



ANTİBAKTERİYEL VE AKUSTİK PERFORMANSLI KENEVİR ESASLI STETOSKOP DİYAFRAM MALZEMESİ GELİŞTİRİLMESİ

Tuğba MUTUK^{1*}, Selim ARAS², Şevval EREN¹, Ahmet Anıl TÜMER¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 55200, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 55200, Samsun, Türkiye

Özet: Bu çalışmada, stetoskop diyafram malzemesi olarak sentetik lifler yerine doğal ve sürdürülebilir bir alternatif olan kenevir kumaş bazlı kompozit malzemelerin kullanımı incelenmiştir. Diyaframlara antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla borik asit ve nano TiO₂ katkıları eklenmiş, antibakteriyel testler sonucunda borik asit katkılı numunenin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı etkili olduğu, ancak nano TiO₂ katkılı numunenin bu çalışmada anlamlı bir antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. Diyaframın frekans yanıtı Bode diyagramı ile incelenmiş ve ticari malzemelerle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Diyafram, 100 Hz - 1 kHz aralığında ses iletimini güçlendirerek akciğer seslerinin daha iyi algılanmasını sağlarken, kalp seslerinin duyulacağı 20-150 Hz aralığında net bir stabil yanıt sunmaktadır. Ayrıca, 5 kHz üzerindeki frekanslarda ise çevresel gürültüyü baskılayarak stetoskop kullanımının klinik ortamlarda daha verimli olmasına katkıda bulunmuştur. Kenevir kumaş bazlı diyaframların biyolojik olarak parçalanabilir, çevre dostu ve antibakteriyel özelliklere sahip olması, tıbbi cihaz üretiminde sürdürülebilir malzeme alternatifleri sunabileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, doğal ve çevre dostu malzemelerin tıbbi uygulamalarda kullanım potansiyeline dikkat çekerek, antibakteriyel ve geri dönüştürülebilir alternatiflerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Akustik performans, Antibakteriyel özellik, Kenevir kumaş, Kompozit

Development of Hemp Based Stethoscope Diaphragm Material with Antibacterial and Acoustic Performance

Abstract: In this study, the use of hemp fabric-based composite materials as a natural and sustainable alternative to synthetic fibers in stethoscope diaphragm production was investigated. Boric acid and nano TiO₂ additives were incorporated into the diaphragms to impart antibacterial properties. Antibacterial tests revealed that the boric acid-added sample was effective against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria, whereas the nano TiO₂-added sample did not exhibit significant antibacterial activity. The frequency response of the diaphragm was analyzed using a Bode diagram, and it was found to be comparable to commercial diaphragm materials. The diaphragm enhanced sound transmission within the 100 Hz - 1 kHz range, facilitating better perception of lung sounds, while providing a stable and clear response within the 20-150 Hz range, where heart sounds are detected. Additionally, attenuation at frequencies above 5 kHz contributed to reducing ambient noise, improving the efficiency of stethoscope use in clinical settings. The biodegradability, environmental friendliness, and antibacterial properties of hemp fabric-based diaphragms demonstrate their potential as sustainable material alternatives in medical device manufacturing. This study highlights the potential of natural and eco-friendly materials for medical applications and contributes to the development of antibacterial and recyclable alternatives.

Keywords: Acoustic performance, Antibacterial properties, Hemp fabric, Composite

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 55200, Samsun, Türkiye

E mail: tugba.isitan@omu.edu.tr (T. MUTUK)

Tuğba MUTUK <https://orcid.org/0000-0003-0143-2721>

Selim ARAS <https://orcid.org/0000-0003-1231-5782>

Şevval EREN <https://orcid.org/0009-0001-3657-6488>

Ahmet Anıl TÜMER <https://orcid.org/0009-0003-9599-7439>

Gönderi: 11 Şubat 2024

Kabul: 09 Nisan 2025

Yayınlanma: 15 Mayıs 2025

Received: February 11, 2025

Accepted: April 09, 2025

Published: May 15, 2025

Cite as: Mutuk T, Aras S, Eren Ş, Tümer AA. 2025. Development of hemp based stethoscope diaphragm material with antibacterial and acoustic performance. BSJ Eng Sci, 8(3): 831-836.

1. Giriş

Çevresel farkındalığın artması sebebiyle çevre dostu ve uygun maliyetli malzemelerin farklı endüstriler için arayışı günümüzde hala devam etmektedir (Misnon et al., 2015; Mishra et al., 2002). Bu nedenle, petrol türevi olmayan sürdürülebilir, hafif ve yüksek performanslı yeni nesil malzemeleri geliştirmek gerekmektedir. Bitki biyokütleli ürünler, bu tür gelişmeler için umut vadeden birer hammaddedir. Bu tür ürünler için keten, kenevir, ısırgan vb. örnekler verilebilir. Bu ürünlerden kenevir,

daha dairesel bir ekonomiye ulaşmaya katkıda bulunabilecek çok sayıda çevresel avantaja sahiptir. Kenevir bitkisinin tüm kısımları (kökler, lifler, tohumlar gibi) çeşitli endüstrilerde uygulama alanı bulmaktadır (Mohanty vd., 2018; Nishino vd., 2003).

Kenevir (*Cannabis sativa*), tarih boyunca hem tarımsal hem de tıbbi alanlarda kullanılan çok yönlü bir bitkidir. Kullanım alanları, türleri ve potansiyel faydaları oldukça geniştir. Kenevirin çok yönlü yapısı sayesinde pek çok sektörde kullanılmaktadır. Lifleri, tekstil ürünlerinde,



tohumu, gıda ve besin endüstrisinde, tıbbi ve yapı malzemesi gibi çeşitli alanlarda da kullanılmaktadır (Zamboulis et al., 2023; Crini et al., 2020; Promhuad et al., 2022).

Bu çalışmada doğal malzemelerden biri olan kenevir kumaşı kullanılmaktadır. Kenevir bitkisinin doğal liflerinin çeşitli işlemlerden geçirilmesi ve liflerin ayrıştırılmasıyla iplik haline dönüştürülmektedir ve böylece kenevir kumaşı elde edilmektedir. Bitkisel liflerden dokunan ve geleneksel yöntemlerle üretilen bir kumaş türüdür. Kenevir liflerinin biyolojik olarak parçalanabilirliği, düşük karbon ve su ayak izi ve yetiştirilmesi sırasında CO₂ emilimi ile havayı temizleyebilme gibi özellikleri bulunmaktadır. Bu liflerden elde edilen kumaşların nefes alabilen, doğal antibakteriyel, organik ve yüksek nem çekme özellikleri bulunmaktadır (Khan et al., 2014; Bayram and Geyik Değerli, 2024; Palabıyık et al., 2024). Günümüzde çeşitli endüstrilerde daha çok sentetik, yapay lifler kullanılmaktadır. Bu tür, organik, çevresel kriterleri sağlayan ve sürdürülebilir özellikleri ile kenevir lifleri ve kumaşları sentetik liflere alternatif olma eğilimindedir (Malabadi et al., 2023; Scheibe et al., 2023; Antony et al., 2018).

Bu çalışma, günümüzde sentetik liflerin (örn: cam elyaf) kullanıldığı stetoskop diyafram malzemesine alternatif olarak doğal, sürdürülebilir liflerden üretilen kenevir kumaşının kullanılması üzerinedir. Kenevir kumaştan el yatırması yöntemi ile üretilen malzemeye; Borik asit (H₃BO₃) ve nano boyutta Titanyum dioksit (TiO₂) katılarak antibakteriyel özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu iki malzemenin kullanılmasının başlıca nedenleri, nano TiO₂ partikülleri, özellikle fotokatalitik özellikleri sayesinde antibakteriyel etki göstermektedir. Yapılan araştırmalar, TiO₂ nanopartiküllerinin farklı bakterilere karşı değişen düzeylerde antibakteriyel aktivite gösterdiğini ortaya koymaktadır (Vieira et al., 2023; Serov et al., 2024). Borik asit ise, sahip olduğu antibakteriyel özellikler sayesinde çeşitli alanlarda etkili bir bileşik olarak kullanılmaktadır (Meers and Chow, 1990; Yurtalan vd., 2024). Ayrıca çalışmada, ticari olarak kullanılan stetoskop diyafram malzemesi ile kenevir kumaştan üretilen malzemenin karşılaştırmalı frekans test analizleri yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Stetoskop, tıbbi muayenelerde sağlık çalışanlarının kalp, akciğer ve diğer iç organ seslerini dinlemek için kullandığı bir cihazdır. Genellikle akustik sesleri yoğunlaştırarak doktorun hastanın vücudundaki anormal sesleri duymasını sağlar. Başlıca parçaları; kulaklıklar, boru (tüp) ve gövde (kafalık) olmak üzere üç kısımdan oluşur. Gövde kısmında diyafram ve çan adı verilen iki farklı dinleme yüzeyi bulunur. Diyafram, düz ve geniş bir yüzeydir; kalp ve akciğer sesleri gibi yüksek frekanslı sesleri dinlemek için kullanılır. Diyafram, ses dalgalarını titreşimlere dönüştürerek bu titreşimleri stetoskopun borusuna iletir. Bu seslerin yoğunlaştırılmasını ve kullanıcının kulaklıklarından net bir şekilde duyulmasını sağlar.

Diyaframın malzeme seçimi ve tasarımı, sesin kalitesini ve hassasiyetini doğrudan etkiler (Hou et al.; Brandt, 2023; Nowak and Nowak, 2019). Mevcut teknikte stetoskop diyaframı için genellikle polimer bazlı ya da sentetik malzemelerden ve cam elyafından elde edilen malzemeler kullanılmaktadır. Bu tür malzemeler her hastada kullanıldığında mikroorganizma birikimi ve üremesinin önlenmesi adına sürekli dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Ayrıca sentetik liflerden üretilen stetoskop diyafram malzemelerinin genellikle geri dönüşümü zor olmakta ve çevresel sürdürülebilirlik açısından sorunlar da yaratmaktadır. Bu çalışmada kenevir liflerinden elde edilen Şekil 1'de görülen yerel bir firmadan temin edilen kenevir kumaş kullanılmıştır. Kenevir kumaşı kalıplayabilmek için esnek epoksi ve reçine kullanılmıştır.

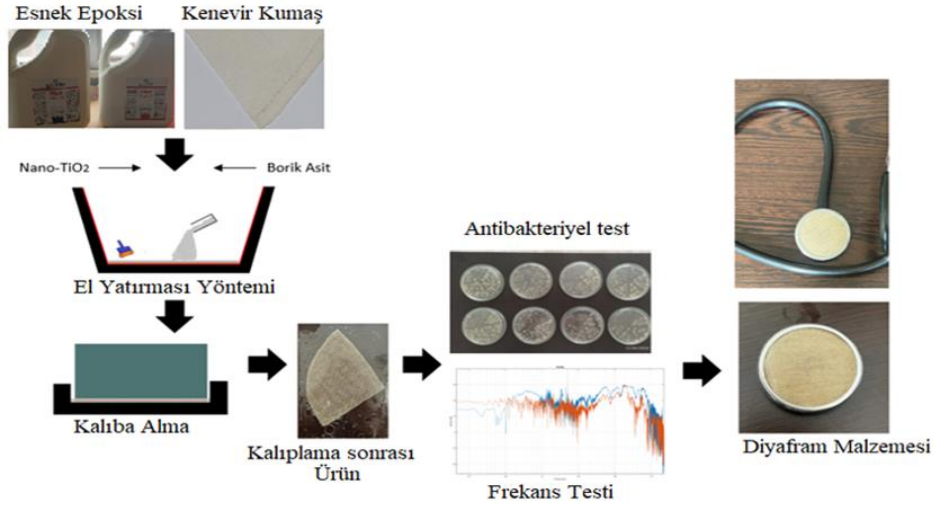


Şekil 1. Üretimde kullanılan doğal kenevir kumaş.

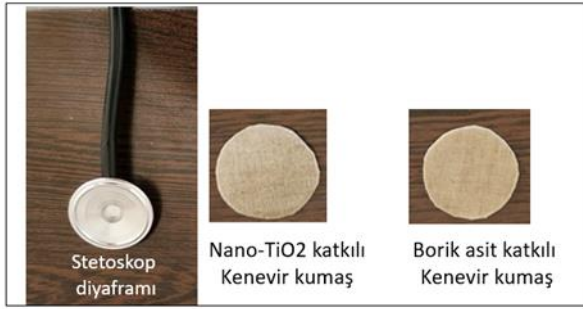
Üretilen malzemeye antibakteriyel özellik kazandırmak için iki ayrı malzeme ile borik asit ve nano TiO₂ (20-25 nm) katılarak, antibakteriyel testler ile karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 2 'de diyafram malzemesi üretim aşamaları görülmektedir. İlk aşamada karışım oluşturulmuştur. Karışım 2:1 oranında esnek epoksi reçine ve sertleştirici kullanılmış, esnek epoksi reçinenin ağırlıkça %2'si kadar borik asit ve nano-TiO₂ denemeleri ayrı ayrı yapılmıştır. Sonraki aşamada karışım el yatırması yöntemi ile kumaşa uygulanmıştır. Bu üretim yöntemi, takviye malzemesi katmanlarının (fiberglas, karbon fiber veya diğer kumaşlar gibi) bir kalıba manuel olarak yerleştirildiği ve daha sonra bir reçine (polyester veya epoksi gibi) ile emprenye edildiği manuel bir kompozit üretim sürecidir. El yatırması üretim aşamalarında; kompozit parçanın yapışmasını önlemek için kalıba bir ayırma maddesi uygulanır. Kalıba takviye malzemesi levhaları veya katmanları yerleştirilir. Reçine, fırçalar, rulolar veya püskürtme tabancaları kullanılarak takviye üzerine uygulanır ve liflerin veya kumaşın tamamen ıslandığından emin olunur. Reçine emdirilmiş katmanların oda sıcaklığında veya ilave ısı ile kürlenmeye bırakılmaktadır. Bu yöntem, otomatik süreçlere kıyasla

esnekliği ve düşük ekipman maliyeti nedeniyle özel, düşük hacimli veya karmaşık şekilli kompozit parçalar üretmek için en uygun yöntemlerden biridir (Elkington et al., 2015a; Dwi and Syamsudin, 2021; Elkington et al., 2015b; Duffy, 2015). Bu çalışmada da karışım

hazırlandıktan sonra kumaşa uygulanırken bu yöntem kullanılmış ve sonra oda sıcaklığında 24 saat kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3). Sonraki aşamada üretilen numunelere antibakteriyel ve frekans testleri yapılmıştır.



Şekil 2. Diyafram malzemesi üretim aşamaları.



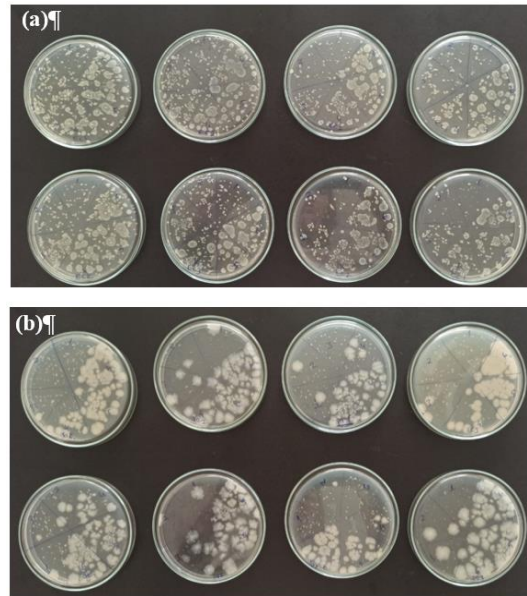
Şekil 3. El yatırması yöntemi ile üretilen katkılı malzemeler.

3. Bulgular ve Tartışma

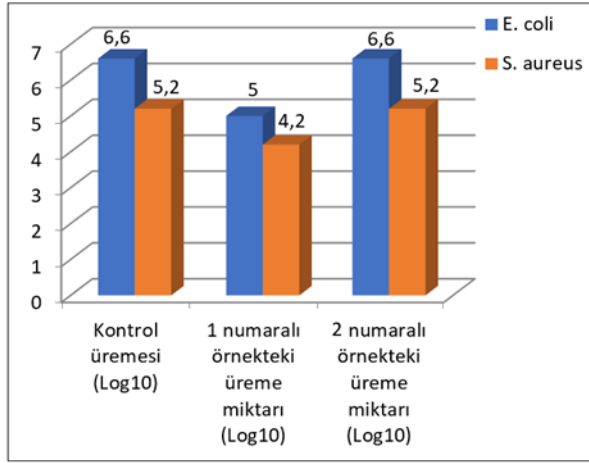
Kenevir kompozit örneklerinin antibakteriyel aktivitesini test etmek için TS EN ISO 20743 uyarlama in house metod kullanılmıştır ve testler Karadeniz İleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (KİTAM) gerçekleştirilmiştir. *Escherichia coli* (ATCC 25922) bakterisi 5×10^6 CFU/ml ve *Staphylococcus aureus* (NCTC-13552) bakterisi $1,6 \times 10^5$ CFU/ml olacak şekilde 1 ml hazırlandı, içerisine numune örneklerinden 1×1 cm'lik örnekler konuldu. Örnekler konulmadan hazırlanan 5×10^5 CFU/ml'lik kültür pozitif kontrol olarak kullanıldı. İçerisinde örnekler bulunan ependorf tüpleri 4 saat 150 rpm'de çalkalandı. Örneklerin yüzeyine yapışan mikroorganizmaları ayırmak için örneklerin bulunduğu tüpler ve pozitif kontrol olarak hazırlanan tüpler 30 sn ultrasonik su banyosunda bekletildi, ardından vortekslendi. 900 µL Fizyolojik tuzlu su (FTS) içerisine 100 µL süspansiyon aktarılarak 6 dilüsyon yapıldı. Mueller Hinton Agar (MHA) içeren petri kabı altıya bölünerek her dilüsyondan 25'er µL ekim yapıldı. 37 °C'de 24 saat inkübasyon sonucunda

antimikrobiyal aktivite değeri Colonies Forming Units (CFU) sayıldı.

Pozitif kontrol ile polimerle muamele edilmiş kültür arasındaki üreme farkı logaritmik olarak değerlendirildi. Şekil 4 (a-b)'te farklı bakteri uygulamalarının 4 saat sonra katı besiyerinde ekim görüntüleri yer almaktadır. Şekil 5'te ise 1 (borik asit katkılı kenevir kompozit) ve 2 (nano TiO₂ katkılı kenevir kompozit) kodlu numunelerin kontrol numunesi ile karşılaştırmalı logaritmik durumu görülmektedir. Tablo 1'de de logaritmik olarak antimikrobiyal aktivite sonuçları verilmektedir.



Şekil 4. a) *E. coli* bakterisinin kenevir kompozit örnekleri ile 4 saat muamele edildikten sonra ekim görüntüleri b) *S. aureus* bakterisinin kenevir örnekleri ile 4 saat muamele edildikten sonra ekim görüntüleri.



Şekil 5. *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerinin kontrol üremesi ve 1 ve 2 numaralı numuneler ile muamele edildikten sonraki üremelerinin logaritmik durumu.

Tablo 2’de, 1 ve 2 numaralı örneklerin antimikrobiyal aktivite sonuçları görülmektedir. Çalışma sonucuna bakıldığında kenevir örneklerinden 1 numaralı örneğin *E.coli* bakterisi üzerine 1,65 oranında bir logaritmik azaltma oluşturduğu, 1 numaralı örneğin *S. aureus* bakterisi üzerine antimikrobiyal aktivitesinin olduğu ve 10^5 ’ten 10^4 ’e kadar Log10 oranında azalma sağladığı gözlenmiştir. 2 numaralı örneğin hiçbir test mikroorganizması üzerine antimikrobiyal etkisinin olmadığı görülmüştür. Borik asit katkılı yani Tablo 1 ve 2’de de görülen 1 numaralı kenevir kompozit örneklerinin antimikrobiyal aktivitesi vardır ve oluşturdukları logaritmik azalma tablolarda ifade edilmiştir.

Tablo 1. 1 ve 2 numaralı örneklerin Logaritmik olarak antimikrobiyal aktivite sonuçları

Bakteri	Kontrol Üremesi	1 numaralı örnekteki üreme miktarı (Log ₁₀)	2 numaralı örnekteki üreme miktarı (Log ₁₀)
<i>E. coli</i>	6,6	5	6,6
<i>S. aureus</i>	5,2	4,2	5,2

Tablo 2. 1 ve 2 numaralı örneklerin antimikrobiyal aktivite sonuçları

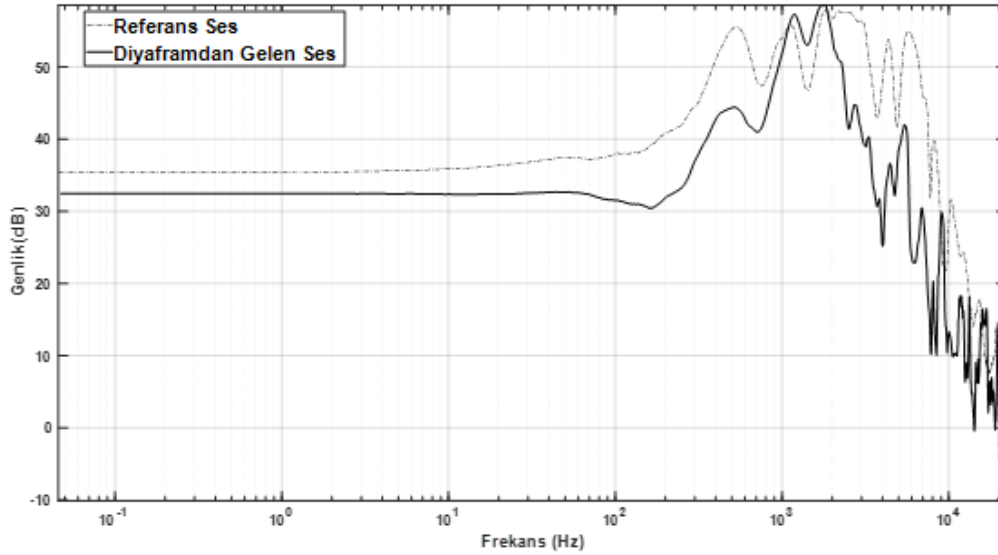
Bakteri	Kontrol Üremesi	1 numaralı örnekteki üreme miktarı (Log ₁₀)	Log ₁₀ - reduction	2 numaralı örnekteki üreme miktarı (Log ₁₀)	Log ₁₀ - reduction
<i>E. coli</i>	6,6	5	1,65	6,6	0
<i>S. aureus</i>	5,2	4,2	1,0	5,2	0

Kumaşlar için antimikrobiyal aktivite tayininde kullanılan ISO 20743 yönteminin uyarlaması olan yöntemle yapılan analizde 1 numaralı örneklerin antimikrobiyal etkinliğinin olduğu tespit edilmiştir.

Kenevir kumaş bazlı malzeme, stetoskopun diyafram kısmına yerleştirilerek akustik analizi gerçekleştirilmiştir. Analizin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için ses yalıtımlı bir anekoik kutu içerisine hoparlör ve stetoskopun algılayıcı ucu entegre edilmiştir. Hoparlörden 20-20 kHz frekans aralığında bilinen bir test sesi yayılarak stetoskop ile kaydedilmiş, elde edilen veriler doğrultusunda diyafram malzemesi olmadan kaydedilen referans ses ile geliştirilen diyafram malzemesinin tepkisi karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 6’da sunulan Bode diyagramı ile görselleştirilmiştir. Stetoskop diyaframının frekans yanıtı, stetoskopla dinlenen akciğer ve kalp seslerinin analizi açısından incelendiğinde, belirli frekans aralıklarını öne çıkaran ve diğer frekansları baskılayan yapısının biyolojik seslerin daha iyi algılanmasını desteklediği görülmüştür. Akciğer sesleri genellikle 100 Hz ile 1 kHz arasında bulunur. Bununla birlikte, düşük frekanslı solunum sesleri, örneğin 60 Hz’in altındaki bronşiyal sesler ve yüksek frekanslı ince sesler, özellikle raller, önemli tanısal bilgiler içermektedir. Yapılan analizler, diyaframın 100 Hz ile 1 kHz aralığında genlik artışı sağlayarak bu frekanslardaki sesi güçlendirdiğini göstermektedir. Bu özellik, özellikle raller veya wheezing gibi akciğer seslerinin algılanmasını kolaylaştırmaktadır. Aynı şekilde,

düşük frekanslardaki stabilite, bronşiyal seslerin daha net duyulmasını sağlayarak tanı doğruluğunu artırma potansiyeline sahiptir.

Kalp sesleri genellikle 20 Hz ile 150 Hz aralığında yoğunlaşmaktadır. Kalp atışlarının birinci (S1) ve ikinci (S2) sesleri düşük frekanslı bileşenlerden oluştuğu için, stetoskop diyaframının bu aralıkta güçlü bir yanıt sunması, kalp seslerinin net ve belirgin bir şekilde duyulmasına olanak tanımaktadır. Düşük frekanslardaki tutarlı genlik, kalp seslerinin doğru şekilde algılanmasını desteklerken, 5 kHz üzerindeki frekanslarda gözlenen zayıflama, çevresel gürültüyü baskılayarak stetoskop kullanımını özellikle yoğun bakım veya ameliyathane gibi gürültülü ortamlarda daha etkili hale getirmektedir. Diyaframın akustik performansı, hem akciğer hem de kalp seslerinin doğru ve detaylı bir şekilde duyulmasını destekleyen üç temel özellikle karakterize edilmektedir. İlk olarak, düşük frekanslardaki yüksek hassasiyet sayesinde, 20-150 Hz aralığında kalp seslerinin net algılanması sağlanırken, akciğer seslerinde bronşiyal sesler ve düşük frekanslı solunum sesleri daha belirgin hale gelmektedir. İkinci olarak, 100 Hz ile 1 kHz aralığında gözlenen genlik artışı, akciğer seslerindeki raller ve wheezing gibi yüksek frekanslı bileşenlerin algılanmasını kolaylaştırmaktadır. Son olarak, yüksek frekanslardaki zayıflama, çevresel gürültünün etkisini azaltarak dinleme sırasında dikkat dağınıklığını ve hatalı algılamaları en aza indirmektedir.



Şekil 6. Stetoskop diyaframının frekans yanıtı: referans ses (20-20kHz) ve diyaframdan gelen sesin karşılaştırmalı bode diyagramı.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, stetoskop diyafram malzemesi olarak sentetik lifler yerine doğal ve sürdürülebilir bir alternatif olan kenevir kumaş bazlı kompozit malzemelerin kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Üretilen diyaframlara antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla borik asit ve nano TiO_2 katkıları eklenmiş ve antibakteriyel testler sonucunda borik asit katkılı numunenin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı etkili olduğu belirlenmiştir. Nano TiO_2 katkılı numunenin ise anlamlı bir antibakteriyel aktivite göstermediği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, kenevir bazlı stetoskop diyaframlarının frekans yanıtı Bode diyagramı ile incelenmiş ve ticari malzemelerle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu gösterilmiştir.

Yapılan analizler, diyaframın 100 Hz - 1 kHz aralığında ses iletimini güçlendirerek akciğer seslerinin daha iyi algılanmasını sağladığını ve 20-150 Hz aralığında stabil bir yanıt sunarak kalp seslerinin net duyulmasını desteklediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, 5 kHz üzerindeki frekanslardaki zayıflama çevresel gürültüyü baskılayarak stetoskop kullanımının klinik ortamlarda daha verimli olmasına katkıda bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar, üretilen kenevir kumaş bazlı diyafram malzemelerinin biyolojik olarak parçalanabilir, antibakteriyel ve çevre dostu bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Sürdürülebilir malzemelerden üretilen bu malzemelerin, tıbbi cihaz üretiminde hem hijyen hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sağlayabileceği düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, kenevir liflerinin farklı antibakteriyel katkılarla optimize edilmesi ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine odaklanabilir. Ayrıca, geniş kapsamlı klinik testlerle bu tür malzemelerin etkinliği ve güvenliği daha detaylı olarak değerlendirilebilir. Bu çalışma, doğal ve çevre dostu malzemelerin tıbbi cihaz üretiminde kullanım potansiyelini artırmaya yönelik önemli bir katkı sunmaktadır.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarın katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	T.M.	S.A.	Ş.E.	A.A.T.
K	25	25	25	25
T	30	20	25	25
Y	30	20	25	25
VTI	20	20	30	30
VAY	30	30	20	20
KT	20	20	30	30
YZ	30	20	25	25
KI	25	25	25	25
GR	30	30	20	20

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon.

Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

- Antony S, Cherouat A, Montay G. 2018. Experimental, analytical and numerical analysis to investigate the tensile behaviour of hemp fibre yarns. *Compos Struct* 202: 482-490.
- Bayram A, Geyik Değerli N. 2024. Kenevir kumaşından sıfır atık yaklaşımı ile özgün giysi tasarımı. *Türk J Fashion Des Manag* 6: 121-140.
- Brandt LJ. 2023. Use of the stethoscope to diagnose gastrointestinal and hepatic disorders. *Am J Gastroenterol* 118: 1113-1116.
- Crini G, Lichtfouse E, Chanet G, Morin-Crini N. 2020. Applications

- of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. *Environ Chem Lett* 18: 1451-1476.
- Duffy VG, (Ed.). 2015. Digital human modeling. applications in health, safety, ergonomics and risk management: Ergonomics and health. springer international publishing, Cham, pp: 922.
- Dwi AZ, Syamsudin H. 2021. Manufacturing of E-Glass/Epoxy composite LSU-03 Propeller Using Hand Lay-up Method. *Avia* 2.
- Elkington M, Bloom D, Ward C, Chatzimichali A, Potter K. 2015a. Hand layup: understanding the manual process. *Adv Manuf Polym Compos Sci* 1: 138-151.
- Elkington M, Ward C, Chatzimichali A, Potter K. 2015b. Studying effects of preshearing on hand layup. *Adv Manuf Polym Compos Sci* 1: 80-93.
- Hou K, Xia S, Bejerano E, Wu J, Jiang Xç 2023. ARSteth: Enabling home self-screening with ar-assisted intelligent stethoscopes. In: The 22nd International Conference, pp: 205-218.
- Khan BA, Warner P, Wang H. 2014. Antibacterial properties of hemp and other natural fibre plants: A review. *BioRes* 9: 3642-3659.
- Malabadi RB, Kolkar KP, Chalannavar RK. 2023. Industrial Cannabis sativa: Role of hemp (fiber type) in textile industries. *World J Bio Pharm Health Sci* 16: 1-14.
- Meers PD, Chow CK. 1990. Bacteriostatic and bactericidal actions of boric acid against bacteria and fungi commonly found in urine. *J Clin Pathol* 43: 484-487.
- Mishra S, Tripathy SS, Misra M, Mohanty AK, Nayak SK. 2002. Novel eco-friendly biocomposites: biofiber reinforced biodegradable polyester amide composites—Fabrication and properties evaluation. *J Reinf Plast Compos* 21: 55-70.
- Misnon MI, Islam MM, Epaarachchi JA, Lau KT, 2015. Analyses of woven hemp fabric characteristics for composite reinforcement. *Mater Des* 66: 82-92.
- Mohanty AK, Vivekanandhan S, Pin JM, Misra M. 2018. Composites from renewable and sustainable resources: Challenges and innovations. *Science* 362: 536-542.
- Nishino T, Hirao K, Kotera M, Nakamae K, Inagaki H. 2003. Kenaf reinforced biodegradable composite. *Compos Sci Technol* 63: 1281-1286.
- Nowak LJ, Nowak KM. 2019. An experimental study on the role and function of the diaphragm in modern acoustic stethoscopes. *Appl Acoust* 155: 24-31.
- Palabıyık İ, Körlü A, Özçelik Kayseri G. 2024. Kenevir içeren denim giysilerin terbiyesinde çevre dostu bir yöntem: ozon ile yıkama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* 39: 881-895.
- Promhuad K, Srisa A, San H, Laorenza Y, Wongphan P, Sodsai J, Tansin K, Phromphen P, Chartvivatpornchai N, Ngoenchai P, Harnkarnsujarit N. 2022. Applications of hemp polymers and extracts in food, textile and packaging: A review. *Polymers* 14.
- Scheibe M, Urbaniak M, Bledzki A. 2023. Application of natural (plant) fibers particularly hemp fiber as reinforcement in hybrid polymer composites - Part I. Origin of hemp and its coming into prominence, cultivation statistics, and Legal Regulations. *J Nat Fibers* 20.
- Serov DA, Gritsaeva AV, Yanbaev FM, Simakin AV, Gudkov SV. 2024. Review of antimicrobial properties of titanium dioxide nanoparticles. *Int J Mol Sci* 25.
- Vieira A, Rodríguez-Lorenzo L, Leonor IB, Reis RL, Espiña B, Dos Santos MB. 2023. Innovative antibacterial, photocatalytic, titanium dioxide microstructured surfaces based on bacterial adhesion enhancement. *ACS Appl Bio Mater* 6: 754-764.
- Yurtalan N, Geyikçi F, Uğuz G. 2024. Effect of boric acid addition on antibacterial dye production. *J Turk Chem Soc Sect B Chem Eng* 7: 175-182.
- Zamboulis A, Xanthopoulou E, Chrysafi I, Lorenzo C, Bikiaris DN. 2023. Poly(ethylene succinate)/hemp fiber composites: Fully biobased materials with improved thermal and biodegradation properties. *Sustain Chem Environ* 4: 100045.