

# PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU TIÊU ÂM SINH HỌC CÓ NGUỒN GỐC TỪ SỢI XƠ DỪA ỨNG DỤNG CHO KIẾN TRÚC NỘI THẤT HIỆN ĐẠI

MAI BẢO YẾN, TRẦN TRIỆU TÂN | KHOA XÂY DỰNG, TRƯỜNG KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ, TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH

## Tóm tắt

Vật liệu tiêu âm từ xơ dừa được nghiên cứu như một giải pháp sinh học khả thi, tận dụng nguồn phụ phẩm nông nghiệp dồi dào ở Đồng bằng sông Cửu Long, đặc biệt tại Vinh Long, Trà Vinh và Bến Tre. Với đặc tính tự nhiên, không độc hại, dễ tái chế và thân thiện môi trường, xơ dừa là lựa chọn tiềm năng thay thế vật liệu công nghiệp như bông khoáng hay bông thủy tinh. Kết quả thí nghiệm cho thấy khả năng tiêu âm của xơ dừa tương đương các vật liệu phổ biến, đặc biệt khi tăng độ dày. Mẫu 15mm đạt hệ số hấp thụ âm cao nhất ( $\alpha \approx 0,6-0,7$ ) trong dải 1.500-4.000Hz. Quá trình xử lý NaOH kết hợp bổ sung 10% phụ gia chống cháy giúp nâng cao và ổn định hiệu quả, đồng thời đáp ứng tiêu chuẩn UL94 cấp HB trong thử nghiệm cháy ngang. Nghiên cứu góp phần mở rộng chuỗi giá trị sản phẩm dừa, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho ứng dụng trong kiến trúc và xây dựng, hướng đến phát triển vật liệu bền vững, thân thiện môi trường.

## Abstract

Sound-absorbing materials from coconut fiber are being studied as a feasible biological solution, taking advantage of the abundant agricultural by-products in the Mekong Delta, especially in Vinh Long, Tra Vinh and Ben Tre. With its natural, non-toxic, easily recycled and environmentally friendly properties, coconut fiber is a potential alternative to industrial materials such as mineral wool or glass wool. Experimental results show that the sound-absorbing ability of coconut fiber is equivalent to popular materials, especially when increasing the thickness. The 15mm sample achieved the highest sound absorption coefficient ( $\alpha \approx 0.6-0.7$ ) in the range of 1.500-4.000Hz. The NaOH treatment process combined with the addition of 10% fire retardant additives helps to improve and stabilize the efficiency, while meeting the UL94 standard of HB level in the horizontal fire test. The research contributes to expanding the coconut product value chain, while providing a scientific basis for application in architecture and construction, aiming at developing sustainable, environmentally friendly materials.

## GIỚI THIỆU

Trong các không gian nội thất, việc sử dụng vật liệu có bề mặt nhẵn bóng như gạch men, đá granite hay tường sơn nước tuy mang lại giá trị thẩm mỹ cao, nhưng lại dễ gây hiện tượng phản xạ âm thanh mạnh, làm giảm độ rõ và chất lượng truyền đạt. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng tiếp thu thông tin, đặc biệt trong các không gian như phòng học, hội trường, phòng họp hay rạp chiếu phim. Việc không xử lý tiêu âm đúng cách còn góp phần làm gia tăng ô nhiễm tiếng ồn - một vấn đề ngày càng nghiêm trọng trong môi trường sống và làm việc. Do đó, sử dụng vật liệu tiêu âm là giải pháp thiết yếu nhằm cải thiện chất lượng không gian.

Bông khoáng và bông sợi thủy tinh là lựa chọn phổ biến nhờ khả năng hấp thụ âm thanh vượt trội. Tuy nhiên, các vật liệu này tiềm ẩn nhiều rủi ro đối với sức khỏe con người: các sợi li ti có thể gây kích ứng da, mắt, đường hô hấp và thậm chí tổn thương phổi. Ngoài ra, quá trình sản xuất tiêu tốn nhiều năng lượng. Hiện nay, vật liệu tiêu âm thân thiện với

môi trường đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trên thế giới nhằm đáp ứng nhu cầu cải thiện chất lượng âm học trong không gian sống và làm việc. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về loại vật liệu này vẫn còn hạn chế, đặc biệt chưa có công trình nào khai thác nguồn nguyên liệu từ xơ dừa để sản xuất vật liệu tiêu âm. Trong khi đó, các nghiên cứu ứng dụng xơ dừa chủ yếu tập trung trong lĩnh vực nông nghiệp. Xơ dừa thô là vật liệu tự nhiên. Nhờ cấu trúc sợi đặc biệt, xơ dừa có khả năng hấp thụ âm thanh hiệu quả, dễ phân hủy và góp phần giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người.

Việt Nam hiện là một trong những quốc gia có sản lượng dừa hàng đầu thế giới. Năm 2022, sản lượng dừa đạt khoảng 1,9 triệu tấn, cao gấp hơn hai lần Thái Lan và gấp ba lần Malaysia [2]. Dự kiến đến năm 2025, với hơn 200.000ha diện tích trồng dừa và sản lượng khoảng 2,28 triệu tấn mỗi năm, Việt Nam sẽ đứng thứ 5 thế giới về xuất khẩu, khẳng định vị thế trong chuỗi giá trị dừa toàn cầu [3].

Theo Nghị quyết 1687/NQ-UBTVQH15, từ ngày 1/7/2025, tỉnh Vĩnh Long mới sẽ được hình thành từ việc sáp nhập ba tỉnh: Vĩnh Long, Bến Tre và Trà Vinh. Với tổng diện tích trồng dừa gần 120.000ha, chiếm khoảng 50% diện tích cả nước Vùng đất này được mệnh danh là "thủ phủ dừa". Trong đó, Bến Tre chiếm khoảng 80.000ha, Trà Vinh 30.000ha và Vĩnh Long 10.000ha, với sản lượng năm 2025 ước tính đạt hơn 1,3 triệu tấn, tương đương hơn 1 tỷ trái dừa, mang lại giá trị kinh tế khoảng 11.000 tỷ đồng [4].

Với nguồn nguyên liệu xơ dừa dồi dào từ địa phương và đặc tính sinh học ưu việt, việc phát triển vật liệu tiêu âm từ xơ dừa không chỉ góp phần xây dựng hệ vật liệu xanh trong kiến trúc - xây dựng, mà còn thúc đẩy kinh tế địa phương theo hướng bền vững. Vật liệu từ xơ dừa (phụ phẩm nông nghiệp) giúp mở rộng hệ sinh thái sản phẩm dừa, tận dụng tài nguyên hiệu quả, tạo việc làm cho người dân, đồng thời giảm thiểu tác động môi trường và nâng cao giá trị sử dụng của phụ phẩm, góp phần định hình xu hướng kiến trúc thân thiện với môi trường.

## PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Tổng hợp các nghiên cứu có liên quan đến xơ dừa

Xơ dừa thô là vật liệu tự nhiên có thành phần chính bao gồm Cellulose 42,24%, Lignin 44,48%, Hemicellulose 0,45% và các chất hòa tan 12,83% [1]. Độ ẩm trung bình khoảng 14% và kích thước sợi dao động từ 240µm đến 300µm. Quá trình xử lý bằng dung dịch NaOH/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> giúp làm giảm hàm lượng Lignin và Hemicellulose, đồng thời làm giảm đường kính sợi và tạo ra bề mặt xơ bị mòn, góp phần cải thiện khả năng tiếp xúc. Ở nhiệt độ xử lý 70-80°C, xơ dừa đạt độ bền kéo cao nhất lên tới 200Mpa. Tuy nhiên, giảm mạnh 3-9MPa khi ở nhiệt độ 90°C [5]. Về khả năng hấp thụ âm thanh, hệ số này có xu hướng tăng theo tần số và đạt hiệu quả tối ưu ở dải tần cao trên 1.000Hz với độ dày mẫu thí nghiệm 20mm, 30mm và 40mm [6].

Kế thừa phương pháp xử lý vật liệu từ các nghiên cứu trước. Trong nghiên cứu này, dung dịch NaOH 8% kết hợp với H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% đã được sử dụng nhằm giảm hàm lượng Lignin và loại bỏ hoàn toàn màu nâu đặc trưng của xơ dừa, qua đó tạo ra màu sắc sáng tự nhiên, thuận lợi cho quá trình nhuộm màu trong các ứng dụng tiếp theo phù hợp trong thiết kế nội thất. Nghiên cứu của J. Ramis với mẫu vật liệu có độ dày từ 20mm đến 40mm [6], các mẫu vật liệu trong nghiên cứu này đã được chế tạo với độ dày mỏng hơn, dao động từ 2,5mm đến 15mm. Việc điều chỉnh độ dày đã giúp tăng tính linh hoạt, dễ tạo hình và mở rộng khả năng ứng dụng trong thực tiễn. Mặc dù phương pháp nghiên cứu kế thừa từ các công trình trước, trọng tâm đã được chuyển hướng sang mở rộng phạm vi đo và đánh giá hiệu quả hấp thụ âm thanh ở quãng rộng hơn. Trong nghiên cứu này, dải tần số đo được mở rộng từ 20Hz đến 4.300Hz nhằm đáp ứng tốt hơn yêu cầu kỹ thuật âm học trong không gian nội thất hiện đại, nơi thường xuất hiện âm thanh ở tần số cao như giọng nói, nhạc nền và tiếng thiết bị điện tử. Việc mở rộng này giúp đánh giá chính xác hơn khả năng tiêu âm của vật liệu xơ dừa trong các môi trường đòi hỏi âm thanh chính xác và ổn định.

### Phương pháp thực nghiệm

Xác định tính chất xơ dừa



Hình 1. Xác định các thông số cơ bản của xơ dừa

STT	Khối lượng sau sấy (g)	Thời gian	Độ ẩm
Lần 1	1.770g	5p21s	11.72%
Lần 2	1.770g	5p03s	11.5%
Lần 3	1.775g	5p30s	11.25%

Bảng 1. Tổng hợp số liệu

Xơ dừa thô chứa Cellulose 32-43%, Hemicellulose 15-25% và Lignin 40-45% [7]. Hàm lượng Lignin và Hemicellulose cao làm xơ dừa cứng, khó liên kết, đồng thời làm giảm khả năng hấp thụ âm thanh [8]. Xơ dừa xử lý với NaOH 6% trong 48 giờ, loại bỏ được 38.5% Lignin, 31.2% Hemicellulose và 14.8% Pectin [9]. Kết quả được phân tích SEM xơ dừa đã xử lý, tăng độ nhám bề mặt từ 2.1µm lên 5.8µm (tăng 176%) và giảm khối lượng riêng từ 1.25g/cm<sup>3</sup> xuống 0.89g/cm<sup>3</sup> (giảm 28.8%) [10].

Xơ dừa thô sau khi mua về, được xử lý sơ bộ nhằm loại bỏ vỏ, mùn và sợi không

đồng nhất. Chiều dài sợi dao động từ 30mm đến 260mm. Đường kính sợi dao động từ 0.095mm đến 0.463mm. Xơ dừa được cắt nhỏ và đo độ ẩm bằng máy OHAUS. Chia thành ba lần đo, với 2g cho mỗi lần đo, nhiệt độ 130°C (khuyến cáo từ 120-150 °C) ở chế độ tự động, nhằm đưa độ ẩm về mức 10-12%.

Dựa trên dữ liệu từ ba lần đo ta có thể kết luận được thời gian sấy dao động từ 5 phút đến 5 phút 30 giây cho mẫu 2g xơ dừa. Độ ẩm trung bình 11.49%, kết quả nằm trong khoảng khuyến cáo. Để xác định khối lượng riêng của xơ dừa cần dựa trên công thức:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Trong đó:

$\rho$ : **Khối lượng riêng (kg/m<sup>3</sup> hoặc g/cm<sup>3</sup>)**

$m$ : **Khối lượng của vật (kg hoặc g)**

$V$ : **Thể tích của vật (m<sup>3</sup> hoặc cm<sup>3</sup>)**

**Độ ẩm trung bình của xơ dừa 11.49% từ đó cho thấy độ ẩm môi trường 88.51%.**

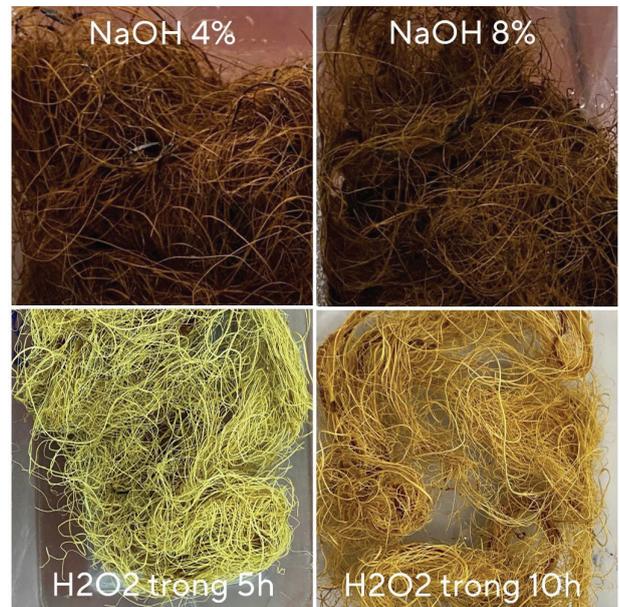
$m=26.6g \times 88.51\%= 23.5g$

**Khối lượng riêng của xơ dừa sau khi đã sấy ẩm:**

$$\rho = \frac{23.5}{125} = 0.188g/cm^3$$



Hình 2. Xơ dừa xử lý NaOH nồng độ khác nhau



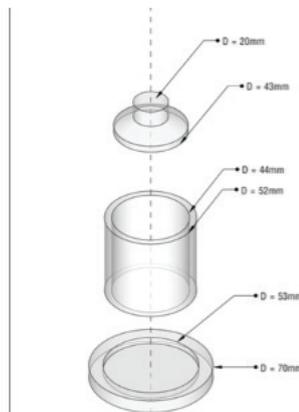
Hình 3. Mẫu xơ dừa sau khi xử lý H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### Xử lý xơ dừa

Nghiên cứu sử dụng 40ml dung dịch NaOH cho 1g xơ dừa, với nồng độ 4%, 8% và 12%, tương đương với tỷ lệ 1:40, đảm bảo xơ dừa được ngâm hoàn toàn trong dung dịch với thời gian 12 giờ. Mặc dù theo khuyến cáo ngâm 24-48 giờ để NaOH triệt để loại bỏ Lignin, Hemicellulose và gia tăng Cellulose [11]. Nhưng tỷ lệ dung dịch được dùng cao, lượng NaOH dư thừa thúc đẩy quá trình thẩm thấu và phản ứng nhanh, giúp rút ngắn thời gian.

Sau quá trình xử lý, xơ dừa được rửa bằng nước sạch cho đến khi đạt giá trị pH trung tính, đảm bảo loại bỏ hoàn toàn dư lượng hóa chất. Kết quả quan sát bằng mắt thường cho thấy sự khác biệt rõ rệt về màu sắc và độ mềm của mẫu tăng theo nồng độ dung dịch: với NaOH 4% có màu nâu nhạt và độ mềm vừa phải; NaOH 8% cho màu nâu đậm hơn và độ mềm tăng rõ rệt; NaOH 12% đạt độ mềm cao nhất, kèm theo màu nâu sẫm đặc trưng (Hình 2). Sự thay đổi này phản ánh mức độ Oxy hóa và tái cấu trúc phân tử Lignin và các hợp chất Phenolic, đồng thời cho thấy ảnh hưởng trực tiếp của nồng độ hóa chất đến đặc tính vật lý của vật liệu sau xử lý. Các nghiên cứu trước, chỉ ra NaOH cao hơn 10% làm giảm độ bền sợi, do tác động phá hủy cấu trúc [12]. Nhưng với thí nghiệm này cấu trúc sợi vẫn được duy trì, chỉ mềm hơn đáng kể.

Nhằm cải thiện tính thẩm mỹ và tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình nhuộm màu đa dạng trong các ứng dụng sau này, xơ dừa đã được xử lý bằng dung dịch Hydro-



Hình 4: Bản vẽ khuôn và gia công khuôn đúc mẫu D=44mm

gen Peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) nồng độ 3%, với tỷ lệ sử dụng là 20ml dung dịch cho mỗi gram xơ dừa. Quá trình tẩy trắng được thực hiện với thời gian khác nhau tùy theo mức độ xử lý kiểm tra trước đó: mẫu xơ dừa đã xử lý bằng dung dịch NaOH 4% được tẩy trong thời gian 5 giờ, trong khi mẫu xử lý bằng NaOH 8% được tẩy trong 10 giờ. Việc áp dụng quy trình này giúp loại bỏ sắc tố nâu đặc trưng của xơ dừa, đồng thời tạo nền màu sáng tự nhiên, phù hợp cho các bước xử lý màu tiếp theo trong chế tạo vật liệu tiêu âm và trang trí nội thất.

Kết quả: mẫu 4% ngâm trong 5 giờ đã đạt được màu vàng sáng. Ngược lại, mẫu 8% có màu sẫm hơn nên cần thời gian dài hơn, cần 10 giờ để đạt được màu vàng sáng. Điều này cho thấy việc nồng độ NaOH ban đầu ảnh hưởng tới thời gian tẩy. Đặc biệt, mẫu 8% sau tẩy có màu sáng hơn, mở ra tiềm năng trong ứng dụng vật liệu. Với khí hậu đặc trưng của Việt Nam, xơ dừa rất dễ bị mối mọt tấn công. Nghiên cứu chọn xử lý xơ dừa bằng dung dịch Termize

200SC, liều lượng theo khuyến cáo của nhà sản xuất (25ml/10l nước). Ngâm trong 4 giờ để hoạt chất thẩm thấu sâu, sau đó sấy khô hoàn toàn trước khi tiến hành tạo mẫu thí nghiệm.

### Chế tạo mẫu thí nghiệm tiêu âm

Trong nghiên cứu của Ida Norfaslia Nasidi "Effect of Sodium Hydroxide (NaOH) Treatment on Coconut Coir Fibre and its Effectiveness on Enhancing Sound Absorption Properties", xơ dừa được xử lý bằng dung dịch NaOH với nồng độ 7-8%, đây được xác định là điều kiện tối ưu để cải thiện khả năng hấp thụ âm thanh [13]. Hiệu quả tiêu âm của vật liệu được đánh giá trên năm cấp độ chiều dày khác nhau: 2,5mm; 5mm; 7,5mm; 10mm; 12,5mm và 15mm, mẫu thí nghiệm có đường kính 44mm. Bên cạnh đó, nghiên cứu được mở rộng bằng cách chế tạo bốn nhóm mẫu xơ dừa, trong đó mỗi nhóm sử dụng thành phần phụ gia khác nhau, nhằm khảo sát ảnh hưởng của phụ gia đến đặc tính tiêu âm của vật liệu, gồm:



Hình 5. Tổng hợp mẫu sau chế tạo

Stt	Độ dày (mm)	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
1	2.5	0.7g	0.8g	0.8g	0.9g
2	5	1.1g	1.3g	1.5g	1.6g
3	7.5	2.0g	2.3g	2.4g	2.5g
4	10	2.6g	2.8g	2.9g	3.1g
5	12.5	3.1g	3.2g	3.3g	3.5g
6	15	3.6g	3.9g	4.2g	4.3g

Bảng 2. Tổng hợp khối lượng mẫu

Mẫu 1: Xơ dừa thô kết hợp với keo kết dính.

Mẫu 2: Xơ dừa thô kết hợp với chất chống cháy và keo kết dính.

Mẫu 3: Xơ dừa đã qua xử lý hóa học kết hợp với chất chống mối mọt và keo kết dính.

Mẫu 4: Xơ dừa đã qua xử lý hóa học kết hợp với chất chống mối mọt, chất chống cháy và keo kết dính.

Đối với mẫu 2 và mẫu 4, chất chống cháy được bổ sung bằng cách trộn trực tiếp vào keo với liều lượng bằng 10% tổng khối lượng của hỗn hợp xơ dừa và keo. Tỷ lệ phối trộn giữa xơ dừa và keo được điều chỉnh khác nhau tùy theo đặc tính vật liệu: đối với xơ dừa thô, tỷ lệ là 1:1,25 (xơ dừa:keo), trong khi đối với xơ dừa đã qua xử lý - vốn có khả năng kết dính tốt hơn - tỷ lệ được giảm xuống 1:0,7, nhằm đảm bảo mẫu vật liệu không bị dư keo ảnh hưởng đến khả năng tiêu âm.

Xơ dừa sau khi phối trộn cùng keo, cắt thành đoạn 4-5cm để thuận tiện cho vào khuôn và định hình mẫu trước khi ép. Mẫu được ép bằng thủ công, đảm bảo hỗn hợp được nén chặt, đồng đều theo độ dày. Sấy khô bằng máy sấy, ở nhiệt độ phù hợp loại bỏ độ ẩm dư thừa, giúp mẫu đạt được độ cứng nhất định. Cuối cùng kiểm tra lại trọng lượng, kích thước và độ đồng đều của mẫu.



### Thí nghiệm

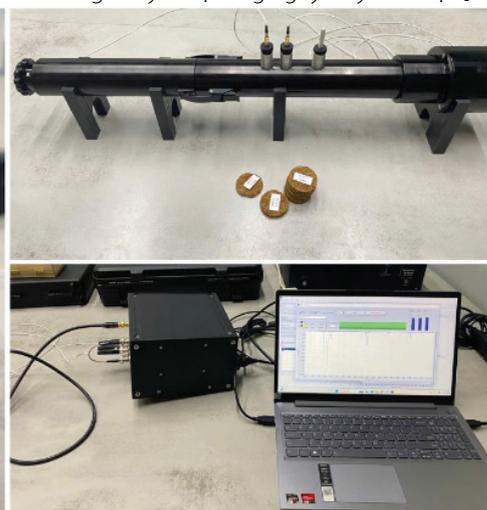
#### Thí nghiệm tiêu âm, cách âm

Thí nghiệm được thực hiện bằng ống đo trở kháng theo tiêu chuẩn ISO 10534-2 và ASTM E1050. Thiết bị sử dụng là ống trở kháng Mecanum với đường kính trong 44.44mm, kích thước tổng thể 80x20x20cm, và dải tần số từ 45Hz đến 4.300Hz. Phương pháp đo dựa trên kỹ thuật hàm truyền, cho phép phân tách năng lượng của sóng tới và sóng phản xạ. Hai micro được bố trí dọc theo thân ống để ghi nhận sự chênh lệch áp suất âm, từ đó dữ liệu được xử lý nhằm xác định hệ số

Tube d'impédance et de transmission ISO 10534-2, ASTM E1050 et ASTM E2611 (méthode à 4 ou 3 microphones)



Hình 6. Thông số kỹ thuật ống nguyên lý làm việc [15]



Hình 7. Quá trình thí nghiệm đo khả năng tiêu âm, cách âm

hấp thụ âm (hút âm) của vật liệu. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của ống trở kháng được minh họa ở hình bên dưới. Hệ số hấp thụ âm thanh của vật liệu nằm trong khoảng từ 0 đến 1 [14].

$$\alpha = \frac{E_h}{E_t}$$

Trong đó:

$\alpha$  là hệ số hấp thụ âm thanh;

$E_h$  là năng lượng âm thanh bị hấp thụ (bao gồm cả phần thấu âm);

$E_t$  là năng lượng âm thanh tới.



Hình 8. Mẫu thí nghiệm khả năng cháy của xơ dừa  
 a. Xơ dừa đã qua xử lý + chất chống mối mọt + keo (Mẫu 3)  
 b. Xơ dừa đã qua xử lý + chất chống mối mọt + chất chống cháy + keo (Mẫu 4)

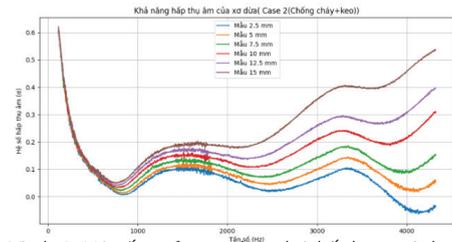
**Thí nghiệm chống cháy**

Đánh giá khả năng chống cháy theo tiêu chuẩn UL94 (thử nghiệm cháy ngang) [16].

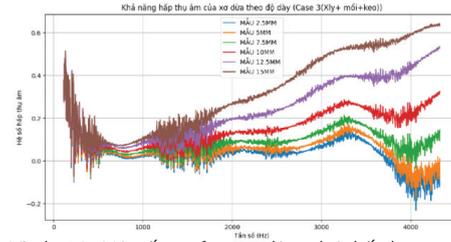
Mẫu 1 và 3: Ngọn lửa lan đến vạch 25mm trong 30 giây và tự tắt sau 96 giây trong điều kiện không gió; khi có gió xuất hiện hiện tượng cháy âm ỉ.

Mẫu 2 và 4: Ngọn lửa không lan đến vạch 25mm và tự tắt ngay, không xảy ra cháy lan.

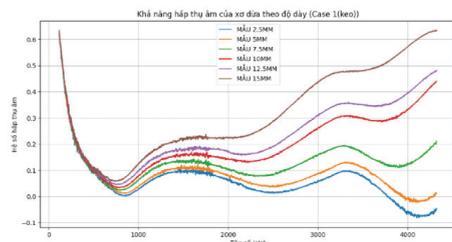
*Kết luận: Vật liệu xơ dừa có bổ sung 10% chất chống cháy đạt cấp HB theo tiêu chuẩn UL94 trong phép thử cháy ngang. Tuy nhiên, do điều kiện thí nghiệm hạn chế và nghiên cứu chỉ được mô phỏng theo tiêu chuẩn, kết quả cần được kiểm chứng thêm bằng các thử nghiệm chuẩn hóa.*



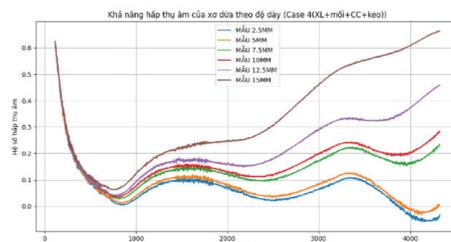
Hình 9. Hệ số  $\alpha$  của xơ dừa thô kết hợp với keo kết dính



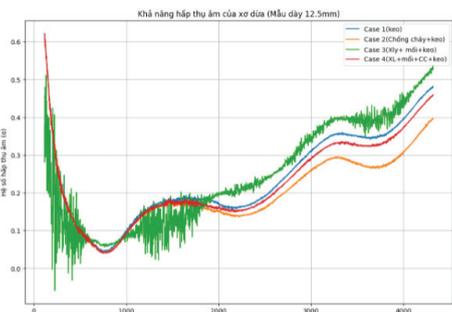
Hình 10. Hệ số  $\alpha$  của xơ dừa thô kết hợp với chất chống cháy và keo kết dính



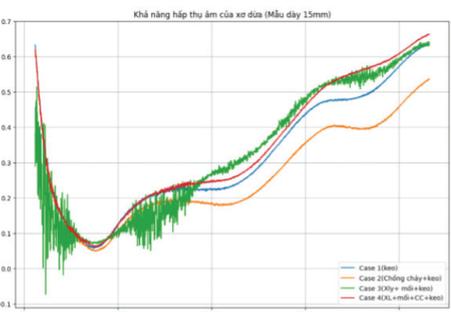
Hình 11. Hệ số  $\alpha$  của xơ dừa đã qua xử lý hóa học kết hợp với chất chống mối mọt và keo kết dính



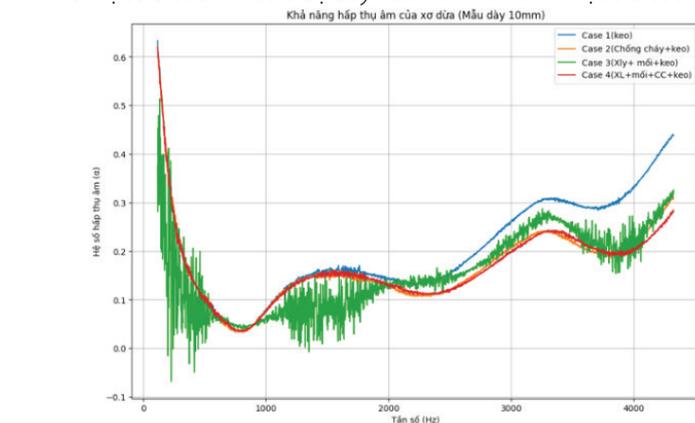
Hình 12. Hệ số  $\alpha$  của xơ dừa đã qua xử lý hóa học kết hợp với chất chống cháy và keo kết dính



Hình 13. Hệ số  $\alpha$  của 4 mẫu ở độ dày 10mm



Hình 14. Hệ số  $\alpha$  của 4 mẫu ở độ dày 12.5mm



Hình 15. Hệ số  $\alpha$  của 4 mẫu ở độ dày 15mm

**PHÂN TÍCH SỐ LIỆU**

Kết quả thí nghiệm từ ống trở kháng bao gồm các thông số về hệ số hấp thụ âm của vật liệu được xuất ra dưới dạng tệp số liệu thô để xử lý. Các dữ liệu này đã được xử lý và phân tích bằng ngôn ngữ lập trình Python thông qua nền tảng điện toán đám mây miễn phí Google Colaboratory (Colab). Trong nghiên cứu này, dữ liệu so sánh khả năng hấp thụ âm của 4 mẫu xơ dừa với độ dày khác nhau được xử lý và biểu diễn dưới dạng biểu đồ sau:

Các mẫu được khảo sát tại ba độ dày tiêu chuẩn 10mm, 12,5mm và 15mm. Các biểu đồ minh họa ở các hình 13, 14, 15 trình bày sự biến thiên hệ số hấp thụ âm theo dải tần của từng mẫu, qua đó làm rõ ảnh hưởng của các phụ gia khi phối trộn vào xơ dừa đối với hiệu suất tiêu âm của vật liệu.

**KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

**Ảnh hưởng của độ dày mẫu vật liệu đến khả năng tiêu âm**

Kết quả khảo sát cho thấy độ dày vật liệu xơ dừa ảnh hưởng rõ rệt đến hệ số hấp thụ âm ( $\alpha$ ), đặc biệt ở vùng tần số cao (>2.000 Hz). Các mẫu mỏng (2,5-5mm) có  $\alpha$  thấp (0,05-0,2), chỉ hỗ trợ tiêu âm cơ bản ở trung tần. Khi độ dày tăng lên 7,5-12,5mm,  $\alpha$  cải thiện đáng kể (0,25-0,4), bắt đầu hấp thụ hiệu quả

từ khoảng 1.500Hz trở lên. Mẫu 15mm đạt  $\alpha$  cao nhất (0,6-0,7), cho khả năng tiêu âm mạnh trên phổ rộng, đặc biệt ở dải cao tần.

Khi độ dày tăng, hệ số hấp thụ âm ( $\alpha$ ) tăng rõ rệt, đặc biệt ở vùng tần số cao (> 2.000Hz).

Mẫu 2,5-5mm:  $\alpha$  thấp (0,05-0,2), chỉ hỗ trợ tiêu âm cơ bản ở trung tần.

Mẫu 7,5-12,5mm:  $\alpha$  cải thiện rõ rệt (0,25-0,4), có hiệu quả ở dải tần từ 1.500Hz trở lên.

Mẫu 15mm:  $\alpha$  đạt cao nhất (0,6-0,7), cho khả năng tiêu âm mạnh ở phổ rộng, đặc biệt hiệu quả ở tần số cao.

*Kết luận: Độ dày càng lớn thì hiệu suất hấp thụ âm càng cao, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu kiểm soát âm thanh ở tần số lớn.*

### Ảnh hưởng của phụ gia và hóa chất xử lý

Khảo sát cho thấy khả năng hấp thụ âm của xơ dừa phụ thuộc rõ rệt vào phương pháp xử lý. Mẫu 1 (xơ dừa thô + keo) có hiệu quả thấp,  $\alpha$  tối đa khoảng 0,6. Mẫu 2 (thêm chất chống cháy) cải thiện độ ổn định, đặc biệt ở vùng trung tần. Mẫu 3 (xử lý NaOH + chống mối mọt) cho  $\alpha$  cao hơn ở tần số cao nhưng dao động mạnh ở tần số thấp. Mẫu 4 (kết hợp NaOH, chống mối mọt, chống cháy) đạt  $\alpha > 0,65$  và ổn định nhất. Kết luận: xử lý hóa học NaOH và phụ gia chống cháy giúp nâng cao và ổn định hiệu suất tiêu âm của vật liệu xơ dừa.

Khả năng tiêu âm trung bình của 4 mẫu Kết quả khảo sát cho thấy sự khác biệt rõ rệt về khả năng hấp thụ âm giữa các mẫu xơ dừa. Mẫu 1 có hệ số hấp thụ âm trung bình thấp nhất ( $\alpha \approx 0,1-0,3$ ), hiệu quả tiêu âm hạn chế. Mẫu 2 cải thiện độ ổn định,  $\alpha$  dao động từ 0,15–0,35. Mẫu 3 đạt  $\alpha$  cao hơn ở dải tần cao (0,2-0,4) nhưng kém ổn định ở tần số thấp. Mẫu 4 cho  $\alpha$  trung bình cao nhất (0,25-0,5), ổn định và hiệu quả trên phổ rộng, phù hợp với ứng dụng tiêu âm thực tế. Kết luận: xử lý hóa học và phụ gia chống cháy giúp nâng cao và ổn định hiệu suất hấp thụ âm của vật liệu xơ dừa.

### Khả năng chống cháy như thế nào khi có và không có phụ gia chống cháy

Kết quả nghiên cứu cho thấy vật liệu xơ dừa khi được bổ sung 10% chất chống cháy có thể đạt cấp HB theo tiêu chuẩn UL94 trong phép thử cháy ngang. Đây là tín hiệu tích cực về khả năng cải thiện tính năng chống cháy của vật liệu tự nhiên. Tuy nhiên, do điều kiện thí nghiệm còn giới hạn và phương pháp đánh giá mới chỉ được mô phỏng theo tiêu chuẩn, kết luận này mang tính sơ bộ. Để xác nhận độ tin cậy và khả năng ứng dụng thực tế, cần tiến hành thêm các thử nghiệm chuẩn hóa theo quy trình kiểm định chính thức, đảm bảo kết quả có giá trị khoa học và kỹ thuật cao hơn.

### KẾT LUẬN BÀN LUẬN

Nghiên cứu cho thấy độ dày mẫu vật liệu xơ dừa ảnh hưởng lớn đến khả năng hấp thụ âm, đặc biệt ở dải tần số cao. Mẫu có độ dày 15mm đạt hệ số hấp thụ âm cao nhất ( $\alpha \approx 0,6-0,7$ ), hiệu quả rõ rệt trong dải tần từ 1.500Hz đến 4.000Hz. Phương pháp

xử lý hóa học bằng NaOH và việc bổ sung phụ gia chống cháy góp phần cải thiện đáng kể và ổn định hiệu suất tiêu âm. Về khả năng chống cháy, vật liệu xơ dừa khi có bổ sung 10% chất chống cháy đạt cấp HB theo tiêu chuẩn UL94 trong phép thử cháy ngang. Tuy nhiên, do điều kiện thí nghiệm còn giới hạn và phương pháp đánh giá mới chỉ được mô phỏng, kết quả này cần được kiểm chứng thêm thông qua các thử nghiệm chuẩn hóa để đảm bảo độ tin cậy và khả năng ứng dụng thực tế. Từ góc độ phát triển bền vững, xơ dừa là một phụ phẩm nông nghiệp có trữ lượng lớn tại các tỉnh miền Đông bằng sông Cửu Long, đặc biệt là Vĩnh Long - nơi có nguồn nguyên liệu lớn nhất cả nước. Việc đưa xơ dừa vào ứng dụng làm vật liệu tiêu âm không chỉ gia tăng giá trị sử dụng cho nguồn phụ phẩm nông nghiệp, mà còn thúc đẩy hình thành hệ sinh thái sản phẩm xanh, thân thiện với môi trường và giàu tiềm năng phát triển thương mại trong ngành xây dựng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Thanh, "Nghiên cứu biến tính xơ dừa tam quan để ứng dụng làm vật liệu hấp phụ một số hợp chất hữu cơ trong nước," *Đà Nẵng*, 2012.
2. "List of countries by coconut production - Wikipedia." Accessed: Sep. 06, 2025. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_coconut\\_production](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_coconut_production)
3. "Xuất khẩu dừa Việt Nam đứng thứ 5 thế giới" Accessed: Sep. 05, 2025. [Online]. Available: <https://vtv.vn/xuat-khau-dua-viet-nam-dung-thu-5-the-gioi-100250903162157201.htm>
4. "Vĩnh Long: Tổng giá trị sản xuất của cây dừa năm 2025 ước đạt 11.000 tỷ đồng - Tạp chí Tài chính." Accessed: Aug. 14, 2025. [Online]. Available: <https://tapchitaichinh.vn/vinh-long-tong-gia-tri-san-xuat-cua-cay-dua-nam-2025-uoc-dat-11-000-ty-dong>.
5. Đặng Trương Nhân, Nguyễn Vũ Việt Linh, and Trần Thanh Tâm, "Đánh giá đặc tính sợi xơ dừa qua quá trình xử lý với các dung môi và nhiệt độ khác nhau," 2022.
6. J.Ramis, Rdey Rey, J.Alba, L.Godinho, and J.Carbajo, "A model for acoustic absorbent materials derived from coconut fiber," vol. 64, 2014.
7. J. M. Goddard and J. H. Hotchkiss, "Polymer surface modification for the attachment of bioactive compounds," *Prog Polym Sci*, vol. 32, no. 7, pp. 698–725, Jul. 2007, doi: 10.1016/J.PROGPOLYM-SCI.2007.04.002.
8. A.K. Bledzki and J. Gassan, "Composites reinforced with cellulose based fibres," *Prog Polym Sci*, vol. 24, no. 2, pp. 221–274, May 1999, doi: 10.1016/S0079-6700(98)00018-5.
9. M.M. Rahman and M.A. Khan, "Surface treatment

- of coir (Cocos nucifera) fibers and its influence on the fibers' physico-mechanical properties" *Compos Sci Technol*, vol. 67, no. 11–12, pp. 2369–2376, Sep. 2007, doi: 10.1016/J.COMPOSITECH.2007.01.009.
10. G.Thilagavathi, E.Pradeep, T.Kannaian, and L.Sa-sikala, "Development of natural fiber nonwovens for application as car interiors for noise control," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 39, no. 3, pp. 267–278, Jan. 2010, doi: 10.1177/1528083709347124.
11. M. F. Rosa et al., "Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior," *Carbohydr Polym*, vol. 81, no. 1, pp. 83–92, May 2010, doi: 10.1016/J.CARBPOL.2010.01.059.
12. Ayyavoo Karthikeyan, Kulendran Balamurugan, and Anbarasu Kalpana, "The effect of sodium hydroxide treatment and fiber length on the tensile property of coir fiber-reinforced epoxy composites," *Science and Engineering of Composite Materials*, vol. 21, no. 3, pp. 315–321, Jun. 2014, doi: 10.1515/secm-2013-0130.
13. Ida Norfaslia Nasidi, Lokman Hakim Ismail, and Emedya Mumiwaty Samsudin, "Effect of Sodium Hydroxide (NaOH) Treatment on Coconut Coir Fibre and its Effectiveness on Enhancing Sound Absorption Properties," *Pertanika J Sci Technol*, vol. 29, no. 1, pp. 693–706, 2021, doi: 10.47836/pjst.29.1.37.
14. Nguyễn Đình Huấn, "Vật lý kiến trúc," Hà Nội, 2018.
15. Mecanum, "Tube d'impédance et de transmission ISO 10534-2, ASTM E1050 et ASTM E2611."
16. UL94 Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances. Underwriters' Laboratories, 2001.