

ORIGINAL RESEARCH PAPER

## Design and Compare Sound Absorption Coefficient Nanocomposites Containing Tea Waste and Polypropylene With and Without Nanoclay

Reza Jafari Nodoushan<sup>1</sup>, Mostafa Azimzadeh<sup>2</sup>, Sahar Bagheri<sup>1\*</sup>, Arefeh Dehghani Tafti<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

<sup>2</sup> Department of Advanced Medical Sciences and Technologies, School of Parmedicine, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

<sup>3</sup> Department of Statistic and Epidemiology, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 2019-12-01

Accepted: 2020-06-16

### ABSTRACT

**Introduction:** In recent years tend to use of natural fibers has increased in making sound absorbers. Fiber-based natural materials have low density, low production costs, and are biodegradable.

**Material and Methods:** In this study, the effect of nanoclay and the behavior of the nanocomposite specimens containing tea waste, polypropylene, and nanoclay in the sound absorption coefficient are investigated.

**Results:** The results showed the sound absorption coefficient increases by increasing the tea waste weight percent of the polypropylene. 60% increase in tea waste has a special role in the absorption of sound waves at a frequency of 1000 Hz and 2500 to 6300 Hz frequency range as the TW60 N5 sample has the sound absorption coefficient 0.94 and 0.84 in 1000 and 6300 Hz frequencies, respectively. Comparison of the sound absorption coefficient of composite and nanocomposite showed that sound absorptions increase by adding nanoclay to the 5%, at frequencies above 2000 Hz.

**Conclusion:** Tea waste-based sound absorbers can be used in noise control due to the high acoustic absorption and no harmful effects on human health.

**Keywords:** Sound absorption coefficient, Nanocomposite, Tea waste, Nanoclay

### 1. INTRODUCTION

Noise in many workplaces is the main physical hazard. Sound absorbers are used as an impressive noise control method. In recent years, attention to human health and environmental protection has led to the utilization of natural fibrous material, such as rice husk, jute fiber, and bagasse for noise reduction. In the present paper, the sound absorption coefficient of tea waste (TW) with and without nanoclay in different weight ratios of tea waste was tested by using an impedance tube.

### 2. MATERIAL AND METHODS

In this study, four samples were prepared with

\* Corresponding Author Email: [Saharbagheri1995@yahoo.com](mailto:Saharbagheri1995@yahoo.com)

different weight ratios of tea wastes (60%, 40%, 30%, and 0%) and polypropylene (33%, 53%, 63%, and 93%) with nanoclay (5%). For comparison, another four samples were made with weight ratios of tea wastes, polypropylene without nanoclay. All samples have a thickness of four centimeters and a diameter of three centimeters. Then, using the impedance tube device, the sound absorption coefficient of the samples was measured.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

At all tested frequencies, except for the two frequencies 2000 and 2500 Hz, the sound absorption coefficient of the TW30 N5 sample increased compared to the TW30 sample (Fig. 1).

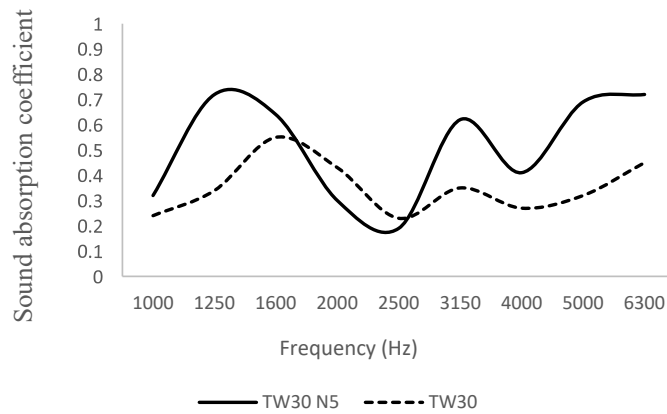


Fig. 1. Comparison sound absorption coefficient of TW30 and TW30N5

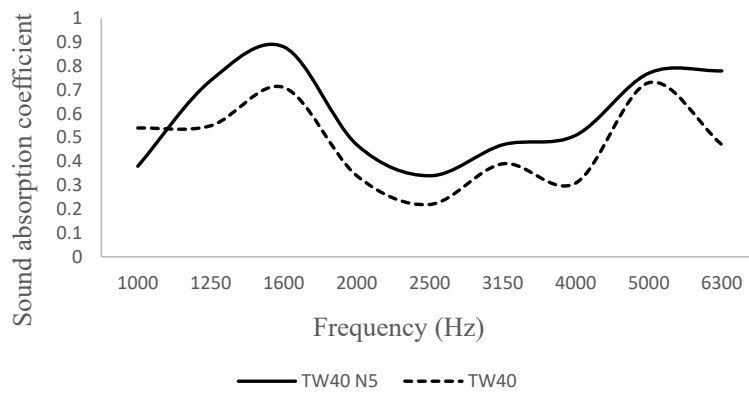


Fig. 2. Comparison sound absorption coefficient of TW40 and TW40N5

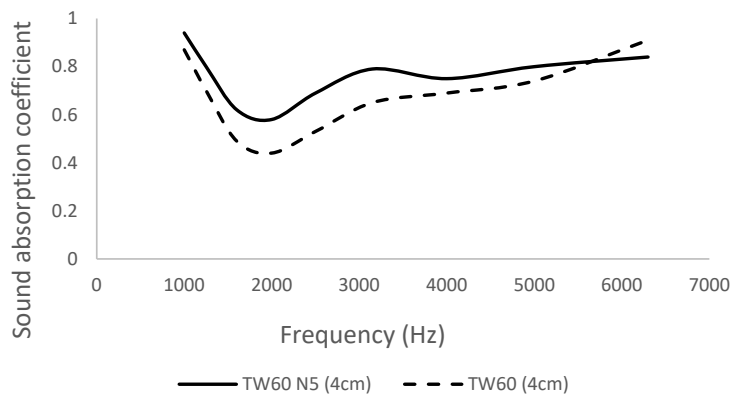


Fig. 3. Comparison sound absorption coefficient of TW60 and TW60N5

Adding 5% nanoparticles to the composite sample containing 40% tea waste was associated with an increased sound absorption coefficient (Fig. 2). The sound absorption coefficient in the TW60 N5 sample at 6300 Hz was 0.84, and in the TW60 sample, it was 0.91 (Fig. 3).

According to the results, adding nanoparticles to composite samples has increased the sound absorption coefficient; however, it has not been significant. Nanomaterials can increase the sound absorption coefficient due to the increased surface area and their resistance to effective airflow.

#### **4. CONCLUSIONS**

Based on the results of the sound absorption coefficient test, it can be concluded that tea waste with nanoclay has a high sound absorption function and

since the tea waste is natural environmentally friendly and resistant to fungi, termites and fires, it also has no harmful effects on human health, it can be used to absorb the noise of the human work environment.

## طراحی و مقایسه ضریب جذب صوتی نانوکامپوزیت های حاوی تفاله چای و پلی پروپیلن با و بدون نانوذره رس

رضا جعفری ندوشن<sup>۱</sup>، مصطفی عظیم زاده<sup>۲</sup>، سحر باقری<sup>۳</sup>، عارفه دهقانی تفتی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران  
<sup>۲</sup> گروه علوم و فناوری های نوین پزشکی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران  
<sup>۳</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران (نویسنده مسئول)  
<sup>۴</sup> گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۷

### مکیده

**مقدمه:** در سال های اخیر تمایل به استفاده از فیبرهای طبیعی در ساخت جاذب های صوتی افزایش یافته است. مواد با پایه فیبر طبیعی علاوه بر چگالی پایین و هزینه تولید اندک، زیست تجزیه پذیر نیز می باشند. در این پژوهش به بررسی رفتار آکوستیکی نمونه های نانوکامپوزیتی حاوی تفاله چای و پلی پروپیلن و همچنین اثر نانوذره رس در میزان ضریب جذب صوت پرداخته شده است.

**روش کار:** در این مطالعه ۴ نمونه با نسبت های وزنی مختلف از تفاله چای و پلی پروپیلن به همراه نانوذره رس و ۴ نمونه با نسبت های وزنی مختلف از تفاله چای، پلی پروپیلن بدون حضور نانوذره رس به قطر ۳ سانتی متر و ضخامت ۴ سانتی متر ساخته شد. سپس با استفاده از دستگاه امپدانس تیوب میزان ضریب جذب صوت نمونه ها اندازه گیری گردید.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که ضریب جذب صوت با افزایش درصد وزنی تفاله چای نسبت به پلی پروپیلن، افزایش می یابد. افزایش ۶۰ درصدی تفاله چای نقش ویژه ای در جذب امواج صوتی در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و همچنین طیف فرکانسی ۲۵۰۰ تا ۶۳۰۰ هرتز داشت به طوری که نمونه TW60 N5 در فرکانس های ۱۰۰۰ و ۶۳۰۰ هرتز به ترتیب ضریب جذب صوت ۰،۹۴ و ۰،۸۴ داشته است. مقایسه نتایج ضریب جذب صوت نمونه های کامپوزیتی و نانوکامپوزیتی نشان داد که در فرکانس های بالاتر از ۲۰۰۰ هرتز، جذب صوت با افزودن نانوذره رس به میزان ۵ درصد افزایش می یابد. **نتیجه گیری:** می توان از جاذب های صوتی بر پایه تفاله چای با توجه به عملکرد جذب صوتی بالا و اینکه یک ماده طبیعی و دوست دار محیط زیست بوده و فاقد اثرات مضر بر روی سلامت انسان است به عنوان یک جاذب مقرون به صرفه در کنترل صدا استفاده نمود.

**کلمات کلیدی:** ضریب جذب صوت، نانوکامپوزیت، تفاله چای، نانوذره رس

## مقدمه

امروزه سر و صدا یک مسئله جدی بشمار می آید و یکی از مهم ترین و شایع ترین خطرات فیزیکی در محیط کار است (۱-۳). توسعه فناوری در تمامی صنایع باعث شده است که آن ها به تجهیزات پر سر و صدایی مجهز شوند (۴). مواجهه طولانی مدت با سر و صدای بیش از حد مجاز باعث آسیب به راحتی و سلامتی انسان از جمله ایجاد اختلال در خواب و تعادل، افزایش فشار خون، بیماری های قلبی ریوی و آزدگی فرد می شود (۵-۹). به منظور رفع مشکلات ناشی از مواجهه با سر و صدا باید از یک روش کارآمد و مؤثر برای کنترل سر و صدای محیط کار استفاده کرد؛ که استفاده از جاذب های صوتی یکی از روش های پر اهمیت در کنترل سر و صدای صنعتی است (۱۰). پشم شیشه، فیبرهای صنعتی و فوم های پلاستیکی از جمله مواد جاذب صوتی شناخته شده هستند که عایق حرارتی نیز می باشند با این حال الیاف مصنوعی پر هزینه و زیست تجزیه ناپذیر هستند؛ بنابراین در سال های اخیر گرایش به سمت فیبرهای طبیعی برای ساخت جاذب های صوتی افزایش یافته است (۱۱، ۱۲). مواد طبیعی دارای ویژگی هایی از قبیل وزن سبک، هزینه اندک، فراوانی طبیعی، زیست تجزیه پذیر و سازگار بودن با محیط زیست، مقاومت بالا در برابر جریان الکتریکی، خواص آکوستیکی و حرارتی خوب، تراکم پایین و سمیت پایین هستند و همچنین در طول ساخت و نصب آن ها صدمات کمتری به سلامتی انسان وارد می شود به همین دلیل مواد طبیعی و آکوستیک بازیافتی جایگزین معتبری برای مواد مصنوعی تجاری هستند (۱۳-۱۶).

در سال های اخیر مطالعات قابل توجهی بر روی الیاف طبیعی به عنوان یک تقویت کننده در داخل ماتریکس های رزینی ترموپلاستیک مانند پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی وینیل کلراید در حال گسترش است و از طرف دیگر برای بهبود چسبندگی الیاف طبیعی و ماتریکس از اصلاح کننده های فیبری یا ماتریکسی استفاده می شود (۱۷) که در این پژوهش از مالئیک انیدرید به عنوان یک عامل جفت کننده استفاده شده است.

پلی پروپیلن، یکی از ترموپلاستیک های رایج است که چگالی پایین، نقطه ذوب بالا و سختی از ویژگی های بارز آن است (۱۸).

امروزه، مطالعات گسترده ای بر روی نانوکامپوزیت ها به منظور رسیدن به مقادیر دلخواه در ضرایب جذب صوت بدون این که تغییرات منفی به ویژه در جرم ماده همراه باشد، در حال انجام است (۱۹). در میان تمام نانو ذرات، نانوذره رس به طور گسترده در حال استفاده است، در واقع نانوذره رس یک پرکننده واقعی نیست و بیشتر به عنوان یک ماده افزودنی استفاده می شود که باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی مواد می گردد (۲۰).

یکی از فیبرهای طبیعی، چای و تفاله چای می باشد که مطالعات اندکی بر روی میزان ضریب جذب صوتی آن ها انجام شده است. تفاله چای علاوه بر دارا بودن مزایای ذکر شده در خصوص فیبرهای طبیعی و تخلخل بسیار بالا در فیبرهای آن، به عنوان یک ماده دورریز بوده که بدون نیاز به صرف هزینه، به مقدار زیادی در دسترس و قابل استفاده است. لذا هدف از این مطالعه طراحی و بررسی میزان ضریب جذب صوت نانوکامپوزیت های حاوی تفاله چای و پلی پروپیلن با درصد های وزنی مختلف نانوذره رس بود.

## روش کار

ماده اصلی مورد آزمایش برای ساخت جاذب در این تحقیق، تفاله چای بود که برای حذف متغیر نوع چای، تمامی تفاله ها از بقایای چای حاصل از دم کردن چای ایرانی گرفته شده است. به منظور حذف ناخالصی های موجود در تفاله چای شستشو با استفاده از آب مقطر انجام شد و به مدت سه روز در معرض هوای آزاد قرار گرفت. همچنین به منظور حذف کامل رطوبت، تفاله های چای به مدت ۲۰ دقیقه در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. در این مطالعه از نسبت های وزنی مختلف تفاله چای، پلی پروپیلن و نانوذره رس در ساخت نمونه های کامپوزیتی و نانوکامپوزیتی استفاده گردید که در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است (۲۱، ۲۲). پلی پروپیلن مورد

جدول ۱. درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده نمونه های نانوکامپوزیتی

کد نمونه	تفالیه چای (Wt %)	مالئیک انیدرید (Wt %)	نانوذره رس (Wt %)	پلی پروپیلن (Wt %)
TW0 N5	صفر	۲	۵	۹۳
TW30 N5	۳۰	۲	۵	۶۳
TW40 N5	۴۰	۲	۵	۵۳
TW60 N5	۶۰	۲	۵	۳۳

جدول ۲. درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده نمونه های کامپوزیتی

کد نمونه	تفالیه چای (Wt %)	مالئیک انیدرید (Wt %)	پلی پروپیلن (Wt %)
TW0	صفر	۲	۹۸
TW30	۳۰	۲	۶۸
TW40	۴۰	۲	۵۸
TW60	۶۰	۲	۳۸

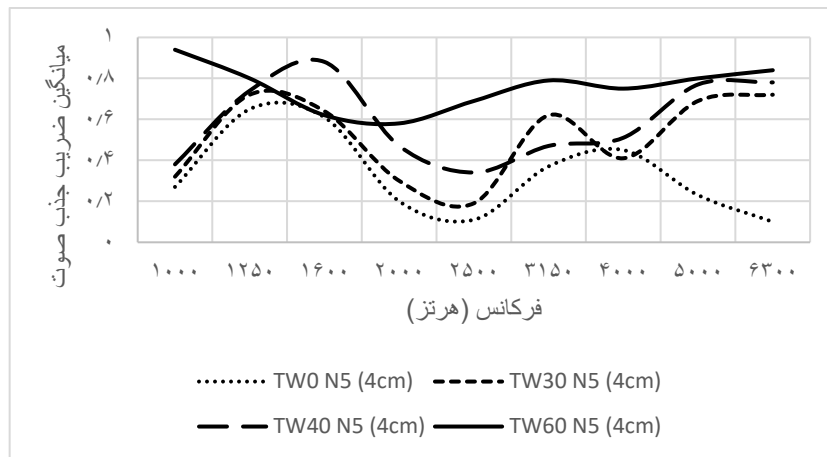
استفاده در این پروژه با نام تجاری HP552R از شرکت پتروشیمی جم تهیه گردید، همچنین به منظور بهبود در اتصال تفالیه های چای با پلی پروپیلن از دو درصد مالئیک انیدرید محصول مرک آلمان استفاده گردید. از طرف دیگر، نانوذره رس مصرفی در نمونه های نانوکامپوزیتی از نوع مونتموریلنت با اندازه ذره ۱-۲ نانومتر محصول شرکت سیگما بود.

برای ساخت نمونه های جاذب، در مرحله اول پلی پروپیلن در دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد ذوب گردید، سپس در نمونه های کامپوزیتی، تفالیه چای و مالئیک انیدرید به مدت ۸۰ دقیقه با مگنت مغناطیسی مخلوط شدند و در نمونه های نانوکامپوزیتی، زمان اختلاط تفالیه چای، مالئیک انیدرید و نانوذره رس به مدت ۱۲۰ دقیقه افزایش یافت. در مرحله بعد مخلوط های بدست آمده به پلی پروپیلن ذوب شده اضافه گردیدند و به مدت ۱۵ دقیقه با پلی پروپیلن ذوب شده مخلوط شدند. در پایان، مخلوط نهایی داخل قالب آهنی به قطر داخلی ۳ سانتی متر و ضخامت ۴ سانتی متری (۱۳) ریخته شد و با کمک یک قالب استوانه ای، با قطر کمتر از سه سانتی متر، فشرده سازی صورت گرفت. قطر نمونه ها با توجه به استاندارد

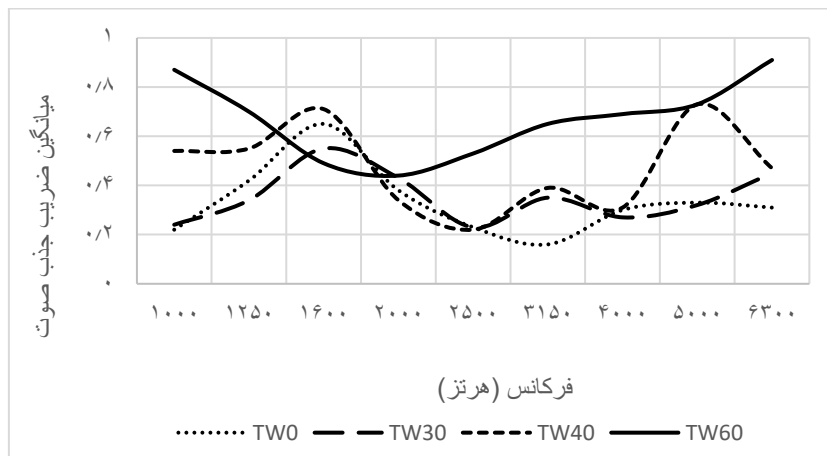
### یافته ها

نمودار شماره ۱ میانگین ضریب جذب صوت نمونه های نانوکامپوزیتی با ضخامت ۴ سانتی متر در فرکانس های مختلف را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود افزایش ۶۰ درصدی تفالیه چای به همراه نانوذره رس منجر به ضریب جذب صوت پیک ۰,۹۴ در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز شده است در صورتی که در نسبت های وزنی کمتر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز زیر ۰,۴ بوده است. از طرف دیگر در نمونه های TW30 N5 و TW40 N5 ضریب جذب صوت پیک به ترتیب در فرکانس های ۱۲۵۰ و ۱۶۰۰ هرتز برابر با ۰,۴۷ و ۰,۸۸ بوده است. روند تغییرات نمونه TW40 N5 مشابه نمونه TW30 N5 بوده است و در تمامی فرکانس های مورد آزمایش

برای ساخت نمونه های جاذب، در مرحله اول پلی پروپیلن در دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد ذوب گردید، سپس در نمونه های کامپوزیتی، تفالیه چای و مالئیک انیدرید به مدت ۸۰ دقیقه با مگنت مغناطیسی مخلوط شدند و در نمونه های نانوکامپوزیتی، زمان اختلاط تفالیه چای، مالئیک انیدرید و نانوذره رس به مدت ۱۲۰ دقیقه افزایش یافت. در مرحله بعد مخلوط های بدست آمده به پلی پروپیلن ذوب شده اضافه گردیدند و به مدت ۱۵ دقیقه با پلی پروپیلن ذوب شده مخلوط شدند. در پایان، مخلوط نهایی داخل قالب آهنی به قطر داخلی ۳ سانتی متر و ضخامت ۴ سانتی متری (۱۳) ریخته شد و با کمک یک قالب استوانه ای، با قطر کمتر از سه سانتی متر، فشرده سازی صورت گرفت. قطر نمونه ها با توجه به استاندارد



نمودار ۱. میانگین ضریب جذب صوت نمونه‌های نانوکامپوزیتی با ضخامت ۴ cm



نمودار ۲. میانگین ضریب جذب صوت نمونه‌های کامپوزیتی با ضخامت ۴ cm

نمودار شماره ۲ میانگین ضریب نمونه‌های کامپوزیتی با ضخامت ۴ سانتی متر در فرکانس‌های مختلف را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این نمودار مشاهده می‌گردد، در فرکانس ۶۳۰۰ هرتز ضریب جذب صوت ۰٫۹۱ در نمونه TW۶۰ به دست آمده است، همچنین در فرکانس ۱۰۰۰ و ۱۲۵۰ هرتز با افزایش درصد وزنی تفال چای، میانگین ضریب جذب صوت نیز افزایش یافته است به طوری که در نمونه TW۶۰ به ترتیب میزان ۰٫۷۷ و ۰٫۸۹ به دست آمد. ضریب جذب صوت پیک در نمونه‌های TW۳۰ و TW۴۰ به ترتیب ۰٫۵۵ و ۰٫۷۱ در فرکانس ۱۶۰۰ هرتز به دست آمد، اما در نمونه TW۶۰ ضریب جذب صوت پیک (۰٫۸۷) به سمت ۱۰۰۰ هرتز پیش رفت.

ضریب جذب صوت آن بیشتر از نمونه TW۳۰ N۵ است و تنها در فرکانس ۳۱۵۰ هرتز ضریب جذب صوت TW۳۰ N۵ ( $\alpha = 0,62$ ) بیشتر از TW۴۰ N۵ (۰٫۴۷) است. کمترین ضریب جذب صوت در فرکانس‌های مختلف مربوط به نمونه TW۰ N۵ بوده است که تنها در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز ضریب جذب صوت آن ( $\alpha = 0,45$ ) اندکی بیشتر از نمونه TW۳۰ N۵ ( $\alpha = 0,41$ ) بوده است. از طرف دیگر نمونه TW۰ N۵ در فرکانس ۶۳۰۰ هرتز دارای ضریب جذب صوت ۰٫۱ است در حالی که با افزودن تفال چای ضریب جذب صوت بسیار افزایش یافته است به طوری که نمونه TW۶۰ N۵ در این فرکانس دارای ضریب جذب صوت ۰٫۸۴ است.

۱۲۵۰ هرتز با مقدار ۰,۷۲ و دومین قله ضریب جذب صوت در فرکانس ۰,۳۱۵ هرتز به مقدار ۰,۶۲ مشاهده شد که از مقدار نمونه TW۳۰ بیشتر بود.

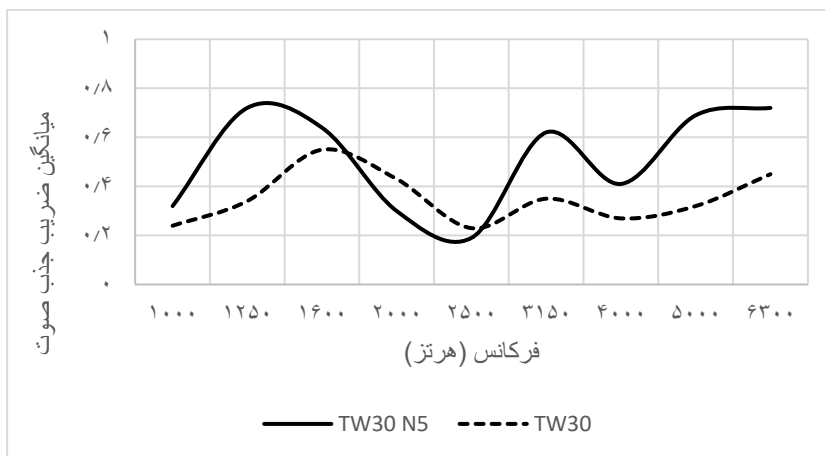
مطابق با نمودار شماره ۴ افزودن ۵ درصد نانوذره رس به نمونه کامپوزیتی حاوی ۴۰ درصد تفالۀ چای با افزایش ضریب جذب صوت همراه بوده است و تنها در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز افت ضریب جذب صوت در نمونه TW۴۰ N۵ نسبت به نمونه TW۴۰ دیده شد.

یافته های نمودار شماره ۵ نیز حاکی از آن هستند که افزودن ۵ درصد نانوذره رس تأثیر مثبتی در افزایش ضریب جذب صوت در فرکانس های مختلف داشته است و تنها در فرکانس ۶۳۰۰ هرتز مقدار اندکی افت در ضریب

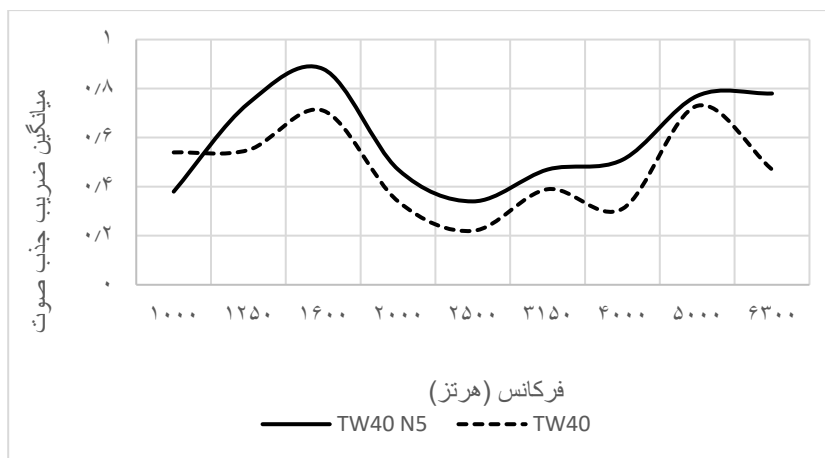
نمونه TW۴۰ در تمام فرکانس های به جز در دو فرکانس ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ هرتز ضریب جذب صوت بیشتری نسبت به نمونه TW۰ از خود نشان داد.

نمودارهای شماره ۳، ۴ و ۵ به ترتیب به مقایسه میانگین ضریب جذب صوت نمونه های نانوکامپوزیتی و کامپوزیتی ۳۰، ۴۰ و ۶۰ درصدی تفالۀ چای با ضخامت ۴ سانتی متری پرداخته است.

همان گونه که در نمودار شماره ۳ مشاهده می شود ضریب جذب صوت نمونه TW۳۰ N۵ در تمام فرکانس ها به استثنای دو فرکانس ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ هرتز نسبت به نمونه TW۳۰ افزایش یافته است. از طرف دیگر اولین قله ضریب جذب صوت نمونه TW۳۰ N۵ در فرکانس

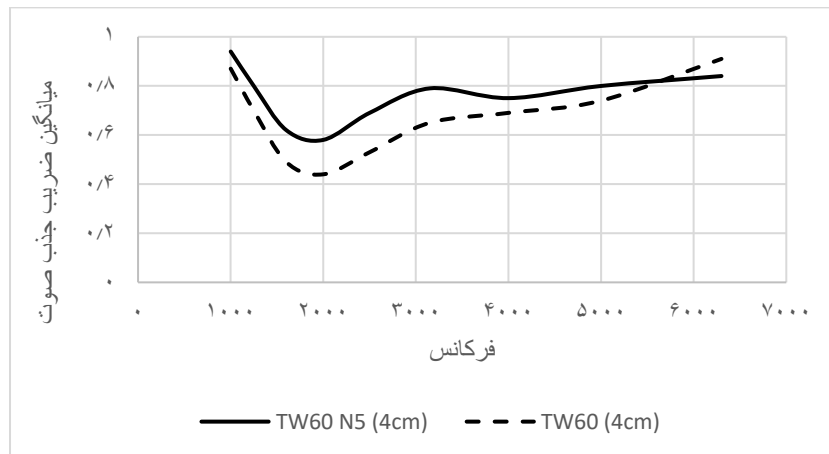


نمودار ۳. مقایسه میانگین ضریب جذب صوت در نمونه کامپوزیتی و نانوکامپوزیتی ۳۰ درصدی تفالۀ چای



نمودار ۴. مقایسه میانگین ضریب جذب صوت در نمونه کامپوزیتی و نانوکامپوزیتی ۴۰ درصدی تفالۀ چای





نمودار ۵. مقایسه میانگین ضریب جذب صوت در نمونه کامپوزیتی و نانوکامپوزیتی ۶۰ درصدی تفاله چای

در فرکانس های بالا و میانی هستند (۲۳). Bastos و همکاران با بررسی جذب صوت الیاف گیاهی مختلف (پوسته نارگیل، کنف و غیره) نشان دادند که این مواد ضریب جذب صوتی بسیار خوبی دارند و همچنین ضمن توجه به مزیت آن ها در مقایسه با عایق های صنعتی باید علاوه بر ساختار متخلخل این مواد به فراوانی گیاه مورد نظر در منطقه نیز توجه شود (۲۴).

از آنجایی که تفاله چای دارای ساختار متخلخل و چگالی پایینی نسبت به پلی پروپیلن است، عملکرد جذب صوتی بالایی نسبت به پلی پروپیلن خواهد داشت و همان گونه که نتایج ضریب جذب صوت در فرکانس های مختلف (نمودارهای شماره ۱ و ۲) نشان می دهد با افزایش درصد وزنی تفاله چای نسبت به پلی پروپیلن در نمونه های نانوکامپوزیتی ( $PV = 0,000$ ) و در نمونه های کامپوزیتی ( $PV = 0,019$ ) ضریب جذب صوت به طور معناداری در فرکانس های مختلف افزایش یافته است و همچنین ضریب جذب صوت پیک به سمت فرکانس های پایین تر از ۱۶۰۰ هرتز پیش رفته است. در واقع در جذب های متخلخل صدا از مسیرهای به هم پیوسته منافذ عبور می کند و در اثر اصطکاک به انرژی حرارتی تبدیل شده و انرژی صوتی تلف می شود (۲۵).

نتایج مطالعه Chin و همکاران بر روی کامپوزیت های ساخته شده از فیبر کنف و پلی لاکتیک اسید نشان داد که با

جذب صوت مشاهده شد به گونه ای که ضریب جذب صوت در نمونه TW60 N5 در فرکانس ۶۳۰۰ هرتز برابر با ۰,۸۴ و در نمونه TW60 برابر با ۰,۹۱ بود.

### بحث

امروزه با توجه به اهمیت کنترل صدا در صنایع و جوامع عمومی در پیشگیری از عوارض گسترده آن، تحقیقات زیادی در طراحی و ساخت انواع جاذب های صوتی به عنوان یکی از شیوه های مؤثر در کنترل صدا به عمل آمده است که هر کدام در جایگاه خود دارای مزایا و معایبی می باشند. در بسیاری از مطالعات به بخشی از خصوصیات مهم یک جاذب مناسب از قبیل عدم ایجاد حساسیت و بیماری، دوستاند محیط زیست بودن و همچنین ارزان و مقرون به صرفه بودن آن توجه کاملی نشده که در این تحقیق توجه ویژه ای به موارد مذکور شده است. با توجه به فراوانی منابع گیاهی بر روی کره زمین، مطالعات بسیاری بر روی جذب امواج صوتی منابع گیاهی مختلف انجام شده است. Belakroum و همکاران با مطالعه بر روی ماده جاذب بر پایه ی فیبر نخل خرما و دو نوع چسب آهک و نشاسته به عنوان باندینگ، نشان دادند که میزان جذب صوت بستگی به نوع باندینگ و فیبر دارد اما به طور کلی ضرایب جذب صوتی گزارش شده بیانگر این موضوع است که این مواد جاذب های صوتی خوبی

با افزایش محتوای ماده پرکننده افزایش می یابد، نتایج بدست آمده به این صورت است که افزودن نانوذره رس به میزان ۰,۷٪ به فوم پلی اورتان نسبت به زمانی که بدون نانو ذره رس می باشد ضریب جذب صوت در فرکانس های پایین افزایش یافته است اما هنگامی که ۲٪ نانوذره رس اضافه شد نسبت به زمانی که ۱,۴٪ نانوذره رس اضافه شده بود افت ضریب جذب صوت مشاهده شده است و تنها در برخی فرکانس ها افزایش جذب صوت داشته است (۱۹). افزایش نانو ذره رس باعث افزایش سختی نمونه ها شده و در نتیجه ضریب جذب صوت را در برخی فرکانس ها کاهش می دهد (۳۱). در مطالعه ای که نجیمی و همکاران بر روی گچ اصلاح شده با نانوذرات سیلیکا انجام داده اند مشاهده شد که افزودن نانوذرات سیلیکا باعث کاهش ضریب جذب صوت شده اما بر خلاف روند کلی در برخی فرکانس ها افزایش جذب صوت نیز مشاهده شده است، در واقع در هر نانوکامپوزیت با هر درصد وزنی چنانچه در چندین فرکانس ضریب جذب صوت بالایی مشاهده شود نمی تواند دلیلی بر این باشد که در فرکانس های دیگر هم ضریب جذب خوبی داشته باشد (۳۲).

### نتیجه گیری

با توجه به یافته های تحقیق، جاذب های آکوستیکی ساخته شده از تفالله چای و پلی پروپیلن همراه با نانوذره رس ضریب جذب صوتی بالاتری را نسبت به جاذب های آکوستیکی حاوی تفالله چای و پلی پروپیلن بدون نانوذره رس از خود نشان داده اند و تنها در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز نمونه های ۴۰ و ۶۰ درصدی تفالله چای با نانوذره رس ضریب جذب صوت کمتری نسبت به نمونه های بدون نانوذره رس دارند و همچنین این افت ضریب جذب صوت در نمونه ۳۰ درصدی تفالله چای همراه با نانوذره رس در دو فرکانس ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ هرتز نیز دیده شده است. از طرف دیگر افزایش درصد وزنی تفالله چای نسبت به پلی پروپیلن به طور معنادار باعث افزایش ضریب جذب صوت شده است؛ بنابراین می توان اظهار داشت که

افزایش درصد وزنی کنف، ضریب جذب صوتی پیک افزایش یافته و به سمت فرکانس ۱۰۰۰ هرتز پیش رفته است (۲۶). عملکرد ضریب جذب صوت بدون افزایش ضخامت و تنها با افزایش درصد تفالله چای نسبت به پلی پروپیلن بهبود یافته است، همان طور که Wang با افزودن سبوس برنج به فوم پلی اورتان بدون افزایش ضخامت، توانسته است ضریب جذب صوت را افزایش دهد (۲۷).

مطابق با نتایج به دست آمده در نمونه TW۶۰ N۵ و TW۶۰ به ترتیب در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز ضریب جذب صوت ۰,۹۴ و ۰,۷۷ مشاهده شد که مطابق با نتایج مطالعه Martellotta و همکاران بر روی برگ زیتون و کیتوسان بوده است در این مطالعه نیز بیشترین ضریب جذب صوت مشاهده شده در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز برابر با ۰,۹ بوده است (۲۸).

مطابق با نتایج به دست آمده افزودن نانوذره رس به نمونه های کامپوزیتی باعث افزایش ضریب جذب صوت شده، در واقع نانو مواد به دلیل افزایش سطح و مقاومت جریان هوای مؤثر خود می توانند ضریب جذب صوت را افزایش دهند (۲۹). با افزودن نانوذره رس، در نمونه TW۴۰ N۵ در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و در نمونه TW۳۰ N۵ در فرکانس ۱۶۰۰ و ۱۲۵۰ هرتز افت جذب صوت مشاهده شده است که با نتایج مطالعه ای که توسط پایان بر روی چوب گچ های ساخته شده از ضایعات کنف انجام داده همخوانی دارد در مطالعه مذکور نیز با افزودن شش درصدی نانوذره رس در این رنج فرکانس ها افت جذب صوت مشاهده شده اما از طرف دیگر در تحقیقی که پایان انجام داده است، نتایج بیانگر آن هستند که با افزایش نانوذره رس نسبت به نمونه کنترل کاهش جذب صوت وجود داشته که مغایر با نتایج به دست آمده در این مطالعه است و می توان دلیل آن را تفاوت در نوع ماده طبیعی دانست و همچنین تحقیق پایان تنها بر روی چهار فرکانس اصلی کار شده است که با رنج فرکانسی مورد مطالعه در این پروژه متفاوت است (۳۰). Gayathri و همکارانش با مطالعه بر روی فوم های پلی اورتان اصلاح شده با نانوذره رس نشان دادند که ضریب جذب صوت

است، به‌عنوان یکی از جاذب‌های مؤثر و مقرون به‌صرفه در کنترل صدای محیط‌های کاری، موردبررسی بیشتر و استفاده گردد.

جاذب‌های صوتی بر پایه تفاله چای با توجه به عملکرد جذب صوتی بالا و اینکه یک ماده طبیعی و دوستدار محیط‌زیست بوده و فاقد اثرات مضر بر روی سلامت انسان

## REFERENCES

- Zeydabadi A, Askari J, Vakili M, Mirmohammadi SJ, Ghovveh MA, Mehrparvar AH. The effect of industrial noise exposure on attention, reaction time, and memory. *Int Arch Occup Environ Health* [Internet]. 2019 Jan 26;92(1):111–6. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00420-018-1361-0>
- Yang W, Li Y. Sound absorption performance of natural fibers and their composites. *Sci China Technol Sci* [Internet]. 2012 Aug 19;55(8):2278–83. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11431-012-4943-1>
- Hajizadeh R, Ali Khavanin, Ahmad Jonidi Jafari, Barmar M, Somayeh Farhang Dehghan. Investigation of Acoustic Properties of Polymer Nanocomposites Polymer Regarding Combined Sound Absorption and Insulation Characteristics. *J Heal Saf Work* 2019; 2019;9(4):324–8.
- Bujoreanu C, Nedeff F, Benchea M, Agop M. Experimental and theoretical considerations on sound absorption performance of waste materials including the effect of backing plates. *Appl Acoust*. 2017;119:88–93.
- Wong K, Ahsan Q, Putra A, Subramonian S, Mohamad N, Mohd Nor MJ. Acoustic Benefits of Ecofriendly Spent Tea Leaves Filled Porous Material. *Key Eng Mater* [Internet]. 2017 Jun;739:125–34. Available from: <https://www.scientific.net/KEM.739.125>
- Basner M, Babisch W, Adrian Davis MB, Clark C, Janssen S, Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. 2014;
- Or KH, Putra A, Selamat MZ. Oil palm empty fruit bunch fibres as sustainable acoustic absorber. *Appl Acoust*. 2017;119:9–16.
- Kalantary S, Dehghani A, Yekaninejad MS, Omidi L, Rahimzadeh M. The effects of occupational noise on blood pressure and heart rate of workers in an automotive parts industry. Vol. 11, *ARYA Atherosclerosis*. 2015.
- Dehghan SE, M.R.Monazzam, P.Nasiri, Kafsh ZH, M.Jahangiri. The assessment of noise exposure and noise annoyance at a petrochemical company. *J Heal Saf Work*. 2013;3(3).
- Putra A, Or KH, Selamat MZ, Nor MJM, Hassan MH, Prasetiyo I. Sound absorption of extracted pineapple-leaf fibres. *Appl Acoust* [Internet]. 2018 Jul;136:9–15. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003682X17310708>
- Ghofrani M, Ashori A, Mehrabi R. Mechanical and acoustical properties of particleboards made with date palm branches and vermiculite. *Polym Test*. 2017;60:153–9.
- Çelebi S, Küçük H. Acoustic Properties of Tea- Leaf Fiber Mixed Polyurethane Composites. *Cell Polym*. 2012;31(5).
- Mamtaz H, Hosseini Fouladi M, Nuawi MZ, Narayana Namasivayam S, Ghassem M, Al-Atabi M. Acoustic absorption of fibro-granular composite with cylindrical grains. *Appl Acoust* [Internet]. 2017 Nov;126:58–67. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003682X16306090>
- Othmani C, Taktak M, Zain A, Hantati T, Dauchez N, Elnady T, et al. Acoustic characterization of a porous absorber based on recycled sugarcane wastes. *Appl Acoust* [Internet]. 2017 May;120:90–7. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003682X17300385>
- Berardi U, Iannace G. Predicting the sound absorption of natural materials: Best-fit inverse laws for the acoustic impedance and the propagation constant. *Appl Acoust*. 2017;115:131–8.
- Bansod P V, Mohanty AR. Inverse acoustical characterization of natural jute sound absorbing material by the particle swarm optimization method. *Appl Acoust*. 2016;112:41–52.
- Malkapuram R, Kumar V, Yuvraj Singh Negi. Recent Development in Natural Fiber Reinforced Polypropylene Composites. *J Reinf Plast Compos* [Internet]. 2009 May 20;28(10):1169–89. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684407087759>
- Yan J, Kim M-S, Kang K-M, Joo K-H, Kang Y-J, Sung-Hoon. Evaluation of PP/Clay Composites as

- Soundproofing Material. *Polym Polym Compos.* 2014;22(1).
19. R.Gayathri, R.Vasanthakumari, C.Padmanabhan. Sound absorption, Thermal and Mechanical behavior of Polyurethane foam modified with Sound absorption, Thermal and Mechanical Nano silica, Nano clay and Crumb rubber fillers. *Int J Sci Eng Res.* 2013;4(5).
20. Yadav SM, Yusoh K Bin. MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES MADE OF POLYPROPYLENE, WOOD FLOUR AND NANOCCLAY. *Int J Agric For Plant.* 2015;1.
21. Dönmez Çavdar A, Kalaycıoğlu H, Mengeloğlu F. Tea mill waste fibers filled thermoplastic composites: the effects of plastic type and fiber loading. *J Reinf Plast Compos* [Internet]. 2011 May 2;30(10):833–44. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684411408752>
22. Yan J, Lee JC, Lee CW, Kang DW, Kang YJ, Ahn SH. SOUNDPROOF EFFECT OF NANOCCLAY REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITES.
23. Belakroum R, Gherfi A, Bouchema K, Gharbi A, Kerboua Y, Kadja M, et al. Hygric buffer and acoustic absorption of new building insulation materials based on date palm fibers. *J Build Eng.* 2017;12:132–9.
24. Bastos LP, de Melo G da SV, Soeiro NS. Panels manufactured from vegetable fibers: An alternative approach for controlling noises in indoor environments. *Adv Acoust Vib.* 2012;2012.
25. Qiu X. Principles of Sound Absorbers. In 2016. p. 43–72. Available from: [http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-1476-5\\_3](http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-1476-5_3)
26. Chin DDVS, Yahya MN Bin, Che Din N Bin, Ong P. Acoustic properties of biodegradable composite micro-perforated panel (BC-MPP) made from kenaf fibre and polylactic acid (PLA). *Appl Acoust* [Internet]. 2018 Sep;138:179–87. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003682X17311891>
27. Wang Y, Zhang C, Ren L, Ichchou M, Galland M-A, Bareille O. Influences of rice hull in polyurethane foam on its sound absorption characteristics. *Polym Compos* [Internet]. 2013 Nov;34(11):1847–55. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/pc.22590>
28. Martellotta F, Cannavale A, De Matteis V, Ayr U. Sustainable sound absorbers obtained from olive pruning wastes and chitosan binder. *Appl Acoust.* 2018;141:71–8.
29. Tang X, Yan X. Acoustic energy absorption properties of fibrous materials: A review. *Compos Part A Appl Sci Manuf* [Internet]. 2017 Oct;101:360–80. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359835X17302609>
30. Payan M. Evaluating physical and mechanical properties of gypsum produced from Kenaf stalk. Shahid Rajae Teacher Training University [persian]; 2014.
31. Rangavar H, PAYANI MH. Investigation of the sound absorption properties of gypsum particleboard produced with kenaf stalks and nano clay. *Iran J Wood Pap Sci Res.* 2014;29(3):434–42.
32. Najimi, Barkhordari, Hekmatimoghaddam, Kouhnavard, Jebali. Effect of Silica Nanoparticles and Nano-dye on Acoustic Absorption Rate of Nano-Composite Based on Hydrolysed Cotton and Gypsum. *Occup Med Q J.* 2018;10(1):1–6.