



Review Paper

Environmentally friendly sound absorbers: A narrative review

* Marzieh Kazempour^{1&2} 

1. Social Determinants in Health Promotion Research Center, Hormozgan Health Institute, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.
2. Department of Occupational Health, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Use your device to scan
and read the article online



Citation: Kazempour M. Environmentally friendly sound absorbers: A narrative review. *Journal of Preventive Medicine*. 2025; 12(3):323-338. [In Persian]



10.48312/JPM.12.3.301.2

Article Info:

Received: 26 Sep 2025

Accepted: 14 Dec 2025

Available Online: 20 Dec
2025

ABSTRACT

Introduction: Noise pollution represents a major environmental concern, especially in densely populated urban areas, and is a clearly recognizable problem for the general public. To improve living conditions and reduce its harmful impacts on human health, the application of effective sound absorbers is highly recommended. In recent years, there has been a growing trend toward the development and utilization of environmentally friendly sound-absorbing materials, most of which are obtained from agricultural residues. The present study explores the acoustic properties and sound absorption capabilities of such natural materials.

Information Sources or Data: For this review, relevant studies were identified through systematic searches of the PubMed, ScienceDirect, Scopus, Ovid, Magiran, and the Scientific Information Center of Jahad Daneshgahi databases.

Selection Methods for Study: The keywords for this narrative review were green sound absorbers, recycled materials, agricultural products, environmentally friendly, human health, sound absorber performance, and environmental pollution. Research articles published from the beginning of 2000 to 2025 were included in this review. Studies were included if they were available in full text and presented research on green sound absorbers, with quantitative data on the material's sound absorption coefficient. The articles were searched in both English and Persian languages. From an initial selection of 100 articles, 40 were identified as meeting the quality standards for final analysis.

Combine Content and Results: This paper investigated the properties of eco-friendly green acoustic absorbers including Coconut fiber, rice husk and straw, tea leaf fiber, corn husk, peanut and fruit shells, palm trunk, fruit pit waste and wood bark. In general, thicker materials show better sound absorption performance in the low and medium frequency range. Furthermore, higher density is associated with better sound absorption performance at the same thickness. Furthermore, increasing the distance between the sound absorbing material and the back air cavity increases the sound absorption performance at low frequencies.

Discussion: Natural materials possess unique acoustic properties that can be further enhanced through appropriate processing and application. The findings of this study may contribute to the development of new and improved acoustic materials, thereby promoting sustainability and reducing the environmental impact associated with conventional sound absorbers.

Key Words:

Green Materials, Sound
Absorbers, Environment,
Environmental Pollution.

* Corresponding Author:

Dr Marzieh Kazempour

Address: Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

E-mail: marzieh.kazempour@gmail.com



Copyright © 2025 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



Extended Abstract

Introduction:

Noise pollution is one of the major factors that cause fatigue and reduce human work capacity. With the advancement of technology and urban development, along with the increasing density of vehicles, crowding, and residence near airports, railway stations, and noisy factories, people across society are increasingly exposed to noise pollution. Approximately twenty percent of the European population is exposed to the aforementioned sources of noise, which lead to sleep disturbances, discomfort, and adverse health effects. Noise pollution can negatively affect individuals' mental and emotional well-being. It also creates difficulties in adapting to both work and social environments, ultimately reducing work efficiency. Clinical observations and numerous laboratory experiments have confirmed the detrimental effects of noise on productivity.

One of the simplest approaches to mitigating noise pollution is the use of sound-absorbing materials. However, many of the materials traditionally used for sound absorption are non-biodegradable, contributing to environmental pollution and recycling challenges. In recent years, the application of natural materials in acoustic engineering has gained considerable attention as an environmentally friendly alternative to synthetic options. Consequently, researchers have increasingly focused on the sound absorption properties of natural fibers. Recent studies aim to expand the use of green sound-absorbing materials, often derived from agricultural by-products. The present study explores the sound absorption potential of such natural materials and evaluates their acoustic performance.

Methods:

To conduct this review research, the following databases were examined: PubMed, the Scientific Information Center of Jahad Daneshgahi, Science Direct, Scopus, Ovid, and Magiran. The used keywords were: green sound absorbers, recycled materials, agricultural products, environmentally friendly, human health, sound absorber perfor-

mance, and environmental pollution. Research papers were reviewed from the beginning of 2000 to 2025. Using the selected keywords, relevant articles were retrieved from reputable electronic databases, and the data extracted from the full-text reviews were organized and described categorically.

Results:

This paper investigated the properties of eco-friendly green acoustic absorbers including coconut fiber, rice Straw, rice husk, tea leaf fiber, fruit kernel, corn husk, peanut shell, palm and trunk bark. Since natural sound-absorbing materials are renewable and have a lower environmental impact than synthetic ones, they can serve as effective alternatives to conventional, environmentally harmful materials. Natural materials also have special acoustic properties that can be improved with proper preparation and modifications, and their final costs will be much lower than traditional absorbers. For most environmentally friendly sound-absorbing materials, the sound absorption coefficient at low frequencies increases with increasing thickness, increasing density, or enlarging the air cavity. Thick sound-absorbing materials provide more spaces for sound energy to penetrate and effectively improve noise reduction. Additionally, when an air-backed cavity is used, the radiated sound energy induces resonance, which in turn enhances sound absorption. These results indicate that using an air-backed cavity is far more efficient than employing a thick absorber, thereby conserving materials. In this context, rice husk and rice straw, which have sustainable production capacity, may have the greatest commercial value. In terms of continuous productivity, further studies are needed to improve the construction cost, mechanical strength, thermal resistance, and insulation. It is worth noting that natural materials face challenges such as moisture-induced brittleness, susceptibility to rotting, and low fire resistance. If these limitations are overcome, the potential for developing green sound-absorbing materials to replace synthetic ones could be greatly enhanced.

Conclusion:

This research showed that in addition to the traditional and synthetic materials discussed, a



wide range of environmentally friendly granular, fibrous and porous materials can also be used as sound-absorbing materials. These materials can effectively absorb sound by carefully controlling physical properties such as thickness, density, and the incorporation of a back air cavity. This indicates that numerous opportunities exist to explore and utilize various environmentally friendly materials for sound absorption, thereby expanding the options available to mitigate noise pollution. However, the commercial use of green materials as sound absorbers requires their continuous supply. Natural materials have special acoustic properties that can be improved by proper preparation and application. The results of this study can support the development of new and improved acoustical materials, thereby enhancing sustainability and reducing the environmental impact of traditional sound absorbers. This study demonstrates the high potential of natural materials in providing sustainable acoustic solutions and provides new approaches for architects, engineers, and researchers working in the field of acoustic design.



مقاله مروری

جاذب‌های صوتی دوستدار محیط زیست: مرور نقلی

* مرضیه کاظم پور^{۱،۲} ID

۱. مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، پژوهشکده سلامت هرمزگان، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۲. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Kazempour M. Environmentally friendly sound absorbers: A narrative review. *Journal of Preventive Medicine*. 2025; 12(3):323-338. [In Persian]

doi 10.48312/JPM.12.3.301.2

چکیده

هدف: آلودگی صوتی یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیست بخصوص در نواحی شهری است که کاهش آن به منظور بالا بردن سطح کیفی زندگی و کم کردن اثرات آن بر سلامت شهروندان، به عنوان یکی از معضلات محیط زیست بر همگان آشکار است. تحقیقات اخیر برای گسترش استفاده از مواد سبز جاذب صدا، که معمولاً از محصولات جانبی کشاورزی به دست می‌آیند، افزایش یافته است. این مطالعه به بررسی پتانسیل جذب صدا توسط مواد طبیعی و ارزیابی عملکرد صوتی آن‌ها می‌پردازد.

منابع اطلاعات یا داده‌ها: برای انجام این مطالعه مروری، جستجو در پایگاه‌های PubMed، ScienceDirect، Scopus، OVID، پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی و مگیران انجام شد.

روش‌های انتخاب برای مطالعه: کلمات کلیدی مورد استفاده در این مطالعه مروری جاذب‌های صوتی سبز، مواد بازیافتی، محصولات کشاورزی، دوستدار محیط زیست، سلامتی انسان، عملکرد جاذب‌های صوتی و آلودگی زیست محیطی بود. متون پژوهشی از ابتدای سال ۲۰۰۰ لغایت ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفت. معیار انتخاب و ورود مقالات به مطالعه، در دسترس بودن کل مقاله، ارائه جاذب سبز و اندازه گیری ضریب جذب جاذب‌های صوتی دوستدار محیط زیست بود. سرچ مقالات به هر دو زبان انگلیسی و فارسی صورت گرفت. در این پژوهش ۱۰۰ مقاله انتخاب شد که از بین آن‌ها ۴۰ مقاله دارای کیفیت لازم برای تجزیه و تحلیل نهایی تشخیص داده شدند.

ترکیب مطالب و نتایج: این مقاله خواص جاذب‌های سبز صوتی دوستدار محیط زیست که شامل فیبر نارگیل، سبوس برنج، پوسته برنج، کاه، فیبر برگ چای، هسته میوه، پوسته ذرت، پوسته بادام زمینی، تنه نخل و پوست چوب می‌باشد را مورد بررسی قرار داده است. بطور کلی، مواد ضخیم تر عملکرد بهتری در جذب صدا در محدوده فرکانس پایین و متوسط نشان می‌دهند. علاوه بر این، چگالی بالاتر با عملکرد بهتر جذب صدا در ضخامت یکسان همراه است. به علاوه، افزایش فاصله بین مواد جاذب صدا و حفره پشتی هوا، عملکرد جذب صدا را در فرکانس‌های پایین افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری: مواد طبیعی دارای ویژگی‌های صوتی منحصر به فردی هستند که می‌توان با فرآوری و به کارگیری مناسب، آن‌ها را بیش از پیش بهبود بخشید. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به توسعه مواد آکوستیکی جدید و بهبود یافته کمک کند و از این طریق، موجب ارتقای پایداری و کاهش اثرات زیست محیطی مرتبط با جاذب‌های صوتی متداول شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۵ مهر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴ آذر ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۳۰ آذر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

مواد سبز، جاذب‌های صوتی، محیط‌زیست، آلودگی محیط زیست.

*نویسنده مسئول:

دکتر مرضیه کاظم پور

نشانی: دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

پست الکترونیک: marzieh.kazempour@gmail.com



Copyright © 2025 The Author[s].

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



مقدمه:

صداهاى مضر و ناخوشایند از پیامدهای جانبی زندگی ماشینی مدرن به شمار می‌روند. با تداوم توسعه فناوری، به ویژه افزایش سرعت و توان ماشین آلات، دستگاه‌های قدرتمند تری به بازار عرضه شده اند که صدای بیشتری تولید می‌کنند [۱]. در سال‌های اخیر، به منظور دستیابی به زندگی آرام‌تر، کنترل صدا مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. طبق آمار سازمان جهانی بهداشت، تعداد افراد دچار کم‌شنوایی در سراسر جهان از ۱۲۰ میلیون نفر در سال ۱۹۹۵ به ۲۵۰ میلیون نفر در سال ۲۰۰۴ افزایش یافته است [۱]. همچنین، براساس گزارش این سازمان، در اروپا و در میان عوامل مؤثر بر بیماری‌ها، صدای محیطی پس از آلودگی هوا در جایگاه دوم اهمیت قرار دارد و می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های مختلف شود. براساس اظهارات سازمان جهانی بهداشت، صدا در زندگی روزمره ما به یکی از انواع آلودگی‌های محیطی تبدیل شده است. صدا دارای اثرات منفی متعددی از جمله افت شنوایی، اختلالات خواب، خستگی، مشکلات قلبی-عروقی، اختلالات فیزیولوژیکی و روانی، کاهش عملکرد، آزاردهندگی صوتی و بروز رفتارهای اجتماعی منفی است [۲].

صدا نه تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در کشورهای توسعه یافته نیز یکی از مشکلات مهم محیطی به شمار می‌رود. تخمین زده می‌شود که در جهان حدود ۱۲۰ میلیون نفر دچار مشکلات شنوایی ناشی از صدای محیطی باشند. بخش مهمی از این صدای محیطی ناشی از ترافیک است که انرژی صوتی آن عمدتاً در فرکانس‌های پایین متمرکز است. براساس برآورد جامعه اروپا که در سندی با عنوان Green Paper ارائه شده است، ۲۰ درصد از جمعیت اروپا در معرض این نوع صداها قرار دارند؛ صداهایی که موجب اختلال در خواب، ناراحتی و اثرات منفی بهداشتی می‌شوند. افزون بر این، ۱۱۰ میلیون نفر از شهروندان اروپا، معادل ۲۷/۵ درصد، در مناطقی زندگی می‌کنند که تراز صدا موجب ناراحتی شدید آنان در طول روز می‌شود [۳].

در اروپای غربی، پس از ذرات معلق محیطی، صدا به

عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر سلامت انسان‌ها مورد توجه قرار گرفته است [۴]. این در حالی است که جاذب‌های صوتی موجود اغلب از موادی ساخته می‌شوند که آلودگی‌های زیست محیطی را افزایش می‌دهند [۵].

امروزه در ساختمان‌های صنعتی، استفاده از مواد مصنوعی به عنوان جاذب‌های صوتی به طور گسترده رواج دارد. مواد مورد استفاده در ساخت این جاذب‌ها اغلب غیر قابل تجزیه بوده و با مشکلاتی مانند آلودگی زیست محیطی و بازیافت نامناسب همراه هستند. از دهه ۱۹۷۰، مواد الیافی مصنوعی، از جمله الیاف شیشه، آزبست و الیاف معدنی، به دلیل هزینه کم و عملکرد مناسب در فرکانس‌های متوسط و بالا، کاربردهای تجاری گسترده‌ای در جذب صدا پیدا کرده اند [۶،۷]. از سوی دیگر، این مواد بسته به میزان و دفعات مواجهه، می‌توانند اثرات نا مطلوبی بر سلامت انسان داشته باشند؛ از جمله آنکه برخی از آنها با خطر سرطان‌زایی همراه هستند [۸]. این مواد نه تنها از نظر بازیافت، مشکلات زیست محیطی ایجاد می‌کنند، بلکه می‌توانند به کارگرانی که در فرایند بازیافت آنها فعالیت دارند نیز آسیب برسانند [۹،۱۰].

الیاف مصنوعی همچنین ممکن است حاوی ترکیبات آلی فرار و فرمالدئید باشند که می‌توانند آسیب‌های مستقیم به ساکنان وارد کنند و از عوامل مرتبط با سندرم ساختمان بیمار به شمار روند. افزون بر این، فرایند تولید جاذب‌های صوتی مصنوعی می‌تواند موجب انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر شود. بر این اساس، توجه به مواد و روش‌های تولید جاذب‌های صوتی سبز و دوستدار محیط زیست روز به روز در حال افزایش است [۱۱].

امروزه در ایران، جاذب‌های آکوستیکی به طور کلی از مواد پلاستیکی و معدنی ساخته می‌شوند که مشکلات فراوانی به همراه دارند. برخی از مشکلات جاذب‌های مورد استفاده در کشور شامل کمبود مواد اولیه، قیمت بالا، کیفیت پایین و سرطان‌زا بودن برخی مواد شیمیایی، از جمله آزبست و پشم معدنی است. این در حالی است که امروزه در کشورهای پیشرفته، استفاده از مواد چوبی و

محیط زیست بود. سرچ مقالات به هر دو زبان انگلیسی و فارسی صورت گرفت. در این پژوهش ۱۰۰ مقاله انتخاب شد که از بین آن‌ها ۴۰ مقاله دارای کیفیت لازم برای تجزیه و تحلیل نهایی تشخیص داده شدند.

یافته‌ها:

الیاف طبیعی اخیراً به عنوان جایگزینی برای الیاف مصنوعی به عنوان ماده اصلی برای تولید مواد جاذب صدا در نظر گرفته می‌شوند. این الیاف تجدیدپذیر هستند و استفاده از آن‌ها به عنوان ماده جاذب صدا مزایای زیست محیطی زیادی را به همراه دارد زیرا در مقایسه با الیاف معدنی و مصنوعی موجود بسیار سازگارتر با محیط زیست است [۱۳، ۱۷، ۱۸]. در این پژوهش با توجه به محدودیت‌های بهره‌برداری موجود در داخل کشور، انواع پرکاربرد آن‌ها شامل فیبر نارگیل، پوسته و شلتوک برنج، ضایعات برگ چای، پوسته ذرت و بادام زمینی، الیاف تنه نخل، ضایعات هسته میوه‌ها و چوب درخت شرح داده خواهد شد.

فیبر نارگیل^۱: فیبر نارگیل از پوسته بیرونی نارگیل به دست می‌آید و عمدتاً از آسیای جنوب شرقی تهیه می‌شود. الیاف طبیعی نارگیل بدلیل ارزان تر و سبک تر بودن از الیاف مصنوعی قابل فروش است [۱۹]. مطالعات متعددی الیاف نارگیل را به عنوان مصالح ساختمانی داخلی و به عنوان یک جاذب طبیعی صدا بکار برده اند [۲۰، ۲۱]. ضریب جذب با افزایش ضخامت فیبر نارگیل افزایش می‌یابد بطوریکه در ضخامت‌های ۲۰، ۳۵ و ۵۰ میلی‌متر ماکزیمم جذب ۰/۸۳، ۰/۷۶ و ۰/۸۸ را برای فرکانس‌های ۳۶۵۱، ۲۵۶۴ و ۱۴۳۵ هرتز ایجاد می‌کند. مکانیسم جذب صدا به ویسکوزیته هوا در حفره‌های به هم پیوسته که الیاف نارگیل را جدا می‌کند بستگی دارد. علاوه بر این، ساختار خالی پیچیده به طور قابل توجهی بر جذب انرژی صوتی در ماده تأثیر می‌گذارد. این رفتار معمولاً در جذب صدای جاذب‌های فیبری مشاهده می‌شود [۲۲]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که کامپوزیت‌های چند لایه ساخته شده از لایه‌های الیاف نارگیل، جو و بامبو در تمام محدوده‌های

لیگنوسلولزی، مانند پسماندهای محصولات کشاورزی رو به افزایش است [۱۴-۱۲].

مطالعات متعددی با هدف توسعه مواد جاذب صوت سبز و رفع مشکلات مرتبط با جاذب‌های صوتی مصنوعی رایج، از جمله الیاف شیشه، فوم پلی اورتان و پلی استر، انجام شده است [۱۵، ۱۶]. مواد طبیعی دارای ویژگی‌هایی از قبیل وزن سبک، هزینه اندک، فراوانی طبیعی، زیست تجزیه پذیری، سازگاری با محیط زیست، مقاومت بالا در برابر جریان الکتریکی، خواص آکوستیکی و حرارتی مناسب، چگالی پایین و سمیت کم هستند. همچنین، در طول فرایند ساخت و نصب این مواد، آسیب کمتری به سلامت انسان وارد می‌شود. به همین دلیل، مواد طبیعی و آکوستیکی بازیافتی می‌توانند جایگزین مناسبی برای مواد مصنوعی تجاری باشند [۱۲].

با توجه به کم توجهی به جاذب‌های صوتی سبز در کشور، پژوهش حاضر با هدف آشنایی هرچه بیشتر فعالان حوزه فناوری و فرآوری ضایعات محصولات کشاورزی با جاذب‌های صوتی طبیعی و دوستدار محیط زیست انجام شده است.

مواد و روش‌ها:

این مطالعه مروری با هدف معرفی برخی از جاذب‌های صوتی دوستدار محیط زیست انجام شد. جستجو در پایگاه‌های PubMed، ScienceDirect، Scopus، OVID، پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی و مگیران با استفاده از کلمات کلیدی جاذب‌های صوتی سبز، مواد بازیافتی، محصولات کشاورزی، دوستدار محیط زیست، سلامتی انسان، عملکرد جاذب‌های صوتی و آلودگی زیست محیطی انجام شد. متون پژوهشی از ابتدای سال ۲۰۰۰ لغایت ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از کلید واژه‌های تعیین شده، مقالات معتبر را از منابع معتبر الکترونیک استخراج و با بررسی متون کامل این مقالات، داده‌های حاصل به صورت دسته بندی شده توصیف گردید. معیار انتخاب و ورود مقالات به مطالعه ارائه جاذب سبز و اندازه گیری ضریب جذب جاذب‌های صوتی دوستدار

^۱ Coconut Fiber

شده از کامپوزیت پوسته برنج را تجزیه و تحلیل کردند: یکی با گرانول‌های چوب پنبه‌ای منبسط شده و دیگری با گرانول‌های لاستیک بازیافت شده [۲۷]. با توجه به گرانول‌های چوب پنبه منبسط شده، متوسط ضریب جذب برای کامپوزیت شامل ۵۰ درصد پوسته برنج، ۰/۲۵ و برای ۷۵ درصد پوسته برنج ۰/۱۵ بود. برای دانه‌های لاستیک بازیافتی، میانگین ضریب جذب به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۴۵ برای ۵۰ درصد و ۷۵ درصد پوسته برنج بود. پژوهش مورد نظر نشان داد که عملکرد جذب صدا با محتوای پوسته برنج افزایش یافت. مارکز و همکاران ویژگی‌های جذب صدای مواد کامپوزیتی مبتنی بر پلیمر ساخته شده با استفاده از پوسته برنج و محصولات جانبی چوب پنبه را بررسی کردند [۲۸]. هنگامی که محتوای پوسته برنج کم بود، چگالی کامپوزیت افزایش یافت و ضریب جذب صدا در کل محدوده فرکانس کاهش یافت.

همانگونه که ملاحظه شد همه این مطالعات نشان می‌دهد که پوسته برنج عملکرد خوبی برای جذب صدا دارد و می‌توان آن را در سیستم‌های ساختمانی از جمله دیوارها و سقف اعمال کرد [۲۹]. پوسته برنج به طور مستقل و همچنین در کامپوزیت‌های دارای پلیمر، رفتار جذب صدای عالی را نشان داده است، که مشخص می‌کند پوسته برنج پتانسیل زیادی برای استفاده به عنوان یک ماده جاذب صدای سبز دارد [۳۰]. شکل ۱ اشکال متفاوت مورد استفاده از پوسته برنج را به عنوان جاذب‌های صوتی نمایش می‌دهد [۳۱].



شکل ۱: نمایی از اشکال متفاوت مورد استفاده از پوسته برنج در جاذب‌های آکوستیکی

فرکانسی عملکرد بهتری نسبت به کامپوزیت‌های ساخته شده از الیاف منفرد داشتند [۱۷]. یافته‌های تحقیق دیگری بر پتانسیل کامپوزیت‌های مبتنی بر الیاف بامبو طبیعی به عنوان جاذب‌های صوتی برای کنترل مؤثر صدا در محیط‌های داخلی تأکید می‌کند. علی رغم ارزانی و در دسترس بودن الیاف نارگیل، جاذب‌های صوتی ساخته شده از آن بیشتر در فرکانس‌های بالا مؤثرند حال آنکه مشکل اصلی صنایع در فرکانس‌های پایین است [۲۳].

پوسته برنج^۲ (پوسته اول برنج قبل از شلتوک): پوسته برنج اثر بسیار مثبتی بر عملکرد جاذب‌های صوتی خواهد داشت زیرا سبب افزایش تخلخل و بهبود عملکرد جاذب صوتی خواهد شد. مطالعات متعددی برای بررسی کاربردهای بالقوه پوسته برنج به عنوان یک ماده جاذب صدا انجام شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند هنگامی که ضخامت لایه جاذب پوسته برنج افزایش یابد، ضریب جذب صدا بخصوص در فرکانس‌های پایین نیز افزایش خواهد یافت [۲۴]. مهزان و همکاران عملکرد جذب صدای شش نوع پوسته برنج مخلوط با پلی اورتان را بررسی کردند [۲۵]. نتایج نشان داد که بهترین درصد پوسته برنج ۲۵ درصد است. ضریب جذب صدای به دست آمده نشان داد که این مخلوط بهترین عملکرد را در ناحیه فرکانس پایین دارد. نتایج همچنین نشان داد که کامپوزیت تقویت شده با پوسته برنج در مقایسه با سایر مواد طبیعی ضریب جذب بهتری دارد، از این رو پتانسیل بالایی برای تجاری سازی دارد. وانگ و همکاران عملکرد جذب صوت کامپوزیت‌های پلی اورتان را براساس محتوای پوسته برنج بررسی کردند و گزارش کردند که مخلوط پلی اورتان-پوسته برنج شامل ۵ درصد پوسته بهترین عملکرد جذب صدا را خواهد داشت [۲۶]. پوسته برنج تأثیر قابل توجهی بر اندازه منافذ و توزیع اندازه منافذ فوم پلی اورتان دارد، که منجر به کاهش مقاومت جریان و بهبود عملکرد جذب صدا می‌شود، که نشان می‌دهد که جذب صدا بهبود یافته به افزودن پوسته برنج نسبت داده می‌شود.

آنتونیو و همکاران عملکرد جذب صدای دو جاذب ساخته

^۲ Rice Husks



شکل ۲: اشکال کاه برنج بعنوان جاذب‌های آکوستیکی

کردن و حذف برگ‌ها پس از فرآوری برگ چای به دست می‌آید. در تولید چای صنعتی، مقدار قابل توجهی فیبر ضایعات برگ چای هنگام استخراج چای فوری و چای نوشیدنی تولید می‌شود. بنابراین، صنایع مختلف در حال بررسی کاربردهایی برای این الیاف زباله هستند [۳۲، ۳۵]. اروسی و کووک ویژگی‌های جاذب صدای ضایعات الیاف چای را در فرکانس ۵۰۰-۶۳۰۰ هرتز بررسی کردند. حداکثر ضریب جذب صدا در ضخامت ۲۰ میلی متر در فرکانس ۶۳۰۰ هرتز، ۰/۶ و در ضخامت ۳۰ میلی متر ۰/۷ در فرکانس هرتز ۵۶۰۰ بود. علاوه بر این، ضریب جذب صدا زمانی که یک لایه پارچه بافته شده به عنوان پشتی قرار داده شد، به طور قابل توجهی بهبود یافت [۳۸].

پوسته ذرت؟ ذرت با حضور قابل توجهی در کشورهای متعدد، پرکاربردترین محصول غلات در سطح جهان است. به طور خاص، ایالات متحده و چین در مجموع تقریباً ۵۰ درصد از بازار جهانی ذرت را تشکیل می‌دهند [۳۹]. گیاه ذرت معمولاً شامل ۵۰ درصد ساقه (ساقه)، ۳۵ درصد برگ و بلال و ۱۵ درصد پوسته است. با این حال، بخش قابل توجهی از ذرت به عنوان زباله در نظر گرفته می‌شود [۴۰]. فقط مقدار کمی به عنوان سوخت خانگی یا کود حیوانی استفاده می‌شود، در حالی که اکثر بقایای آن معمولاً سوزانده می‌شوند [۴۱].

تانگ و همکاران، اثر یک ساختار چند لایه و حفره هوای

کاه برنج^۳: براساس گزارش موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج^۴، اکثر کاه برنج در آسیا تولید می‌شود. ژاپن با تولید ۸/۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ و کره جنوبی حدوداً ۴ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ شلتوک برنج تولید کردند [۳۲]. پژوهشی نشان داد که متوسط ضریب جذب صدا برای پشم شیشه ۰/۳۳ و برای شلتوک برنج ۰/۲۴ بود. عملکرد جذب کلی صدای کاه برنج به تنهایی کمی کمتر از پشم شیشه است. ویژگی‌های کلی جذب صدا برای همه باندهای فرکانسی بین دو ماده مشابه بود، اگرچه ضریب جذب کاه برنج کمتر از پشم شیشه بود [۳۳]. کنگ و همکاران ویژگی‌های جذب صوت جاذب کاه برنج ورقه‌ای را مورد بررسی قرار دادند [۳]. هنگامی که ضخامت ورقه جاذب از ۲۰ میلی متر به ۱۰۰ میلی متر افزایش یافت، ضریب جذب صدا ۰/۱-۰/۶۵ برای فرکانس‌های زیر ۱۰۰۰ هرتز و ۰/۱-۰/۹۵ برای فرکانس‌های بالای ۱۰۰۰ هرتز بود. این نتایج نشان می‌دهد که ضریب جذب صدا در فرکانس‌های پایین بسته به ضخامت ذرات کاه برنج افزایش می‌یابد.

شلتوک برنج زمانی که با مواد مختلف مخلوط می‌شود نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده می‌شود خاصیت جذب صدای بهتری دارد. یانگ و کیم ویژگی‌های جاذب صدا را در مواد جاذب صوت کامپوزیتی مخلوط با شلتوک برنج و ذرات چوب بررسی کردند و مشاهده کردند که با افزایش محتوای شلتوک برنج، ضریب جذب صدای کامپوزیت افزایش یافت [۳۴]. این مطالعات نشان می‌دهند که کاه برنج به عنوان یک ماده کامپوزیتی جاذب صدا بیشتر از سایر مواد طبیعی مفید است [۳۵، ۳۶]. بر این اساس، علاقه به استفاده از محصولات جانبی کشاورزی به عنوان جاذب صدا در حال رشد است و استفاده از کاه برنج به عنوان یک ماده جاذب طبیعی صدا، نتیجه بسیار مثبتی دارد [۳۷]. شکل ۲ اشکال متفاوت کاه برنج را به عنوان جاذب صوتی نمایش می‌دهد [۳۲].

ضایعات برگ چای^۵: فیبر ضایعات برگ چای با خشک

^۳ Rice Straw

^۴ International Rice Research Institute

^۵ Tea leaf Fiber

^۶ Corn Hushk

[۴۶]. در مطالعه دیگری ماده عایق صوتی متخلخل جدید، با استفاده از پوست پرتقال و رزین‌های اکریلیک تجاری تولید شدند که در دسته زباله‌های رایگان قرار می‌گیرند و عملکرد مشابهی با مواد عایق صوتی تجاری در فرکانس‌های پایین نشان دادند [۴۷]. شکل ۳ اشکال متفاوت پوسته بادام زمینی را به عنوان جاذب‌های صوتی نمایش می‌دهد [۴۵].



شکل ۳: اشکال پوسته بادام زمینی بعنوان جاذب‌های آکوستیکی

الیاف تنه نخل^۸: نخل گونه‌ای گیاهیست که در نواحی مرطوب جنوب شرقی آسیا به وفور دیده می‌شود. الیاف خرما به طور طبیعی تمام تنه نخل را در بر می‌گیرد و از قسمت بالایی درخت تا پایین آن امتداد دارد. فیبر تنه نخل، نوعی الیاف پایه است که به دلیل غلظت بالای سلولز به استحکام کششی عالی آن کمک می‌کند. این الیاف دوام و مقاومت بسیار خوبی در برابر آب دریا دارند و برای کاربردهای مختلف مناسب هستند [۴۸، ۴۹]. شکل ۴ نحوه استفاده از پوست درخت نخل را به عنوان جاذب صوتی نمایش می‌دهد. پرابوول و همکاران، ویژگی‌های جاذب صوت الیاف تنه نخل را بررسی کردند. با تنظیم ضخامت الیاف و تغییر چگالی، ضریب جذب صدا با افزایش چگالی افزایش می‌یابد. افزایش چگالی منجر به جذب صوت قابل توجهی شد زیرا انرژی صوتی به دلیل اصطکاک بین امواج صوتی و الیاف تلف شد [۵۰]. الیاف تنه نخل (۳۰ میلی متر) با حفره هوای ۱۰ میلی متری جاذب صدای مشابهی را به عنوان ماده‌ای با ضخامت ۴۰ میلی متر در محدوده فرکانس ۱۰۰۰-۲۵۰۰ هرتز نشان دادند. ایجاد یک حفره پشتی هوا در مواد جذب صدا می‌تواند عملکرد جذب صدا را افزایش داد [۵۱].

پشت پوسته ذرت را به عنوان جاذب صوتی تجزیه و تحلیل کردند میانگین جذب صدای جاذب صوتی تک لایه در فرکانس ۱۰۰-۲۵۰۰ هرتز، ۰/۱۵۸ بود، در حالی که ضریب جذب صوتی جاذب صوتی پنج لایه ۰/۴۰۹ بود و با افزایش تعداد لایه‌های اضافه شده به نمونه افزایش می‌یافت [۴۲].

محققان، پوسته ذرت را ماده‌ای سازگار با محیط زیست و جاذب صدا می‌دانند زیرا نازک تر و سبک تر از مواد متخلخل رایج است. افزایش فعالیت هوای پشت جاذب نیز باعث بهبود جذب صدا در پوسته ذرت در فرکانس‌های پایین شد. بنابراین پوسته ذرت عملکرد خوبی در جذب صدا دارد و برای کاهش صدا مناسب است [۴۳].

پوسته بادام زمینی و پوست میوه جات^۷: به طور کلی، ۲۳۰ تا ۳۰۰ گرم پوسته در هر کیلوگرم بادام زمینی تولید می‌شود و ضایعات پوسته بادام زمینی جهانی در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ به ۱۰/۷ تا ۱۴ میلیون تن رسید [۴۴]. پوسته بادام زمینی به طور گسترده برای کاربردهای صنعتی، مانند تولید سوخت زیستی مورد مطالعه قرار گرفته است. مالاود و چادهو ضریب جذب صدای پوسته بادام زمینی را بررسی کردند. ضخامت پوسته بادام زمینی بین ۱۰ تا ۴۰ میلی متر بود و از پودر دکستروزین زرد به عنوان چسب استفاده شد. آن‌ها نسبت وزن پوسته بادام زمینی به چسب را ۵۵:۴۵، ۶۰:۴۰، ۶۵:۳۵، ۷۰:۳۰ و ۷۵:۲۵ در نظر گرفتند. نتایج نشان داد که نمونه آزمایشی پوسته بادام زمینی با نسبت وزنی ماده به چسب ۷۰:۳۰، میانگین جذب صدای بهینه را برای محدوده فرکانسی بین ۲۵۰ هرتز تا ۴۵۰۰ هرتز ارائه می‌دهد. مقاله حاضر نتیجه می‌گیرد که پوسته بادام زمینی می‌تواند جایگزین خوبی برای مواد طبیعی جاذب صدای مرسوم موجود برای کاربرد در زمینه جذب صدا باشد [۴۵].

جانگ عملکرد جذب صوت پوسته بادام زمینی خالص را بررسی کرد. ضریب جذب در ضخامت ۳ سانتی متری ۰/۲۳، در ضخامت ۶ سانتی متری ۰/۴۳ و در ضخامت ۹ سانتی متری ۰/۵۴ بود. بنابراین، پوسته بادام زمینی به عنوان جاذب صدای سبز امیدوارکننده‌ای در نظر گرفته می‌شود

چوب درخت^{۱۰}: مطالعات مختلف قابلیت‌های جذب صدای چوب و مواد پایه چوب را بررسی کرده‌اند. سطح چوب بدلیل تخلخل آن بطور طبیعی جاذب صداست. ولی هنگامی که یک سوراخ در یک پانل چوبی حفر می‌شود و یک حفره پشتی هوا در نظر گرفته می‌شود می‌تواند به عنوان یک جاذب صدای هلم هولتز^{۱۱} عمل کند [۵۶].

کانگ و همکاران، عملکرد جاذب صدای پنج نوع پوست درختان ادویه دار را تجزیه و تحلیل کردند که نتایج آن‌ها نشان دادند که ضریب جذب صدا با افزایش ضخامت آن‌ها بطور تقریباً یکسانی افزایش یافت. میانگین ضریب جذب صدا برای جاذب پوست درخت با ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر در محدوده فرکانسی ۱۰۰ تا ۶۴۰۰ هرتز ۰/۹۰ بود، در حالی که میانگین نرخ جذب صدا برای جاذب با ضخامت ۵۰ میلی‌متر در همان محدوده فرکانسی ۰/۸۴ بود. به طور خاص، در ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر، این میزان در محدوده فرکانسی ۱ کیلوهرتز تقریباً به ۱۰۰ درصد رسید. این مطالعه نشان داد که پوست درخت به دلیل نرخ بالای جذب صدا و تلفات انتقال آن می‌تواند به عنوان یک ماده آکوستیک مورد استفاده قرار گیرد [۵۷].

بحث و نتیجه‌گیری:

از آنجایی که مواد جاذب طبیعی صوت تجدید پذیر بوده و دارای تأثیر زیست محیطی کمتری نسبت به مواد مصنوعی هستند، می‌توان از آن‌ها به عنوان جاذب‌های جایگزین مواد آسیب رسان بهره برد. مواد طبیعی همچنین دارای خواص صوتی ویژه‌ای هستند که با آماده سازی و استفاده مناسب می‌توان آن‌ها را بهبود بخشید و هزینه‌های نهایی آن‌ها نیز نسبت به جاذب‌های سنتی (مواد مصنوعی) بسیار کمتر خواهد بود [۱۴]. برای اکثر مواد جاذب صوتی دوستدار محیط زیست با افزایش ضخامت، افزایش چگالی یا بزرگ شدن حفره هوا، ضریب جذب صدا در فرکانس‌های پایین افزایش می‌یابد [۹، ۱۶]. مواد ضخیم جاذب صدا فضاهای زیادی را برای نفوذ انرژی صوتی فراهم می‌کند و به طور موثر کاهش صدا را بهبود می‌بخشد. همچنین هنگامی که



شکل ۴: استفاده از پوست درخت نخل بعنوان جاذب صوتی

ضایعات هسته میوه^۹ (گیلاس، زردآلو، هلو، زیتون): ضایعات هسته میوه در گذشته مورد توجه زیادی قرار نمی‌گرفت، اما بسیاری از مطالعات اخیراً نشان داده‌اند که می‌توان از آن به عنوان ماده اولیه زیست توده برای تولید سوخت زیستی استفاده کرد [۵۳]. بورل و همکاران، ضریب جذب صدای چهار نوع ضایعات هسته میوه (گیلاس، زردآلو، هلو و زیتون) را بررسی کردند. ضریب جذب صدا به شکل و اندازه هسته‌های میوه بستگی داشت. افزایش ضخامت نمونه با افزایش ضریب جذب صدا در فرکانس‌های پایین مرتبط است. هسته‌های زردآلو و گیلاس بهترین جاذب صدا را در فرکانس‌های پایین نشان دادند [۵۳]. هسته‌های میوه، جاذب صوتی موثری برای کاهش صدا در ساختمان‌ها هستند. پژوهشی نشان داد که استفاده از سایر انواع هسته میوه‌ها می‌تواند در آینده جاذب‌های صوتی با ارزش افزوده بالا ایجاد کند [۵۴]. شکل ۵ انواع متفاوت هسته‌های میوه را در قالب جاذب صوتی نمایش می‌دهد.



شکل ۵: استفاده از هسته میوه‌های زیتون، گیلاس، هلو و زردآلو به عنوان جاذب صوت

۱۰ Wood Bark

۱۱ Helmholtz Noise Absorber

۹ Fruit Pit Waste



نتیجه گیری:

مواد جاذب صوتی طبیعی و تجدید پذیر به دلیل برخورداری از ویژگی هایی مانند زیست تجزیه پذیری، دسترسی آسان، هزینه کمتر، سمیت پایین و اثرات زیست محیطی محدود، می توانند جایگزین مناسبی برای جاذب های صوتی مصنوعی و آسیب رسان باشند. یافته های این پژوهش نشان می دهد که عملکرد آکوستیکی این مواد به عواملی مانند ضخامت، چگالی، تخلخل و وجود حفره هوایی در پشت جاذب بستگی دارد و با کنترل و بهینه سازی این ویژگی ها، به ویژه برای جذب صدا در فرکانس های پایین، می توان کارایی آن ها را بهبود بخشید. همچنین استفاده از حفره هوایی پشت جاذب می تواند بدون افزایش زیاد ضخامت، موجب ارتقای عملکرد جذب صوت و کاهش مصرف مواد شود. در میان مواد طبیعی، پسماندهای کشاورزی مانند پوسته و کاه برنج به دلیل فراوانی، تولید پایدار و ارزش اقتصادی، ظرفیت بالایی برای کاربرد تجاری دارند. با این حال، بهره برداری گسترده از این مواد مستلزم رفع چالش هایی مانند ضعف مقاومت مکانیکی، حساسیت به رطوبت، پوسیدگی، مقاومت حرارتی و ایمنی پایین در برابر آتش است. در مجموع، توسعه جاذب های صوتی طبیعی می تواند ضمن کاهش آلودگی صوتی، به مدیریت پسماندهای کشاورزی، کاهش آسیب های زیست محیطی و گسترش فناوری های سبز در معماری، صنعت و طراحی آکوستیکی کمک کند.

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این مطالعه مروری است و فاقد کد اخلاق است.

حامی مالی

این مقاله از طرف هیچ گونه نهاد یا موسسه ای حمایت مالی نشده و تمام منابع مالی آن از طرف نویسندگان تأمین شده است.

مشارکت نویسندگان

مقاله یک نویسنده داشته است و نسخه ای که قرار است

از یک حفره هوا در پشت جاذب جهت افزایش ضخامت عملکرد جذب استفاده می شود، انرژی صوتی منعکس شده باعث رزونانس می شود و در نتیجه صدا را جذب می کند. این نتیجه نشان می دهد که استفاده از حفره پشتی هوا بسیار کارآمدتر از استفاده از جاذب ضخیم است و در نتیجه باعث صرفه جویی در مواد می شود [۳۴،۳۷].

این پژوهش نشان داد که علاوه بر مواد خاص مورد بحث، طیف گسترده ای از مواد دانه دار، فیبری و متخلخل سازگار با محیط زیست را نیز می توان به عنوان مواد جاذب صدا استفاده کرد. این مواد با کنترل دقیق خواص فیزیکی مانند ضخامت، چگالی و وجود یک حفره پشتی هوا، می توانند به طور موثر صدا را جذب کنند. این نشان می دهد که امکانات متعددی برای کاوش و استفاده از مواد مختلف سازگار با محیط زیست برای قابلیت های جذب صدا وجود دارد و دامنه گزینه های موجود برای رسیدگی به آلودگی صوتی را گسترش می دهد. با این حال، استفاده تجاری از مواد سبز به عنوان جاذب صدا، نیاز به عرضه مداوم آن ها دارد [۴۷]. در این زمینه، پوسته برنج و کاه برنج که ظرفیت تولید پایداری دارند، ممکن است بیشترین ارزش تجاری را داشته باشند [۳۲]. از نظر بهره وری مستمر، مطالعات بیشتری برای بهبود هزینه ساخت، استحکام مکانیکی، مقاومت حرارتی و عایق بودن مورد نیاز است. قابل ذکر است که مواد طبیعی باید بر مشکلاتی مانند شکنندگی رطوبت، پوسیدگی و ایمنی پایین در برابر آتش غلبه کنند. اگر بتوان بر این محدودیت ها غلبه کرد، پتانسیل توسعه مواد جاذب صدای سبز را می توان تا حد زیادی افزایش داد تا جایگزینی مواد جاذب صوت مصنوعی شود [۵۴].

این مطالعه پتانسیل بالای مواد طبیعی را در ارائه راه حل های صوتی پایدار نشان می دهد و برای معماران، مهندسان و محققانی که در زمینه طراحی صوتی مشغول به کارند، زمینه های تازه ای را فراهم می کند. نتایج این مطالعه می تواند به توسعه مواد جاذب صوتی جدید و بهبود یافته کمک کرده و زمینه جدیدی برای بهبود محیط زیست (آب، هوا و خاک) فراهم نماید.



منتشر شود تایید می‌کند. همچنین برای پاسخگویی در مورد تمام جنبه‌های مطالعه توافق دارد تا اطمینان حاصل شود که کلیه سوالات مربوط به صحت یا یکپارچگی هر بخشی از کار به درستی بررسی و پاسخ داده شده است.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از تمامی محققانی که از مقالاتشان در این پژوهش استفاده شده است تشکر و قدردانی می‌کند.



References

- Kazempour M, Tajvar A, Heirani A. Review of studies on the relationship between cigarette smoking and hearing loss and the related factors. *Tob Health*. 2023; 2(2):64-9. DOI: [10.34172/thj.2023.1053](https://doi.org/10.34172/thj.2023.1053)
- Liu J, Bao W, Shi L, Zuo B, Gao W. General regression neural network for prediction of sound absorption coefficients of sandwich structure nonwoven absorbers. *Appl Acoust*. 2014; 76:128-37. DOI: [10.1016/j.apacoust.2013.07.026](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.07.026)
- Kang CW, Jang ES, Jang SS, Kang HY. Comparison of transfer function method and reverberation room method in measuring the sound absorption coefficient of rice straw particle mat. *JKWST*. 2018; 46(4):362-7. DOI: [10.5658/WOOD.2018.46.4.362](https://doi.org/10.5658/WOOD.2018.46.4.362)
- Li Y, Guan D, Tao S, Wang X, He K. A review of air pollution impact on subjective well-being: Survey versus visual psychophysics. *J Clean Prod*. 2018; 184:959-68. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.02.296](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.296)
- Xu X, Nie S, Ding H, Hou FF. Environmental pollution and kidney diseases. *Nat Rev Nephrol*. 2018; 14(5):313-24. DOI: [10.1038/nrneph.2018.11](https://doi.org/10.1038/nrneph.2018.11) PMID: 29479079
- Hajizadeh R, Montazeri A, Esnaasharieh M, Mosayebian M, Beheshti MH, Hosseini H. Investigation of the effect of using recycled polypropylene waste on the sound absorption coefficient of micro-perforated panels as a green absorber. *Int J Environ Sci Technol*. 2025; 22(11):10599-612. DOI: [10.1007/s13762-025-06571-6](https://doi.org/10.1007/s13762-025-06571-6)
- Berardi U, Iannace G. Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. *Building and Environment*. 2015; 94(2):840-52. DOI: [10.1016/j.buildenv.2015.05.029](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.029)
- Rusli M, Irsyad M, Dahlan H, Gusriwandi, Bur M. Sound absorption characteristics of the natural fibrous material from coconut coir, oil palm fruit bunches, and pineapple leaf. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 2019; 602(1):012067. DOI: [10.1088/1757-899X/602/1/012067](https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012067)
- Metintas S, Ak G, Metintas M. A review of the cohorts with environmental and occupational mineral fiber exposure. *Arch Environ Occup Health*. 2019; 74(1-2):76-84. DOI: [10.1080/19338244.2018.1467873](https://doi.org/10.1080/19338244.2018.1467873) PMID: 29677456
- Świątkowska B, Szeszenia-Dąbrowska N. Spirometry: A predictor of lung cancer among asbestos workers. *Inhal Toxicol*. 2017; 29(1):18-22. DOI: [10.1080/08958378.2016.1272652](https://doi.org/10.1080/08958378.2016.1272652) PMID: 28183200
- Jafari M, Kazempour M. Mental processing of human subjects with different individual characters exposed to low frequency noise. *IJOH*. 2013; 5(2):64-70. [Link](#)
- Putra A, Abdullah Y, Efendy H, Farid WM, Ayob MR, Py MS. Utilizing sugarcane wasted fibers as a sustainable acoustic absorber. *Procedia Engineering*. 2013; 53:632-8. DOI: [10.1016/j.proeng.2013.02.081](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.081)
- Jafari MJ, Monazam MR, Kazempour M. Providing an optimal porous absorbent pattern to reduce mid to low-frequency sounds. *J Environ Health Sci Engineer*. 2018; 16(2):289-97. DOI: [10.1007/s40201-018-0317-3](https://doi.org/10.1007/s40201-018-0317-3)
- Kang CW, Choi BS, Hasegawa M, Oh JS, Kolya H. Innovative approaches for recycling office waste paper with potential for sound-absorbing wall panels. *J Mater Cycles Waste Manag*. 2025; 27(4):2444-53. DOI: [10.1007/s10163-025-02250-3](https://doi.org/10.1007/s10163-025-02250-3)
- Lashgari M, Taban E, SheikhMozafari MJ, Soltani P, Attenborough K, Khavanin A. Wood chip sound absorbers: Measurements and models. *Appl Acoust*. 2024; 220:109963. DOI: [10.1016/j.apacoust.2024.109963](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2024.109963)
- Mamtaz H, Fouladi MH, Al-Atabi M, Narayana Namasivayam S. Acoustic absorption of natural fiber composites. *J Eng*. 2016; 2016(1):5836107. DOI: [10.1155/2016/5836107](https://doi.org/10.1155/2016/5836107)
- Rubino C, Bonet Aracil M, Gisbert-Payá J, Liuzzi S, Stefanizzi P, Zamorano Cantó M, et al. Composite eco-friendly sound absorbing materials made of recycled textile waste and biopolymers. *Materials (Basel)*. 2019; 12(23):4020. DOI: [10.3390/ma12234020](https://doi.org/10.3390/ma12234020) PMID: 31816936
- Tripathi A, Jha NK, Hota RN, Kumar A, Tyagi R. Green sound-absorbing material prepared by using natural fiber for building acoustics. *Proc Inst Mech Engineer*. 2024; 09544089241253973. DOI: [10.1177/09544089241253973](https://doi.org/10.1177/09544089241253973)
- Theodorou V, Matysík M, Plšková I, Kusák I, Papaphilippou PC, Krasia-Christoforou T. Eco-friendly, sound absorbing materials based on cellulose acetate electrospun fibers/luffa cylindrica composites. *Macromol Rapid Commun*. 2025; 46(13):e2400863. DOI: [10.1002/marc.202400863](https://doi.org/10.1002/marc.202400863) PMID: 39726386
- Salva Jr JK, Yu BA. Coconut coir based sound absorber board for noise pollution control. *APEC Youth Scientist Journal*. 2017; 9(1):13-8. [Link](#)
- Panyakaew S, Fotios S. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*. 2011; 43(7):1732-9. DOI: [10.1016/j.enbuild.2011.03.015](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.015)
- Hussein Z, Ashour T, Khalil M, Bahnasawy A, Ali S, Hollands J, et al. Rice straw and flax fiber particleboards as a product of agricultural waste: An evaluation of technical properties. *Appl Sci*. 2019; 9(18):3878. DOI: [10.3390/app9183878](https://doi.org/10.3390/app9183878)
- Zulkifli R, Nor MJ. Noise control using coconut coir fiber sound absorber with porous layer backing and perforated panel. *Am J Appl Sci*. 2010; 7(2):260. DOI: [10.3390/app9183878](https://doi.org/10.3390/app9183878)
- Irvani H, Asilian Mahabadi H, Khavanin A, Safari Variani A, SheikhMozafari MJ. Bamboo bio composite: A renewable and sustainable sound absorber for acoustic comfort in indoor settings. *J Eng Fibers Fabr*. 2025; 20:15589250251329457. DOI: [10.1177/15589250251329457](https://doi.org/10.1177/15589250251329457)
- Mahzan S, Zaidi AA, Ghazali MI, Yahya MN, Ismail M. Investigation on sound absorption of rice-husk reinforced composite. *Proceedings of MUCET*. 2009:19-22. [Link](#)
- Wang Y, Wu H, Zhang C, Ren L, Yu H, Galland MA, et al. Acoustic characteristics parameters of polyurethane/rice husk composites. *Polymer Composites*. 2019; 40(7):2653-61. DOI: [10.1002/pc.25060](https://doi.org/10.1002/pc.25060)
- António J, Tadeu A, Marques B, Almeida JA, Pinto V. Application of rice husk in the development of new com-



- posite boards. *Construction and Building Materials*. 2018; 176:432-9. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2018.05.028](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.028)
28. Marques B, Tadeu A, António J, Almeida J, de Brito J. Mechanical, thermal and acoustic behaviour of polymer-based composite materials produced with rice husk and expanded cork by-products. *Construction and Building Materials*. 2020; 239:117851. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2019.117851](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117851)
 29. Alizadeh Kateshastabadian M, Azmoodeh M, Mohammadhosseini B. Experimental evaluation of a vertical green system for indoor noise reduction. *Build Acoust*. 2025; 32(3):377-95. DOI: [10.1177/1351010X251339258](https://doi.org/10.1177/1351010X251339258)
 30. Salunkhe S, Patil C, Thakar CM. Exploring the potential of natural materials as eco-friendly sound absorbers. *Materials Today: Proceedings*. 2023. DOI: [10.1016/j.matpr.2023.03.098](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.098)
 31. Yang T, Hu L, Xiong X, Petru M, Noman MT, Mishra R, et al. Sound absorption properties of natural fibers: A review. *Sustainability*. 2020; 12(20):8477. DOI: [10.3390/su12208477](https://doi.org/10.3390/su12208477)
 32. Jang ES. Sound absorbing properties of selected green material-A review. *Forests*. 2023; 14(7):1366. DOI: [10.3390/f14071366](https://doi.org/10.3390/f14071366)
 33. Abdullah Y, Putra A, Efendy H, Farid WM, Ayob MR. Investigation on sound absorption coefficient of natural paddy fibers. *IJRER*. 2013; 3(1):8-11. [Link](#)
 34. Yang HS, Kim DJ, Kim HJ. Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresour Technol*. 2003; 86(2):117-21. DOI: [10.1016/S0960-8524\(02\)00163-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00163-3) PMID: [12653275](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12653275/)
 35. Kolya H, Kang CW. Herbal waste as a renewable resource for sound absorption: An eco-conscious approach for wall panel. *J Build Eng*. 2024; 82:108249. DOI: [10.1016/j.jobe.2023.108249](https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108249)
 36. Chen Q, Shi Z, Dan R, Xu D, Shapon AN, Sun L, et al. Preparation and characterization of waste cotton fabric reinforced polylactic acid green composites with multifunctional properties in a low-carbon process. *PSPE*. 2024; 192:412-23. DOI: [10.1016/j.pspep.2024.10.042](https://doi.org/10.1016/j.pspep.2024.10.042)
 37. Qin L, Gao X, Chen T. Recycling of raw rice husk to manufacture magnesium oxysulfate cement based lightweight building materials. *JCPC*. 2018; 191:220-32. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.04.238](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.238)
 38. Ersoy S, Küçük H. Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. *Appl Acoust*. 2009; 70(1):215-20. DOI: [10.1016/j.apacoust.2007.12.005](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2007.12.005)
 39. Tanklevska N, Petrenko V, Karnaushenko A, Melnykova K. World corn market: analysis, trends and prospects of its deep processing. *Agr Resour Ec Int Sc*. 2020; 6(1868-2020-1688):96-111. DOI: [10.51599/are.2020.06.03.06](https://doi.org/10.51599/are.2020.06.03.06)
 40. Sokhansanj S, Turhollow A, Cushman J, Cundiff J. Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy. *Biomass and bioenergy*. 2002; 23(5):347-55. DOI: [10.1016/S0961-9534\(02\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00063-6)
 41. Ibrahim MIJ, Sapuan SM, Zainudin ES, Zuhri MYM. Potential of using multiscale corn husk fiber as reinforcing filler in cornstarch-based biocomposites. *Int J Biol Macromol*. 2019; 139:596-604. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2019.08.015](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.015) PMID: [31381916](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31381916/)
 42. Tang X, Zhang X, Zhang H, Zhuang X, Yan X. Corn husk for noise reduction: Robust acoustic absorption and reduced thickness. *Appl Acoust*. 2018; 134:60-8. DOI: [10.1016/j.apacoust.2018.01.012](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.01.012)
 43. Zwolak A, Sarzyńska M, Szpyrka E, Stawarczyk K. Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: A review. *Water Air Soil Pollut*. 2019; 230(7):164. DOI: [10.1007/s11270-019-4221-y](https://doi.org/10.1007/s11270-019-4221-y)
 44. Sorita GD, Leimann FV, Ferreira SR. Biorefinery approach: Is it an upgrade opportunity for peanut by-products?. *IUFoST*. 2020; 105:56-69. DOI: [10.1016/j.tifs.2020.08.011](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.011)
 45. Malawade UA, Jadhav MG. Investigation of peanut shell as alternative sound absorbing material. *AJMME*. 2019; 3(3):53-60. DOI: [10.11648/j.ajmme.20190303.12](https://doi.org/10.11648/j.ajmme.20190303.12)
 46. Jang ES. Peanut shells as an environmentally beneficial sound-absorbing material. *J Korean Wood Sci Technol*. 2022; 50(3):179-85. DOI: [10.5658/WOOD.2022.50.3.179](https://doi.org/10.5658/WOOD.2022.50.3.179)
 47. Gboe NA, Grubliauskas R. Evaluation of environmentally friendly sound absorption materials made from agricultural waste fibers. 2024. DOI: [10.3846/da.2024.009](https://doi.org/10.3846/da.2024.009)
 48. Ilyas RA, Sapuan SM, Atiqah A, Asyraf MR, Nurazzi NM, Norraahim MN, et al. Thermal properties of sugar palm fiber-based hybrid composites. *Natural Fiber-Reinforced Composites: Thermal Properties and Applications*. 2022; 53-83. DOI: [10.1002/9783527831562.ch4](https://doi.org/10.1002/9783527831562.ch4)
 49. Martwong E, Minanandana T, Puksuwan K, Junthip J, Sukhawipat N. Sound absorption and thermal insulation materials from waste palm oil for housing application: Green polyurethane/water hyacinth fiber sheet composite. *Construction and Building Materials*. 2024; 438:137007. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2024.137007](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137007)
 50. Endar Prabowo A, Diharjo K, Ubaidillah, Prasetyo I. Sound absorption performance of sugar palm trunk fibers. *Proceedings of the 1st International Conference on Automotive, Manufacturing, and Mechanical Engineering (IC-AMME 2018)*. E3S Web Conf. 2019; 130:01003. DOI: [10.1051/e3sconf/201913001003](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913001003)
 51. Solangi NH, Kumar J, Mazari SA, Ahmed S, Fatima N, Mubarak NM. Development of fruit waste derived bio-adsorbents for wastewater treatment: A review. *J Hazard Mater*. 2021; 416:125848. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2021.125848](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125848)
 52. Borrell JG, Sanchis EJ, Alcaraz JS, Belda IM. Sustainable sound absorbers from fruit stones waste. *Appl Acoust*. 2020; 161:107174. DOI: [10.1016/j.apacoust.2019.107174](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107174)
 53. Hemmati N, Sheikhozafari MJ, Taban E, Tajik L, Faridan M. Pistachio shell waste as a sustainable sound absorber: An experimental and empirical investigation. *Int J Environ Sci Technol*. 2024; 21(5):4867-80. DOI: [10.1007/s13762-023-05413-7](https://doi.org/10.1007/s13762-023-05413-7)
 54. Jang ES, Kang CW. Why the sound-absorbing performance of heartwood and sapwood differs in yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*) cross-sections. *Wood Res*. 2022; 67(3):372-82. DOI: [10.37763/wr.1336-4561/67.3.372382](https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.3.372382)



55. Jang ES, Kang CW. Investigation of the pore structure and sound-absorbing capability of the Chinese parasol tree (*Firmiana simplex* (L.) W. Wight) and Chinese tulip poplar (*Liriodendron chinense*) transverse sections as eco-friendly, porous, sound-absorbing materials. *J Porous Mater.* 2022; 29(6):1791-96. DOI: [10.1007/s10934-022-01289-z](https://doi.org/10.1007/s10934-022-01289-z)
56. Peng L, Liu M, Wang D, Song B. Sound absorption properties of wooden perforated plates. *Wood Res.* 2018; 63(4):559-72. [Link](#)
57. Kang CW, Jang ES, Jang SS, Kang HY, Kang SG, Oh SC. Sound absorption rate and sound transmission loss of wood bark particle. *KWST.* 2019; 47(4):425-41. DOI: [10.5658/WOOD.2019.47.4.425](https://doi.org/10.5658/WOOD.2019.47.4.425)

