Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Wood and Forest Science and Technology

Print ISSN: 2322-2077
Online ISSN: 2322-2786

The potential of utilizing hemp-core fibers in particleboard industry

Reza Hajihassani[*1], Masoud Gerami[2], Kamyar Salehi[3], Saman Ghahri[4]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: reza.hajihassani@gmail.com
2. M.Sc. Graduate, Wood and Paper Science Engineering, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Tehran University, Iran. E-mail: geramimasoud@gmail.com
3. Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: kamyarsalehi@yahoo.com
4. Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: sghahri@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.01.2022
Revised: 09.11.2022
Accepted: 09.17.2022

Keywords:
Bagasse,
Kenaf,
Particleboard,
Physical and mechanical properties

ABSTRACT

Background and Objectives: Since, it is possible to use various types of lignocellulosic materials in the production of particleboard, the use of agricultural residues can be considered as a solution to meet part of the raw materials needs of this industry. At the same time, it brings other benefits such as reducing pressure on forest resources, reducing environmental pollution, creating added value and jobs, *etc*. The hemp plant has attracted the attention of many researchers in the world due to its advantages such as short growing season, low ecological requirements and long fibers. Therefore, in recent years, much research on the use of hemp-core fibers and its husks in the production of wood composite products has been conducted or in progress. This research was conducted to study the possibility of producing a particleboard composite from hemp-core fibers in combination with sugarcane bagasse fibers and also to evaluate the physical and mechanical properties of the produced particleboard.

Materials and Methods: In this study, hemp (*Hibiscus cannabinus*) and sugarcane bagasse (*Saccharum officinarum*) plants were obtained from Ahvaz Sugarcane Research Institute and Neopan Karun company, respectively. The debarked hemp fibers were first chipped and then turned into flakes that can be used for the production of particleboard. The other steps of producing particleboard were included screening, drying, gluing, forming and pressing. Sample boards were made from lignocellulosic residues were subjected to two pressing times of 4 and 5 minutes with two pressing temperatures of 170 and 180^{o}c and four compositions of 100:0, 75:25, 50:50 and 25:75%, kenaf core fibers with bagasse fibers. Other factors, such as resin consumption (10% based on dry material of the board) and press pressure (25 kg/cm^2), were considered as fixed factors. A total of 48 laboratory boards with three replications were produced for each treatment. Physical tests included measurement of water absorption and thickness shrinkage after 2 and 24 hours of immersion in water. Bending strength, modulus of elasticity and internal bonding were also evaluated. The results were analyzed based on a complete randomized design within the framework of a factorial experiment by SPSS software. Duncan's multiple range test was used to compare mean values.

Results: The results showed that the bending strength improved with increasing temperature and pressing time. Moreover, increasing the amount of hemp fiber in the composition of the raw material improved the bending strength, modulus of elasticity and internal bonding of the boards. The amount of water absorption and the increase in the length of the thickness of 2 and 24 hours of the boards also decreased with the increase of the pressing temperature, pressing time and the amount of hemp in the composition of the raw material.

Conclusion: In general, it is concluded that hemp-core fibers can be used in combination with bagasse fibers to make particleboards with acceptable physical and mechanical properties. Also, the use of bagasse fibers in small quantity in the composition of raw materials make it possible to obtain boards of superior quality. However, a higher amount leads to a decrease in the physical and mechanical properties of the boards. Therefore, hemp-core lignocellulosic fibers in combination with bagasse fibers can be used as suitable raw materials in the particleboard industry.

Cite this article: Hajihassani, Reza, Gerami, Masoud, Salehi, Kamyar, Ghahri, Saman. 2022. The potential of utilizing hemp-core fibers in particleboard industry. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29 (2), 21-37.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JWFST.2022.20477.1977
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۷۷
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۸۶

پتانسیل استفاده از مغز کنف در ساخت تخته‌خرده‌چوب

رضا حاجی‌حسنی*[۱]، مسعود گرامی[۲]، کامیار صالحی[۳]، سامان قهری[٤]

۱. نویسنده مسئول، استادیار بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: reza.hajihassani@gmail.com

۲. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی علوم چوب و کاغذ، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: geramimasoud@gmail.com

۳. مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: kamyarsalehi@yahoo.com

٤. استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: sghahri@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۵/۱۰
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰٦/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰٦/۲٦

واژه‌های کلیدی:
باگاس،
تخته‌خرده‌چوب،
خواص فیزیکی و مکانیکی،
کنف

چکیده

سابقه و هدف: ازآن‌جایی‌که در تولید تخته‌خرده‌چوب امکان استفاده از انواع مواد لیگنوسلولزی وجود دارد، بنابراین استفاده از پسماندهای کشاورزی می‌تواند یکی از راهکارهای تأمین بخشی از نیاز به ماده اولیه صنعت تخته‌خرده‌چوب باشد؛ ضمن این‌که مزایای دیگری از جمله کاهش فشار بر منابع جنگلی، ایجاد ارزش‌افزوده، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، اشتغال‌زایی و ... را نیز به همراه دارد. گیاه کنف با داشتن مزایایی چون دوره رویشی کوتاه، نیاز اکولوژیکی کم و الیاف بلند از رشد و توسعه مطلوبی در جهان برخوردار بوده است؛ بنابراین در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران قرار گرفته است و پژوهش‌هایی نیز در زمینه استفاده از مغز و پوست کنف در تولید فرآورده‌های مرکب چوبی انجام گرفته و یا در حال اجرا می‌باشد. این پژوهش نیز با هدف بررسی امکان تولید تخته‌خرده‌چوب از مغز کنف در ترکیب با باگاس و ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: کنف (*Hibiscus cannabinus*) و باگاس (*Saccharum officinarum*) مورد استفاده در این بررسی به ترتیب از مؤسسه تحقیقات نیشکر اهواز و شرکت نئوپان کارون شوشتر تهیه گردید. مغز کنف پوست‌کنی شده ابتدا به خرده‌چوب و سپس به پوشال قابل‌استفاده برای تولید تخته‌خرده‌چوب تبدیل گردید. مراحل ساخت تخته‌خرده‌چوب شامل الک کردن، خشک‌کردن، چسب‌زنی، تشکیل کیک خرده‌چوب و پرس کردن می‌باشد. در این بررسی شرایط ساخت شامل چهار ترکیب ماده اولیه (۱۰۰ درصد مغز کنف، ۷۵ درصد مغز کنف و ۲۵ درصد باگاس، ۵۰ درصد مغز کنف و ۵۰ درصد باگاس، ۲۵ درصد مغز کنف و ۷۵ درصد باگاس)، دو

سطح حرارت پرس (۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) و دو سطح زمان پرس (٤ و ٥ دقیقه) به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند. سایر عوامل شامل مصرف چسب (۱۰ درصد ماده خشک تخته) و فشار پرس (۲٥ kg/cm^2) به‌عنوان عوامل ثابت بودند. درنهایت با در نظر گرفتن سه تکرار برای هر تیمار درمجموع ٤٨ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. آزمون‌های فیزیکی شامل اندازه‌گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب بودند. مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت چسبندگی داخلی نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تجزیه‌وتحلیل آماری از آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که با افزایش دما و زمان پرس مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. هم‌چنین افزایش میزان کنف در ترکیب ماده اولیه سبب بهبود مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها گردید. میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲٤ ساعت تخته‌ها نیز با افزایش دمای پرس، زمان پرس و میزان کنف در ترکیب ماده اولیه کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان گفت که در ساخت تخته‌خرده‌چوب می‌توان از پسماند لیگنوسلولزی مغز کنف در ترکیب با باگاس استفاده نمود و تخته‌های حاصله دارای خواص فیزیکی و مکانیکی قابل‌قبول می‌باشند. هم‌چنین استفاده از باگاس در مقادیر کم در ترکیب ماده اولیه می‌تواند تخته‌هایی با ویژگی‌های قابل‌قبول ارائه نماید؛ اما در مقادیر بالاتر باعث افت خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها می‌گردد. بنابراین پسماند لیگنوسلولزی مغز کنف در ترکیب با باگاس می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه مناسب در صنعت تخته‌خرده‌چوب مورد استفاده قرار گیرند.

استناد: حاجی‌حسنی، رضا، گرامی، مسعود، صالحی، کامیار، قهری، سامان (۱۴۰۱). پتانسیل استفاده از مغز کنف در ساخت تخته‌خرده‌چوب. *نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، ۲۹ (۲)، ۲۱-۳۷.
DOI: 10.22069/JWFST.2022.20477.1977

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

سطح اندک جنگل‌های کشور و لزوم صیانت و حفاظت از جنگل‌ها و توقف بهره‌برداری از آن‌ها (قانون استراحت جنگل) ازیک‌طرف و عدم واردات چوب با پوست به‌دلیل به مخاطره افتادن منابع جنگلی و منافع ملی از طرف دیگر، تنگناها و مشکلاتی را برای تأمین چوب و مواد لیگنوسلولزی مورد نیاز صنایع چوب و کاغذ که تعداد آن‌ها رو به افزایش می‌باشد، به همراه داشته است. تخته‌خرده‌چوب یکی از محصولات مرکب چوبی می‌باشد که در تولید آن امکان استفاده از تمامی مواد اولیه چوبی و انواع مواد لیگنوسلولزی و حتی گیاهان یک‌ساله وجود دارد. بنابراین در سال‌های اخیر تلاش گردیده است تا برای تأمین ماده چوبی، راهکارهایی ارائه گردد که کاشت درختان تند رشد و استفاده از پسماندهای کشاورزی از آن جمله‌اند. کاشت گیاهانی مانند کتان، کنف و ... به دلیل مزیت‌هایی چون دوره رویشی کوتاه، الیاف بلند و مناسب و نیازهای اکولوژیکی کم، از رشد و توسعه مطلوبی در جهان برخوردار بوده است و اقداماتی نیز توسط مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در زمینه تهیه بذر کنف و کاشت آن در جنوب کشور انجام شده است. استفاده از پسماند کشاورزی جهت ساخت تخته‌خرده‌چوب از نظر اقتصادی حائز اهمیت بوده و باعث می‌گردد تا ضمن حفظ منابع جنگلی، بخشی از نیاز این صنعت به ماده اولیه را نیز تأمین نماید. با توجه به این‌که گیاه کنف از بازدهی بسیار مناسبی در مواد چوبی و الیاف برخوردار است بنابراین در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران قرار گرفته است و پژوهش‌هایی نیز در زمینه استفاده از مغز و پوست کنف در تولید فرآورده‌های مرکب چوبی انجام گرفته و یا در حال اجرا می‌باشد.

کنف با نام علمی *Hibiscus cannabinus* گیاهی یک‌ساله از تیره پنیرک (Malvacea) است (۱). تاریخچه کشت این گیاه مربوط به ٤٠٠٠ سال قبل از میلاد مسیح در غرب سودان می‌باشد (۲). کنف دارای دو بخش پوست و مغز است و بیش‌تر در مناطق گرمسیری با آب‌وهوای معتدل تا ارتفاع ٥-٦ متر رشد می‌کند که با این ارتفاع، در مدت ٦-٨ ماه، تولید براساس وزن خشک به ۳۰ تن در هکتار می‌رسد (۳).

بیش‌ترین بخش ساقه کنف قسمت چوبی مغز آن است که حدود ۷۷ درصد مقطع عرضی و یا ٦۰ درصد وزنی آن را تشکیل می‌دهد. دانسیته خشک کل ساقه ۰/۲۷ تا ۰/۳۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد، درحالی‌که دانسیته بخش چوبی مغز ساقه از ۰/۲۲ تا ۰/٤۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب در امتداد طول ساقه نوسان دارد (٤). در مقایسه با چوب دارای درصد سلولز و لیگنین تقریباً برابر با چوب می‌باشد ولی همی‌سلولز بالایی دارد (٤٤-٥۰ درصد همی‌سلولز، ۳۱-۳۳ درصد سلولز و ۲۳-۲۷ درصد لیگنین) (٥). پوست کنف دارای الیاف نسبتاً بلند و با طول ۲ تا ٤ میلی‌متر است و قطر الیاف آن کوچک‌تر از الیاف سوزنی‌برگان می‌باشد و مقاومت کششی بالایی دارد. بنابراین یکی از کاربردهای مهم پوست کنف در صنعت خمیر و کاغذ می‌باشد (٦). الیاف مغز کنف دارای طولی به‌مراتب کمتر از الیاف پوست (۰/٦-۰/۸ میلی‌متر) می‌باشد (۷).

در خصوص تاریخچه کشت کنف در ایران اطلاعات دقیقی در دست نیست ولی کشت آن به‌عنوان محصول فرعی در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان مرسوم می‌باشد (۸). ازآن‌جایی‌که استفاده صنعتی از کنف تنها محدود به پوست کنف بوده است درنتیجه مغز که بخش اعظم ساقه را تشکیل می‌دهد به‌عنوان پسماند، بدون کاربری باقی می‌ماند (۹)؛ بنابراین پژوهش‌های متعددی در خصوص کاربرد آن در ساخت دیگر محصولات چوبی مانند تخته‌خرده‌چوب، MDF و ... صورت پذیرفته است.

در ارزیابی خواص مهندسی تخته‌های MDF ساخته‌شده از الیاف مغز و پوست کنف نشان داده شد که تخته‌های ساخته‌شده از الیاف مغز کنف دارای خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب‌تری می‌باشند؛ به‌طوری‌که استفاده از الیاف مغز کنف به‌ویژه در سطح تخته سبب افزایش قابل‌توجه خواص مکانیکی به‌خصوص مقاومت خمشی می‌گردد (۹).

در بررسی تولید تخته‌خرده‌چوب با دانسیته کم، با استفاده از مغز کنف و بدون کاربرد عامل اتصال‌دهنده نشان داده شد که مغز کنف دارای پتانسیل مناسب جهت ساخت پانل‌های آکوستیک با دانسیته کم (جاذب صوت) و نیز عایق حرارتی می‌باشد (۱۰).

جمال‌الدین و همکاران (۲۰۰۷) امکان ساخت MDF از دو گونه کنف و نخل روغنی (پالم) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که از هر دو گونه می‌توان در ساخت این نوع تخته استفاده نمود، ضمن اینکه مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته‌شده از کنف بالاتر بودند (۱۱).

هولیا و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهش‌های خود عوامل مؤثر بر ساخت تخته‌خرده‌چوب از کنف شامل شرایط پرس، دانسیته و میزان پوست کنف را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که تمامی عوامل ذکرشده به‌استثنای فشار پرس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب حاصل از کنف تأثیر معنی‌داری داشت. واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های ساخته‌شده از ۱۰/۱۶ تا ۲۷/۵۲ درصد به‌دست آمد که دلیل آن را آب‌دوست بودن کنف عنوان نمودند. هم‌چنین میانگین مقاومت خمشی در دامنه ۱۲/۶۸ الی ۱۶/۸۷ مگاپاسکال بود (۱۲).

کارگرفرد و حاجی‌حسنی (۲۰۱۹) که امکان استفاده از گرز ذرت در ساخت تخته‌خرده‌چوب را مورد بررسی قرار دادند به این نتیجه دست یافتند که در صورت استفاده از ۱۰۰ درصد ذرات چوب ذرت در لایه میانی تخته‌ها می‌توان تخته‌هایی با ویژگی‌های مکانیکی بالاتر از سطح استاندارد تولید نمود. بااین‌حال برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی تخته‌ها، استفاده از ۲۵ تا ۵۰ درصد ذرات چوب ذرت در ترکیب با چوب صنوبر در لایه میانی تخته‌ها و نیز دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد را توصیه نمودند (۱۳).

جهان لتیباری و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی استفاده از ضایعات چوبی شهری در تولید تخته‌خرده‌چوب به این نتیجه رسیدند که خرده‌چوب‌های تولید شده از ضایعات چوبی شهری مانند ضایعات چوب کاج و چنار و هم‌چنین ضایعات هرس درختان انگور از قابلیت خوبی به‌عنوان ماده اولیه لیگنوسلولزی ارزان‌قیمت برخوردار بوده و می‌تواند به‌صورت خالص یا مخلوط با یکدیگر و یا مخلوط با خرده‌چوب پهن‌برگان شمال ایران در تولید این محصول به‌کار برده شود (۱٤).

حاجی‌حسنی و همکاران (۲۰۱۲) در یک بررسی نشان دادند که برای تولید تخته‌خرده‌چوب از ترکیب نی و سرشاخه‌های انار با خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب، ترکیب ۲۵ درصد نی و ۷۵ درصد سرشاخه انار و زمان پرس سه دقیقه مناسب می‌باشد (۱۵).

پژوهش‌ها نشان دادند که ساقه کلزا به دلیل دانسیته پایین و ضریب لاغری مناسب می‌تواند ماده مناسبی برای ساخت تخته‌خرده‌چوب باشد. استفاده از ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده‌چوب باعث کاهش چسبندگی داخلی و افزایش واکشیدگی ضخامت تخته‌ها می‌گردد. افزایش مقدار مصرف چسب و زمان پرس نیز سبب بهبود خواص کیفی تخته‌های حاصله گردید (۱٦).

رسام و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی امکان ساخت تخته‌خرده‌چوب از ساقه ذرت دانه‌ای به این نتیجه دست یافتند که بالا بودن ضریب فشردگی و نیز

ضریب کشیدگی ساقه ذرت سبب ایجاد پیوستگی بیش‌تر بین ذرات و درنتیجه افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها می‌گردد (۱۷). بنابراین استفاده از مواد لیگنوسلولزی حاصل از ضایعات کشاورزی می‌تواند ازیک‌طرف باعث ایجاد ارزش‌افزوده و تأمین بخشی از نیازهای داخلی گردد و از طرف دیگر کاهش فشار بهره‌برداری از منابع جنگلی را به همراه داشته باشد. بنابراین ازآن‌جایی‌که گیاه کنف می‌تواند به‌عنوان یک ماده لیگنوسلولزی مناسب (در صنایع نساجی و نیز صنعت چوب) در نقاط مختلف کشور از جمله جنوب ایران کشت گردد، این بررسی سعی دارد تا با به‌کارگیری مغز کنف در ترکیب با پسماند کشاورزی باگاس در ساخت تخته‌خرده‌چوب، ارزش این ماده لیگنوسلولزی و اهمیت کاربرد آن در بخش صنعت را نشان دهد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی کنف و باگاس مورد نیاز به ترتیب از موسسه تحقیقات نیشکر اهواز و شرکت نئوپان کارون واقع در شهرستان شوشتر تهیه گردیدند. برای تهیه خرده‌چوب از مغز کنف‌های تهیه‌شده، ابتدا پوست‌کنی آن‌ها صورت پذیرفت. مغز کنف‌های جداشده از پوست، با استفاده از خردکن غلتکی به خرده‌چوب و سپس توسط آسیاب حلقوی به پوشال قابل‌استفاده برای ساخت تخته‌خرده‌چوب تبدیل گردید. از دو الک با منافذ درشت و ریز به ترتیب جهت جداسازی خرده‌چوب‌های بسیار درشت و ریز که خارج از درجه‌بندی مناسب ساخت تخته‌خرده‌چوب است، استفاده گردید. پوشال مغز کنف و نیز باگاس تهیه‌شده، با استفاده از یک خشک‌کن دوار با سرعت ۳ دور در دقیقه و در درجه حرارت بین ۱۴۰ الی ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت حدود ۱ درصد خشک گردید. بعد از خشک شدن، خرده‌چوب‌های کنف و باگاس با در نظر گرفتن درصد اختلاط، توزین و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم و غیرقابل نفوذ بسته‌بندی و جهت مرحله بعدی آماده شدند. برای چسب‌زنی از چسب اوره فرم‌آلدهید مایع ساخت شرکت بخارا شیمی البرز استفاده شد. چسب‌زنی خرده‌چوب‌ها نیز با استفاده از دستگاه چسب‌زن آزمایشگاهی دوار صورت پذیرفت. محلول چسب همراه با کاتالیزور کلرید آمونیوم (NH_4CL) به میزان ۱ درصد (براساس وزن خشک چسب)، به‌وسیله یک نازل با استفاده از هوای فشرده در داخل استوانه، روی خرده‌چوب‌های مغز کنف و ذرات باگاس پاشیده شده و مخلوط گردید. برای شکل دادن کیک خرده‌چوب از یک قالب چوبی ۲۵×۳۲×۳۰ سانتی‌مترمکعب (عرض×طول×ارتفاع) استفاده گردید. برای تشکیل کیک بعد از چسب‌زنی، خرده‌چوب مورد نیاز برای هر تخته توزین و سپس به‌صورت دستی لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند. کیک خرده‌چوب با استفاده از پرس گرم آزمایشگاهی از نوع Buerkle L 100 در فشار Kg/cm^2 ۲۵ و سرعت بسته شدن ۴/۵ میلی‌متر در ثانیه پرس شده و به تخته مورد نظر تبدیل گردید. جهت تنظیم ضخامت تخته‌ها از شابلون ۱۵ میلی‌متری استفاده گردید.

عوامل متغیر در این بررسی شامل ۱- ترکیب ماده اولیه (۱- ۱۰۰ درصد مغز کنف ۲- ۷۵ درصد مغز کنف و ۲۵ درصد باگاس ۳- ۵۰ درصد مغز کنف و ۵۰ درصد باگاس ۴- ۲۵ درصد مغز کنف و ۷۵ درصد باگاس) و ۲- زمان پرس (شامل دو سطح ۴ و ۵ دقیقه) ۳- حرارت پرس (۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) بودند و سایر عوامل ثابت در نظر گرفته شد. بدین‌ترتیب درمجموع ۱۶ تیمار به‌دست آمد که با در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار، درمجموع ۴۸ تخته آزمایشگاهی تهیه گردید (شکل ۱).

۱۰۰ درصد کنف

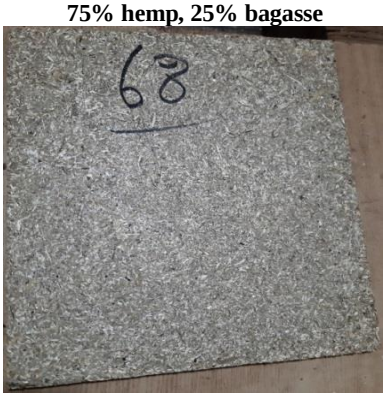
100% hemp

۷۵ درصد کنف، ۲۵ درصد باگاس

75% hemp, 25% bagasse

۵۰ درصد کنف، ۵۰ درصد باگاس

50% hemp, 50% bagasse



۲۵ درصد کنف، ۷۵ درصد باگاس

25% hemp, 75% bagasse

شکل ۱- تخته‌های ساخته‌شده از کنف و باگاس با درصد اختلاط مختلف.

Figure 1. Particleboard made from hemp-core fibers and sugarcane bagasse fibers with different mixing percentages.

پس از ساخت تخته‌ها، جهت متعادل‌سازی به‌مدت ۲۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی ۱±۶۵ درصد و درجه حرارت ۳±۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. سپس از هر تخته نمونه‌های آزمایشگاهی بر طبق دستورالعمل EN326-1 تهیه شد (۱۸). آزمون‌های مورد ارزیابی شامل اندازه‌گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت (براساس استاندارد EN317)، مقاومت خمشی (خمش سه‌نقطه‌ای) و مدول الاستیسیته (بر اساس استاندارد EN310) و چسبندگی داخلی (بر اساس استاندارد EN319) بودند (۱۹، ۲۰، ۲۱).

جهت تجزیه‌وتحلیل آماری از آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

در فرآیند ساخت تخته‌خرده‌چوب عوامل متعددی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها تأثیر می‌گذارند، بنابراین در این پژوهش تأثیر فاکتورهای موردنظر؛ یعنی ترکیب ماده اولیه، دما و زمان پرس بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب به‌طور مستقل و متقابل مورد ارزیابی قرار گرفتند. جدول ۱ خلاصه تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و اثرات مستقل و متقابل درصد اختلاط، دما و زمان پرس را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده.

Table 1. Summarized result of ANOVA for physical and mechanical properties of produced particleboards.

منبع تغییرات Source of variation	مقاومت خمشی (مگاپاسکال) Modulus of rapture (Mpa)	مدول خمشی (مگاپاسکال) Modulus of elasticity (Mpa)	چسبندگی داخلی (مگاپاسکال) Bending strength (Mpa)	جذب آب (٪) Water absorption (%)		واکشیدگی ضخامت (٪) Thickness swelling (%)	
				۲ ساعت 2 hrs	۲٤ ساعت 24 hrs	۲ ساعت 2 hrs	۲٤ ساعت 24 hrs
دمای پرس Press temperature	0.000**	0.502 ^{ns}	0.290 ^{ns}	0.000**	0.000**	0.000**	0.885 ^{ns}
زمان پرس Press time	0.011*	0.011*	0.074 ^{ns}	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
درصد اختلاط composition	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
دمای پرس × زمان پرس Press temperature × Press time	0.028*	0.309 ^{ns}	0.000**	0.003**	0.000**	0.711 ^{ns}	0.004**
دمای پرس × درصد اختلاط Press temperature × Composition	0.441 ^{ns}	0.211 ^{ns}	0.000**	0.061 ^{ns}	0.024*	0.000**	0.198 ^{ns}
زمان پرس × درصد اختلاط Press time × Composition	0.582 ^{ns}	0.037*	0.054 ^{ns}	0.835 ^{ns}	0.014*	0.045*	0.000**
دمای پرس × زمان پرس × درصد اختلاط Press temperature × Press time × Composition	0.976 ^{ns}	0.070 ^{ns}	0.004**	0.000**	0.072 ^{ns}	0.000**	0.000**

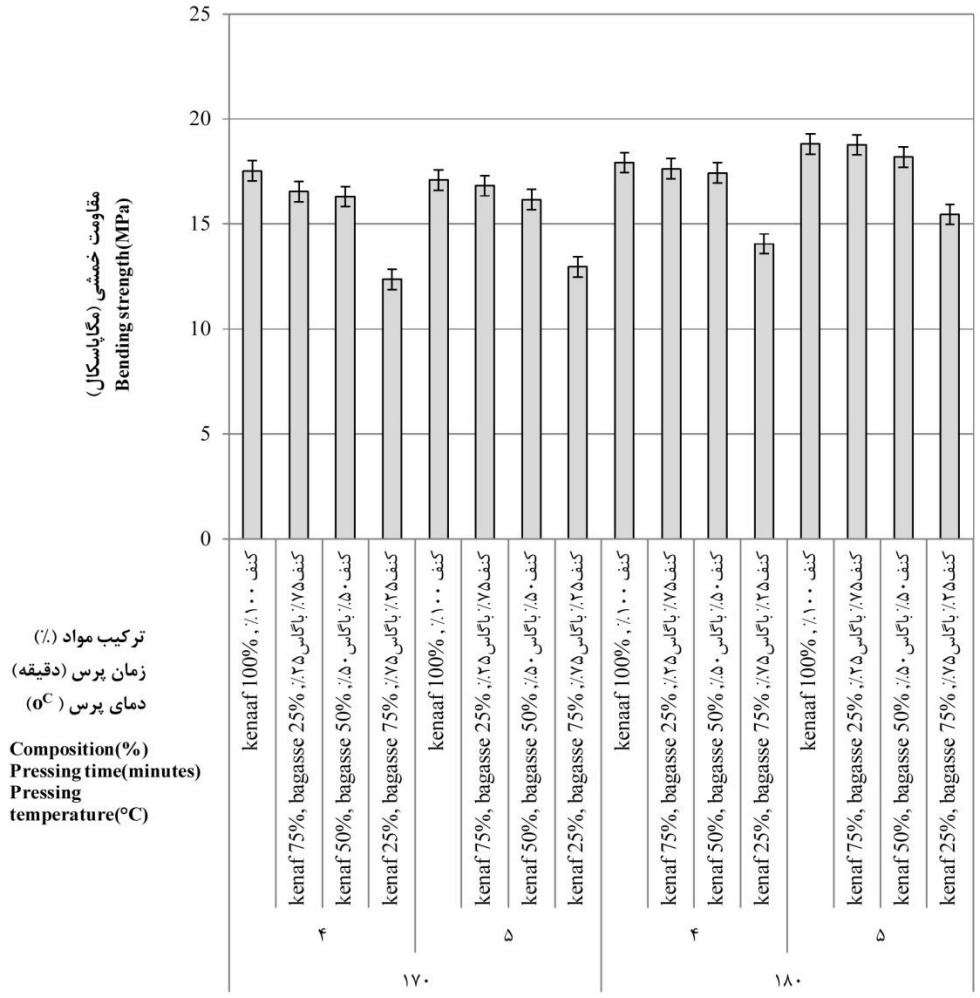
**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری

^{ns}, ** and * Non-significant and significant at the 0.01 and 0.05 probability levels, respectively

مقاومت خمشی: نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که در ساخت تخته‌خرده‌چوب از کنف، اثر مستقل دمای پرس و ترکیب مواد در سطح آماری ۹۹ درصد و اثر مستقل زمان پرس و نیز اثر متقابل دما و زمان پرس در سطح آماری ۹۵ درصد دارای اثر معنی‌داری بر مقاومت خمشی می‌باشد (جدول ۱). مقایسه تیمارها در شکل ۲ نشان می‌دهند که با افزایش دمای پرس از ۱۷۰ به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد مقاومت خمشی افزایش یافت. هم‌چنین با افزایش میزان باگاس در ترکیب ماده اولیه میزان مقاومت خمشی کاهش یافت. افزایش دما و زمان پرس سبب بهبود انتقال حرارت در تخته و پلیمریزاسیون بهتر چسب می‌گردد که افزایش مقاومت خمشی را به همراه دارد (۱٦). از طرفی افزایش میزان کنف یا کاهش میزان باگاس در ترکیب ماده اولیه سبب پیوستگی و یکپارچگی بیش‌تر بین ذرات و درنتیجه افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها می‌گردد (۱۷).

در خصوص تأثیر زمان پرس بر مقاومت خمشی نیز همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، در دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، با افزایش زمان پرس از ٤ به ۵ دقیقه، مقاومت خمشی تغییرات متفاوتی داشت، اما در دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با بالا رفتن زمان پرس مقاومت خمشی تخته‌ها افزایش یافت. نتایج نشان می‌دهند که بالاترین میزان مقاومت خمشی مربوط به دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۵ دقیقه و درصد اختلاط

۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۱۸/۸۲ مگاپاسکال بود. کم‌ترین مقدار مقاومت خمشی نیز مربوط به شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ۱۲/۳۸ مگاپاسکال بود (شکل ۲). مقایسه میانگین‌های مقاومت خمشی نمونه‌ها نیز نشان دادند که بیش‌ترین مقدار مقاومت خمشی مربوط به درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۱۷/۸٤ مگاپاسکال بوده که در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند و کم‌ترین میزان مدول خمشی مربوط به درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد درصد باگاس و برابر با ۱۳/۷۱ مگاپاسکال می‌باشد که در گروه C جدول دانکن قرار گرفت.

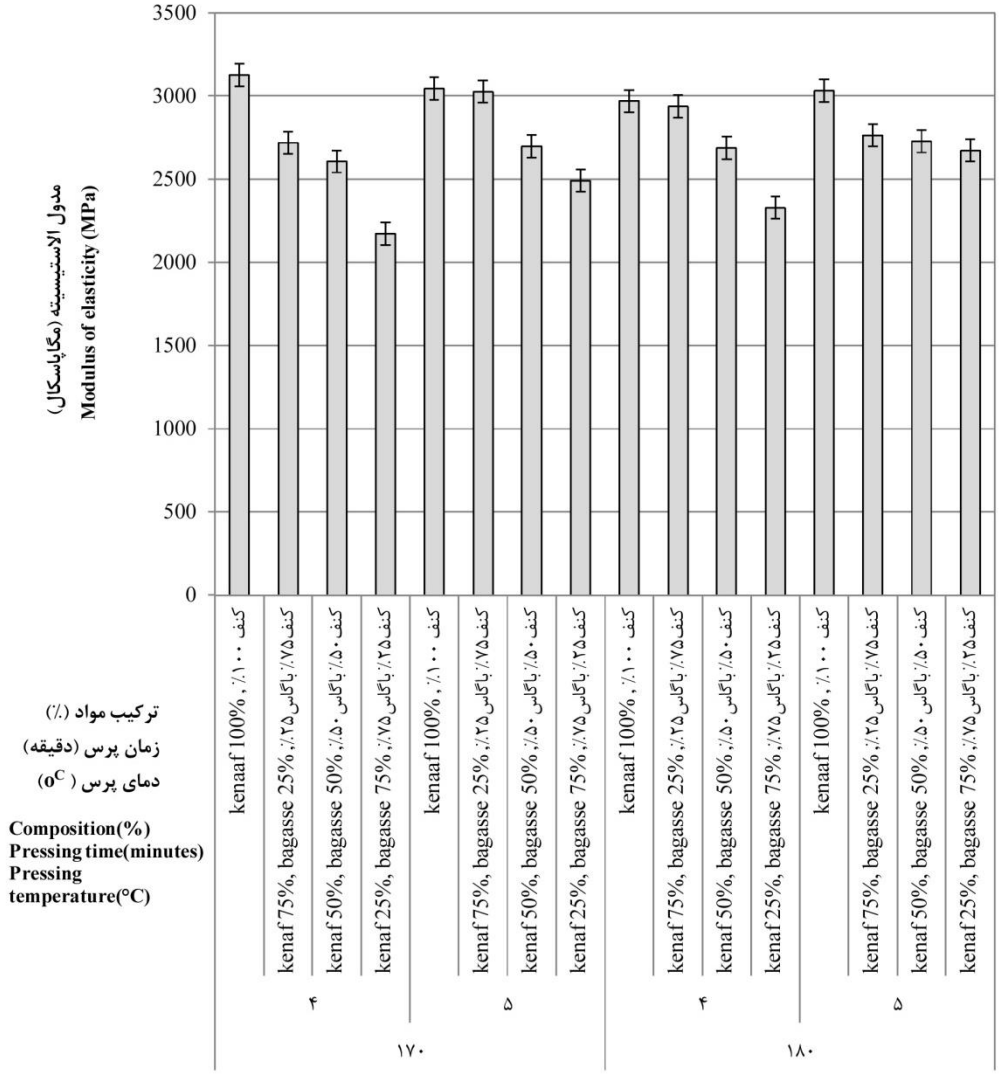


شکل ۲- تأثیر ترکیب شرایط مختلف تیمار بر مقاومت خمشی.

Figure 2. Effect of different treatment parameters on bending strength.

مدول الاستیسیته خمشی: نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که مدول الاستیسیته نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌داری (سطح آماری ۹۹ درصد) تحت‌تأثیر اثر مستقل درصد ترکیب مواد قرار می‌گیرد. همچنین اثر مستقل زمان پرس و نیز اثر متقابل زمان پرس و ترکیب مواد در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه تیمارها در شکل ۳ نشان می‌دهد که با کاهش میزان کنف در ترکیب ماده اولیه، مدول

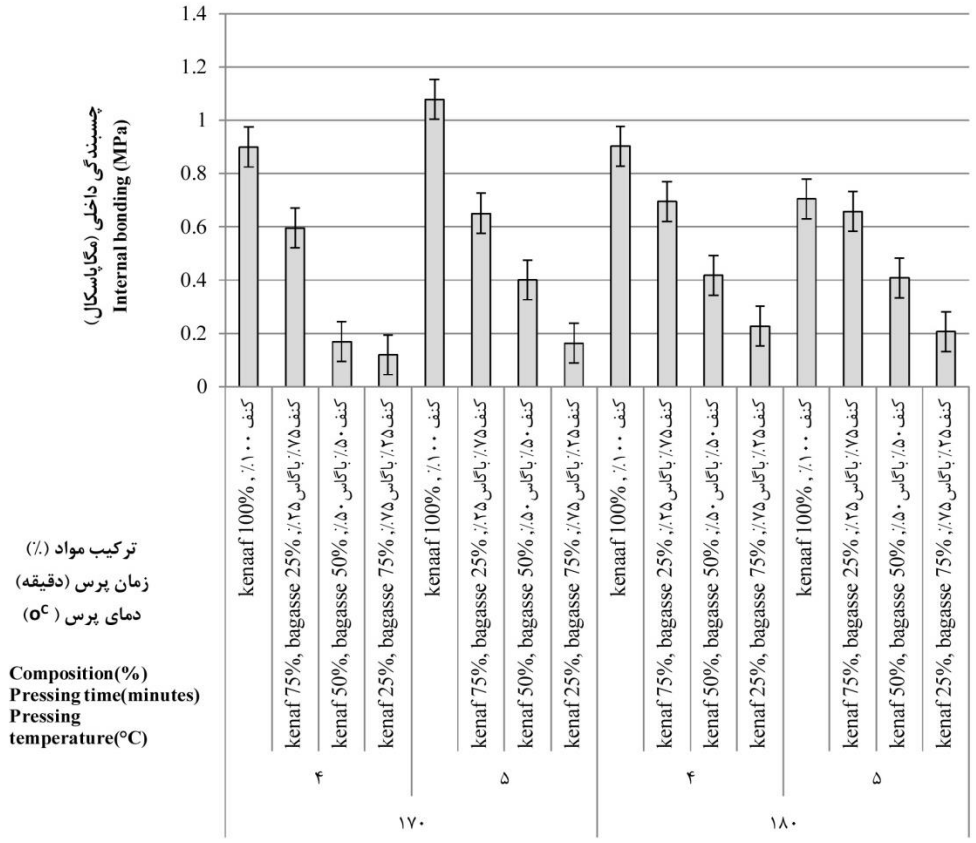
الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده کاهش می‌یابند. در حقیقت کاربرد باگاس به دلیل عدم تشکیل ساختار یکپارچه و کاهش میزان اتصالات میان ذرات باعث کاهش مدول الاستیسیته می‌گردد (۲۲). شکل ۳ نشان می‌دهد که در ترکیب شرایط مختلف تیمار، بالاترین میزان مدول الاستیسیته نمونه‌ها مربوط به شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۳۱۲٦ مگاپاسکال می‌باشد. کم‌ترین مقدار مدول الاستیسیته نیز مربوط به شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ۲۱۷۳ مگاپاسکال می‌باشد (شکل ۳). مقایسه میانگین‌های مدول الاستیسیته نمونه‌ها نیز نشان دادند که بیش‌ترین مقدار مدول الاستیسیته مربوط به درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۳۰٤۳ مگاپاسکال بوده که در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند و کم‌ترین میزان مدول الاستیسیته مربوط به درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ۲٤۱٦ مگاپاسکال می‌باشد که در گروه D جدول دانکن قرار گرفت.



شکل ۳- تأثیر ترکیب شرایط مختلف تیمار بر مدول خمشی.

Figure 3. Effect of different treatment parameters on modulus of elasticity.

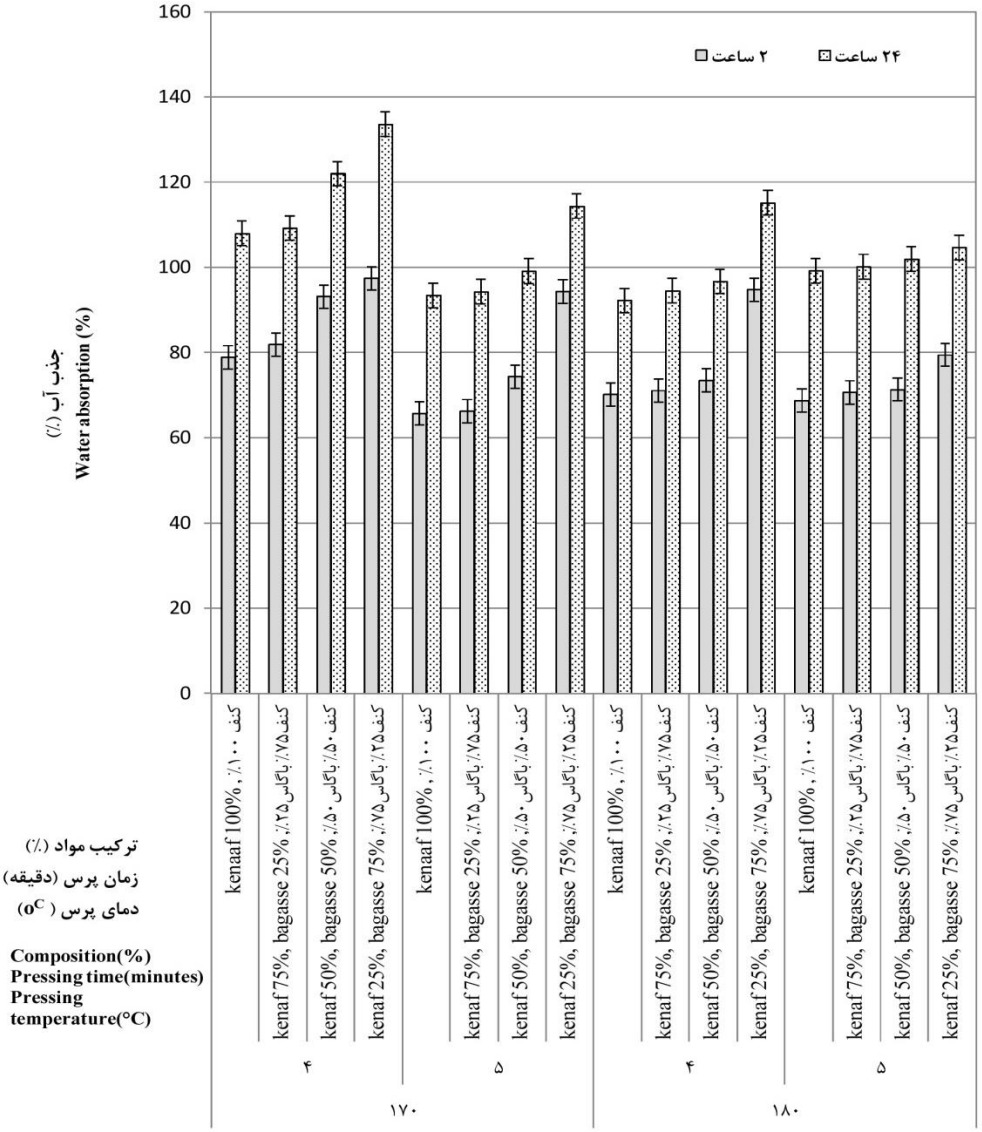
چسبندگی داخلی: چسبندگی داخلی یکی از خصوصیات مهم مکانیکی کامپوزیت‌های چوبی از جمله تخته‌خرده‌چوب است که حتی ویژگی‌های فیزیکی مانند واکشیدگی و تغییر ابعاد را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، چرا که معرف استحکام اتصالاتی است که به‌واسطه رزین میان خرده‌چوب‌ها ایجاد می‌شود و آن‌ها را به هم متصل می‌سازد و به‌عبارت‌دیگر پایداری آن‌ها را موجب می‌گردد. تجزیه واریانس چسبندگی داخلی (IB) تخته‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر مستقل ترکیب ماده اولیه و نیز اثر متقابل دما و زمان پرس، دمای پرس و ترکیب مواد و نیز دما و زمان پرس و ترکیب مواد در سطح آماری ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه تیمارها در شکل ٤ نشان می‌دهند که با کاهش میزان کنف در ترکیب ماده اولیه، میزان چسبندگی داخلی تخته‌ها نیز کاهش یافته است؛ به‌طوری‌که بالاترین میزان چسبندگی داخلی تخته‌ها مربوط به ترکیب شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۵ دقیقه و درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۱/۰۸ مگاپاسکال می‌باشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان چسبندگی داخلی نیز مربوط به شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ۰/۱۲ مگاپاسکال بوده است. در حقیقت کاربرد باگاس سبب کاهش یکپارچگی اتصال بین ذرات در بخش مرکزی می‌گردد که کاهش چسبندگی داخلی را به همراه دارد (۲۲). مقایسه میانگین‌های چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته‌شده نیز نشان دادند که بیش‌ترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف پسماند هرس و برابر با ۰/۹ مگاپاسکال بوده که در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند و کم‌ترین میزان مدول الاستیسیته مربوط به درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ۰/۱۸ مگاپاسکال می‌باشد که در گروه D جدول دانکن قرار گرفتند.



شکل ٤- تأثیر ترکیب شرایط مختلف تیمار بر چسبندگی داخلی.

Figure 4. Effect of different treatment parameters on internal bonding.

جذب آب پس از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب: نتایج آنالیز داده‌ها نشان دادند که در تخته‌های ساخته‌شده از مغز کنف، اثر مستقل هر سه عامل زمان پرس، دمای پرس و ترکیب مواد در سطح آماری ۹۹ درصد بر جذب آب ۲ و ٢٤ ساعت معنی‌دار شده‌اند (جدول ۱). مقایسه تیمارها در شکل ۵ نشان می‌دهند که بیش‌ترین مقدار جذب آب ۲ و ٢٤ ساعت مربوط به شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و به ترتیب برابر با ۹۷/٤۵ و ۱۳۳/۵٦ درصد بوده است. هم‌چنین در ترکیب شرایط مختلف تیمار کم‌ترین میزان جذب آب ۲ ساعت مربوط به دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۵ دقیقه و درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ٦۵/۷۱ درصد می‌باشد و کم‌ترین میزان جذب آب ٢٤ ساعت نیز مربوط به شرایط دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۹۲/۲۱ درصد می‌باشد (شکل ۵). مقایسه میانگین‌های جذب آب ۲ ساعت نشان دادند که کم‌ترین میزان جذب آب ۲ ساعت مربوط به درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۷۰/۸٦ درصد بوده که در گروه C جدول دانکن قرار می‌گیرد و درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس دارای بیش‌ترین مقدار جذب آب ۲ ساعت و برابر با ۹۱/٤۹ درصد بود که در گروه A جدول دانکن قرار گرفت. افزایش مصرف باگاس در ترکیب ماده اولیه سبب عدم یکپارچگی بافت تخته، کاهش سطح اتصالات بین ذرات و ایجاد فضاهای خالی در ساختار تخته می‌گردد که نتیجه آن افزایش میزان جذب آب می‌باشد (۲۲).

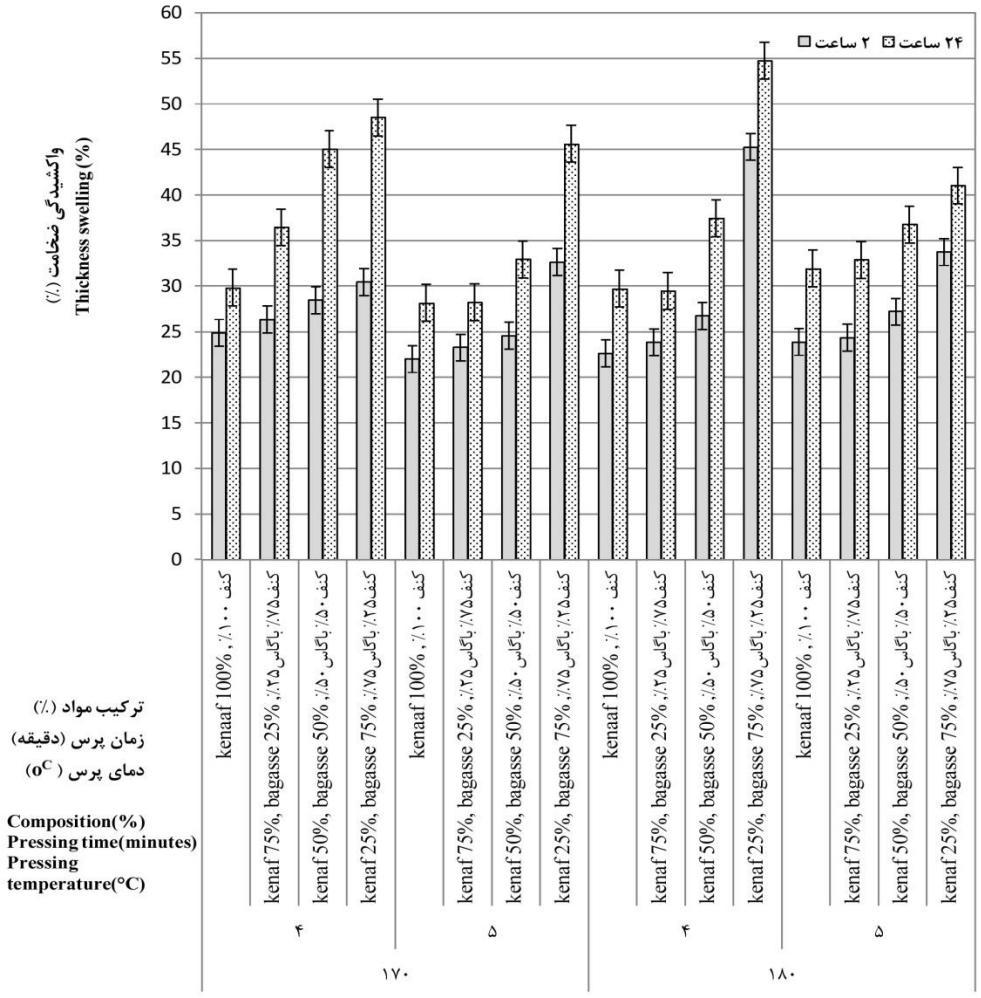


شکل ۵- تأثیر ترکیب شرایط مختلف تیمار بر جذب آب ۲ و ۲٤ ساعت.

Figure 5. Effect of different treatment parameters on water absorption.

واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب: نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز داده‌ها نشان دادند که اثر مستقل هر سه عامل دمای پرس، زمان پرس و ترکیب ماده اولیه در سطح آماری ۹۹ درصد بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت معنی‌دار بوده است (جدول ۱). هم‌چنین نتایج به‌دست‌آمده از واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت تخته‌ها نشان دادند که اثر مستقل زمان پرس و ترکیب مواد بر این ویژگی معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه تیمارها در شکل ٦ نشان می‌دهند که کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲٤ ساعت مربوط به شرایط دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۵ دقیقه و درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و به ترتیب برابر با ۲۲/۰۱ و ۲۸/۱٦ درصد بوده است. هم‌چنین در ترکیب شرایط مختلف تیمار بیش‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲٤ ساعت مربوط به دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ٤ دقیقه و درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و به ترتیب برابر با ٤۵/۲۸ و ۵٤/۷٤ درصد می‌باشد (شکل ٦).

مقایسه میانگین‌های واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت نشان دادند که کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت مربوط به درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۲۳/۳۳ درصد بوده که در گروه C جدول دانکن قرار می‌گیرد و بیش‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت مربوط به درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ۳۵/۵۳ درصد بوده که در گروه A جدول دانکن قرار گرفت. هم‌چنین مقایسه میانگین‌های واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت نشان دادند که کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت مربوط به درصد اختلاط ۱۰۰ درصد کنف و برابر با ۲۹/۹ درصد بوده که در گروه C جدول دانکن قرار می‌گیرد. بیش‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲٤ ساعت نیز مربوط به درصد اختلاط ۲۵ درصد کنف و ۷۵ درصد باگاس و برابر با ٤۷/٤۸ درصد بوده که در گروه A جدول دانکن قرار گرفت. کارگرفرد و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش‌های خود نشان دادند که افزودن یک گونه چوبی سبک در ترکیب ماده اولیه برای ساخت تخته‌خرده‌چوب، سبب فشردگی و درهم‌رفتگی بیش‌تر ذرات و درنتیجه کاهش خلل و فرج می‌گردد که کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت را به همراه دارد (۲۳). از طرفی همان‌طور که قبلاً نیز اشاره گردید افزایش دما و زمان پرس سبب بهبود انتقال حرارت در تخته و پلیمریزاسیون بهتر چسب و ساختار یکپارچه می‌گردد که کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت را به همراه دارد.



شکل ٦- تأثیر ترکیب شرایط مختلف تیمار بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲٤ ساعت.

Figure 6. Effect of different treatment parameters on thickness swelling.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که در ساخت تخته‌خرده‌چوب می‌توان از پسماند لیگنوسلولزی مغز کنف در ترکیب با باگاس استفاده نمود و تخته‌های حاصله دارای خواص فیزیکی و مکانیکی قابل‌قبول می‌باشند. هم‌چنین استفاده از باگاس در مقادیر کم در ترکیب ماده اولیه می‌تواند تخته‌هایی با ویژگی‌های قابل‌قبول ارائه نماید؛ اما در مقادیر بالاتر باعث افت خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها می‌گردد. بنابراین پسماند لیگنوسلولزی مغز کنف در ترکیب با باگاس می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه مناسب در صنعت تخته‌خرده‌چوب مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

1. Shakhes, J., Dehghani Firouzabadi, M., Pahlavani, M.H., and Zeinali, E. 2009. Effect of genotype and harvest time on relative parameter to yield in kenaf. EJCP. 2: 1. 91-103.
2. Lemahieu, P.J., Oplinger, E.S., and Putnam, D.H. 2003. Kenaf in alternative field. http//www.corn. agronomy. Wisc. edu/FISC/ Alternatives/Kenaf.htm.Crops Manual. Viewed September.
3. Webber, C.L., Bhardwaj, H.L., and Bledsoe, V.K. 2002. Kenaf production: fiber, feed, and seed. In Janick, J., and Whip key, A (eds). Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press. Alexandria, VA. pp. 327-339.
4. Voulgaridis, E., Passiallis, C., and Grigorious, A. 2000. Anatomical characteristic and properties of Kenaf steams (*Hibiscus cannabinus*). IAWA J. 21: 4. 435-442.
5. Okuda, N., and Sato, M. 2004. Manufacture and mechanical properties of binderless boards from kenaf core. J. of wood science. 50: 53-66.
6. Taylor, C.S. 2003. Kenaf. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/Crop Factsheets/Kenaf.Htm.
7. Ververis, C., Georghios, K., Chistodoulakis, N., and Santos, R. 2003. Fiber, dimension, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, Athens G.R. 1: 1. 57-84.
8. Khajehpour, M.R. 1994. Industrial plants. Isfahan industrial university. Pp. 303-315. (In Persian)
9. Paridah, MT., Hafizah, A.W., and Azmi, I. 2009. Banding properties and preformance of multi-layerd kenaf board. J. of tropical forest science. 21: 2. 122 -133.
10. Jianying, X., Guang, P.H., Wong, E.D., and Kawai, S. 2003. Development of binderless particleboard from kenaf core using steam-injeaction pressing. J. of Wood Science. 49: 327-332.
11. Jamaludin, M., Nodin, K., and Ahmad, M. 2007. The bending strength of medium density fiberboard from different ratios of kenaf and oil palm empty fruit bunches admixture for light weight construction. Key Engineering materials J. 334: 77-80.
12. Hulya, K., and Gokay, N. 2006. Producing composite particleboard from kenaf (*Hibiscus Canabinus* L.) Staiks. Industrial Crops and Products. 24: 2. 177-180.
13. Kargarfard, A., and Hajihassani, R. 2019. The potential of utilizing corn crop in particleboard production. Iranian J. of Wood and Paper Science Research. 34: 4. 461-474. (In Persian)
14. Jahan Latibari, A., Golbabaei, F., Tamjidi, A., Sobhani, B., and Raofkia, A. 2013. Investigation on the utilization of urban wood residues in the production of particleboard. Iranian J. of Wood and Paper Science Research. 28: 1. 109-122. (In Persian)
15. Hajihassani, R., Hosseinkhani, H., Kargarfard, A., Nourbakhsh, A., and Golbabaei, F. 2012. The impact of reeds residue addition on physical and mechanical properties of particleboard

made from pomegranate prunings. Iranian J. of Wood and Paper Science Research. 27: 1. 38-50. (In Persian)
16. Rangavar, H., Rassam, G., and Aghagolpour, V. 2011. Investigation on the possibility of using canola stem residues for particleboard manufacturing. J. of Wood & Forest Science and Technology. 18: 1.
17. Rassam, GH., Rangavar, H., Taghiary, H.R., and Taheri, A. 2012. Study on the possibility of using sunflower stalk in particleboard production. Iranian J. of Wood and Paper Industries. 2: 2.
18. European Standard EN 326-1, 1993. Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.
19. European Standard EN 317, 1996. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee, Brussell.
20. European Standard EN 310, 1996. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee, Brussell.
21. European Standard EN 319, 1996. Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussell.
22. Han, G. 2001. Development of high-performance Reed and Wheat straw composite panels. Wood Research. 88: 19-39.
23. Kargarfard, A., Nourbakhsh, A., and Golbabaei, F. 2013. Utilization of pomegranate tree pruning in the core layer of particleboard produced from *Eucalyptus camedulensis* wood. Iranian J. of Wood and Paper Science Research. 28: 2. 381-391. (In Persian)