‌باشد که هم به‌صورت چسب خالص و هم با تثبیت‌کننده‌های سنتی مصرف شد. چسب اوره فرمالدهید از کارخانهٔ سامد مشهد خریداری شد. مشخصات این چسب در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات فنی رزین **UF** مصرفی

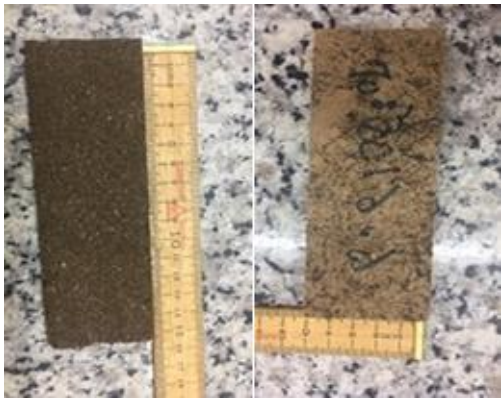
ویژگی	ویسکوزیته (مترمربع بر ثانیه)	زمان ژله‌ای شدن (ثانیه)	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	pH
UF	۳۵۰	۶۰	۱/۲۶	۷

عوامل متغیر مورد مطالعه در این تحقیق شامل مواد افزودنی به چسب و نوع الیاف استفاده شده می‌باشد. مشخصات تیمارهای بررسی شده در جدول ۳ ارائه شده است. تعداد تکرار نمونه‌های آزمایشگاهی سه قطعه در ابعاد ۱×۵×۱۵ سانتی‌متر از هر پنج تیمار بود (شکل ۱). نمونه‌ها به‌مدت ۷ روز در رطوبت نسبی تقریباً ۶۵ درصد و دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد برای رسیدن به شرایط ثابت نگهدای شدند.

جدول ۳. ترکیب نمونه‌های ساخته شده در این تحقیق

نام تیمار	مواد افزودنی به چسب	الیاف
A	اوره فرم‌الدهید	الیاف کارخانه از چوب هیزمی صنعتی
B	اوره فرم‌الدهید	الیاف پسمانده شیرین بیان
C	اوره فرم‌الدهید	الیاف کارخانه (۷۰ درصد) و الیاف پسماندهٔ شیرین‌بیان (۳۰ درصد)
D	اوره فرم‌الدهید اصلاح‌شده با تثبیت‌کنندهٔ سنتی نوع اول (عصارهٔ میوهٔ بلوط، زاج یا کات کبود (سولفات مس)، صمغ گیاهی بادام وحشی)	الیاف کارخانه (۷۰ درصد) و الیاف پسماندهٔ شیرین‌بیان (۳۰ درصد)
E	اوره فرم‌الدهید اصلاح شده با تثبیت کننده سنتی نوع دوم (عصاره برگ گردو، زاج سفید یا آلوم (سولفات آلومنیوم پتاسیم)، صمغ گیاهی کتیرا)	الیاف کارخانه (۷۰ درصد) و الیاف پسماندهٔ شیرین‌بیان (۳۰ درصد)

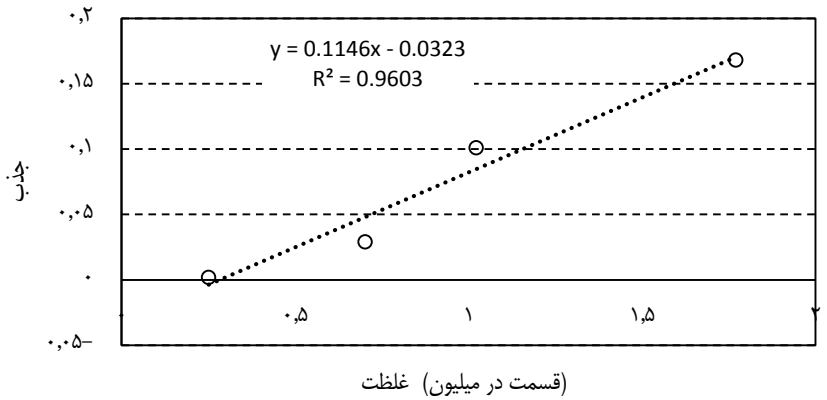
دو نمونهٔ آزمونی ساخته شده با ترکیب شرایط متفاوت در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل۱. نمونه‌های تولیدشدهٔ آزمایشگاهی

۲-۳. جذب فرمالدهید آزاد شده

میزان فرمالدهید آزاد شده از هر نمونه تخته‌فیبر دانسیته متوسط مطابق استاندارد ملی ایران به شمارهٔ INSO 12642-4، با روش دسیکاتور اندازه‌گیری شد. یک دسیکاتور به حجم تقریبی۱۰ لیتر که مادهٔ جاذب آن تخلیه شده، و بعد از شستشوی دسیکاتور، بشر و پتری‌دیش با آب مقطر، سپس با یک دستمال تمیز خشک شدند و برای اطمینان از عدم نفوذ هوا به داخل، سرپوش دسیکاتور و لبهٔ آن آغشته به گریس شد. تعداد سه قطعه به ابعاد ۱۰×۵۰×۱۵۰ میلی‌متر از هر تیمار آماده شد و اطراف یک بشر ۴۰۰ میلی‌لیتری که به‌طور وارونه بالای صفحهٔ سرامیکی دسیکاتور قرار دارد، طوری چیده شده که هوا به همهٔ سطوح و لبه‌ها دسترسی داشته باشد. ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به پتری‌دیش اضافه شد که فقط کف پتری‌دیش را مرطوب کرده و با لبه‌ها هیچگونه تماسی پیدا نکند. پتری‌دیش با دقت روی بشر قرار داده شده و درپوش دسیکاتور را گذاشته و پس از گذشت ۲۴ ساعت، فرمالدهید آزاد شده از قطعات آزمایش، در ظرف پتری‌دیش جذب می‌شود. بعد از گذشت مدت زمان لازم درپوش دسیکاتور برداشته شد و پتری‌دیش خارج گردید. سپس توسط پیپت پاستور محلول به داخل میکروتیوب منتقل شد و دور تا دور آن با چسب پارافیلم محصور شد. برای تعیین غلظت فرمالدهید، از دستگاه فتومتر UV استفاده شد. برای تعیین دقت دستگاه، ابتدا چهار محلول استاندارد از فرمالدهید که در آب مقطر حل شده بود، تهیه شد و پس از تعیین میزان غلظت توسط دستگاه، منحنی کالیبراسیون آن رسم شد. سپس برای هر تخته‌فیبر، دانسیته متوسط از سه تکرار استفاده شد و انتشار فرمالدهید آزاد با استفاده از فرمولی که توسط منحنی کالیبراسیون محلول‌های استاندارد فرمالدهید به‌دست آمده بود، محاسبه شد (شکل ۲).



شکل۲. منحنی کالیبراسیون محلول استاندارد فرمالدهید

۲-۴. آزمون چسبندگی داخلی (IB)

مطابق استاندارد ملی ایران به شمارهٔ INSO 14546، مقاومت چسبندگی داخلی اندازه‌گیری شد. آزمونه‌ها تا رسیدن به جرم ثابت در شرایط محیطی با رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دمای ۲±۲۰ درجهٔ سلسیوس قرار گرفتند. روش آزمون به‌صورت تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) برای یافتن تفاوت‌های آماری بررسی ویژگی‌های فیزیکی (دانسیته و انتشار فرمالدهید) و مکانیکی (چسبندگی داخلی) تخته فیبرهای تولید شده استفاده شد.

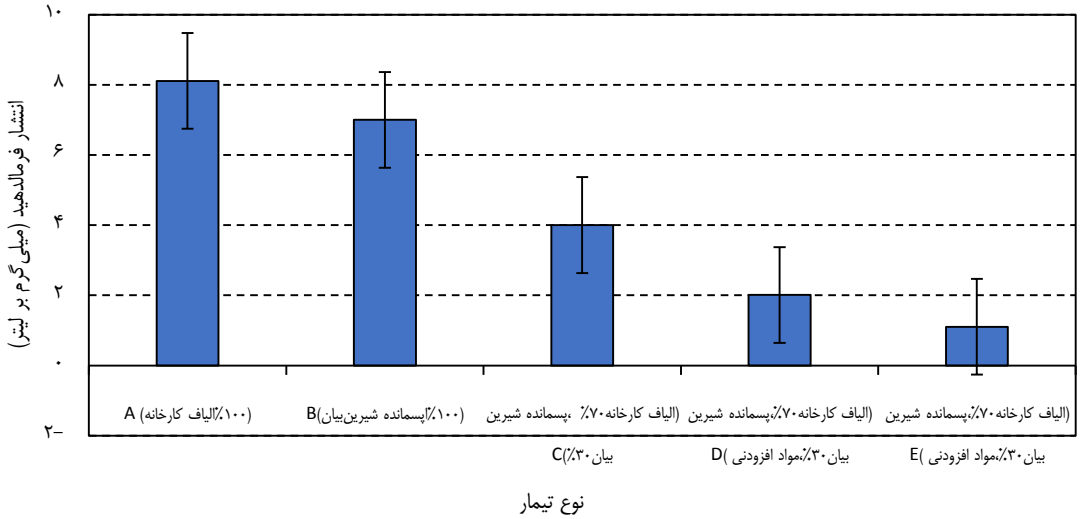
۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج به‌دست آمده با استناد به استاندارد شمارهٔ 4-12460 آیین‌نامهٔ ISO و دستگاه فتومتریک در طول موج ۴۱۲ نانومتر نشان داد که تیمار E (۷۰ درصد الیاف کارخانه،۳۰ درصد الیاف شیرین‌بیان تیمار عصارهٔ برگ گردو، صمغ کتیرا و سولفات آلومینیم)، تیمار D (۷۰ درصد الیاف کارخانه،۳۰ درصد الیاف شیرین‌بیان به‌همراه عصارهٔ بلوط، صمغ بادام وحشی و سولفات مس) و تیمار ۷۰:۳۰ (۷۰ درصد الیاف کارخانه،۳۰ درصد الیاف شیرین‌بیان) دارای کمترین میزان انتشار فرمالدهید بودند و تفاوت معنی‌داری با شاهد کارخانهٔ گروه A و شاهد شیرین‌بیان گروه B نشان داد. اندازه‌گیری میزان گاز فرمالدهید آزاد شده از هر نمونه تخته فیبر با دانسیتهٔ متوسط با استناد به استاندارد شمارهٔ 4-12642 آیین‌نامهٔ INSO در جدول ۱- ضمیمه به‌صورت آماره‌های توصیفی ارائه شده است.

براساس فاصلهٔ اطمینان و مقادیر حاصل نیز می‌توان نتیجه گرفت مقدار انتشار اوره فرمآلدهید گروه ۴ و ۵ (D و E) متفاوت از سایر گروه‌هاست. کمترین و بیشترین مقدار انتشار به‌ترتیب مربوط به گروه E و گروه A است. ولی با توجه به نمونهٔ تصادفی گرفته شده، نتایج آزمون آماری به شرح جدول ۲- ضمیمه می‌باشد. براساس نتایج جدول تجزیه و تحلیل واریانس، بین گروه شاهد و تیمارها تفاوت معنی‌داری در مقادیر انتشار فرمآلدهید وجود دارد. مشخص شد که مقادیر فرمالدهید آزاد نمونه‌های حاوی عصاره و صمغ گیاهی کاهش می‌یابد. تأثیر عصاره بر محتوای فرمالدهید آزاد در تخته فیبرهای دانسیته متوسط را می‌توان با این واقعیت توضیح داد که فرمالدهید می‌تواند به‌راحتی با عصاره در موقعیت C8 حلقهٔ A رزورسینولیک واکنش دهد، که پیوندهای متیلن را تشکیل می‌دهد. مراکز هسته‌دوست روی حلقهٔ A واحد فلاونوئیدی نسبت به حلقهٔ B ساختار تانن واکنش‌پذیرتر هستند، زیرا جانشین‌های هیدروکسیل مجاور آن‌ها وجود دارد که به‌سختی فعال‌سازی مشترک را در حلقهٔ B بدون اثرات موضعی مانند آنچه در حلقهٔ A یافت می‌شود، ایجاد می‌کند [۱۸]. پودر پوست مختلفی از انواع درختان به چسب اضافه شد و تختهٔ سه‌لا به‌دست آمده از انتشار فرمالدهید را کاهش داد [۲۰]. به‌طور مشابه، عصارهٔ پوست به چسب اضافه شد و کاهش انتشار فرمالدهید تخته سه‌لا مشاهده شد [۲۱]. از طرف دیگر، آلوم (سولفات آلومینیوم) خاصیت چسبندگی داشته و با سولفات مس (II) ۳ درصد، آزادسازی فرمالدهید از تخته چندلای تیمار شده را تا حدود ۵۰درصد نسبت به چسب اوره فرمالدهید شاهد، کاهش می‌دهد [۲۰]. انتشار فرمالدهید در گروه‌های تیماری که مواد افزودنی (عصاره، تثبیت‌کنندهٔ سنتی و صمغ گیاهی) به چسب داشتند، کمتر از گروه کنترل بود. گروه E نسبت به گروه A بالای ۸۰ درصد و نسبت به گروه B بالای ۷۰ درصد کاهش انتشار اوره فرمآلدهید را نشان می‌دهد. بیشترین انتشار فرمالدهید مربوط به گروه شاهد ۱۰۰ درصد الیاف کارخانه با کمترین میزان پلی‌فنول و بعد از آن به میزان ۱۱درصد کمتر در گروه شاهد ۱۰۰ درصد شیرین‌بیان مشاهده شد. تجزیه و تحلیل آماری حداقل تفاوت معنی‌داری، مربوط به درصد کاهش انتشار فرمالدهید در نمونه‌های مورد آزمون، نشان می‌دهد که درصد انتشار فرمالدهید در تخته فیبرهای دانسیته متوسط تیمار (گروه D و E) با گروه شاهد (گروه A, B, C) مورد آزمون با هم اختلاف معنی‌داری دارند (شکل ۳).

از آنجا که ریشهٔ شیرین‌بیان حاوی فلاونوئیدها است [۱۸]، با فرمالدئید وارد واکنش شده و پلیمرهای نامحلول در آب را تشکیل می‌دهند. در گروه C به‌دلیل جایگزینی ۳۰ درصد الیاف پسمانده‌های ریشهٔ شیرین‌بیان به جای الیاف صنعتی کارخانه کاهش تقریباً ۵۰ درصد انتشار فرمآلدهید نسبت به گروه کنترل A مشاهده شده است. جزء اصلی ریشهٔ شیرین‌بیان گلیسیریزین است، که یک ترکیب ساپونین (فلاونوئید) است که از ترکیب اسید گلیسیرتیک، یک آگلیکون تری‌ترپنوئید، با دی‌ساکارید اسید گلوکورونیک تشکیل می‌شود [۲۲]. آغشته کردن ذرات چوب به ۵ درصد عصارهٔ پوست باعث کاهش معنی‌دار انتشار فرمالدهید شد ($P<$ ۰/۰۰۱). این ممکن است به‌دلیل مواد استخراجی پلی‌فنولی موجود در پوست باشد [۲۳]. این واقعیت که مواد افزودنی باعث انتشار کم

فرمالدهید می‌شوند به‌دلیل واکنش طبیعی عصاره‌های فنولی با فرمالدهید است. مشاهده شد که عیوب سطحی، ساختارهای متخلخل و فیبری با استفاده از پرکننده حذف شدند و در گزارش‌ها بیان شده است که چسبندگی بهتری ایجاد می‌شود و از نشت رزین جلوگیری می‌گردد [۲۴] که به‌دلیل مقادیر بالای مواد استخراجی پلی‌فنولی موجود در پوست درختان است که با فرمالدهید، حتی در دمای معمولی، واکنش می‌دهند و محصولات متراکم با پتانسیل پیوند بالا را تولید می‌کنند. به‌همین دلیل می‌توان انتشار فرمالدهید را کاهش داد [۲۵].



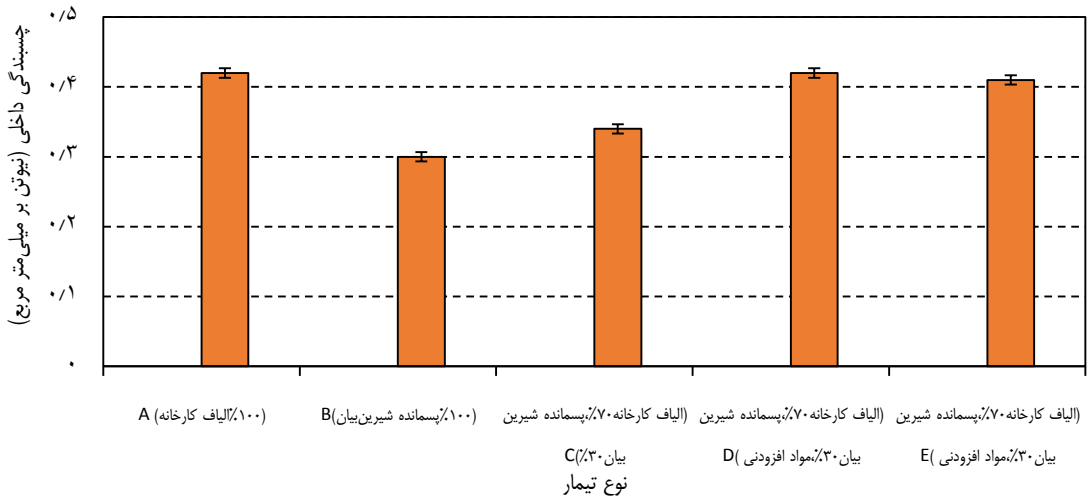
شکل ۳. مقدار انتشار فرمالدهید از تخته فیبرهای دانسیته متوسط تیمارهای A تا E

فرضیهٔ برقراری یک واکنش شیمیایی بین ترکیبات استفاده شده و تبدیل به کمپلکس‌های سنگین محتمل است، ولی سرعت حرکت گاز از این ترکیبات بسیار بالاست. بنابراین نمی‌توان انتظار داشت که مواد افزودنی قادر به جذب کامل گاز فرمالدهید باشند. اما با توجه به نتایج مشاهده شده، مقدار انتشار فرمالدهید تخته‌های تیمار شده کاهش یافته است که دلایل کاهش فرمالدهید ذکر شده [۱۸ تا ۲۴]، این نتایج را تایید می‌نماید. عصارهٔ برگ درخت گردو دارای محتوای پلی‌فنول بالا و مقدار pH بالایی است. محیط فنولی شرایط پلیمر شدن رزین اوره فرمالدهید را بهتر فراهم می‌کند. در واقع محیط فنولی نقش کاتالیزور را عمل می‌کند. نرخ پخت چسب‌های مبتنی بر فرمالدهید بسیار به pH محیطی که در آن پخت می‌شوند، بستگی دارد [۲۶]. درصورتی که pH پایین باشد، ممکن است پیش‌پخت انجام شود. هنگامی که یک چسب آماده می‌شود، لایهٔ تخته، ضعیف و پوسته پوسته می‌شود. همچنین گزارش‌ها نشان داده است استفاده از صمغ عربی به‌عنوان چسباننده، شاخص پراکندگی با مقدار چسب در تخته خرده چوب تولید شده را افزایش داده است [۲۷]. در تولید تخته فیبر دانسیته متوسط، دمای پرس باعث می‌شود که گروه‌های استیل از کیک الیاف جدا شده و به اسید استیک تبدیل شوند که بر اتصال فرمالدهید اثر دارد. در نتیجه، گروه‌های استیل که با واحدهای قند موجود در همی‌سلولز در یک محیط قلیایی با دمای بالا استری می‌شوند، تحت هیدرولیز قرار می‌گیرند و گروه‌های استیل اثر اتصالی بر فرمالدهید دارند [۲۸]. برگ گردو حاوی تانن‌ها، فالونوئیدها، ویتامین‌ها، اسیدهای گیاهی، مواد نفتوکینونی و ژوگلون (naphthoquinone-1,4-hydroxy 5) می‌باشد [۲۹]. ترکیبات شیمیایی برگ گردو دارای ۳ درصد اینوژیت، اسید آلاژیک، اسیدگالیک و اسانسی با بوی مخصوص و مقداری پارافین، تانن، مواد چرب و املاح معدنی مانند کلسیم، پتاسیم، منیزیم، باریوم و همچنین کاروتن است [۳۰]. ترکیبات مختلفی در پوست، به‌ویژه برگ گیاه گردو ازجمله تانن‌ها، ترکیبات نفتاکینونی و مشتقات اکسیژنه نفتالن، فالوونوئیدها، فنولیک اسیدها، روغن‌ها و اسیدهای چرب گزارش شده است [۳۱]. ترکیب شیمیایی میوه و جَفت بلوط شامل مقدار زیادی کربوهیدرات، مقدار متوسطی پروتئین و چربی، و مقدار قابل توجهی از مواد معدنی است [۳۲]. جَفت بلوط حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات حلقوی فنولی و فلاونوئیدی است [۳۳]. یکی از مهمترین ترکیبات ضد

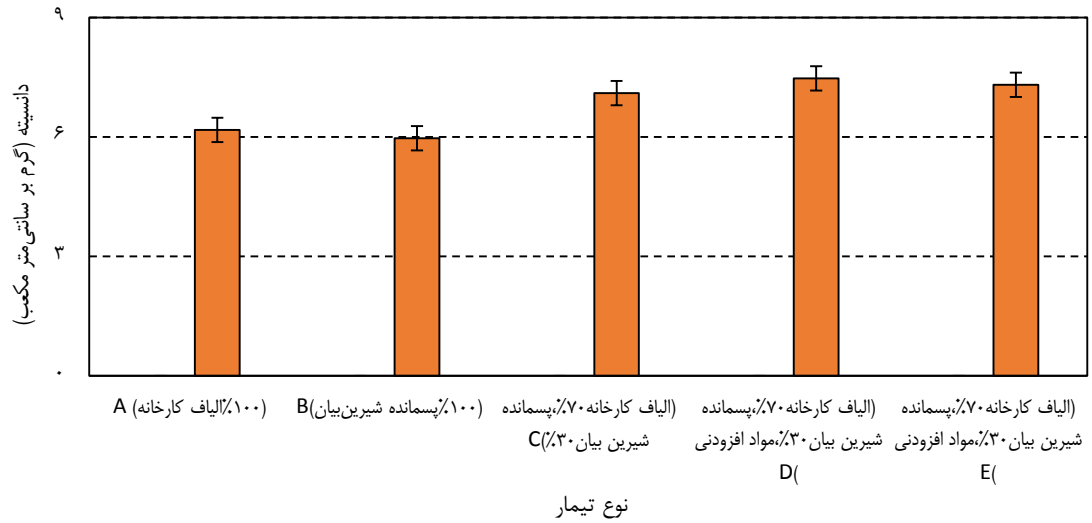
تغذیه‌ای در میوهٔ بلوط، ترکیبات فنولی و ترکیبات ثانویه نظیر تانن‌ها می‌باشد [۳۵،۳۴]. کاهش انتشار فرمالدهید از صفحات تخته فیبر دانسیته متوسط را می‌توان به مقادیر ترکیب پلی فنولی و فلاونوئیدهای موجود در پسمانده‌های ریشهٔ شیرین‌بیان، عصاره‌های برگ گردو نسبت داد. بنابراین کاهش انتشار فرمالدهید از صفحات اوراق فشرده چوبی را می‌توان به مقادیر ترکیب پلی‌فنولی، یعنی تانن نسبت داد [۳۶]. قابل ذکر است عصاره، محلولی است که حاوی تمام مواد مفید گیاه ازجمله تانن‌ها، اسانس‌ها و موسیلاژها می‌باشد. در واقع عصاره، شیرابه‌ای از یک گیاه است که تمامی ترکیبات گیاه را در بر دارد. عصاره‌های گیاهی منبع بسیار خوبی برای طیف وسیعی از ترکیبات نظیر ترکیبات فنولی (فلاونوئیدها)، ترپنوئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و اسیدهای چرب هستند. تانن‌ها جزئی از عصاره محسوب می‌شوند، در واقع تانن‌ها ترکیبات فنولی با وزن مولکولی بالا هستند [۳۷]. عصاره‌ها نیز شامل ترکیبات فنولی هستند ولی نسبت به تانن از وزن مولکولی کمتری برخوردارند. عصاره و تانن از اتصالات کربن- تشکیل شده‌اند. در این مطالعه، مواد افزودنی دیگری از جمله صمغ کتیرا و صمغ بادام وحشی(کوهی) جهت اصلاح چسب اوره فرمالدهید مورد استفاده قرار گرفت. صمغ کتیرا، به‌عنوان یک هیدروکلوئید پایدارکننده، قوام‌دهنده و چسباننده دسته‌بندی می‌شود [۳۸]. کتیرا متشکل از دو جزء اصلی تحت عنوان باسورین و تراگاکانتین است، که به‌علت وجود باسورین اسیدی می‌باشد. صمغ بادام وحشی (کوهی) جزء صمغ‌های اسیدی (با میانگین pH 4.4) می‌باشد و حاوی تانن بالایی است [۳۹]. افزودن این تثبیت کننده‌های سنتی باعث افزایش اسیدیته کیک الیاف می‌شود. اسیدیتهٔ چوب یکی از فاکتورهای بسیار مهم در فرآیند خود چسبندگی ذرات چوب می‌باشد. این فاکتور همراه با گرمای پرس، میزان اسیدیته چوب را افزایش می‌دهد و کیفیت تخته‌های ساخته شده را بهبود می‌بخشد [۴۰].

۳-۱. بررسی ویژگی دانسیته و چسبندگی داخلی تخته فیبر دانسیته متوسط

علاوه بر عملکرد عصاره و سایر مواد افزودنی به‌عنوان یک جاذب فرمالدهیدی، تأثیر آن بر خاصیت فیزیکی (دانسیته) و مکانیکی (چسبندگی داخلی) نیز در این مطالعه مشخص شد. ب اساس جدول تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه (۳- ضمیمه)، بین گروه شاهد و تیمارها تفاوت معنی‌داری در مقادیر چسبندگی داخلی وجود دارد. مقادیر چسبندگی داخلی و دانسیتهٔ تخته فیبرهای دانسیته متوسط به‌ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. مقادیر چسبندگی داخلی تخته فیبرهای دانسیته متوسط بین ۰/۴۲- ۰/۳ (نیوتن بر میلی‌متر مربع) و مقدار دانسیته بین ۰/۷۴-۰/۵۹ (گرم بر سانتی‌متر مکعب) تعیین شد. میزان حداقل چسبندگی داخلی براساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ INSO 14546 برابر با ۰/۳۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع مشخص شده است.براساس نتایج، اکثر تخته‌های ساخته شده گروه‌های تیمار تقریباً ۸ درصد از حداقل استاندارد چسبندگی داخلی استاندارد بیشتر می‌باشد، کمترین مقدار مربوط به گروه B (شاهد پسماندهٔ شیرین‌بیان) می‌باشد که از مقدار استاندارد کمتر است. یک تئوری کلی همچنین بر این واقعیت تمرکز دارد که رزین اوره فرمالدهید حرارت داده شده به آرامی تحت تجزیهٔ هیدرولیتیکی، باعث انتشار فرمالدهید در فرآورده چوبی می‌شود. هنگامی که دمای رزین به‌دلیل زمان نگهداری از ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد بیشتر می‌شود، گروه‌های متیلول، پیوندهای دی‌متیلن اتر و پیوندهای متیلن نوع شاخه‌دار به شدت کاهش می‌یابد. سپس، رزین اوره فرمالدهید شروع به هیدرولیز می‌کند و قدرت چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد [۴۱، ۴۲]. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که به‌دلیل چسبندگی داخلی پایین، از پسماندهٔ ریشهٔ شیرین‌بیان به تنهایی نمی‌توان در ساخت تخته فیبر دانسیته متوسط استفاده کرد. از این الیاف فقط به‌عنوان جزئی از ترکیب الیاف ساخت تخته فیبر دانسیته متوسط می‌توان استفاده کرد. نتایج به‌دست آمده از دانسیتهٔ تخته فیبرها نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین دانسیته به‌ترتیب مربوط به گروه B و D می‌باشد (شکل ۵). ریز ساختار الیاف ریشهٔ شیرین‌بیان نشان می‌دهد که این الیاف از نظر طولی و قطری شباهتی به الیاف ساقه و شاخهٔ چوب سوزنی‌برگان و پهن‌برگان ندارند، بلکه در بعضی قسمت‌ها برآمده و یا فرورفته و در نواحی دیگر خمیده، کج و معوج هستند. این ویژگی معرف الیاف ریشهٔ گیاهان است. علاوه بر این، ویژگی‌های ساختاری این الیاف حتی با الیاف غیرچوبی نیز متفاوت است [۴۳]. چنین ساختاری بر ویژگی‌های مقاومتی تخته‌فیبر ساخته شده از این الیاف تأثیر گذاشته و باعث می‌شود که الیاف جهت‌یابی مناسبی پیدا نکنند و به‌دلیل عدم تشکیل اتصال کافی و همچنین ضعیف بودن ذاتی الیاف ریشه، مقاومت لازم در تخته‌فیبر به وجود نیاید.



شکل ٤. مقدار چسبندگی داخلی تیمارهای مختلف تخته فیبرهای دانسیته متوسط



شکل ۵ . مقدار دانسیته تخته فیبرهای دانسیته متوسط

۵. نتیجه‌گیری

افزودن عصاره و سایر افزودنی‌ها به رزین اوره فرمالدهید باعث کاهش قابل توجه انتشار فرمالدهید از تخته‌های تولیدی شده است. به‌طور کلی، براساس نتایج این مطالعه، علاوه بر عصاره، افزودن تثبیت‌کننده‌های سنتی، زاج‌های حاوی ترکیبات سولفات مس و سولفات آلومینیم پتاسیم، صمغ‌های گیاهی و همچنین افزودن پسمانده‌های ریشهٔ شیرین بیان به میزان ۳۰ درصد در ساخت تخته فیبر دانسیته متوسط پیشنهاد می‌شود، زیرا انتشار فرمالدهید را به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. از طرفی، این مواد به وفور در ایران در دسترس هستند و در کارگاه‌های سنتی رنگرزی استفاده می‌شوند و قابلیت استفاده از آن‌ها به‌عنوان مواد دوست‌دار محیط‌زیست، جهت جبران کمبود مواد لیگنوسلولزی یا خصوصیات حفاظتی و بهبود خصوصیات کیفی وجود دارد. می‌توان عصاره‌های گیاهی را به‌عنوان یک مادهٔ اصلاح‌گر به چسب‌های اوره فرمالدهید اضافه کرد و خواص آن را بهبود بخشید. از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که عصاره‌های گیاهی را می‌توان در مخلوط چسب به‌عنوان یک جاذب فرمالدهید در تخته

فیبر دانسیته متوسط استفاده کرد. تخته‌های تولید شده را می‌توان برای مصارف عمومی و همچنین مبلمان برای محیط‌های داخلی استفاده کرد. به‌طور کلی، یافته‌های مطالعهٔ حاضر نشان داد که پسمانده‌های ریشهٔ شیرین بیان می‌تواند به‌عنوان یک ماده خام جایگزین در تولید تخته فیبر دانسیته متوسط (به میزان ۳۰ درصد) و یا در ترکیب با مواد افزودنی از جمله عصاره‌های گیاهی و تثبیت‌کننده‌های سنتی استفاده شود. نتایج جدید تخته فیبر با چگالی متوسط تولید شده به‌طور قابل ملاحظه‌ای خطرات محیط زیستی و بهداشتی انتشار فرمالدهید را کاهش می‌دهد. مشکل انتشار فرمالدهید در مصنوعات چوبی موضوعی است که به‌دلیل افزایش الزامات قانونی که به موازات اهمیت فزاینده‌ای که باید به محیط‌زیست و سلامت انسان داده شود، لازم است به‌طور جدی مورد توجه قرار گیرد. همچنین نتایج نشان داد که عصارهٔ به‌دست آمده از برگ گردو و میوه بلوط را می‌توان به‌عنوان افزودنی در مخلوط چسب اوره فرمالدهید به‌عنوان یک جاذب فرمالدهید در تخته فیبر دانسیته متوسط استفاده کرد.

۶. منابع

[1] Hermawan, A., Ohuchi, T., Fujimoto, N., & Murase, Y. (2009). Manufacture of composite board using wood prunings and waste porcelain stone. *Journal of Wood Science*, 55, 74-79.

[2] Zhuge, Y., Qian, H., Zheng, X., Huang, C., Zhang, Y., Zhang, M., & Sundell, J. (2018). Residential risk factors for childhood pneumonia: a cross-sectional study in eight cities of China. *Environment International*, 116, 83-91.

[3] Trianoski, R., Iwakiri, S., Machado, L., & Rosa, T.S.D. (2017). Feasibility of Cordia trichotoma (Vell.) wood and its by-products for particleboard manufacturing. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(8), 833-846.

[4] Shalbafan, A., Tackmann, O., & Welling, J. (2016). Using of expandable fillers to produce low density particleboard. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74, 15-22.

[5] Aydin, I., Colakoglu, G., Colak, S., & Demirkir, C. (2006). Effects of moisture content on formaldehyde emission and mechanical properties of plywood. *Building and Environment*, 41(10), 1311-1316.

[6] Pizzi, A. (1994). *Advanced wood adhesives technology*, CRC Press, New York. USA. .

[7] Selakjani, P.P., Dorieh, A., Pizzi, A., Shahavi, M. H., Hasankhah, A., Shekarsaraee, S., & Abatari, M. N. (2021). Reducing free formaldehyde emission, improvement of thickness swelling and increasing storage stability of novel medium density fiberboard by urea-formaldehyde adhesive modified by phenol derivatives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 111, 102962.

[8] Salem, M.Z.M., & Böhm, M. (2013). Understanding of formaldehyde emissions from solid wood: An overview. *BioResources*, 8(3), 4775-4790.

[9] Colakoglu, G. (1993). *Effect of the production parameter on formaldehyde emission and technical properties of plywood* (Doctoral dissertation, PhD thesis, KTU Graduate School of Natural and Applied Sciences, 21 p., Trabzon).

[10] Guler, C. (2015). Production of particleboards from licorice (Glycyrrhiza glabra) and European black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood particles. *Scientific Research and Essays*, 10(7), 273-278.

[11] Youngquist, J. (1994). Literature review on use of nonwood plant fibers for building materials and panels. Literature Review on Use of Nonwood Plant Fibers for Building Materials and Panels. US Government Printing Office, 146 p.

[12] Copur, Y., Tozluoglu, A., & Karademir, A. (2007). Pulping of licorice (Glycyrrhiza glabra): an alternative raw material to produce pulp. *Cellulose Chemistry and Technology*, 41(2/3), 155.

[13] Mahlegha, G.H., & Khosravipour, B. (2017). *The importance of licorice plant cultivation and its challenges in Iran*, International Conference on Agricultural Sciences, Medicinal Plants and Traditional Medicine, Mashhad, Iran. https://civilica.com/doc. (In Persian)

[14] Zahedi Tabarestani, A. (2010, March). *Investigating the chemical and biometric analysis of the fibers obtained from licorice root waste*, National Conference of Medicinal Plants, Sari, Iran. https://civilica.com/doc. (In Persian)

[15] Bilej, M. (2015). Mucosal Immunity in Invertebrates. In Mestecky J., Strober W., Russell M.W., Kelsall B.L., Cheroutre, H., Lambrecht, B.N., (Eds), *Mucosal Immunology* (Fourth Edition) (135–144). Czech Republic, Acadmic press.

[16] Azizi, S., Pirbalouti, A. G., & Amirmohammadi, M. (2014). Effect of hydro-alcoholic extract of Persian oak (*Quercus brantii*) in experimentally gastric ulcer. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 13(3), 967.

[17] Pereira, J.A., Oliveira, I., Sousa, A., Valentão, P., Andrade, P.B., Ferreira, I.C., & Estevinho, L. (2007). Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: Phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, 45(11), 2287-2295.

[18] Zhao, H., Li, X., Wang, X., Meng, M., Wang, X., Huang, S., & Gan, W. (2021). Effect of Copper (II) Sulfate on the Properties of Urea Formaldehyde Adhesive. *Polymers*, 14(1), 94.

[19] Boran, S., Usta, M., Ondaral, S., & Gumuskaya, E. (2012). The efficiency of tannin as a formaldehyde scavenger chemical in medium density fiberboard. *Composites: Part B*, 43, 2487-2491.

[20] Aydin, I., Demirkir, C., Colak, S., & Colakoglu, G. (2017). Utilization of bark fl ours as additive in plywood manufac turing. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75 (1), 63-69.

[21] Zhang, J., Kang, H., Gao, Q., Li, J., Pizzi, A., & Delmotte, L. (2014). Performances of larch (l arix gmelini) tannin modifi ed urea-formaldehyde (TUF) resin and plywood bonded by TUF resin. *Journal of Applied Polymer Science*, 131 (22).

[22] Bai, M., Yao, G. D., Ren, Q., Li, Q., Liu, Q. B., Zhang, Y., Wang, X. B., Huang, X. X., & Song, S. J. (2018). Triterpenoid saponins and flavonoids from licorice residues with anti-inflammatory activity. *Industrial Crops and Products*, *125*, 50-58.

[23] Kim, H. S., Lee, S. Y., Kim, B. Y., Lee, E. K., Ryu, J. H., & Lim, G. B. (2004). Effects of modifiers on the supercritical CO 2 extraction of glycyrrhizin from licorice and the morphology of licorice tissue after extraction. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, *9*, 447-453.

[24] Cameron, F.A., & Pizzi, A. (1985). Tannin-induced formaldehyde release depression in urea formaldehyde particleboard. In: Meyer, B., Kottes-Andrews, B.A., Reinhardt, R.M. (Eds.), Formaldehyde Release from Wood Products, American Chemical Society Symposium Series, No. 316, Washington, DC, Chapter 15, p. 205.

[25] Tan, H., & Colakoglu, G. (2010). The effect of using acorn flour as a fi ller on some mechanical and physical properties of Beech and Okume plywood boards, III. *National Black Sea Forestry Congress*, 5, 20-22.

[26] Elbadawi, M., Osman, Z., Paridah, T., Nasroun, T., & Kantiner, W. (2015). Mechanical and physical properties of particleboards made from Ailanthus wood and UF resin fortified by Acacias tannins blend. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 6(4), 1016-1021.

[27] Suleiman, I. Y., Aigbodion, V. S., Shuaibu, L., & Shangalo, M. (2013). Development of eco-friendly particleboard composites using rice husk particles and gum Arabic. *Journal of Materials Science and Engineering with Advanced Technology*, 7(1), 75-91.

[28] Nemli, G., Kırcı, H., & Temiz, A. (2004). Influence of impregnating wood particles with mimosa bark extract on some properties of particleboard. *Industrial Crops and Products*, 20(3), 339-344.

[29] Colak, S. (2002). *The effects of impregnation procedure at plywood on technological properties, formaldehyde and acid emission of plywood*. Doctoral Dissertation, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey.

[30] Eqbali, H., Mahmoudi, M., Pourrashidi, A., Hosseini, J., Nabati, S., & Hosseini Zhijood, S, M. (2010, March). *Antioxidant effects of walnut tree leaves on serum levels of ALP, AST, ALT enzymes in male rats fed with high cholesterol diet*. National Conference of Medicinal Plants.Sari. (In Persian)

[31] Eidi, A., Olamafar, S., Zaringhalam, J., Rezazadeh, S., & Eidi, M. (2011). Protective effect of Walnut (Juglans regia L.) extract against CCl4 – induced hepatotoxicity in rats. *Research in Medicine*, 35(2), 87-92.

[32] Iranmanesh, Y., & Jahanbazi Gojani, H. (2017). Determination of nutritional properties of oil extracted from Iranian oak fruit. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 15(1), 65-72. (In Persian)

[33] Faramarzian, M., & Bahramikia, S. (2020). Investigation of the effect of *Quercus brantii* fruit-hull extract on hen egg-white lysozyme fibrilation and defibrillation. *Cellular and Molecular Research* (*Iranian Journal of Biology*), 34(4), 499-514. (In Persian)

[34] Gholamalipour Alamdari, E., Keramatlo, M., & Bayat Kohsar, J. (2014). Analyzing the organic compounds of the fruit of two oak species (*Quercus castaneifolia* and *Quercus persica*) in the north and west of the country and the effect of impregnation methods with alkaline solution and water on reducing the amount of phenolic compounds. *Iranian Plant Ecophysiology*, *Research Journal*, 34(9),1-10. (In Persian)

[35] Saffarzadeh, A., Vincze, L., & Csap, J. (1999). Determination of the chemical composition of acorn, *Pistacia atlantica* and *Pistacia khinjuk* seed as non-conventional feedstuff. *Journal of Acta Agraria Kaposvariensis*, 3, 59-69.

[36] Buyuksari, U., Ayrilmis, N., Avci, E., & Koc, E. (2010). Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (*Pinus pinea* L.) cones. *Bioresource Technology*, 101(1), 255-259.

[37] Lee, J., Jeon, J., & Kim, S. (2011). Green Adhesives Using Tannin and Cashew Nut Shell Liquid for Environment-friendly Furniture Materials. *Journal of the Korea Furniture Society*, 22, 219-229.

[38] Zargaran, A., Mohammadifar, M., & Balaqi, S. (2008). Comparise on of some chemical compositions and rheological properties of Iranian katira gum from two species floccosus A. and rahensis A. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran*, 3(4), 9-17. (In Persian)

[39] Rahimi, S., Abbasi, S., Azizi, M & Sahari, M. (2010). *Evaluation of some chemical, physical and physicochemical properties of almond gum (Amygdalus scoparia Spach) collected from Fars and East Azarbaijan provinces*. National Conference of Medicinal Plants, Sari, Iran. (In Persian)

[40] Dost Hosseini, K. (2006). *Technology of production and application of compressed wooden boards*., Tehran: University of Tehran Press.

[41] Que, Z., Furuno, T., Katoh, S., and Nishino, Y. (2007). Effects of urea–formaldehyde resin mole ratio on the properties of particleboard. *Building and Environment*, 42(3), 1257-1263.

[42] Wolcott, J.J., Motter, W.K., Daisy, N.K., Tenhaeff, S.C., & Detlefsen, W.D. (1996). Investigation of variables affecting hot-press formaldehyde and methanol emissions during laboratory production of urea-formaldehyde-bonded particleboard. *Forest Products Journal*, 46(9), 62.

[43] Halvarsson, S., Edlund, H., & Norgren, M. (2010). Wheat straw as raw material for manufacture of medium density fiberboard (MDF). *Bioresources*, 5(2), 1215-1231.

ضمیمه

جدول ۱. آماره‌های توصیفی گروه‌های تیمار

تیمار	میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد
A	۸/۸۷۲	۰/۷۰۶۳	۰/۴۰۸
B	۷/۶۸۷	۱/۱۳۸	۰/۶۵۷
C	۶/۰۰۳	۱/۹۷۱	۱/۱۳۸
D	۲/۷۰۷	۱,۱۲۱	۰,۶۴۷
E	۱/۴۰۳	۰/۶۱۴	۰/۳۵۵

جدول ۲. تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه انتشار فرمالدهید تیمارها

آماره‌ها	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروهی	۱۲۲/۵۵۳	۴	۳۰/۶۳۸	۲۰/۹۵۲	۰/۰۰۰
درون گروهی	۱۴/۶۲۳	۱۰	۱/۴۶۲		
کل	۱۳۷/۱۷۷	۱۴			

جدول ۳. تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه چسبندگی داخلی تیمارها

آماره‌ها	جمع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروهی	۰/۱۱۷	۴	۰/۰۲۹	۴۰/۳۶۴	۰/۰۰۰
درون گروهی	۰/۰۱۵	۲۰	۰/۰۰۱		
کل	۰/۱۳۲	۲۴			