



**ÇEŞİTLİ FREKANSLARDAKİ SES
DALGALARININ CANLILAR
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

Pelin MUMCU

**Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı
Botanik Bilim Dalı
Prof. Dr. Rahmi DUMLUPINAR
2019
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇEŞİTLİ FREKANSLARDAKİ SES DALGALARININ CANLILAR
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

Pelin MUMCU

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
Botanik Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ



TEZ ONAY FORMU

ÇEŞİTLİ FREKANSLARDAKİ SES DALGALARININ CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Prof. Dr. Rahmi DUMLUPINAR danışmanlığında, Pelin MUMCU tarafından hazırlanan bu çalışma, 20/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı, Botanik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği~~ / ~~oy çokluğu~~ (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Yüksel ÖZDEMİR

Üye : Prof. Dr. Rahmi DUMLUPINAR

Üye : Doç. Dr. Mucip GENİŞEL

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 03.10./2019 tarih ve 39.../...76... nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇEŞİTLİ FREKANSLARDAKİ SES DALGALARININ CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Pelin MUMCU

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Botanik Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rahmi DUMLUPINAR

Bu araştırmada, çeşitli frekanslardaki ses dalgalarının canlılar üzerindeki pozitif ve negatif etkilerini bilimsel olarak ortaya koyan literatür araştırmalarda elde edilen bulguların bir araya getirilmesi, konu başlıklarına göre bu bulguların sınıflandırılması ve bu sayede sesin canlılar için ne derece önemli bir fiziksel kuvvet olduğunun anlaşılmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Bu konuda yapılan araştırma bulgularından hareketle, fiziksel bir enerji çeşiti olan ses dalgalarının, uygulama koşullarına ve frekansına bağlı olarak, canlılarda büyüme ve gelişmeyi arttırabildiği gibi inhibe etme, azaltma hatta organizmada ölüme varan zararlı etkiler oluşturabilme potansiyeline de sahip olduğunu söylemek mümkündür. Zira sesin bu etki şekillerini nasıl ortaya çıkardığı ile ilgili araştırmalarda, ses dalgalarının organizmalarda neden olduğu değişiklikler, sitolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler teknikler kullanılarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Farklı organizma türlerinin kullanıldığı bu araştırmalarda, uygulanan farklı ses frekanslarının, organizma türüne bağlı olarak farklı etkilerin ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Bu etkiler arasında, düşük frekanslarda canlıların büyüme ve gelişmesine olumlu etkilerde bulunurken, yüksek frekanslarda ise hücre zarlarında incelmeye, savunma ile ilgili enzim aktivitelerinde düşüşe, stres durumunda ortaya çıkan toksinlerin miktarında artışa, hatta genomik yapıda bozulmalara varan birçok olumsuz etkilere yol açtığına dair birçok bulguyu örnek olarak vermek mümkündür.

Bu derlemede, öncelikle sesin fiziksel olarak tanımlanması ve ses hakkında temel bilgilerin verilmesi, sonrasında ise ses dalgalarının canlılar üzerinde yaptığı etkiler ve bu etkilerin mekanizmalarını araştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda elde edilen bilimsel bulguların, kullanılan organizma türüne göre sınıflandırılmaları ve sesin çok farklı alanlarda kullanımıyla ilgili potansiyelleri hakkındaki literatür bilgilerin bir araya getirilmesi ve bu sayede konuyla ilgili genç bilim adamlarının dikkatlerinin bu konuya çekilmesi amaçlanmıştır.

2019, 147 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ses Dalgası, Stres Dalgası, Frekans, Dalga Boyu

ABSTRACT

MS Thesis

THE EFFECT OF SOUND WAVES ON VARIOUS FREQUENCIES

Pelin MUMCU

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology
Botany Science

Supervisor: Prof. Dr. Rahmi DUMLUPINAR

In this research, it is aimed to gather the findings obtained from literature reviews that scientifically reveal the positive and negative effects of sound waves with various frequencies on living creatures, to classify these findings according to the titles and thus to help find out to what extent sound is a crucial physical force for living creatures.

Based on the research findings obtained about this subject, it is possible to state that sound waves which are a type of physical energy have a potential of inhibition, reduction and even creating harmful effects on organisms such as deaths, just as they can enhance the growth and development in living creatures depending on their practice ways and frequencies. In researches on how sound reveals these effect forms, changes on organisms caused by sound waves have been revealed using cytological, physiological, biochemical and molecular techniques. In these researches in which various types of organisms have been used, it is obvious that different audio frequencies applied have created diverse effects depending on the type of organism. Among these effects, it is possible to give examples about the findings that high frequencies cause a host of negative effects such as thinning of cell membranes, a decrease in enzyme activities about immune system, an increase in the amount of toxins that appear in case of stress and even some genomic disruptions while low frequencies make a positive contribution to the growth and development of living creatures.

In this compilation, it is aimed firstly to define sound physically and to give the basics about sound, then to classify the scientific findings obtained in the studies that are performed to research the effects of sound waves on living creatures and the mechanisms of those effects according to the type of organism used, to gather all the literature information about the potential of the usage of sound in different areas and thus to attract the attention of young scientists who work in this field to this subject.

2019, 147 pages

Keywords: Sound Wave, Stress Wave, Frequency, Wavelength

TEŞEKKÜR

Çeşitli frekanslardaki ses dalgalarının canlılar üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışma Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda ‘‘Yüksek Lisans Tezi’’ olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın her aşamasında desteklerini esirgemeyen, bilgi birikimini benimle paylaşıp, beni sabırla yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Rahmi DUMLUPINAR'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışmam sürecinde manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen sevgili eşim Önder MUMCU'ya ve öğrenim hayatım boyunca bana karşı gösterdikleri fedakârlık ve anlayışlarından dolayı en başta sevgili annem Fatma YULUĞ olmak üzere tüm aile fertlerime teşekkürlerimi sunarım.

Pelin MUMCU

Eylül, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Ses Nedir?.....	3
2.2. Ses Dalgalarının Fiziksel Özellikleri.....	3
2.2.1. Ses dalgalarının hızı	5
2.3. Ses Frekansı (Sıklık)	7
2.4. Ses Genliği (Amplitüd)	8
2.5. Dalga Boyu.....	9
2.6. Ton.....	10
2.7. Tını	10
2.8. Sesin Şiddeti	10
2.9. Sesin Desibel (dB) Ölçeği	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Sesin Canlılar Üzerindeki Etkileri ve Etki Mekanizması.....	12
3.1.1. Ses dalgalarının neden olduğu DNA hasarları	15
3.1.2. Ses dalgalarının mikroorganizmalardaki etkileri	20
3.1.3. Ses dalgalarının bitkilerdeki etkileri.....	31
3.1.3.a. Ses dalgalarının tohumun çimlenmesi üzerindeki etkisi	40
3.1.3.b. Ses dalgalarının doku ve hücre gelişimine etkileri.....	43
3.1.3.c. Ses dalgalarının hücre genetiği ve metabolizması üzerine etkileri.....	47
3.1.3.d. Ses dalgalarının meyve olgunlaşması ve muhafaza edilmesi üzerindeki etkisi	51
3.1.4. Ses Dalgalarının mantarlardaki etkileri.....	53

3.1.5. Ses dalgalarının bazı hayvanlar üzerindeki etkileri.....	55
3.1.6. Ses dalgalarının insan üzerindeki etkileri.....	61
3.1.6.a. Ses ve müziğin fizyolojik ve psikolojik etkisi.....	64
3.1.6.b. İşitsel uyarıların insanda basit reaksiyon zamanına etkileri	69
3.1.6.c. Gürültüye bağlı işitme kayıpları ve gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri	71
3.1.7. Ses dalgalarının bazı böceklerdeki etkileri.....	75
3.1.7.a. Sesin sivrisinek kovucu olarak kullanımı	75
3.1.7.b. Zırai mücadelede böcek sesinin kullanımı	77
3.2. Ses Dalgasının Diğer Metotlar İle Birlikte Kullanımı.....	78
3.2.1. Ses dalgasının ürünlerin korunmasındaki rolü	83
3.2.2. Sesin popüler kullanım alanları	84
3.3. Akustik Ses Dalga Silahları.....	85
3.3.1. Hipersonik silah ve füzeler.....	99
3.3.2. Ses silahlarının avantaj ve dez avantajları.....	101
3.4. Ses ve Atom.....	102
3.4.1. Ultrasonun atom düzeyindeki etkileri	106
3.5. Bazı Ses Sistemleri Deney Düzenekleri.....	109
3.5.1. Ses dalgalarının 1000 Hz ve farklı ses şiddetlerinde lavanta ve biberiye bitkileri üzerindeki etkileri konulu geliştirilen düzenek.....	110
3.5.2. Ses dalgalarının tarımsal ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi üzerine etkileri konulu geliştirilen düzenek	114
3.5.3. Alan bitkilerinde bitki akustik frekans teknolojisi (paft) etkisi konulu deney düzeneği.....	116
3.5.4. Ses alanının krizantem bitkisinin (kasımpatı) gelişimi üzerine etkileri konulu deney düzeneği	117
3.5.5. Arabidopsis (farekulağı teresi) tohumlarının çimlenme oranları artırmak için ultrasonikasyon kullanımı konulu deney düzeneği	118
3.5.6. Sesli ses kontrolünün maş fasulyesi (vigna yayar) filizlenmesine biyolojik etkisi konulu deney düzeneği	119
3.5.7. Çeltik tarlalarında ses alanı uyarımının biyolojik etkisi konulu deney düzeneği.....	120

3.5.8. Bazı böcek türlerinin ses analizleri ve zirai mücadelede kullanılabilirliğinin araştırılması konulu deney düzeneği	121
3.5.9. Haşere böcek kovucu olarak tasarlanan düzenek	122
3.5.10. Ses dalgası uyarımının güneş ışığı serası içinde çilek bitkisinin büyümesi üzerindeki etkisi konulu deney düzeneği	123
3.5.11. Mikroorganizmanın ses dalgası ile kontrolü konulu deney düzeneği	124
3.5.12. Düşük frekanslı gürültünün toprak bakterileri ve E. Coli nin antibiyotik direncine karşı etkileri konulu deney düzeneği	125
3.5.13. Bakteriyel hücreler tarafından ses dalgalarının üretimi ve bakteriyel hücrelerin sese yanıtı konulu deney düzeneği	126
3.5.14. Aspergillus Spp büyümesinde sesin etkilerine yönelik deneysel araştırma konulu deney düzeneği	127
3.5.15. Alg büyümesi üzerine sesli ses efektinin çalışması konulu deney düzeneği	128
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	130
5. SONUÇLAR.....	133
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ	148

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat derece
c	Ses Hızı
Ca ²⁺	Kalsiyum İyonu
CO ₂	Karbondioksit
dB	Desibel
dB(A)	Desibel A
<i>E</i>	Elastisite Modülü
f	Frekans
Hz	Hertz
İA	İndol Asetik Asit
K	Adyabatik Katsayısı
KHz	Kilo Hertz
m/s	Metre/Saniye
MPa	Mega Paskal
P	Basınç
V	Hız
W	Watt
λ:	Lamda
<i>P</i>	Yoğunluk

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ATPase	ATP az enzimi
BRZ	Basit Rezonans Zamanı
CAT	Katalaz
<i>E. coli</i>	<i>Escherisia coli</i>
EO	Elektrolize Edilmiş Oksidaz
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi

LRAD	Uzun Menzilli Akustik Silah
NB	Besin Maddesi
NIOSH	Ulusal İşgüvenliği ve Sağlığı Enstitüsü
NLTL	Öldürücü Olmayan Program
NLW	Ölümcül Olmayan Silah
PAFT	Bitki Akustik Frekans Teknolojisi
PAL	Fenil Alanin Amonyum Liyaz Enzimi
POD	Peroksizdaz Enzimi
Pox	Peroksizdaz
PS II	Fotosistem 2
ROS	Reaktif Oksijen Bileşikleri
SOD	Süperoksizdaz Dismutaz
TCH	Touch Geni
US	Ultrasonografi
vd	Ve Diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ses dalgalarının özellikleri ve sesin algılanması	3
Şekil 2.2. Ses dalgalarının özellikleri ve sesin algılanması - ses dalgasının grafik halinde görünüşü	9
Şekil 3.1. Ses dalgasının hücre metabolizmasına etkileri	16
Şekil 3.2. Ses dalgasının DNA'daki hasarlarının şematik olarak gösterimi	19
Şekil 3.3. Sesli uyarımın <i>E. coli</i> 'nin verdiği tepkilere etkisi glukoz kaynaklı ozmotik stres;	25
Şekil 3.4. %2 lik tuz stresi altında <i>E.coli</i> kolonisinin 22 saatlik sürede büyüme eğrisi ..	26
Şekil 3.5. Ses Uygulanmamış <i>E. coli</i> ekimi	28
Şekil 3.6. 10 kHz de 1 saat ses uygulanmış <i>E.coli</i> ekimi	28
Şekil 3.7. 10 kHz'de 3 saat ses uygulanmış <i>E. coli</i> ekimi	28
Şekil 3.8. 10 kHz'de 6 saat ses uygulanmış <i>E. coli</i> ekimi	28
Şekil 3.9. 10 kHz'de 15 saat ses uygulanmış <i>E. coli</i> ekimi	29
Şekil 3.10. <i>B.atrophaeus</i> endosporunun çimlenmesi sırasında ATP üretimi	29
Şekil 3.11. Zea mays'ın genç köklerinin davranışsal tepkisi sol taraftan gelen kesintisiz 220 Hz ses	38
Şekil 3.12. Guar bitkisinin farklı frekans ve müzik çeşidindeki boy farkları	46
Şekil 3.13. A: Domates meyvesinde olgunlaşma gecikmesi 1 kHz'lik ses işlemine tabi tutulması 1, 2, 5, 7, 12 ve 14 günlerde domates meyvesinin olgunlaşmasının görsel analizi ve B: yeşil meyvelerin günlere göre oranı ..	52
Şekil 3.14. Yunusların ses dalgalarını algılayıp görüntü elde etmeleri	56
Şekil 3.15. Kulağın yapısı	62
Şekil 3.16. Ses spektrumu (İşittme altı-İşitilebilir_İşitme üstü ses dalgaları)	86
Şekil 3.17. Akustik ses dalga silahı	89
Şekil 3.18. Uzun menzilli akustik cihaz	93
Şekil 3.19. Kalabalık kontrolü için kullanılan LRAD akustik silahı	94
Şekil 3.20. LRAD'ın ABD tarafından denenme haberi	95
Şekil 3.21. Bir araca monteli LRAD kızılötesi topu	97
Şekil 3.22. Aselsan'ın ürettiği uzun menzilli akustik yayın sistemi UMAS	99

Şekil 3.23. Çin'in hipersonik hava aracı.....	100
Şekil 3.24. Atomun sesi ilk kez duyuldu	105
Şekil 3.25. Ultrason cihazı.....	106
Şekil 3.26. Deneme düzeneğinin şekilsel gösterimi	110
Şekil 3.27. A) Ultrasonik ses dalgasının, bir kap içinde bulunan hücre solusyonuna uygulanış yöntemi, B) Ses dalgasının sonikatör kullanarak uygulanması .	114
Şekil 3.28. Bitki akustik frekans teknolojisi jeneratörünün tedavileri serada A) ve açık alan B).....	116
Şekil 3.29. Ses stimülasyon jeneratörünün şematik diyagramı.....	117
Şekil 3.30. Arabidopsis tohumlarının taramalı elektron mikroskopik görünümü	118
Şekil 3.31. Sesli ses kontrolünün maş fasulyesi (vigna yayar) filizlenmesine biyolojik etkisi.....	119
Şekil 3.32. Ses kayıt sistemi	121
Şekil 3.33. Haşere böcek kovucusu Bird-X ve özellikleri.....	122
Şekil 3.34. Güneş ışığı serasında çilekte ses dalgası uyarımı deneyinin yerleşimi	123
Şekil 3.35. A: Petride ses dalgası altında yapılan ilk inkübasyon (20 saat 30°C'de) B: İkinci inkübasyon ses dalgası altında yapıla kuluçka makinesi 20 saat 30°C'de	124
Şekil 3.36. Bakteri çözeltilerinin deneysel kurulumu ve deney düzeninin sinyal üretici / şematik diyagramı	125
Şekil 3.37. A:Yapay olarak üretilen ses ile Bacillus carboniphilus'un büyümesi ve B: Sonuç grafiği	126
Şekil 3.38. Ses dalgası odası ve Aspergillus spp'nin koloni oluşturan birimlere farklı frekansların etkisi	127
Şekil 3.39. A: Kurulum deneme platformunun şekilib B: çeşitli ses stimülasyonları sonunda ölçülen PO biyokütle konsantrasyonunun karşılaştırma tablosu .	128

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı doku ve maddelerde sesin yayılma hızı.....	7
Çizelge 2.2. Bazı ses dalgaları desibel değerleri.....	11
Çizelge 3.1. Ses dalgaları ile yapılan bazı çalışmalar	36
Çizelge 3.2. Çeltik pirincinin verilen ses alanı frekansı altında biyolojik etkileri.....	44
Çizelge 3.3. Farklı ses alanı frekanslarının çeltik pirinç üzerindeki biyolojik etkileri ...	45
Çizelge 3.4. Sabit güçteki ses dalgasının etkileri ile farklı tütün hücre membran protein yapısındaki değişiklikler.....	47
Çizelge 3.5. Tütün hücresinin zar protein yapısının Sabit frekanslı ses dalgasının farklı ses efektlerine dayanma gücü.....	47
Çizelge 3.6. Tüm veriler bazında BRZ'nin kadınlardaki ve erkeklerdeki uç değerleri ..	71
Çizelge 3.7. Oluşturduğu olumsuz etkilere göre gürültü seviyeleri.....	72
Çizelge 3.8. Yeraltı işçilikleri ve maruz kaldıkları ses şiddetleri	74
Çizelge 3.9. Havada farklı frekanslardaki akustik seslerin insanlar üzerindeki eşik ses seviyeleri	91
Çizelge 3.10. Ses stresine maruz kalan lavantalarda 10 gün sonra (24.11.2013) yapılan ölçüm sonuçları.....	112
Çizelge 3.11. Ses stresine maruz kalan lavantalarda 20 gün sonra (04.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları.....	112
Çizelge 3.12. Ses stresine maruz kalan lavantalarda 30 gün sonra (14.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları.....	112
Çizelge 3.13. Ses stresine maruz kalan biberiyelerde 10 gün sonra (24.11.2013) yapılan ölçüm sonuçları.....	113
Çizelge 3.14. Ses stresine maruz kalan biberiyelerde 20 gün sonra (04.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları.....	113
Çizelge 3.15. Ses stresine maruz kalan biberiyelerde 30 gün sonra (14.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları.....	113
Çizelge 3.16. Farklı db lerde ses uygulamalarından 10 gün, 20 gün ve 30 gün sonra lavantalardaki uçucu yağ oranı (%).....	113

Çizelge 3.17. Farklı db lerde ses uygulamalarından 10 gün, 20 gün ve 30 gün sonra biberiyelerdeki uçucu yağ oranı (%)	114
Çizelge 3.18. Sesli ses kontrolünün maş fasulyesi (vigna yayar) filizlenmesine biyolojik etkisi çalışmasında uygulanan ses tedavileri	119



1. GİRİŞ

Ses, frekansı ve şiddetine bağlı olarak, oluştuğu noktadan itibaren belirli bir alandaki canlı ve cansız nesnelere etkileyebilen önemli bir fiziksel enerji türü olmasına karşın, yakın bir zamana kadar üzerinde yeterince bilimsel araştırma yapılmadığını söylemek mümkündür. Ancak özellikle 2000'li yıllardan sonra, dünya genelinde sınırlı sayılarda da olsa bilim adamlarının dikkatini çekmiş ve bu konu birçok değişik yönden araştırılmaya başlanılmıştır. Bu araştırmalarda kaydedilen bulgular ışığında sesin canlılar üzerindeki etki mekanizmalarının çözülmeye başlandığı, pozitif ve negatif etkilerinin neler olabileceği ve çok daha değişik kullanım alanlarının da olabileceği konusunda araştırma bulgularının literatüre kazandırılmakta olduğu görülmektedir.

Ses dediğimiz olgu, hareketin meydana getirdiği bir enerjidir. Diğer bir deyişle ses, bir objenin (cismin) titreşimleriyle oluşan bir enerji türüdür. Hareket eden herhangi bir madde havada titreşimler oluşturur, bu titreşimlerin yarattığı etki sestir. Titreşim ise, bir cismin yaptığı ileri, geri, küçük ve çok hızlı harekettir (Yılmaz 2008).

İnsanlar için, ses, kulak kepçesi ve akabinde kulak yolu vasıtasıyla, dış çevreyi fark ederek ona ayak uydurabilmemizde ve bu sayede hayattan tad almamıza olanak sağlayan önemli bir araçtır. Ses dalgası adıyla tabir edilen bu fiziksel enerjiyi, sinirsel sinyallere çevirerek, beynimizde anlamlı kodlara dönüştüren işitme sistemimiz, oldukça farklı ve karmaşık düzeyde birçok yapılanma sergilemektedir. Bu denli karmaşık yapılanma gösteren sistem sayesinde, biz insanlar müzikten keyif alırız, konuşarak anlaşırız. Diğer canlılar ise bu sistem sayesinde hem birbirleri ile olan iletişimlerini sağlar hem de tehlikeden haberdar olarak, buldukları ortamdaki uzaklaşabilir. (Çokgezer *et al.* 2005).

Ses dalgası, maddesel anlamda enerji yüklü olup, kullanım koşullarına göre canlıların hücresel metabolizma hızını arttırdığı oranda azaltma özelliğine de sahiptir. Ses dalgası canlıların fizyolojisinde, biyokimyasında ve moleküler yapısında farklılaşmalara neden olmaktadır. Yüksek güç ve frekanslarda uygulandığında, hücre zarlarında incelmelere,

savunma enzimleri, solunum ve stres kaynaklı metabolik ürünlerin seviyesinde artışın yanı sıra genetik yapıda değişikliğe yol açabilecek güce sahiptir (Dikilitaş vd 2018).

Genomik yapıdaki değişimlerin hücrede apoptozise (programlanmış hücre ölümü) yol açabileceği bildirilmiştir. Ancak bu konuda ses dalgası ile ilgili çalışmalar daha henüz emekleme aşamasında olduğu için, ses dalgalarının apoptosisle bağlantısı konusuna, bu derlemede detaylı olarak yer verilmemiştir. Yine, ziraat ve biyoloji alanlarında ses dalgaları ile ilgili araştırmalarda bitki hücrelerinde zar bozulmalarının olduğu belirtilmesine rağmen, şu an itibarıyla bu konudaki mevcut araştırma bulgularının da yeterli sayıda olmadığı söylenebilir.

Ses dalgaları ile tıp alanında yapılan çalışmaların büyük bölümü, insanlar ve insanlara büyük ölçüde rahatsızlık veren “gürültü” odaklı çalışmalardan oluşturulmuş, gürültü nedeniyle insan ve diğer memeli organizmaların biyokimyasal ve fizyolojik yapılarında, gürültünün yaptığı değişiklikler konu alınmıştır. Ziraat ve biyoloji alanlarında yeni yeni yapılmaya başlanan araştırmalar ise henüz çok kısıtlı düzeydedir (Kim *et al.* 2015).

Bu derlemede, ses dalgasının organizmalar üzerinde yol açtığı olumlu-olumsuz değişikliklerin mekanizmaları değerlendirilmiştir. Derleme üç ana kısımdan oluşmuş; birinci bölümde konuya giriş yapılmış; ikinci bölümde sesin tanımı; üçüncü bölümde ise ses dalgalarının canlılar üzerindeki etki mekanizmaları, sesin insan yararına insan ve diğer canlı türleri üzerinde çok farklı amaçlarla kullanımı, biyokimyasal, fizyolojik ve moleküler araştırmalarda elde edilen literatür bulgularından hareketle sesin gelecekteki kullanım potansiyelleri ile ilgili şahsi değerlendirmelerde bulunulmuştur.

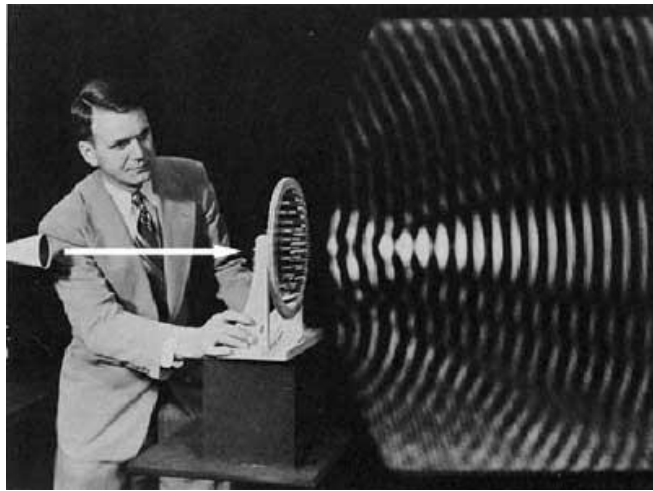
2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Ses Nedir?

En basit tanımıyla ses; işitme organının duyabildiği titreşimdir. Literatürdeki yaygın tanımlamaya göre ses, nesnelerin ortamdaki titreşiminden meydana gelip ve bahsedilen ortam içerisinde (hava, su vb.) bir yönden başka yönlere doğru olan sıkışma (compressions) ve genleşmeler (rarefactions) şeklinde ilerleyen bir dalgadır. Genel olarak ses, esnek bir ortamda titreşimler halinde yayılan dalgalardır ve canlıların işitme organları tarafından algılanabilen basınç değişimleridir.

2.2. Ses Dalgalarının Fiziksel Özellikleri

Frekans değeri 16 Hz–20 KHz arasında mekanik titreşim yapan cisimlerin insan kulağı ile temas halinde olan bir ortamda oluşturdukları dalgalara ses dalgaları denir (Gülsoy ve Oyar 2003). İnsan kulağı bu aralıktaki titreşimleri algılayabilmektedir. Bu titreşimlerin tekrar sayısı 20'den az olduğunda infrases, 20.000'den fazla olduğunda ultrases adını alır. Ultrases de aynen ses gibi bir titreşim hareketidir (Şener ve İkizler 1979).



Şekil 2.1. Ses dalgalarının özellikleri ve sesin algılanması (Çokgezer vd 2005)

1960 yılında resmedilen yukarıdaki fotoğrafta, spesifik bir ses merceği ve ona özel bir görüntüleme tekniği kullanılmış, fotoğrafta görülen kornanın çıkardığı ses dalgalarının görüntüsü elde edilmiştir.

Boyuna dalga örneklerinin en önemlisi ses dalgalarıdır. Ses dalgalarının herhangi bir ortamda yayılma hızı, o ortamın özelliklerine bağlıdır. Ses dalgaları ortamda yayılma hareketi yaparlar; buldukları ortamdaki parçacıklar, dalganın hareketi boyunca öz kütle ve hacim değişimleri yaparak titreşirler (Madran 2018).

Dalgalar temelde, mekanik ve elektromanyetik olmak üzere iki ana grupta incelenirler. Elektromanyetik dalgalar, yayılmak için herhangi bir ortama ihtiyaç duymayan ve boşlukta da yayılabilen dalgalardır. Mekanik dalgaların ise, enerjilerini aktarabilmek için mutlaka ortam taneciklerine ihtiyacı vardır. Bundan dolayı herhangi bir boşlukta yayılamamaktadırlar. Ses dalgaları da bir çeşit mekanik dalga olduğundan, yayılabilmek için maddesel bir ortama ihtiyaç duymaktadırlar. Ses, parçacıkların titreşimi sayesinde oluşan ve uygun bir ortam içerisinde (hava, su vb.) bir yerden başka bir yere, sıkışma (compressions) ve genişleme (rarefactions) hareketleri ile ilerleyen bir dalgadır. Bundan dolayı ses, bir çeşit basınç dalgası olarak karşımıza çıkar (Çokgezer vd 2005).

Ses dalgaları insanların algılama düzeyleri açısından değerlendirildiğinde frekanslarına göre, üç gruba ayrılır:

İşitilebilir dalgalar, insan kulağı 20Hz ile 20.000Hz seviyesindeki ses dalgalarını algılayabilme kapasitesindedir. Bu sesler, çeşitli yollarla, örneğin çalgı aletleriyle, canlı boğazındaki ses telleriyle, hoparlörler vasıtasıyla vs. meydana getirilebilir.

Ses altı (infrasonic) dalgalar, işitilebilir ses aralığının altında olan frekans değerlerine sahip boyuna dalgalardan oluşurlar. Bu dalgalara, deprem dalgaları örnek olarak verilebilir. Buna ek olarak, örneğin; filler, birbirinden kilometrelerce uzakta olsalar bile, infrasonik denilen ses altı dalgalarını haberleşmek için kullanmaktadırlar.

Sesüstü (ultrasonik) dalgalar, işitilebilir ses aralığının üstünde(>20.000 Hz)frekansları olan boyuna dalgalara ultrasonik dalgalar denir. Örneğin, kişinin kendi çaldığı bir ıslığı, diğer insanlar algılamazken, beslediği köpeği bu çok alçak seste olan ıslık sesini hemen algılar ve sahibinin yanına gelir. Ses üstü dalgaların kullanım alanlarına bir örnek olarak tıpta teşhis amaçlı kullanılan ultrason tekniği verilebilir (Madran 2018).

Ultrason sıvılar üzerine uygulandıkları zaman, sıvı üzerinde dalgalar meydana getirir. Bu dalgalar katı cisim üzerine çarptığında, sıkışma veya genleşmeler oluşturur. Bu duruma ‘girdap’ veya ‘kavitasyon’ denir. Kavitasyon (oyuk) hava kabarcıklarını meydana getirir ve bu kabarcıkların büyümesi ve çökmesi ile bu kabarcıklar patlamaya başlar, şok dalgaları oluşur. Patlama sonucunda ani sıcaklık ve basınç değişimi olur. Bu olay hücre içinde ve dışında gerçekleşirse serbest radikallerin oluşumu gözlenir.

Mekanik enerjinin diğer bir şekli de utrasondur. Yüksek frekanslardaki akustik basınç dalgaları, canlı vücuduna yollar ve bu mekanik enerji, basınç dalgaları tarafından dokuya iletilir. Vücut dokusu içerisindeki basınç dalgaları sayesinde hücresel düzlemde mikro-mekanik gerilimler oluşturulur (Reher vd 1968). Hücrelerin bu mekanik uyarıma tepkisi sesin

farklı frekans değişimleri ile şekillenir (Myrdycz *et al.* 2002).

2.2.1. Ses dalgalarının hızı

Ses; dalga fiziği yasalarına göre yayılmaktadır. Her bir frekans değeri için değişmez bir λ (lamda) dalga boyu değeri vardır. Ses hızı (c), dalga boyu (λ) ve frekansın (f) çarpımı ile bulunur. (Frekans; bir saniyede toplam titreşim sayısıdır, hertz olarak okunan biriminin kısaltması Hz şeklinde yapılır.

$$\text{Ses Hızı; } c = f \cdot \lambda$$

Ses hızı her bir ortamda (dalga çeşidine de göre) sabittir.

$$\text{Gazların ses hızı; } c = \sqrt{\kappa \cdot P \text{ stat} / \rho}$$

bağıntısıyla belirlenir. Bağıntıdaki $P \text{ stat}$ gazın basıncını, ρ gazın yoğunluğunu ve κ adyabatik katsayısını yani gazın sıcaklık kapasitesini verir (Eğer sistem yalıtılmış veya izole edilmiş ve bundan dolayı ısı kaybı veya kazancı yoksa adyabatik olarak isimlendirilir). Hava gibi iki atomlu gazlarda; $\kappa = 1,4$ için ses hızı 343 m/s dir.

Katı ve sıvılarda sesin yayılış hızı daha da büyük olmakta ve bu hız malzemenin mekanik özellikleri, sıcaklığı ve boyutlarıyla değişmektedir.

Boyuna dalgalarda, katı maddeler için ses hızı bağıntısı: $c = \sqrt{E/\rho}$ şeklindedir ve bağıntıdaki; E elastisite modülü ve ρ yoğunluğudur.

Sıvılarda ise yoğunluk ρ ve sıkıştırılabilirlik modülü $K (1/\kappa)$ ile aşağıdaki bağıntıdan bulunmaktadır.

$$c = \sqrt{K/\rho} = \sqrt{(1/\kappa \cdot \rho)}$$

Ses hızı aynı zamanda, büyük ölçüde ortam sıcaklığına bağlı olarak da değişmektedir. Havada yayılmakta olan bir dalğanın hızı ve ortamın sıcaklığı arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$V = (331 \text{ m/s}) \sqrt{1 + \frac{T_c}{273}}$$

Burada 331 m/s, 0°C de ses hızıdır ve T_c Celsius ölçeğinde sıcaklıktır. Bu eşitlik kullanılarak, havadaki ses hızı yaklaşık olarak 343 m/s bulunur (Madran 2018).

Sesin yayılma hızı, havaya oranla katı ve sıvıların içinde çok daha fazladır. Örneğin, Su ve biyolojik dokularda $\cong 1500$ m/s hızla ilerler. Sesin yayılma hızını belirleyen en önemli faktör doku ya da madde karakteristiğidir. Dokunun ya da maddenin elastikliği arttıkça sesin yayılma hızı azalmaktadır. Örneğin yağ dokusu sıkıştırılabilir bir doku olduğu için sesin iletim hızı daha düşük, katı ve sıvıların daha az sıkıştırılabilir olmaları nedeni ile sesin yayılımı daha hızlıdır (Gülsoy ve Oyar 2003).

Çizelge 2.1. Bazı doku ve maddelerde sesin yayılma hızı (Gülsoy ve Oyar 2003)

Doku-Madde	Hız (m/sn)
Hava	348
Kan	1570
Kemik	4080
Yağ	1500
Kas	1580
Polietilen	920
Yumuşak dokular	1540
Su	1480

2.3. Ses Frekansı (Sıklık)

Herhangi bir dalganın frekansını hesaplamak için, o dalganın havadan ya da başka bir ortamdan geçerken, ortamdaki partiküllerin ne sıklıkta titreştiği bilinmelidir. Frekans değeri, ileri geri titreşimlerin zamanla eşgüdümlü olarak ölçülmesi ile hesaplanır. Hertz birimi denilen bu değer, bize saniyedeki titreşim sayısını vermektedir (1 Hertz = 1 saniyedeki döngü sayısı). Daha yüksek frekans aralıklarında Hertz'in bin katı anlamına gelen 'kilohertz' (kHz) birimi kullanılır. İnsan kulağının duyabildiği sesler 20 ile 20000 Hz (20kHz) arasında olan frekans değerleridir. Frekansı 20 Hz'in altında olan titreşimlere 'ses altı' titreşimler, frekansı 20 kHz'in üzerinde olan titreşimlere 'ses üstü' titreşimler denilir (Çokgezer vd 2005). Buna göre frekans, bir işin birim zaman içinde kaç kez tekerrür ettiğini bildirmek için kullanılır. Birim zamandaki tekrar sayısı ne kadar artarsa, frekans değeri de o oranda artmaktadır.

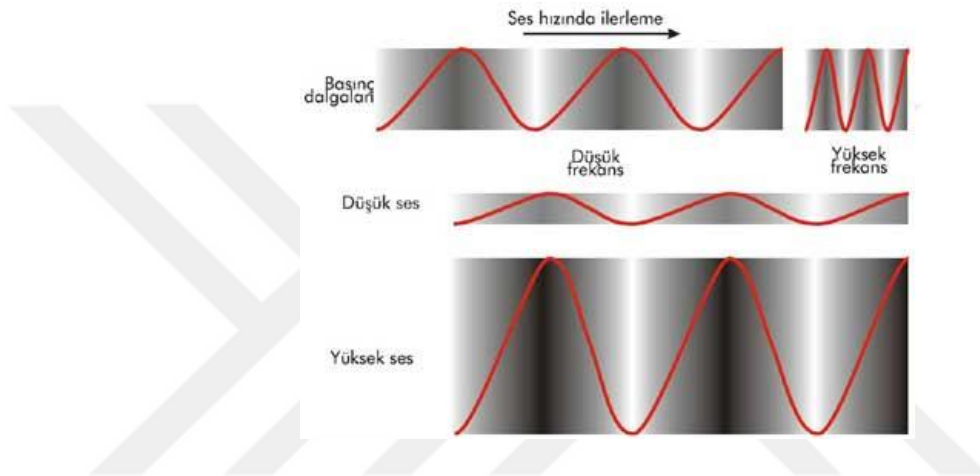
Sesin frekansı arttıkça ses inceleşirken, yine benzer oranda frekans azaldıkça ses kalınlaşır. Sesin yüksekliği denilen bu özellik sayesinde ince ses ve kalın ses birbirinden ayrılır. Bu yüzden sesin yüksekliğini sağlayan en temel etmen sesin frekansıdır. Sesin frekansı, titreşim hareketi yapan maddenin büyüklüğüne ve maddenin cinsine göre farklılık gösterir. Örneğin tüm ebatları aynı olan ve titreşim hareketi yapan çelik ve bakır tellerden çıkan seslerin frekans değerleri birbirlerinden çok farklı olmaktadır.

Doğada birbirinden farklı sayısız frekans değerlerinde ses üretilmekte iken, insanlar doğal biyolojik yapıları sonucu sadece 20-20 000 Hz frekans aralığındaki sesleri duyabilmektedirler. Benzer olarak insanların, kendi bünyeleriyle ürettikleri sesler de bu frekans değeri arasında olmaktadır. Bu yüzden insanoğlu aşırı küçük ve aşırı büyük frekanslı sesleri duymamaktadır. Oysa insanoğlunun duyamadığı birçok sesi, duyma aralığı daha geniş olan bazı hayvanlar kolaylıkla duyabilmektedirler. Buna örnek vermek gerekirse, yunuslar 150 000, köpekler 35 000 Hz frekanstaki ultrasonik sesleri duyabilmektedirler. Özellikle yunusların bu duyuları çok gelişmiştir ve bu sayede herhangi bir balık sürüsü içindeki tek bir balığı kilometrelerce izleyebilir, çok karanlıkta bile kendinden 3 km uzakta duran sudaki iki ayrı metal parçayı birbirinden ayırt edebilirler. İnsan kulağının algılayamayacağı kadar yüksek frekans değerlerine sahip bu ses dalgalarına ultrasonik dalgaları adı verilmektedir. Ultrasonik dalgalar denilen ses dalgaları frekansları 20 000-150 000 Hz aralığında olup, duyulamayan sesler grubuna girmektedirler. Hertz 'in bin katı olan 'kilohertz' (kHz) birimi, yüksek frekans değerleri için kullanılmaktadır.

2.4. Ses Genliği (Amplitüd)

Genliğin ölçüsü ses dalgalarının dikey büyüklüğüdür. Ses dalgaları arasında oluşan sıkışma ve genleşme farkı, dalgaların genliğini belirler. Havada, suda ya da herhangi başka bir ortamda titreşen nesnelere tarafından ses dalgaları oluşturulur. Mesela, vurulmuş bir gitar teli, yaptığı ritmik dalga sayesinde, havadaki moleküllerin o oranda bir frekansta sıkışmasını ve genleşmesini sağlar. Bu şekilde telde var olan enerji havaya aktarılır.

Enerjinin miktarı ne kadar fazla ise tel o derecede fazla titreşim hareketi yapar. Eğer tele çok daha fazla miktarda enerji yüklenirse, telin yaptığı titreşim, daha büyük bir genlikte olur. Titreşim genliğinin fazla olması, ortam tanecikleri (örneğin hava molekülleri) tarafından taşınan enerji de o kadar fazla olur. Aktarılan enerjinin fazlalığına bağlı olarak, ses şiddeti artar. Söz konusu bigiler, titreşim halinde olan tüm cisimler için geçerlidir (Çokgezer vd 2005).



Şekil 2.2. Ses dalgalarının özellikleri ve sesin algılanması - ses dalgasının grafik halinde görünüşü

Koyu renkli bölgeler sıkışmaları, açık renkli bölgeler ise genişmeleri göstermektedir. Eğriler ise bu sıkışma ve genişmelerin iki boyutlu grafiksel temsilleridir. Sıkışma oranı arttıkça (yüksek seste olduğu gibi) ses şiddeti de o oranda artar (Fathalizadeh *et al.* 2005).

2.5. Dalga Boyu

Bir dalganın ardışık iki tepe veya iki çukur noktası arasındaki mesafeye dalga boyu adı verilir. Dalga boyu λ (lambda) ile gösterilir.

Her dalga, ortam içinde titreşim enerjisini komşu moleküllere aktararak ilerler. Enine dalgalarda tanecikler, dalgaların yayılma doğrultusuna dik olarak titreşirken, boyuna dalgalarda yayılma doğrultusunda titreşir. Katı ortamlarda hem enine hem de boyuna

dalgalar yayılabilirken, sıvılarda sadece boyuna dalgalar yayılabilmektedir. Bundan dolayı ses dalgaları havada boyuna dalgalar şeklinde yayılmaktadırlar (Aksoy 1984).

2.6. Ton

Ton, müzik biliminde diatonik (doğal major) gamda bir 'tam aralık' ifadesi ile tanımlanır. Yine ton, belli bir frekans ve perde de üretilen saf ses olarak tanımlanabilir. Örnek olarak 440 Hz frekansında olan 'Do' notası, saf bir tondur. Saf tonlara doğal alanlarda pek fazla rastlanmaz, çoğunlukla çalgı sayesinde üretilirler. Yüksek frekanslı (yüksek perdeden) seslere tiz, düşük frekanslı (düşük perdeden) seslere pes (bas) adı verilir.

2.7. Tını

Tını, ses 'rengini' ifade etmek için kullanılır. Aynı oktavda (sekiz sestem oluşan ses dizisi, bir *do* sesiyle ondan sonraki *do* sesi arasındaki uzaklık) eş notayı (tonu), eş yoğunlukta ve eş uzunlukta çalan bir flütle bir keman bir aynı sesi çıkarmamaktadır. İşte aralarındaki temel fark, bahsedilen 'tını farkıdır. Müzik aletlerini oluşturan ekipmanların doğal frekanslarındaki farklılıklar, sonuçta oluşan sesin başka tınıda olmasını sağlar. Böylelikle farklı müzik aletlerinden çıkan aynı notalar rahatlıkla ayırt edebilmektedirler.

2.8. Sesin Şiddeti

Şiddet, çeşitli nitelikteki ses dalgalarının taşıdıkları enerji kapasitesine göre birim alana uyguladıkları kuvvet olarak adlandırılır. Birimi 'metrekare başına Watt' (W/m^2) cinsinden kullanılır. Ses şiddeti, o sesin kaynağına olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olmaktadır.

2.9. Sesin Desibel (dB) Ölçeği

Ses seviyesini ölçmek veya sesin fiziksel değerini ifade etmek için kullanılan logaritmik ifadedir. İnsan kulağı çok düşük ve aşırı yüksek şiddette sesleri duyabilme kapasitesine sahiptir. ‘Eşik şiddet’ olarak bilinen değer, insanoğlunun algılayabileceği en düşük ses şiddeti değeridir. Kulağa zararı olmadan işitilen en yüksek ses şiddeti, eşik şiddetinin neredeyse 1 milyon katı kadardır. İnsan kulağının duyabilme aralığı bu kadar geniş olduğundan, şiddet ölçümü için kullanılan ölçek de 10’un katları şeklinde, yani logaritmik olarak düzenlenmiştir. Literatürde buna ‘desibel ölçeği’ adı verilmiştir. Sıfır desibel hiç sesin olmaması anlamına gelmez; sadece işitilemeyecek seviyede düşük ses şiddetini (ortalama olarak 1.10^{-12} W/m²) verir (Çokgezer vd 2005). ‘Bel’ biriminin 10 katına desibel denir ve desibel bir oranı veya göreceli bir değeri gösterir. Alexander Graham Bell’ in kısaltılmış adı ile bel adı verilen birim, iki farklı büyüklüğün oranının logaritmasıdır. Yani ‘1 bel’, birbirlerine oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir.

dB birimi var olan tüm ses frekanslarına ait değerleri gösterirken, dBA ise insan kulağının duyabilme aralığı arasında kalan ses seviyelerini gösteren birimdir. Gürültü azaltması veya kontrolünde sık kullanılan birim olan dBA, ses yüksekliğinin öznel değerlendirmesi ile ilişkili bir terimdir. Eşik şiddetindeki ses ‘sıfır’ desibeldir ve 1.10^{-12} W/m² değerine eşdeğerdir. 10 kat daha şiddetli ses 1.10^{-11} W/m²; yani 10 dB iken, 100 kat daha şiddetli ses 20 dB’dir. (Fathalizadeh *et al.* 2005).

Çizelge 2.2. Bazı ses dalgaları desibel değerleri (Çokgezer vd 2005)

Kaynak	Şiddet	Desibel
Eşik Şiddeti	1.10^{-12} W/m ²	0
Yaprak Hışırtısı	1.10^{-11} W/m ²	10
Fısıltı	1.10^{-10} W/m ²	20
Normal Konuşma	1.10^{-6} W/m ²	60
Caddedeki Yoğun Trafik	1.10^{-5} W/m ²	70
Elektrik Süpürgesi	1.10^{-4} W/m ²	80
Büyük Orkestra	$6,3.10^{-3}$ W/m ²	98
Walkmenin En Yüksek Sesi	1.10^{-2} W/m ²	100
Rock Konserinin Ön sırası	1.10^{-1} W/m ²	110
Jet Uçağının Kalkışı	1.10^2 W/m ²	140
Kulak Zarı Hasarı	1.10^4 W/m ²	160

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Sesin Canlılar Üzerindeki Etkileri ve Etki Mekanizması

Geçmişten beri insanoğlu sesin canlılar üzerine çeşitli etkilerinin olduğunu gözlemlemiş ve sesi çeşitli amaçlar için kullanmıştır. Özellikle Osmanlı İmparatorluğu devrinde sesin hastalıkları tedavi edici özelliği fark edilerek tıbbi tedavileri destekleyici bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmış, müzik (özellikle ney sesi) hastaların tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır.

Canlılar günlük yaşantısının her anında belli dalga boyları ve frekanslarda bazı ses titreşimlerinin etkisi altında kalırlar. Kaldıkları bu titreşimlerin seviyelerine göre çeşitli tepkiler vermekte ya da tepkisiz kalmaktadırlar. İnsanoğlunun işitme sistemi, ses dalgaları olarak bilinen mekanik titreşimleri, sinirsel olarak beynin algılayabileceği bir şekilde sinyallere dönüştürerek, çok farklı düzeylerde oldukça spesifik ve karmaşık bir örüntü oluşturur.

Sesin oluştuğu alandaki nesnelere etkilemesinde, sesle ilgili birçok faktör rol oynamaktadır: Ses dalgalarının, dalganın enerjisini 3 boyutlu ortamda taşıırken, kaynaktan uzaklaştıkça şiddetinin azaldığı bilinmektedir. Yani, uzaklık arttıkça, ses dalgalarının şiddeti azalmaktadır. Ses dalgaları 2 boyutlu bir ortamda ise dairesel olarak yayılım göstermektedir. Enerjinin korunumu ilkesinden yola çıkarak, enerjinin yayıldığı alan genişledikçe güç azalmaktadır. Şiddet ve uzaklık arasında ters-kare ilişkisi vardır. Bu sebeple kaynağa olan uzaklık 2 katına çıktığında şiddet $\frac{1}{4}$ 'üne düşer. Aynı şekilde kaynağa olan uzaklık $\frac{1}{4}$ 'üne düştüğünde şiddet 16 katına çıkar. Yani sesin şiddeti, mesafe arttıkça, mesafenin karesi oranında azalır. Ses dalgası, enerjisinin bir bölümünü gaz, sıvı veya katı ortamlardan geçtiğinde kaybeder. Kaybedilen bu enerji, termodinamik yasalarına göre ortamda bulunan maddeler tarafından absorbe edilir.

Nitekim ses dalgasının organizmalar üzerinde oluşturduğu bu etki, tarımsal ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi açısından detaylı olarak ele alınmış, ses dalgasının uygulandığı frekans ve şiddetin, ürünlerin mikroorganizmalardan muhafaza edilmesi konusunda bazı araştırmalar yapılmış ve olumlu bulgular rapor edilmiştir (Awad *et al.* 2012; Bilek ve Turantaş 2013; Dikilitaş vd 2016).

Düşük frekanslı ultrases dalgası organizmaların metabolizmaları üzerinde termal veya kimyasal değişiklikler yaratır ve çeşitli biyolojik değişimlere neden olur. Ses dalgalarının şiddeti ne kadar artarsa, hücrede o derecede hasarlar ve anormallikler ortaya çıkarır. Bu hasar DNA molekülü seviyesine ulaştığında, DNA'nın doğal yapısı bozulabilir. Bu bozulma DNA fonksiyonlarının aksamasına, dolayısıyla protein sentezi gibi en temel görevini yerine getirememesine yol açtığı, ayrıca hücre içinde stres metabolitleri denilen toksik bileşiklerin de çoğaldığı gözlenir (Rokhina *et al.* 2009; Silva and Dobránszki 2014).

Her ses dalgası organizmada değişiklik meydana getirmez. Örneğin düşük enerjili akustik dalgalar, canlı organizma üzerinde ya da gıdalar üzerinde fiziksel ya da kimyasal olarak kayda değer bir değişiklik yapmazlar (Leadley and Williams 2006). Ancak, günümüzde tıpta ve endüstride görüntüleme adı altında anılan yüksek enerjili olan ultrason dalgaları, Ultrasonografi (US) tekniğinde kullanılan seslerdir (Kentish and Ashokkumar 2011).

Günümüz ve geçmiş literatürlere bakıldığında, akustik dalgaların, organizmaya olan etkileri üzerine sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan birinde, ses dalgalarının bitkiler üzerine olan etkileri araştırılmış ve bitkilerde sesin antioksidan aktivitesi, kalsiyum akışı, şeker ve ATP içeriği, hormonal dengesi ve plasmalemma yapısı üzerine önemli ölçüde etki yaptığı rapor edilmiştir (Mishra *et al.* 2016). Yine, ses dalgası uygulanan *Actinidia chinensis* (kivi) kalluslarında ATP miktarında artış olduğu saptanarak, ses dalgasının hücrede enerji metabolizmasını değiştirdiği kaydedilmiştir. (Xiaocheng *et al.* 2003; Ghosh *et al.* 2017).

Öte yandan yüksek enerjili ultrases dalgaları, biyolojik araştırmalarda en çok kullanılan ses dalgaları olup (Piyasena *et al.* 2003), bu ses dalgaları (16 kHz ve üzeri), çok yüksek enerji kullanılarak elde edilen titreşimlerle sağlanır (Jayasooriya *et al.* 2004; Dolatowski *et al.* 2007). Yüksek enerjiye sahip olduklarından canlı ve cansız organizmalar üzerinde fiziksel, mekaniksel ve kimyasal etkiler bırakırlar. Fiziksel yapıya bozucu etki göstererek, kimyasal reaksiyon sıklığını arttıırırlar (Golmohamadi *et al.* 2013).

Ultrases dalgasına maruz bırakılan hücrede reaktif oksijen türleri (ROS) olarak adlandırılan ve hücrelerde oksidatif hasara yol açtığı bilinen radikallerin meydana geldiği, hatta oksidatif hasarın şiddetine bağlı olarak, DNA'yı etkileyebileceği ve DNA sarmalındaki iplikçiklerin yapısını kolaylıkla bozabilecek kapasiteye sahip olduğu rapor edilmiştir (Nawaz and Hasnain, 2013). Oksidatif DNA hasarı, DNA hasarı biomarkeri olan 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8OHdG) seviyesinin belirlenmesi suretiyle ölçüldüğünden, bu molekülün (Hidroksil iyonlarının guanine ile etkileşimi sonucu oluşur, okside edilmiş bir deoksiguanozin türevidir. 8-Oxo-dG, DNA oksidasyonunun ana ürünlerinden biridir. Bir hücre içindeki 8-okso-dG konsantrasyonları oksidatif stresin bir ölçümüdür) DNA hasarının arttığı bölgelerde yoğunlaştığı rapor edilmiştir (Collins 2013).

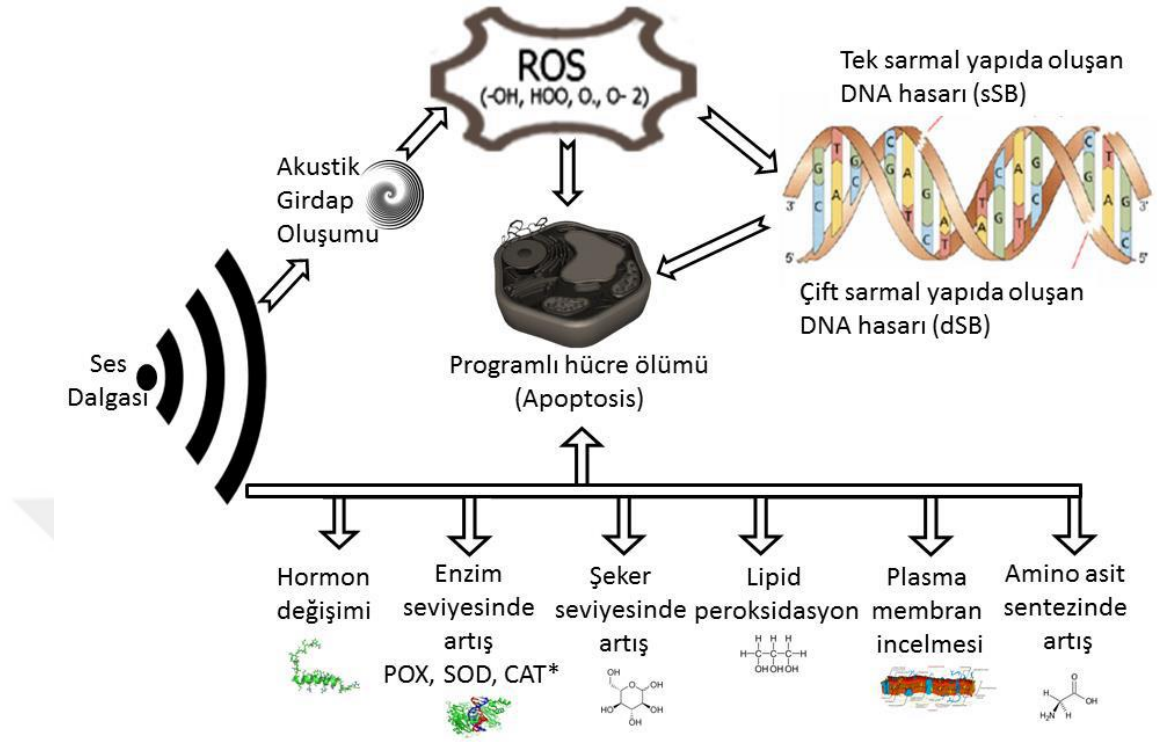
Canlı doku üzerinde stres yapıcı faktörlerin etkisini ilk olarak hücre zarında gösterdiği sayısız araştırmada rapor edilmiştir. Bu durum ses stresi için de geçerli olup, ses stresine maruz kalan hücrelerde, hücrenin kendi savunma mekanizmasının devreye girmesine rağmen, sitoplazma içinde oluşan stresin seviyesi, ses dalgasının gücüne, süresine ve canlı bünyesinin genetik yapısına bağlı olarak farklılık gösterdiği, ancak stresin süresinin uzaması durumunda, hücrede oluşturulan ROS çeşidi ve konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir (Gill and Tuteja 2010; Petrov *et al.* 2015; Liu and He 2016). ROS seviyelerinin artması halinde, hücre içi iyon dengesinin ve normal metabolik faaliyetleri ile üretilecek olan metabolitlerin ve bunların katıldığı metabolik süreçlerin de bozulmaya başladığı kaydedilmiş olup, bu durumun hücrede çok ciddi DNA hasarları gibi semptomlara ve hatta ölümcül etkilere sebebiyet verdiği bildirilmiştir (Dikilitaş vd 2018).

3.1.1. Ses dalgalarının neden olduğu DNA hasarları

Stres faktörleri (kimyasal, biyolojik ve fiziksel) DNA molekülünün sarmalındaki tek iplikçiğı kırabilecek potansiyele sahip olduğu gibi çok yüksek dozlarda uygulandığında sarmal yapının çift iplikçiklerini kırması da olağandır (Kubota *et al.* 2017).

Ses dalgası organizmalar üzerinde fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerle birlikte, gen ifadesinde de farklılaşmaya sebep olabilecek güce sahiptir. Örneğin, touch (*TCH*) genlerinin, çeşitli farklılıkta mekanik uyarılmalar neticesinde, ortaya çıkan genlerden olduğu rapor edilmiştir (Braam 2005; Chehab *et al.* 2009). Bazı çalışmalarda ise ses dalgalarının tek başına yeterli olmadığı ispatlanmış, çeşitli biyolojik veya kimyasal maddeler ile eş güdümlü olarak uygulanmasıyla birlikte, kimyasal kullanımının azaltılması öngörülmüştür. (Scouten and Beuchat 2002; Lee *et al.* 2014; Al-hashimi *et al.* 2015).

Stres faktörünün hücrede meydana getirdiği etkiler Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Hücrede veya DNA yapısında oluşan hasarın tamirinin mümkün olduğu bazı durumlar vardır. Fakat DNA üzerinde oluşan kırık veya kırıkların yeri ve sayısının artması halinde, DNA tamirinin imkansız hale gelebileceği, ya da yanlış tamirler sonucu (mismatch repair-yanlış eşleşme) hücrede mutasyonlar ve müteakiben hücre ölümünün gerçekleşebileceği bildirilmiştir. Canlıların genelde, hasarlı DNA molekülünü tamir edemediği durumlarda apoptosis sayesinde o hücreden kurtulma yolunu seçtiği rapor edilmiştir.



Şekil 3.1. Ses dalgasının hücre metabolizmasına etkileri

(Milowska and Gabryelak 2007; Kim *et al.* 2015; Ermolaeva *et al.* 2015; Dikilitas vd 2016).

*POX: Peroksidaz, SOD: Superoxide dismutase, CAT: Katalaz

Ses dalgası ile organizmaların hücre zarı ve duvarlarında hasara yol açabilecek reaktif oksijen türleri (ROS) üretmek mümkündür. Ses dalgasının frekansını, süresini ve organizmaya olan uzaklığını ayarlayarak hedef organizmanın ROS üretimini arttırmak suretiyle DNA molekülünün yapısını bozmak mümkün olduğu gibi çok hızlı ve yüksek şiddette oluşturulacak reaksiyonlar ile ROS üretilmesine fırsat vermeden de DNA molekülünün yapısını tamir edilemeyecek şekilde bozmak mümkündür (Dikilitas vd 2016). Ses dalgalarının bu özelliği, patojenlere karşı kullanımı halinde, dayanıklılık ve tolerans sağlamalarına fırsat vermeden yok edilebilmeleri açısından önemli bir avantajdır.

Canlı hücre üzerinde hasar oluşturabilecek güçlü bir stres faktörünün primer etkisi, öncelikle hücre zarı üzerinde kendisini gösterir. Böylesi bir strese maruz kalan hücrede bir takım savunma mekanizmaları devreye girmesine rağmen, hücrenin strese karşı dayanıklılığının, stresin şiddetine, süresine ve canlının ait olduğu türe ve hatta genetik yapısına bağlı olarak değişim gösterdiği, stres süresinin uzaması devam halinde ise

dayanıklılığın hücre içinde oluşturulan ROS çeşidine ve konsantrasyonuna bağlı olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Gill and Tuteja 2010; Petrov and 2015; Liu and He 2016; Dikilitas vd 2016). Bununla birlikte, ROS seviyesinin hücre içinde kontrol altına alınamadığında ise hücre içi iyon dengesinin yanı sıra metabolitlerin doğal yapı ve fonksiyonlarında da bozulmaların oluşabileceği ve müteakiben DNA hasarlarının oluşabilme olasılığıyla birlikte organizmada hastalık olarak ifade edilen durumların ortaya çıkabileceği bildirilmiştir (Dikilitaş vd 2018).

Sesin bitki üzerinde moleküler düzeydeki etkilerini incelemek üzere yapılan araştırmalarda da, çeltik bitkilerinde GUS mRNA seviyesinin 125, 250 Hz ve 1 kHz frekanslarda artış gösterdiği, 50 Hz frekansda ise düşüş gösterdiği kaydedilmiştir (Jeong *et al.* 2008). Yine Hongbo *et al.* (2008), krizantem çeliklerinin (*Chrysanthemum* spp.) 1 kHz frekansta 100 dB gücünde bir ses dalgasına 9 gün süre ile günde 60 dakika maruz bırakılması halinde, DNA içeriğinde herhangi bir değişiklik olmadığı, fakat RNA ve çözünebilir protein seviyesinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırma bulgularından yola çıkarak, ses dalgalarının farklı gen bölgelerinin işleyişini uyararak, gen ekspresyon modelinde değişikliğe neden olabileceği kanaatine varılmıştır (Dikilitaş vd 2018).

Genom üzerinde günde on binlerce kez farklı tip hasarların oluşabildiği ve bu hasarların; oksidasyon, depurinasyon (yani purin bazlarının uzaklaşması), depirimidasyon (yani pirimidin bazlarının uzaklaşması), tek iplikçik kırıkları, çift iplikçik kırıkları, deaminasyon, ve alkalasyon (yani alkali olma durumu) gibi birçok değişik tipte olabileceği ifade edilmektedir (McKeague 2017). Çeşitli çalışmalardan elde edilen verilere göre ses dalgasının DNA molekülü üzerinde oluşturabileceği muhtemel hasar tipleri Şekil 1’de izah edilmiştir (Dikilitaş vd 2018).

DNA için bilinen en yaygın oksidatif hasar tipi olup Guanin oksidasyonudur. Hasar gören baz, 8-oxoguanin (8-oxoG) ismini alır. Genom üzerinde 8-oxoG ile adenin bazının yanlış eşleşmesi neticesinde G ve T bazları arasında yanlış eşleşme oluşur. Bu durum G ve T mutasyonu olarak da adlandırılır. Bu mutasyonun olduğu canlıda, kanser, erken

yaşlanma oksidatif stres ile ilgili diğer hastalıklara daha fazla yatkınlığın olduğu ileri sürülmüştür (McKeague 2017).

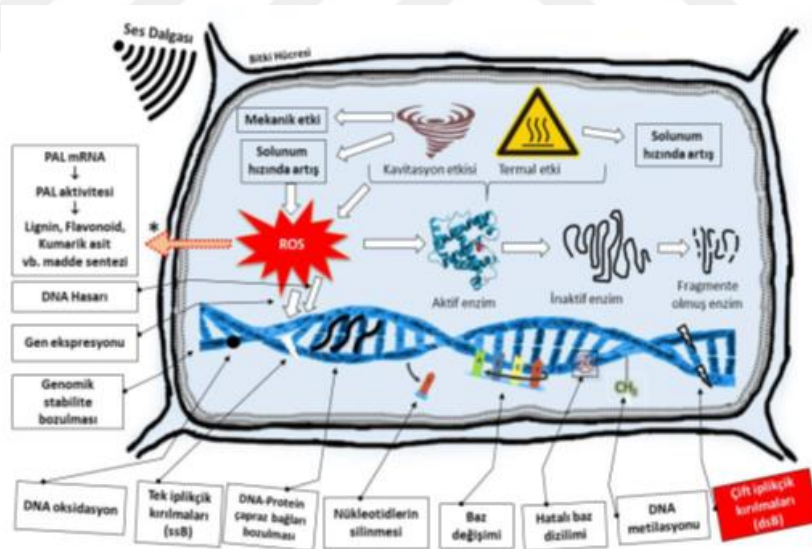
Stres durumunda hücrelerde üretilen metabolitlerin yol açtığı DNA kırılmaları, iki şekilde olur. Bunlar; tek iplikçik kırıkları (sS DNA kırıkları) ve çift iplikçik kırıkları (dS DNA kırıkları) şeklinde adlandırılırlar. DNA molekülü üzerinde tek iplikçiğin bir ya da birkaç yerden kırılmasına Tek iplikçik kırıkları, DNA'nın her iki iplikçiğinin aynı yerden kopmasına ise Çift iplikçik kırıkları adı verilir ki, DNA hasarının en tehlikeli formunun çift iplik kırılması olduğu bilinmektedir. Zira DNA'da eğer bu şekilde bir hasar meydana gelmişse, DNA molekülü ne kendini doğru eşleyebilir, ne o kopan kısımdaki RNA'ların sentezini ne de o kısımdaki ilgili proteinlerin sentezini sağlayabilir.

Çeşitli frekans ve dalga boyundaki ses dalgalarının etkisiyle DNA'da yukarıda bahsedilen hatalar görülebildiği gibi, mayoz ve mitoz bölünme geçiren hücrelerde, stres nedeniyle oluşan ROS'ların, kromozom davranış ve dağılımlarında da anormalliklerin meydana gelebileceği bildirilmiştir (Lindahl and Barnes 2000). ROS iki tarafı keskin kılıç olarak betimlenmekte olup, hücre membranlarına, lipid, DNA, protein gibi makromoleküllere zarar verdiği gibi aynı zamanda hücrede anormal gen ekspresyonunu başlatabildiği ve ikincil metabolitlerin üretimini de artırabildiği ifade edilmiştir (Hoeijmakers 2009). ROS'ların söz konusu olan bu etkileri ortaya çıkarmasında en önemli faktör, hücrede oluşan ROS konsantrasyonudur. Düşük ROS konsantrasyonu hücre içinde bilgi aktarımını artırmak gibi faydalı bir etki gösterirken, yüksek ROS konsantrasyonu hücreye toksik etki göstermektedir (Safari *et al.* 2009). Bununla ilişkili olarak, meslek doğası gereği yüksek gürültüye maruz kalan insanlarda birçok kardiyovasküler hastalıklar rapor edilmiştir (Nawaz and Hasnain 2013). Bunun altında yatan ana neden olarak, gürültüye maruz kalan hücrelerde ROS seviyesindeki artış ileri sürülmüştür. Yine düşük yoğunluklu gürültülü sesin (95 dB ve yukarısı) oksidatif strese ve DNA hasarına neden olduğu birçok literatürde belirtilmiştir.

Kubota *et al.* (2017) raporlarında, ses dalgasının gen ifadesi ve DNA molekülü üzerinde çeşitli değişiklikler yapabileceğini belirtmiştir. Ses dalgaları ile DNA molekülüne direkt

veya hücredeki ROS miktarını arttırmak suretiyle indirekt olarak hasar oluşturulabildiğini Yoshida *et al.* (2013) rapor etmiştir.

Ses dalgasının şiddeti ve süresi biyokimyasal ve moleküler düzeyde olumsuz etki yapamayacak durumda ise, ROS sinyal molekülü olarak görev alır ve bunun sonucu olarak sadece bitkilerde bulunan bir fenolik bileşik olan PAL (Fenil Alanin Amonyum Liyaz Enzimi) ve diğer savunma enzimleri devreye girer. Ancak ses dalgası ile etkili DNA hasarı oluşturmak mümkündür. Ses dalgasının hem fiziksel hem de kimyasal etkileri tamir edici veya koruyucu olarak kullanılan antioksidant (vitamin C, E, aminoasit, enzimler vb.) maddelerin etkinliğini düşürdüğünden tamir mekanizmasının devreye girmesini geciktirebilir. Ancak bitkiler üzerinde çift iplikçik kırılması mümkün olmasına rağmen henüz ses dalgası ile böyle bir etkinin oluştuğuna dair herhangi bir yayına rastlanmamıştır (Dikilitaş vd 2018).



Şekil 3.2. Ses dalgasının DNA'daki hasarlarının şematik olarak gösterimi. (Dikilitaş vd 2018)

3.1.2. Ses dalgalarının mikroorganizmalardaki etkileri

Çevresel faktörlerin etkisinden biri olan duyulabilir ses, yaşamımız süresince sürekli maruz kaldığımız dalgalar arasındadır. Fakat bu maruziyet, bilimsel araştırma alanında biyolojik materyaller için çoğunlukla yok sayılır. Organizmaların ve duyulabilir ses ile arasındaki bağlantıyı incelemek için, bilim adamları bu güne kadar bu konu üzerinde pek fazla durmamıştır.

Mikroorganizmalar yaşadıkları alanlarda (kültürler de dahil), normal büyüme koşullarında, biyolojik özellikleriyle uyumlu olarak, standart seviyede çoğalma ve gelişme gösterirler. Fakat bu normal büyüme koşulları, aynı seviyede uzun bir süre devam etmediği gibi belli bir süre sonra çoğalmaları yavaşlar ve durma noktasına gelir. Bu negatif büyüme koşulları normale döndürülmezse, mikroorganizma popülasyonunda ölümler başlayarak canlı mikroorganizma sayısında azalmalar meydana gelir. Sadece canlı kalmayı başarabilen mikroorganizmalarda, bazı morfolojik değişiklikler (şekillerinde bozukluklar: flamentöz, branşlı, pleomorfik ve diğer aberent formlar) meydana gelir (Arda 2000).

Ultrasound denilen ultrases dalgası, akışkan maddelere uygulandığında (sonikasyon), sıvı içerisinde derin dalgalar meydana getirilerek, katı bir cisme çarptığında onların etrafında sıkıştırma ve genişleme bölgesi oluşturarak, “oyuk veya girdap” diye tabir edilen bir yapı oluşturur. Bu yapı, hava kabarcıklarının oluşması ve sönmeye neticesinde meydana gelir. Sıvı içerisinde meydana gelen oyuk, “durgun” ve “durgun olmayan kavite” diye nitelendirilir. Kavite, bir sıvıya etki eden dış kuvvetlerin etkisiyle buhar boşluklarının oluşması olarak tanımlanır. Durgun kavite, düşük yoğunluklu ultrases dalgası, durgun olmayan kavite ise yüksek yoğunluklu ultrases dalgası sayesinde oluşmaktadır. Küçük hava kabarcıkları içerisindeki gaz patlamakta ve sonuçta çok yüksek sıcaklık ve basınçta şok dalgaları oluşturmaktadır. Bu patlama anında literatüre geçmiş 5500 KJl değerinde bir ısı açığa çıkar ve 100 MPa şiddetinde (1000 atm gücünde) bir basınç oluşturarak, hücre içi ve dışındaki sıvı içerisinde serbest radikalleri meydana getirir (Fellows 2000). Birbirini takip ederek, basamak basamak gerçekleşen bu olay

negatif basıncın oluşmasını sağlayarak mikroorganizmaların yok edilmesine imkan sağlar (Valero *et al.* 2007).

Mikroorganizmaların inaktivasyonu için belirtilen optimum basınç ve güç değerlerindeki ses dalgaları sayesinde, birçok gıda maddesi bozulmadan saklanmakta, ayrıca canlılar, hastalık yapıcı mikroorganizmalardan da bu sayede kurtulabilmektedir. Özellikle mikroorganizmaların inaktivasyonu için gereken ses dalgaları seviyelerinin, diğer canlılara zararlı etki göstermemelerindeki en önemli etken, farklı türe ait canlıların hücre duvarı yapısının farklı olmasından kaynaklanabilir.

20 kHz frekasına sahip bir ultrason dalgasının, mikroskobik organizmaların hücre çeperlerinde hidroksil radikallerinin oluşmasını sağlayarak, mikroorganizmayı inaktif hale getirdiği rapor edilmiştir (Kadkhodae *et al.* 2008; Weiss *et al.* 2011). Hidrojen atomlarının, oluşan hidroksil radikallerine bağlanarak H₂O₂ oluşumuna yol açtığı ve böylelikle hücre çeperine ekstra bir hasar oluşturduğu belirtilmiştir (Lee and Feng 2011).

Ultrasonik titreşimlerin en önemli özelliği, 20-1000 KHz aralığındaki ses dalgalarının bakteri hücreleri üzerinde öldürücü etki göstermeleridir. Ultrasonik dalgaların frekansı arttıkça, hücreye olan tahrip edici etkisi de o oranda artmaktadır. Ultrasonik titreşimler, hücre muhteviyatının deformasyonuna sebep olmaktadır. Ultrasonik vibrasyonlar, hücreleri parçalayarak içindeki virüsleri dışarı çıkarmada ayrıca suların sterile edilmesinde de kullanılmaktadır (Dikilitaş vd 2018). Bu ve benzeri amaçlar için, ultrases dalgalarını üretmek ihtiyaç haline gelmiş ve yüksek frekans üreten sistemler geliştirilmiştir. Fakat ultrases dalgalarının frekansı yanında gücünün şiddetini de göz ardı etmemek gerekir. Çünkü düşük yoğunluklu ultrasonik ses dalgasının *Saccharomyces cerevisiae*'nin gelişimini olumlu yönde etkileyerek arttırdığı rapor edilmiştir (Jomdecha and Prateepasen 2010).

Sarvaiya and Kothari (2015) çalışmalarında duyulabilir ses dalgasının (38-689 Hz) ritmik şekilde mikroorganizmalara uygulanması halinde, büyüme ve metabolik faaliyetlerinin yavaşladığını, oysa bu mikroorganizmaların insanları rahatsız etmeyecek ses

seviyesindeki müziğe maruz bırakıldıklarında ise antibiyotik hassasiyetinin arttığını rapor etmişlerdir.

Benzer olarak, düşük yoğunluklu ses vibrasyonuna bırakılan *Staphylococcus aureus*'un koloni sayısında azalma, hücre duvarlarında yıkım ve parçalanma görülmesine rağmen, bakteri hücre duvar kalınlığında hafife alınamayacak seviyede artış gözlenmiştir. Ayrıca, enfeksiyon yapıcı bakteri türlerinin sayısında azalma sağlanmasına ve enfeksiyondan daha çabuk iyileşme olanağı görülmesine rağmen, yine de canlı kalabilen bakteri kolonilerinin farklı yollardan antibiyotik direnci oluşturabileceğini de göz ardı etmemek gerektiği bildirilmiştir (Ayan vd 2008).

Yapılan araştırmalar neticesinde, belli şiddet ve frekans aralıklarında sesli uyarıların mikro alg büyümesini, metabolizmasını ve hatta çevresel streslere karşı direncini arttırabildiği rapor edilmiştir. Şöyle ki; Cai *et al.* (2013) çalışmalarında bir çeşit kokoid klorofil yosunu olan *Picochlorum oklahomensis* alginin biyokütlesi üzerinde ses frekansının etkisinin ne olabileceği araştırılmış ve farklı frekanslarda çeşitli ses sinyalleri üreten bir sistem geliştirerek, alg örneklerine 30 gün boyunca bu ses diyetini uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, 1100Hz, 2200Hz ve 3300Hz frekansına sahip ses dalgalarının uygulandığı *Picochlorum oklahomensis* popülasyonunun büyümesine, 2200Hz frekansına sahip sesin, 1100Hz ve 3300Hz frekansına sahip seslerden daha olumlu etki gösterdiği rapor edilmiştir. Bu gibi araştırma bulgularından hareketle, Alglerin dünya ekosisteminde üstlendiği fonksiyonlar (Oksijen üretimi, Azot fiksasyonu ve besin zincirinin ilk halkasında bulunuyor olması, tarımda doğal gübreleme amaçlı kullanılabilir olması v.s.) nedeniyle çok önemli organizmalar olduğunu, dolayısıyla alg popülasyonlarının daha hızlı çoğaltılmasında sesin kullanımının ekolojik ve ekonomik anlamda katma değer sağlayabileceğini söylememiz mümkündür.

Shah *et al.* (2016), iki farklı sesli ses (müzik) düzeninin altı farklı mikroorganizmanın büyümesi ve metabolitlerinin üretimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Hem Ahir Bhairav (172-581 Hz) hem de Pilo (86-839 Hz) gibi ses düzenlerinin test edilen mikroorganizmaların büyüme ve bazı kilit görevi üstlenen metabolitlerin üretimini

istatistiki olarak önemli düzeyde artırdığını rapor etmişlerdir. Sesin etkisi altında, *Brevibacillus parabrevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* tarafından büyüme ortamından daha hızlı glikoz alımı olduğunu saptamışlardır. Ses sayesinde fırsatçı ve patojen olarak sınıflandırılan anaerobik organizmalar olan *Serratia marcescens* ve *Chromobacterium violaceum*'da işaret algılayıcı olarak düzenlenmiş pigmentlerin, prodigiosin ve violacein'in üretiminin önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir.

Vücutlarımız, mikrobiyom olarak adlandırılan ve sağlığımızda büyük bir rol oynayan küçük organizmalara ev sahipliği yapmaktadır. Bilim adamları, ses dalgalarını kullanarak bu organizmaları izlemeyi sağlayan yeni bir yol geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntem şimdiye kadar sadece farelerde test edilmiştir. Ancak ilerleyen zaman içerisinde bağırsak hastalıkları ve kanser tedavilerinin geliştirilmesi için kullanılabileceği ileri sürülmektedir. Mikrobiyom, memelilerde vücut içinde yaşayan çeşitli bakteri ve mantarlardan oluşan bir miktoflorayı içerir. Araştırmalar, mikroorganizmaların sindirimden enfeksiyona ve doğuma kadar her şeyi etkilediğini göstermektedir. Umut verici bu uygulama ile vücuda özel mikroplar aracılığı ile ilaç gönderilmesi hedeflenmektedir. Nature dergisi'nde yayınlanan bir çalışmada, bilim adamlarının ultrasonla özel sesler çıkararak mikroorganizmalarla temasa geçilebileceğine dair bir metodun geliştirilmekte olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma tamamlandığında, doktorların tıp açısından hedeflenen aşamaya gelmeleri mümkün olduğunda bu mikropların vücut içinde kolayca izlenebileceği ileri sürülmüştür.

Bazı bakterilerin içerisinde gaz vesikülleri denilen hücre içi boş yapılar bulunur. Bu veziküller, gelen ses dalgalarının belirli bir şekilde saçılmasını sağlar. Bu sayede organizmanın nerede olduğunu izlemek ultrason tekniği ile mümkün olabilmektedir. Bu teknikle, normal bakteri hücrelerine gaz vezikülleri ilave edilmiş ve bu bakteriler bir fare bağırsağına ve ayrı ayrı bir fare tümörüne enjekte edilmiş ve her iki dokuda da, bakterilerin ultrason ile takip edilmesinin mümkün olabildiği bildirilmiştir.

Son yıllarda, özellikle gıda ve sağlık endüstrileri ultrasonik dalgaları çok farklı alanlarda denemeye başlamışlardır. Ultrases dalgası teknolojisinin, bakteri, mantar ve böcekleri

öldürme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Bu teknolojiye, ses dalgalarının farklı solüsyonlar içerisinde hava kabarcıkları meydana getirmesi, bu kabarcıkların genişmesi ve çökmesi sonucu açığa çıkan enerji sayesinde, solusyonda bulunan mikroorganizmaları inaktif hale getirildiği rapor edilmiştir (Piyasena *et al.* 2003; Valero *et al.* 2007; Dikilitas *et al.* 2016).

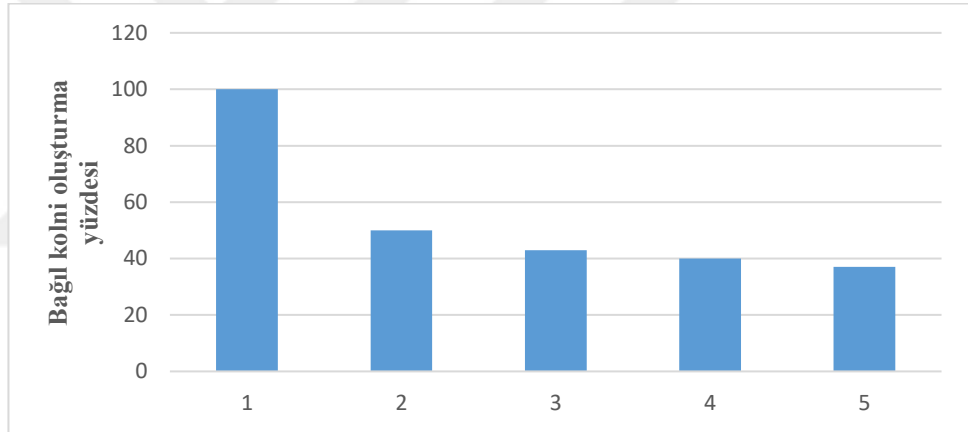
Ayan vd (2008) cerrahide özellikle ortopedik uygulamalarda kemiklerin birbirine tutunmasının gecikmesi ya da tutunamaması vakalarında kullanılması önerilen Exogen cihazı yardımıyla verilen düşük yoğunluklu ses dalgalarının, ortopedik enfeksiyonlarda sık sık karşılaşılan *Staphylococcus aureus*'un koloni sayısı, antimikrobiyal duyarlılığı, bakteriyel morfolojisi ve genetiği üzerine etkisi araştırılmaktadır. İçerisinde *S. aureus* (ATCC 25923) suşu bulunan 0.5 McFarland bulanıklığında hazırlanan 30 adet tüp süspansiyonunun 15'ine (test grubu) 20 dakika boyunca Exogen cihazı ile düşük yoğunluklu ses dalgası uygulanırken, diğer 15'i (kontrol grubu) ise hiç bir ses dalgasına maruz bırakılmamıştır. Uygulama sonrasında iki gruptaki tüpler, koloni sayısını, antibiyotik duyarlılığı ve genotip farklılıklar açısından titizlikle mukayese edilmişlerdir. Karşılaştırılan grupların histolojik değerlendirmeleri elektron mikroskopu ile yapılmıştır. Deney sonrasında, kontrol grubuyla, sese maruz bırakılan grup karşılaştırıldığında, test grubundaki bakteri koloni sayısının fark edilir seviyede düştüğü görülmüştür. Gruplar arasında antibiyotik duyarlılığı ve genotip değişime bakıldığında ise kayda değer bir fark görülmemiştir. Kontrol grubundaki bakterilerin hücre duvar ve protein yapıları normal görünürken, test grubunda hücre duvar ve protein yapılarında aralıklarla yıkımlar olduğu belirlenmiştir.

Bu araştırmanın sonuçlarını değerlendirmek gerekirse, düşük yoğunluklu ses vibrasyonlarının, cerrahi alanında enfeksiyonun önlenmesi için, hastalıktan koruyucu ve hatta hastalığı önleyen bir çare olarak kullanılabilceği, ayrıca enfekte olmuş cerrahi vaka durumlarında da bir alternatif tedavi edici yöntem olabileceğini düşünmekteyiz.

Bir başka çalışmada ise Shaobin *et al.* (2010), ses seviyesinin *Escherichia coli*'nin büyümesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda, mekanik bir dalga

olarak duyulabilir sesin, *E. coli* hücrelerinde alternatif çekme ve baskı kuvvetlerine benzer mekanik bir stres yaratabileceği ileri sürülmüştür. Ses ile oluşturulan stresin, bakteride hücrenin içi sıvısının hareketine ve hücresel plazma zarının bozulmasına neden olabileceği, aynı zamanda, hücre zarının akışkanlığının ses uyarımı ile normalden daha fazla artacağı ve hatta hücre zarının protein yapısını kayda değer şekilde değiştirebileceği ifade edilmiştir.

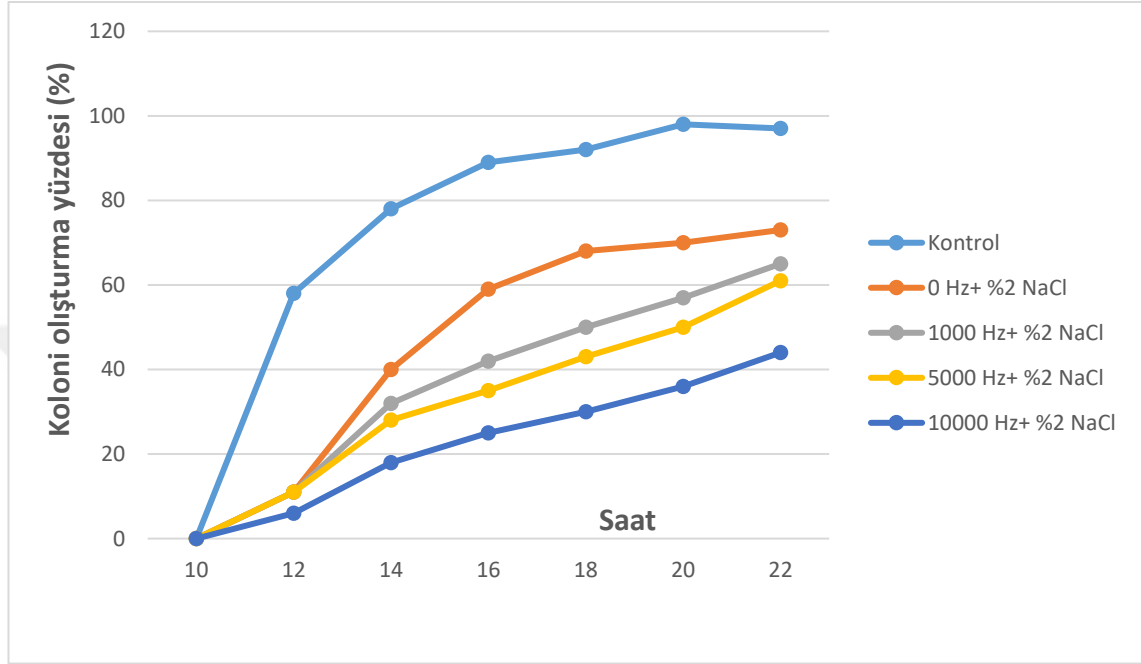
Ses uyarımının, glukoz temelli ozmotik stres altında *E. coli*'nin verdiği tepkiler incelendiğinde; (Kültür içeriği: %0.5 pepton, %0.5 dipotasyum hidrojen fosfat, %9 glikoz ve %2 agar ve pH 7).



Şekil 3.3. Sesli uyarımın *E. coli*'nin verdiği tepkilere etkisi glukoz kaynaklı ozmotik stres; 1 – kontrol gubu; 2-%9 glikoz + 0Hz; 3 - %9 glikoz+ 10.000 Hz; 4 - %9 glikoz + 5000 Hz; 5 - %9 glikoz + 1000 Hz. (Shaobin *et al.* 2010)

Deneyi Shaobin *et al.* (2010) 22 saatte bir bağımsız olarak üç kez tekrarlamışlardır. Ses odasına yerleştirildikten 22 saat sonra, verilere baktıklarında, duyulabilir sesin, hücre metabolizması üzerinde kayda değer biçimde etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Normal büyüme şartları *E. coli*'nin koloni oluşumunu arttırdığı ayrıca ozmotik stres altında şeker tarafından desteklenen ses dalgalarının *E. Coli*'nin büyümesini inhibe ettiğini rapor etmişlerdir. Daha ilginç olarak, işitilebilir ses tedavisinin tuzun inhibe edici etkisini hafifletici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

Sesli uyarmanın *E. coli*'nin tuz stresine verdiği tepkilere bakıldığında; (Kültür içeriği %2 NaCl'nin yanı sıra %0.5 sığır özü,%1 pepton ve %2 agar,ve pH 7.2)



Şekil 3.4. %2 lik tuz stresi altında *E.coli* kolonisinin 22 saatlik sürede büyüme eğrisi Shaobin *et al.* (2010)

Bu veriler değerlendirildiğinde, 1000 Hz'lik ses frekansının, *E. coli* hücrelerinin metabolik faaliyetleri açısından en uygun frekans olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışma, mekanik stresin hücrelerde özellikle de bazı metabolik faaliyetlerde (gen ekspresyonu, hücre büyümesi ve çoğalması gibi) önemli değişiklikler yapabileceği vurgulanmıştır.

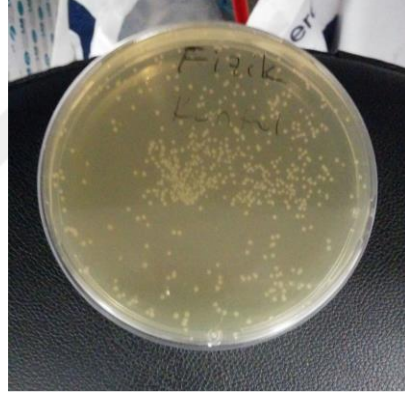
E. coli nin sindirim sistemimizde üstlendiği görevler açısından, bağırsak floramızda yer alan ve bağırsak sağlığımız için vazgeçilmez zararsız bir bakteri türü olduğu bilinmektedir. Fakat insan sağlığı açısından patojen olan suşları da bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen araştırma bulguları, özellikle sağlığımızı tehdit eden *E. coli* suşlarının inaktivasyonu için, ses uygulamalarının oldukça ucuz, pratik ve yan etkisi olmayan bir yöntem olabileceğini bizlere düşündürmektedir.

Bir başka *E.coli* çalışmasında, Ying *et al.* (2009) sesin *E. coli'nin* büyümesi üzerindeki etkileriyle ilgili deneysel bir makale yayınlamışlardır. Bu araştırmada, uygulama süresince aşılama için standartlaştırılmış *E. coli*, $24 \pm 2^\circ\text{C}$ kontrollü sıcaklıkta ve 16 saat boyunca sabit konsantrasyonlu solüsyonlar içerisinde bekletilmiştir. Deneylede 1 kHz, 5 kHz ve 15 kHz değerlerinde üç farklı ses değeri seçilerek uygulanmıştır. Sonuçlara bakıldığında, özellikle de 1-5 kHz ses frekansının büyük ölçüde *E. coli'nin* büyümesini desteklediği rapor edilmiştir.

Günümüzde, canlıların hayatının her aşamasında ihtiyaç duyduğu içme sularındaki *E.coli*'nin bertaraf edilmesi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Toplumun çoğunluğu tarafından ortaklaşa kullanılan yüzme havuzları, plajlar ve içme suyu kaynaklarının dışkı kökenli mikro-organizmalar tarafından kirletilmesi sonucu birçok hastalık ortaya çıkmaktadır. *E. Coli*, su kaynağına dışkının karışıp karışmadığını gösteren önemli bir belirteç olarak kabul edilen bir türdür ve bu türün varlığı, bulunduğu su kaynağında çok tehlikeli ve ölümcül dışkı kaynaklı hastalık yapıcı bakteri türlerinin de orada olabileceklerinin işareti sayılmaktadır. Su kaynaklarının hastalık yapıcı ajanlardan arındırılması, toplum sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Su kaynaklarındaki bakterilerin in-aktif hale getirilmesinde klorlama ve UV aydınlatma yöntemleri yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Ancak, klorun canlı sağlığı üzerindeki negatif etkilerinden, UV aydınlatmanın da yüksek absorplayıcı sıvılara uygulanabilmesinin sınırlı olmasından dolayı bu yöntemlerin kullanımları oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, su kaynaklarına karışabilen bu tür bakterilerin inaktif hale getirilmesi için daha etkili ve uygulanabilir yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Tekin (2018), su kaynaklarındaki *E. coli'nin* ses dalgaları yardımıyla in-aktif hale getirilmesi için bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu amaçla, belirli bir frekansta titreşen piezoelektrik bir transdüser yardımıyla elde ettiği ses dalgalarını kullanmıştır. Piezoelektrik transdüserlar, içerisinde belirli bir konsantrasyonda *E. coli* ihtiva eden cam kapların tabanına monte edilmiş ve sabit bir frekansta titreşmesini sağlamıştır. Ses dalgalarının uygulama süresinin, bakteri in-aktivasyonuna etkisini belirlemek amacıyla bakteri örneklerini 1, 3, 6 ve 15 saat olmak üzere farklı sürelerde ses dalgalarına maruz

bırakmıştır. Çalışmada, 10kHz, 25kHz, 40kHz, 50 kHz, 60 kHz, 75 kHz, 100 kHz, 250 kHz, 500 kHz,750 kHz, 1000 kHz frekanslarındaki ses dalgalarına maruz bırakma süresinin bakteri popülasyonu üzerinde oldukça önemli bir etkisinin olduğunu belirlemiş, 1 saat süreyle ses dalgalarına maruz bırakılan numunelerde bakteri popülasyonunun genel olarak önemli düzeyde değişme göstermezken, 3, 6 ve 15 saat süreyle ses dalgalarına maruz bırakılan numunelerde, bakteri popülasyonunun önemli seviyede azaldığını kaydetmiştir. Deneyin hemen ardından yaptığı 10 kHz optik yoğunluk ölçümlerinde 1 saat için %9.77, 3 saat için %12.78, 6 saat için %11.12 ve 15 saat için %24.06'lık azalma olduğunu ve tüm bu bulgularında yola çıkarak da uygun bir frekans ve güçteki ses dalgalarının, sulardaki *E.coli*'nin etkili bir şekilde in-aktif hale getirilmesinde oldukça büyük bir potansiyele sahip olduğunu rapor etmiştir.



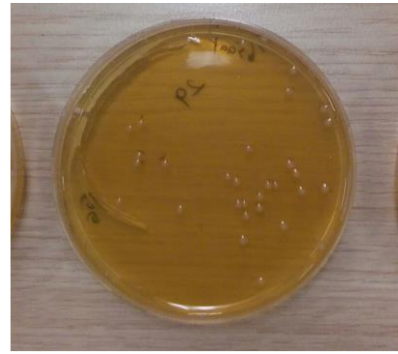
Şekil 3.5. Ses Uygulanmamış *E. coli* ekimi



Şekil 3.6. 10 kHz de 1 saat ses uygulanmış *E.coli* ekimi



Şekil 3.7. 10 kHz'de 3 saat ses uygulanmış *E. coli* ekimi

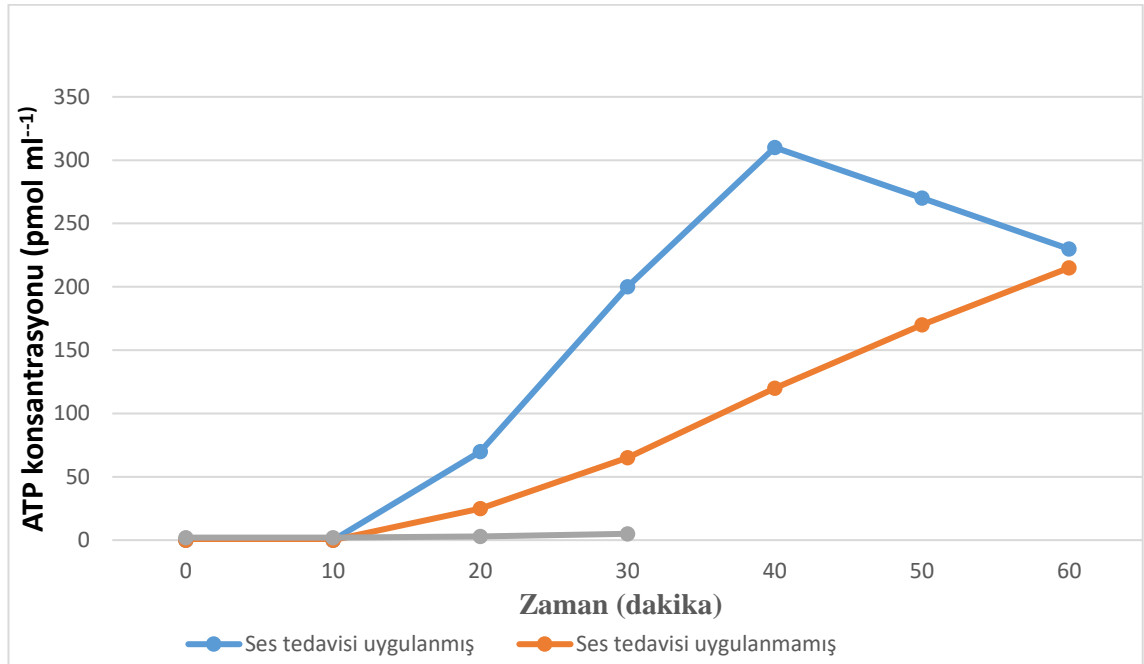


Şekil 3.8. 10 kHz'de 6 saat ses uygulanmış *E. coli* ekimi



Şekil 3.9. 10 kHz'de 15 saat ses uygulanmış *E. coli* ekimi Tekin (2018)

Liu *et al.* (2015), sonik stimülasyonun *Bacillus* endospor çimlenmesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çimlenmekte olan endosporları, bir dizi piezoelektrik transdüser tarafından üretilen duyulabilir bir ses dalgasına maruz bırakmışlardır. Çimlenme, kinetik terbiyum-dipikolinat floresans deneyi, optik yoğunluk ölçümü ve faz kontrastı ile ölçülmüş, ve floresans mikroskopi sonuçlarıyla bu araştırmada, sonik stimülasyonun (90 dB'de 5 kHz) çimlenme süresini ve hızını arttırdığını rapor etmişlerdir.



Şekil 3.10. *B.atrophaeus* endosporunun çimlenmesi sırasında ATP üretimi
Endosporlarının L-alanin içinde 90 dB 5 kHz ses dalgası ile çimlendirilmesi (Liu *et al.* 2015)

Matsushashi *et al.* (1998) bakteriyel hücrelerin, stres koşullarında fiziksel sinyal göndererek komşu hücrelerin çoğalmasını arttırdığını gözlemlemiş ve bir hoparlör tarafından 6-10, 18-22 ve 28-38 kHz frekanslarda üretilen sürekli tek sinüs dalgalarının, *Bacillus carboniphilus* koloni oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir.

Joyce *et al.* (2003) ses dalgasının düşük güç ve frekanslarda iken hücrede oksijen ve besin elementi taşınımını arttırdığını, dolayısıyla mikroorganizmaların dayanıklılığını arttırdığını, fakat ses dalgası belirlenen optimal seviyelerin üzerine çıkartıldığında, yani yüksek doz ve sürelerde kullanıldığında ise mikroorganizmalar üzerine ölümcül etkiler yapmakta olduğunu belirlemişlerdir. Bakterilerin, özellikle koloni oluşturduğunda antibiyotik gibi dış faktörlerden, pek fazla etkilenmedikleri bilinmekte olup, bakteri kolonilerine karşı üstünlük sağlamada, ultrases dalgasının yardımcı olabileceği ifade edilmiştir. Hatta 20-38 kHz'lik ultra ses dalgalarının *Bacillus subtilis* türünün inhibisyonuna yol açtığı, daha yüksek değerlerin (512 ve 850 kHz) ise bakteri koloni sayısını artırdığı yani fazla sayıda daha küçük sayılardaki bireylerden oluşan toplulukların oluşmasına yol açtığı bildirilmiştir. Bu bullgudan hareketle, bakterilerin bertaraf edilmesinde, ultrases kullanımının antibiyotik etkinliğini artırmada çok faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Sarvaiya and Kotari (20015), bir tür klasik Hint müziğinin (Raag Kirwani) 38-689 Hz'lik frekansının, bazı bakteri ve maya hücrelerinin mikrobik büyüme, bazı önemli metabolitlerin üretimi ve antibiyotik duyarlılığı üzerine etkileri araştırılmış ve sonuçta test organizması olarak kullanılan tüm bakteri ve mayaların büyümesinin ve bakteriyel pigmentlerin (prodigiosin ve violacein) üretimini yapılan müzik uygulamasıyla arttığını bulmuşlardır. *Serratia marcescens* hariç, diğer organizmalarda bu frekans aralığının daha iyi (%3.15–40.37 daha yüksek) büyümeye yol açtığı rapor edilmiştir.

Milowska and Gabryelak (2007) ultrases dalgasının (1 MHz, 0.61-2.44 W cm⁻²) eritrosit hücrelerinde H₂O₂ ve OH⁻ radikallerinin üretimini arttırdığını, yüksek dozda üretilen bu ROS'ların DNA hasarına yol açtığını belirlemişlerdir. Bu bulguyla uyumlu olarak, Pinheiro (2015) ultrases dalgasının, tüm biyolojik yapıların içine nüfuz edebilmesinden

dolayı bu dalgaların oluşturduğu yüksek enerjinin, hücre içinde sıkışma ve depresyona sebebiyet verebileceğini, bu özelliğinden hareketle ses dalgalarının kullanımı sayesinde canlı doku üzerinde bulunan bazı virüs, bakteri ve fungal etmenlerin uzaklaştırılmasının mümkün olabileceği ileri sürülmüştür.

Yapılan başka bir çalışmada, ses dalgaları ile patojen bakterilerin hücre duvarlarına ısı yüklemesi yapıldığında, ortamda oluşan stres sonucu ROS'ların arttığı, oluşan ROS'ların da hücre duvarlarında aşınma ve peroksidasyona, yani bakterilerin hücre duvarlarının incilmesi ve inaktivasyonuna yol açtığı kaydedilmiştir (Piyasena *et al.* 2003). Benzer bir araştırmada ise, Herceg *et al.* (2012) ise 20 kHz'lik ses frekansının *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* 'nin inaktive olmasını sağladığını rapor etmişlerdir.

Benzer şekilde Quan (2011) ticari olarak ultrases dalgası uygulamalarının avantajlarını rapor ettiği derlemede özellikle ultrases dalgalarının mikrobiyal kontaminasyonu önleme, yiyeceklerin mikroorganizmalara karşı dayanıklılığının artırılması ve atık suların arıtılması gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilmesini vurgulamıştır.

3.1.3. Ses dalgalarının bitkilerdeki etkileri

Bitkiler, doğada çok çeşitli çevresel koşullara maruz kalan karmaşık çok hücreli organizmalardır. Çevresel faktörler, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. (Braam and Davis 1990).

Shao *et al.* (2008) ve Shabala (2012), bitkilerin günlük ve mevsimlik olarak vuku bulan çevresel faktörlerin tedrici değişimi halinde, buldukları çevreye adaptasyon sağlayabilmeleri sayesinde hayatta kalabildiklerini, ancak ani bir değişim, ani bir strese kısa süreli veya sürekli maruz kalmaları halinde ise, bitkilerin metabolizmalarını sarsacak hastalıkların, zedelenmelerin veya fizyolojik değişimlerin olabileceğini rapor etmişlerdir. İşte bitkilerde hasara neden olan bu etkenlere “stres faktörü” denir. Bitkileri olumsuz yönde etkileyen bu stres faktörleri biyotik (bitkiler, mikroorganizmalar, hayvanlar) ve

abiyotik stres faktörleri (sıcaklık, su, ses, mineraller, vb.) olmak üzere ikiye ayrılır (Larcher 1995; Taiz and Zeiger 2008).

Bitkiler, doğası gereği hareket etme ve yer değiştirme özellikleri olmadığından dolayı, diğer yüksek yapılı hayvansal organizmalardan farklı olarak, dış çevre ile devamlı etkileşim halinde olup, çevre şartlarının değişiminden diğerlerine göre çok daha fazla etkilenmektedirler. Bu yüzden, yaşadıkları ortamda belirgin elverişsiz çevresel faktör ya da faktörler olması halinde, bitkide stres durumu kaçınılmaz olur. Stres, çevresel faktörlerden bir veya daha fazlasının, bitkinin normal büyüme ve gelişimi için gerekli metabolik olayların olumsuz yönde etkilenmesi durumu olarak tarif edilir. Bu faktörlerden herbirine de “çevresel stres ajanı” adı verilir (Dumlupınar 2000).

Bitkiler buldukları coğrafyanın iklim şartlarına bağlı olarak, farklı abiyotik ve biyotik streslere maruz kalırlar. Herhangibir çevresel stres faktörünün ortaya çıkması halinde, bitkilerde bu stresin sinyalleri oluşturularak hücrelere iletilir ve hücrelerde o strese yanıt mekanizmaları aktive edilmeye çalışılır. Stres durumunun algılanması halinde, söz konusu mekanizmaların harekete geçişi, strese dayanıklılıkla ilgili gen bölgelerinin ifadesinde oluşan değişikliklerle mümkün olur. Zira stres durumlarında, birçok genin ifadesinde durma, birçoğunda azalma, bazı genlerin ifadesinde artma ve ayrıca normal şartlarda ifade edilmeyen bazı genlerin ise ifadesinde kayda değer artışların olduğu bilinmektedir (Dumlupınar 2000). Birçok araştırmada, çevresel faktörlerin, bitkilerde savunma veya büyümeyi düzenleyen mekanizmaları nasıl etkilediği incelenmiş olup, çoğu araştırmada ise bitkilerde strese ve sonucunda ölüme varan etkiler oluşturan biyotik ve abiyotik streslere karşı bitkileri korumaya yardımcı olabilmek amacıyla, hafif stres mahiyetindeki bazı fiziksel ve kimyasal stres ajanlarının kullanılabilirliği araştırılmış ve bitkilere dayanıklılık sağlamak noktasında ilginç sonuçlara ulaşılmıştır. Şöyle ki; kısa süreli yüksek elektriksel alan uygulamasının, fasulye ve karalahanada düşük sıcaklıklara direnci artırdığı belirlenmiştir (Çakmak vd 2010). Ayrıca, bazı fiziksel enerji kaynaklarının bitkilere eksojen uygulamalarıyla, bitkilerin önemli metabolik aktivitelerinin (gen ekspresyonu, transkripsiyon, translasyon olaylarına, enzim aktivitelerine, zar geçirgenliklerine v.s.) hızlandırıldığı, yavaşlatıldığı ve hatta

durdurulduğu konusunda birçok araştırma bulgularına ulaşıldığı bilinmektedir. İşte bu fiziksel faktörlerden biri olan ses dalgalarının da, diğer fiziksel faktörler (elektriksel alan, manyetik alan, elektromanyetik alan) gibi bitkiler üzerinde etkili olabileceğini düşünmek kulağa mantıklı gelmekte, en azından bu konuların araştırmaya değer olduğu hissini uyandırmaktadır.

1973 yılında, D Retallack, “Müziğin ve Bitkinin Sesi” adlı bir kitap yayınlamıştır. Bu eserde, bitkilere değişik müzik tarzlarının uygulandığı ve en iyi büyüme sonuçlarının klasik müzik çalındığında elde edildiğini bildirmiştir. Ayrıca bitki büyümesini, süpersonik ses, elektromanyetik alanlar, mikro yerçekimi ve mekanik titreşimlerin de etkileyebileceği belirtilmiştir (Bush 1995; Frazee 1996).

Sesin, bazı bilim adamları tarafından, abiyotik stres faktörleri arasında değerlendirilmesine karşın, belirli ses şiddetlerinin, bitkilerin için stres değil, bilakis büyüme ve gelişmelerine katkı sağlayabilen bir faktör olduğunu ifade eden bilim adamları da mevcuttur (Braam *et al.* 1997; Wang *et al.* 2002).

Özellikle ev, işyerleri büyük plazalarda yer alan havayı temizleme, geceleri ışıklı ortamlarda oksijen açığa çıkarma gibi özelliklerinden dolayı yetiştirilen paşa kılıcı (*Sansevieria trifasciata*) gibi iç mekan bitkileri buldukları konum gereği, sürekli ses stresine maruz kalırlar (Sunilson *et al.* 2009; Roy *et al.* 2012).

Ses dalgalarının farklı frekans, dB ve süresi yanı sıra, organizmaya olan uzaklığının etkili olup olmadığının test edildiği çalışmada, 1 kHz’lik frekansda 100 dB lik bir güçteki sesin 1 saat süre ile bitkilerden 0.20 m uzaklıkta tutulması halinde, bitkide hücre bölünmesi, ATPase, bazı enzim ve hormon seviyelerinin artış gösterdiği, RNA miktarı ve DNA transkripsiyon kopyalama fonksiyonlarında da pozitif katkı yaptığı belirlenmiştir (Chowdhury *et al.* 2014).

Özkurt ve Altuntaş (2016) da paşa kılıcında (*S. trifasciata*), Özkurt vd (2016) da aşk merdiveni (*Nephrolepis exaltata*) iç mekan bitkilerine farklı frekanslarda (600Hz,

1000Hz, 1240Hz, 1600Hz), sabit 90db ses stresi uyguladıkları çalışmalarında, ilk hafta 600 Hz ile, ikinci hafta 1240 Hz ile, üçüncü hafta 1600 Hz ile 90 dB ses değerlerinde stres altında bırakılmışlardır. Müteakiben yapılan element analizleri sonucunda, Paşa kılıcı bitkisinde K alımının 1600 Hz'de, Mg ve Ca alımının 1240 Hz'de, aşk merdiveni bitkisinde ise Mg ve Ca alımının 1240 Hz'de, K alımının 600 Hz'de arttığı rapor edilmiştir. Li *et al.* (2008) çalışmalarında ses stresinin bir orkide türünde lipid peroksidasyonu denilen yağların yükseltgenmesi sonucu bozulmasını ve antioksidatif enzim aktivitesi üzerine etkisini incelemiştir. 100 db ve 1000 Hz şiddetindeki ses hergün 60 dakika bitkilere dinletilmiştir. 0.3.6.9.12 ve 15 gün sonra yapılan ölçüm ve analizlerde lipid peroksidasyonu ve antioksidatif enzim aktivitesinin arttığını rapor etmişlerdir. Bu sonuçlara bakıldığında, seçilen frekans ve şiddete bağlı olarak, ses dalgalarının bitkiler için önemli bir çevresel stres faktörü olabileceğini göstermiştir.

Biyolojik araştırmalarda, canlı organizmalar ve duyulabilir ses arasındaki etkileşim genellikle ihmal edilir. Bununla birlikte, uygun şiddet ve frekansa sahip ses dalgalarının, bazı bitkilerde hücre büyümesini uyardığı bilinmektedir (Bochu *et al.* 1998; Yiyao *et al.* 2002).

El Rahman (2017) yaptığı çalışmasında adaçayı (*Salvia officinalis*) bitkisinde klasik ve caz müziğin mukayeseli etkilerini araştırmak üzere, sabah ve akşamları 1 saat süreyle 2 farklı gruptan birine klasik, diğerine ise caz müzik uygulaması yapılmış ve deney sonucunda yapılan analizlerde, klasik müzik uygulanan adaçayı bitkilerinde bitki boyutu, yapraklarda klorofil miktarı, dal sayısı, karotenoid miktarı ve uçucu yağ oranının klasik müzik uygulananlarda, kayda değer düzeylerde daha yüksek olduğu bulgularına varılmıştır.

Collins and John (2001) fasulye ve kına çiçeği bitkilerinde yaptıkları çalışmada, tek bir ses ve karışık rastgele gürültü şeklindeki sesin büyüme üzerine etkisini araştırmışlardır. Farklı frekanslarda rastgele gürültü şeklinde verilen sesin, bitkiler üzerinde olumlu bir etkisinin olmadığı, oysa tek bir sesin düzenli olarak dinletilmesinin bitkilerin büyümesini diğer gruba ve hatta kontrol bitkilerine göre daha da arttırdığını bildirmişlerdir.

Sharma *et al.* (2015), tıbbi ve süs bitki türlerinden oluşan sekiz tür bitkiye bir ay boyunca yumuşak bir ezgi uygulamışlardır. Sekiz farklı türde de kontrole göre, bitki boyu, yaprak ve çiçek sayısının anlamlı ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, toplam şeker, fenol, protein, nişasta ve klorofil içeriğinin de kontrol bitkilerine göre arttığını rapor etmişlerdir.

Qi *et al.* (2010), güneş ışığıyla desteklenen sera içinde yetiştirilen çilek bitkisinde ses dalgasının çiçeklenme ve meyve verimi üzerindeki etkilerini araştırmışlar, çiçeklenme ve meyve verme evresinde yaptıkları analizlerde, çiçeklenme döneminde önemli bir fark olmadığı, oysa meyve veriminin kontrol grubundan kayda değer seviyede yüksek olduğu belirlenmiştir.

Xiujuan *et al.* (2003) krizantem bitkisinde ses uygulama süresinin nükleik asit ve protein miktarına olan etkisini araştırmışlardır. 100 db ve 1000 Hz frekanstaki ses dalgaları bitkilere 3, 6, 9, 12 ve 15 gün boyunca uygulanmış, sonrasında yapılan analizlerde, 3,6 ve 9 gün boyunca ses uygulanan bitkilerde yapılan ölçümlerde kontrol bitkilerine göre DNA, RNA ve total protein içeriklerinin arttığı, 12 ve 15 gün boyunca sese maruz bırakılanlarda ise azaldığı kaydedilmiştir. Gabldon-Levya *et al.* (2007) çalışmalarında çeşitli şiddetlerde ses seviyelerini denemiş ve özellikle 47 kHz frekansta bir ultrases dalgasının biberlerde hücre zarını parçaladığını rapor etmiştir.

Özkurt (2018) iki farklı tıbbi ve aromatik bitki türüne (lavanta (*Lavandula angustifolia*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis*)), sabit olarak 1000 Hz frekans değerinde, 3 farklı ses şiddeti (95dB, 100dB, 105dB) uygulamış, bitki boyu (cm), yaprak sayısı (adet/bitki), gövde çapı (mm), taze ve kuru ağırlıkları (g/bitki) ölçülmüş ve uçucu yağ oranlarını (%) belirlemeye çalışmıştır. Yaptığı analizler neticesinde, sonuç olarak, ses şiddetinin artmasının lavanta ve biberiye bitkilerinde büyümeyi olumsuz etkilediğini, tıbbi ve aromatik bitkiler için oldukça önemli olan uçucu yağ oranının azaldığını ifade etmiştir.

Yi *et al.* (2003), krizantemden elde edilen kallusun büyümesi üzerine farklı frekanstaki seslerin etkileri incelenmiş ve yaptıkları çalışmada, krizantemin kallus büyümesinde en etkili frekansın 1000 Hz olduğunu, ancak 2000 Hz'in kallus büyümesi üzerine zararlı

etkisinin olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmaya uyumlu olarak, Yiyao *et al.* (2002) de yine krizantemde yaptıkları bir çalışmada; bitki büyümesinde önemli bir element olan kalsiyum alımının en iyi 100 dB ses şiddetinde ve 800 Hz frekansta olduğunu belirlemişlerdir.

Ses dalgasının organizmalar üzerinde oluşturduğu etkiler, tarımsal ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi açısından detaylı olarak ele alınmış, ses dalgasının uygulandığı frekans ve şiddetin ürünler üzerindeki olumlu etkileri birkaç araştırmada değerlendirilmiştir (Awad *et al.* 2012; Bilek ve Turantaş 2013; Dikilitaş vd 2016).

Çizelge 3.1. Ses dalgaları ile yapılan bazı çalışmalar (Dikilitaş vd 2016).

Ürün	Ses dalgaları	Uygulama	Mikrobiyal azalm (Log cfu g-1)	Referans
Çilek	40 kHz, 20°C, 10 dak.	US*	0.6	Cao <i>et al.</i> (2010)
Marul	40 kHz, 20°C, 10 dak.	US + 50 mg l-1 NaOCl	1.2	Seymour <i>et al.</i> (2002)
Marul	40 kHz, 30 W l-1, 10 dak.	US + %2 (v/v)' lik Laktik, sitrik ve malik asit	2.7	Sagong <i>et al.</i> (2011)
Marul	20 kHz, 280 W l-1, 53 dak.	US	4.4	Elizaquivel <i>et al.</i> (2012)
Ispanak	21.2 kHz, 200 W l-1, 2 dak.	US + Salisilik asit (0.05 mmol l-1)	-	Yang <i>et al.</i> (2011)
Cherry domates	40 kHz, 24°C, 10 dak.	US + Perasetik asit (40 mg l-1)	4	Sao Jose and Vanetti (2012)
Elma	170 kHz, 10 dak.	US + ClO ₂ (20 mg l-1)	4	Huang <i>et al.</i> (2006)
Japon Eriği	40 kHz, 20°C, 10 dak.	US + ClO ₂ (20 mg l-1)	3.0	Chen and Zhu (2011)
Brokkoli tohumları	40 kHz, 23°C, 30 dak.	US	1.04	Kim <i>et al.</i> (2006)
Çin lahanası	40 kHz, 23°C, 3 dak.	US + elektrolize su	2.6	Forghani and Oh (2013)
Susam yaprağı	40 kHz, 23 °C, 3 dak	US + elektrolize su	2.33	Forghani and Oh (2013)
Kırmızı biber	35 kHz, 15°C.	US	1.98	Alexandre <i>et al.</i> (2013)
Yer mantarı	35 kHz, 10°C, 4 dak.	US + Ethanol (%70, v/v)	3.5	Rivera <i>et al.</i> (2011)

Ses dalgasının frekansı, uygulama sıklığı, organizmaya olan uzaklığı ve yoğunluğu ayarlanarak, tarımsal ürünlerin muhafaza edilmesinde olumlu gelişmeler saptandığı gibi,

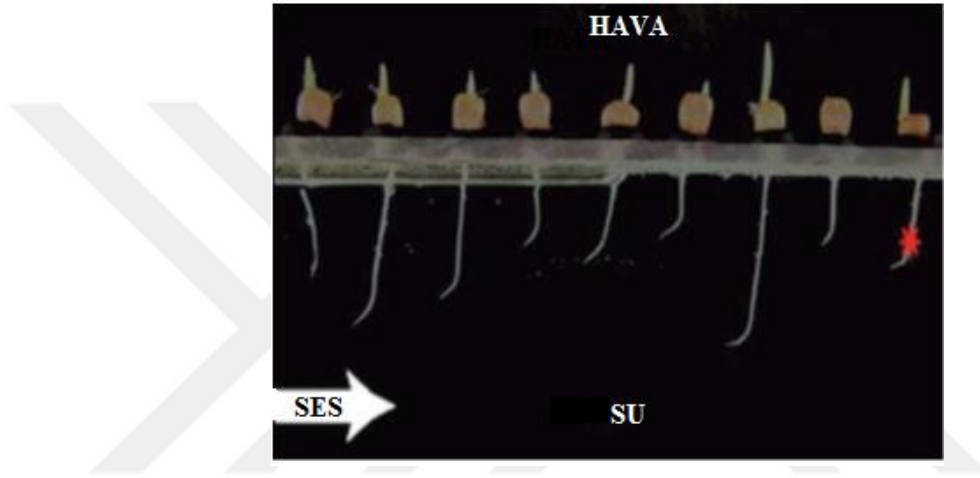
yine uygun ses şiddeti ve frekanslarında tohum ve fide gelişiminin arttırdığı da rapor edilmiştir (Wang *et al.* 2012; Miano *et al.* 2015; Shekari *et al.*2015; Liu *et al.* 2016; Dikilitaş vd 2016; López-Ribera and Vicient 2017).

Farklı ses dalgaları, ses şiddetleri, maruz kalma süreleri ve ses kaynağı ile bitki arasındaki mesafelerin, birçok bitki türünün büyümesi üzerine etkileri tarla ve sera şartlarında incelenmiş olup araştırma sonucunda, 1kHz ve 100dB şiddetteki ses dalgasının 1 saat boyunca uygulanmasının 20 cm mesafedeki bitki hücre kallusunda hücre bölünmesini, duvar akışkanlığını, koruyucu enzim ve endojen hormon seviyelerini, bu ses uyarısının hücre zarlarına bağlı H⁺ -ATPaz aktivitesini, kallusun çözünür şeker, protein ve amilaz içeriğini, hatta ses dalgalarının RNA içeriğini ve transkripsiyon seviyesini, stresin teşvik ettiği genleri işler hale getirdiği belirlenmiştir. Ayrıca ses kaynağından 30-60 m mesafede, 70 dB şiddete olan ve 0.1- 1 kHz frekanstaki ses dalgalarının, biber kabak ve domates bitkilerinde büyümeyi sırasıyla %30.05, 37.1 ve 13.2 oranlarında, marul, ıspanak, pamuk, pirinç ve buğdayda daha az oranlarda olsa da yine de artırıcı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Yine bu araştırmada, ses dalgalarının, dikkate değer oranlarda, sera bitkilerine zarar veren birçok böceğin bu bitkilerden uzak durmasını sağladığı ve bağışıklık sistemlerini güçlendirerek virüs kaynaklı hastalıklara karşı bitkilerin korunmalarında etkili olduğu da rapor edilmiştir (Hassanien *et al.* 2014).

Creath and Schwartz (2014) yaptıkları çalışmada bamyacı ve kabak tohumlarına müzik ve gürültü uygulamışlardır. Doğal seslerin, filizlenmiş bamyacı ve kabak çekirdeği sayısı üzerindeki etkilerine baktıklarında, kayda değer derecede bir artış olduğunu saptamışlardır.

Weinberger (1979) araştırmasında, buğday tohumu ve fidelerini çeşitli ses frekanslarına maruz bırakmış, 92 dB ve 5 kHz frekanstaki ses dalgasının, fide büyümesini uyardığını, ayrıca bitki kuru ağırlığında ve kök sayısında anlamlı derecede artışa yol açtığını kaydetmişlerdir.

Gagliano *et al.* (2012) yaptıkları araştırmalarda, hücre zarının, çevresel uyarıma karşı çok hassas ve kolayca nüfuz edilebilirliğini, zayıf ortamlarda bitkilerin zararlı maddelere karşı direncini etkilediğini rapor etmişlerdir. Elde ettikleri veriler, Şekil 15'den de anlaşılacağı üzere, *Zea mays*'ın genç kök uçlarının kesintisiz bir ses kaynağına doğru gözle görülür bir şekilde büküldüğünü ve bükülme yüzdesinin 0,2 ile 0,3 kHz aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 3.11. *Zea mays*'ın genç köklerinin davranışsal tepkisi sol taraftan gelen kesintisiz 220 Hz ses (beyaz ok)
Kök ucu açıkça ses kaynağına doğru eğilir (Gagliano *et al.* 2012)

Mısırın genç köklerinin sesin geldiği tarafa doğru bükülmesi, farklı açıdan ele alındığında, sesin geldiği yönün zıt tarafında oksin hormonunun daha fazla sentezlendiği veya sesin geldiği taraftaki oksin hormonunun bozulmasına ve yahut da oksinlerin diğer yöne doğru taşınmasına yol açtığı ve bu ihtimaller nedeniyle kökün bahsi geçen sese yönelme hareketini gerçekleştirdiğini düşündürmektedir.

Yang *et al.* (2004) bulgularına göre, ses dalgalarının *Actinidia chinensis*'in kök gelişimi üzerinde artırıcı etki ettiği rapor etmişlerdir. Ses dalgaları stimülasyonun kök aktivitesini, toplam uzunluk ve kök sayısını arttırdığını, hücre zarlarının geçirgenliği azalttığını belirtmişlerdir.

Wang *et al.*(2003b) yaptıkları çalışmalarda ses dalgalarının krizantemlerin (Kasımpatı bitkisi) hücre döngüsünü büyük ölçüde değiştirebildiğini ifade etmişlerdir. Mitoz bölünmenin S fazında protein sentezinin çok yoğun şekilde gerçekleştiğini ve gözlemleri sonucunda, ses dalgalarının krizantemlerin büyümesini hızlandırdığını belirlemişlerdir.

Yine krizantem üzerine yapılan diğer bir çalışmada, Yi *et al.* (2003), krizantem fidanlarına, her gün 60 dakika boyunca belirli bir şiddet (100 db) ve frekanstaki (1000 Hz) ses dalgası uygulamıştır. Sonuçlara bakıldığında, ses uyarımının köklerin büyümesini ve çözünür protein içeriğinin büyük ölçüde arttığını rapor etmişlerdir. Ses dalgası tarafından uyarılmanın bir sonucu olarak, yine plasmalemma H⁺-ATPase aktivitesinin arttığını gözlemlemişlerdir. Ca²⁺, Ca²⁺ geçiş engelleyici (Verapamil) ve Ca²⁺ taşıyıcısının konsantrasyonu (A23187) plasmalemma H⁺-ATPase aktivitesini etkileyebildiğini ve protein kinaz inhibitörünün (Staurosporine) aktiviteyi azaltabildiğini ifade etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, krizantemlerin ses uyarımı altında plasmalemma H⁺-ATPase aktivitesini arttırdığını göstermiştir.

Başka bir çalışmada ise Meng *et al.* (2012) çilek bitkisinin ses dalgası altında fotosentez ve klorofil floresansı yanıtlarını incelemiştir. Sonuçlara bakıldığında, çileğin ses dalgasından etkilendiği, ayrıca çiçek ve meyve sayısının yanı sıra, net fotosentez oranı ve klorofil içeriğinin, fotosistem reaksiyon merkezi aktivitelerinin, elektron transportunu hızının artırıldığı rapor edilmiştir.

Hou *et al.* (2010) pamuk bitkileri üzerinde, hoparlör vasıtasıyla üretilen 75- 110 dB'lik ses şiddetlerinin etkilerini araştırmışlar ve sonuç itibarıyla sese maruz bırakılan bitkilerin bazı morfolojik parametrelerine bakılarak, kontrole nisbeten biraz daha iyi geliştikleri, pamuk veriminin ortalama %12.7 oranında arttığı, ayrıca hoparlörlerle bitkiler arasındaki mesafeye bağlı olarak değişim gösterdiği, şöyle ki; 30 metreye kadar olan mesafedeki bitkilerin pamuk verim artışının %5.2, 30 metreden 60 metreye kadarki mesafelerde bulunanlardaki verim artışının ise %18.6 olduğu, 150 metreden uzaktakiler üzerinde ise etkisinin olmadığı rapor edilmiştir.

Abiyotik stres faktörleri arasında yer alan farklı ses dalgalarının, yüksek frekans ve şiddetlerde uygulanması halinde, alternatif bir stres kaynağı olarak bitkilerin büyüme ve gelişmelerine etki ettiği söylenebilir. Bu etkinin, ulaşılmak istenen amaca yönelik olarak, bitkiler için bazen yüksek stres kaynağı olarak olumsuz, hafif stres kaynağı olarak ise olumlu yönde olabileceği görülmektedir. Genel anlamda yapılan birçok çalışmanın sonuçları biraraya getirilerek değerlendirildiğinde, ses faktörünün uygun süre, frekans ve şiddetlerde uygulanması halinde, bitkilerin büyüme ve metabolik aktivitelerine kayda değer düzeylerde pozitif veya isteğe göre negatif yönde etki edebildiğini söyleyebiliriz.

3.1.3.a. Ses dalgalarının tohumun çimlenmesi üzerindeki etkisi

Çimlenmekte olan tohumlara ya da çimlenme kabiliyeti düşük tohumlara ses dalgaları uygulandığında olumlu bir etki yarattığı belirlenmiş, tohumların metabolizmalarının arttığı gözlemlenmiştir. Örneğin, bamya ve kabak tohumlarına kuş sesi ya da yankı olarak gelen ses dalgalarının, tohumların çimlenme yüzdesini arttırdığı bildirilmiştir (Creath and Schwartz 2004).

Tohum çimlenmesi sırasında enzim aktivasyonu ve hormonal değişiklikler dahil olmak üzere farklı metabolik faaliyetler meydana gelir ve sesin tohum çimlenmesine katılanlar dahil olmak üzere biyolojik sistemleri doğrudan etkilediği bilinmektedir. Creath and Schwartz (2004), tohum çimlenme deneyi ile müzik, gürültü ve şifa enerjisinin etkilerini karşılaştırmışlardır. Müzikal sesin, bamya ve kabak tohumlarının filizlenmesini gürültüye nisbeten önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, müzik ve gürültü gibi ses titreşimlerinin yanı sıra biyoelektro-manyetik alanın canlı biyolojik sistemleri doğrudan etkilediği sonucuna varmıştır (Creath and Schwartz 2004).

Tohumun çimlenmesine frekans ve genlik dahil olmak üzere mekanik titreşimlerin etkisi hakkında literatürde birçok rapor vardır. *Cucumis sativa* (salatalık) ve *Oryza sativa*'da (pirinç) 50 Hz ses dalgası kullanılarak, tohum çimlenmesinin teşvik edilmekte olduğu belirtilmiştir. (Takahashi *et al.* 1991).

Dönmez (1985) çimlenme öncesinde, ıspanak tohumlarının ultrasonik ses dalgası ile muamele edilmesinin çimlenmeye etki edip etmediğini araştırmıştır. Bu araştırmada, ıspanak tohumlarına çimlenme öncesinde su banyosu içerisinde 0, 20, 40, 60 ve 80 dk. boyunca 40 kHz'lik ultrason uygulaması yapmış, Ultrasonik ses dalgası uygulamalarının çimlenmeyi %96.5'e varan oranda artırdığını belirlemiş ve bu ön uygulamanın, en azından ıspanak tohumlarının çimlenme oranını yükseltmek amacıyla kullanılabilir olduğunu ifade etmiştir.

Buğday tohum ve fidelerine 5 kHz frekansında 92 dB gücünde ses uygulaması yapıldığında, kök gelişiminin hızlandığı ve bitki organik ağırlığının arttığı rapor edilmiştir (Weinberger and Measures 1979).

Cai *et al.* (2014) araştırmalarında 2 kHz ve 90 dB gücünde bir sesin maş fasülyesinde (*Vigna radiate*) çimlenme süresini azalttığı ve bitki gelişimine olumlu yönde etki ettiğini bildirmişlerdir. Wang *et al.* (2003) ise pirinç tohumlarında çimlenme endeksi, gövde uzunluğu ve yaş ağırlık artışının 0.4 kHz frekans ve 106 dB ile çok iyi geliştiğini, fakat ses dalgasının, 4 kHz ve 111 dB lik bir seviyeden yükseklerle çıktığında, çeltik tohumlarını inhibe ettiğini belirtmişlerdir. Ses dalgalarının canlı üzerinde yadsınamayacak derecede bir etkisinin olduğu Gagliano *et al.* (2012) tarafından mısır tohumları üzerinde de test edilmiştir. Çimlenen mısır tohumlarına sürekli olarak 0.3 kHz frekansta uygulanan ses dalgasının mısır köklerinin, ses kaynağına doğru yönelimini sağladığını rapor etmişlerdir. Uchida *et al.* (2002) çalışmasında hardal ailesinin küçük bir üyesi olan Farekulağı teresi (*Arabidopsis thaliana*) tohumlarına 40-120 Hz frekanslar uygulandığında, 70 Hz'lik frekansın çimlenme oranı ve hızını artırdığını, çimlenme hızındaki bu artış ile birlikte, bitkinin ürettiği etilen hormonunun da aktivitesinin çoğaldığını bildirmişlerdir. Yi *et al.* (2003) ses dalgasının (1 kHz, 100 dB) krizantem bitkilerinin köklerini etkileyerek gelişimini hızlandığını, çözünebilir şeker, protein ve amilaz aktivitesini artırdığını kaydetmişlerdir.

Organizmaların, ses dalgasını çok hassas şekilde algılama mekanizmaları vardır. Çok düşük desibel (dB) ve frekansa sahip bir ses dalgası bile, organizmanın savunma

stratejisini şekillendirir. Örnek vermek gerekirse, tırtılların çiğneme sesini taklit eden bir ses dalgasına maruz bırakıldığında, bitkilerin herbivorlara karşı savunma sistemini devreye soktuğu bilinmektedir (Appel and Cocroft 2014; Ghosh *et al.* 2017). Ses dalgası ile ilgili toplamda 17 genin *Arabidopsis* sp. bitkisinde aktif hale geldiği belirlenmiş, farklı sürelerde uygulanması halinde, 500 Hz'lik 80 dB gücünde bir ses dalgasının gen ifadesini değiştirdiği rapor edilmiştir (Ghosh *et al.* 2017).

Lopez-Ribera and Vicient (2017) yaptıkları çalışmada, *Arabidopsis* tohumlarının çimlenme oranlarını artırmak için ultrasonikasyon kullanımının etkisini araştırmışlardır. *A. thaliana* tohumlarının çimlenmesi üzerindeki deneylerini sabit sıcaklıkta (24°C), 45 kHz'lik bir frekans kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Kısa süreli ultrasonik ses dalgası uygulamasının (<1 dak) çimlenmeyi önemli ölçüde artırdığını, hatta ultrasonik stimülasyon uygulama süresinin 30 saniye olması halinde en yüksek çimlenme oranının oluştuğunu bildirmişlerdir. Hatta bu araştırmada, doğal olarak yaşlanmış olan ve çimlenme oranı düşük olan *Arabidopsis* tohumlarının da, ultrasonik stimülasyondan sonra çimlenme oranında önemli bir artış olduğu rapor edilmiştir. Bu sonuçtan hareketle, uzun süre muhafaza edilmiş yaşlı tohumların çimlendirilmesinde ultrason muamelesinin, çimlenme yüzdesini artırmak amacıyla çok kullanışlı olabileceği ileri sürülmüştür.

Abhijith *et al.* (2018) çalışmalarında düşük frekanslı duyulabilir ses dalgalarının bezelye tohumlarının (*Vigna unguiculata*) çimlenmesi ve büyümesi üzerine etkileri incelenmiştir. 660 Hz ile 680 Hz arasındaki frekans aralığının çimlenme, ağırlık artışı ve kök uzaması üzerinde zararlı etkilere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Başka bir çalışmada, sesin maş fasulyesi (*Vigna radiata*) üzerine olan biyolojik etkisi incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, maş fasulyesinin çimlenme süresini azalttığı ve fide büyümesini artırdığı tespit edilmiş, elde ettikleri bulgulardan yol çıkarak da, sesin bitki büyümesi üzerindeki etkilerini ve tarımsal üretimde kullanıma uygun hale getirebilmek için modeller geliştirmek ve daha deneysel çalışmaların yapılması gerektiği, özellikle, ziraat mühendislerinin, fizikçiler ve biyologlarla işbirliği yaparak, bitkilerin

büyümesine önemli katkılar sağlayabilecek olan bu alanda ortak araştırmaları yapmaları gerektiği ifade edilmiştir (Cai *et al.* 2014).

3.1.3.b. Ses dalgalarının doku ve hücre gelişimine etkileri

Actinidia chinensis (kivi) üzerine yapılan çalışmalarda, Yang *et al.* (2004), (Shao *et al.* 2008) (Li *et al.* 2008) bitkiye verilen belli frekans ve şiddetlerdeki ses dalgası ile bitkilerin hormon ve enzim seviyelerinin arttığını rapor etmişlerdir. *A. chinensis* bitkisinde 1 kHz frekansında 100 dB şiddetinde uygulanan ses dalgası ile ATP sentezinde artış sağlanmıştır. Fakat, ses dalgası 1 kHz ve 100 dB seviyesini geçtiğinde yukarıda bahsedilen değerlerde düşüş görülmüştür (Yang *et al.* 2003).

Takahashi *et al.* (1991) çimlenen pirinç ve salatalık tohumlarına 2 saat boyunca uyguladıkları 50 Hz'lik bir sesin hipokotil uzunluğuna olumlu katkıda bulunduğunu rapor etmişlerdir. Ses dalgaları, çeşitli dokularda, çoğu hormon seviyelerinin değişimine de olumlu yönde etki etmektedir. Örneğin, Bochu *et al.* (2001) krizantem bitkilerine, 1.4 kHz frekansında 95 dB değerindeki ses dalgasına 10 gün maruz bıraktığında, indol asetik asit (IAA) seviyesinde artış, absisik asit (ABA) seviyesinde ise azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bu oran, doku oluşumunu hızlandırıp, başka dokuların oluşmasını da sağlamıştır.

Özkan (2012), araştırmasında, taze yeşil yem üretiminde kullanılan arpanın çimlenme yüzdesinin yükseltilmesi için, giberellik asit, ön ıslatma ve ses dalgalarının etkilerini tespit etmek amacıyla %1, %2 ve %3 giberellik asit çözeltisi, 12, 24 ve 36 saat öncesinden tohumları ıslatma ile 160, 640 ve 1280 MHz ses dalgaları kullanmıştır. Farklı ses dalgalarının bitkide yarattığı etkileri ise laboratuvar şartlarında test etmiştir. Kök ve sürgün uzunluğu açısından, %2'lik giberellik asit muamelesinin 12 ve 24 saat öncesinden ıslatma uygulamalarından daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ses dalgaları uygulamalarının ise kontrole göre kök ve sürgün gelişimini olumsuz düzeyde etkilediğini rapor etmiştir.

Bochu *et al.* (2003) çalışmalarında çeltik tarlalarında ses alanı uyarımının biyolojik etkisini araştırmışlardır. Makalede, pirinç çeltik tohumlarındaki ses etkilerini araştırmak için kendi icat ettikleri cihazı kullanmışlardır. Çimlenme endeksi, sap yüksekliği, taze ağırlığın nispi artış hızı, köklenme kabiliyeti, kök sisteminin aktivitesi ve hücre zarının penetre edilebilirliği gibi parametreleri esas almışlardır. Deney sonuçları, 400 Hz ve 106 dB'nin en iyi frekans ve yoğunluk olduğunu, fakat ses dalgası stimülasyonu 4 kHz veya 111 dB'yi aşan uygulamaların, büyümeyi inhibe edip, çeltik tarlalarına zararlı olduğunu rapor etmişlerdir.

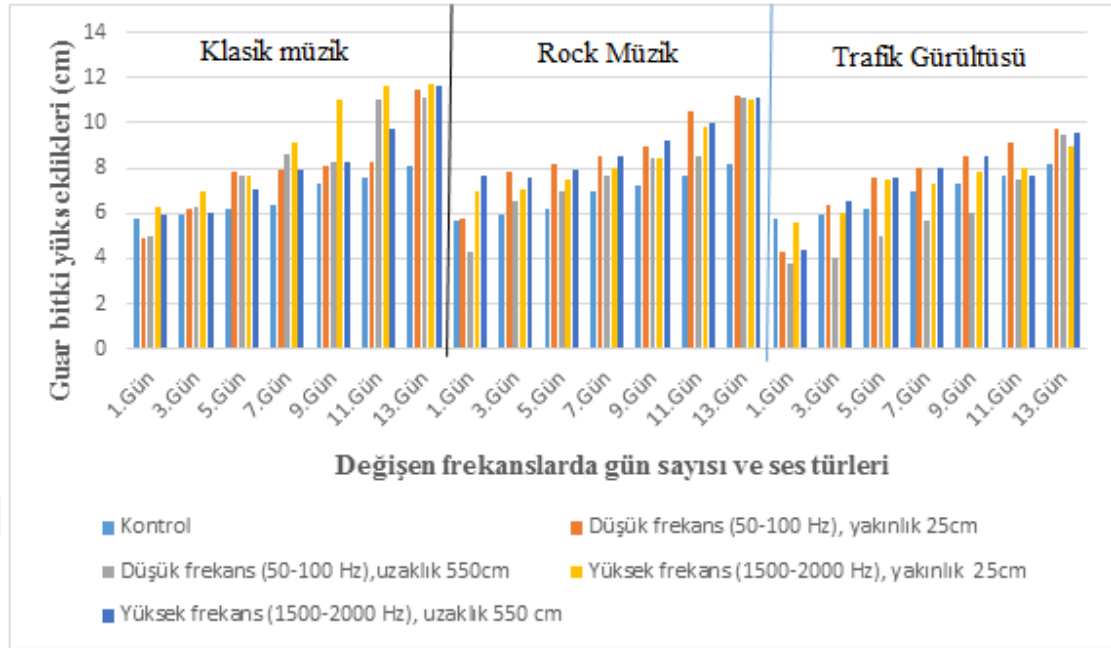
Çizelge 3.2. Çeltik pirincinin verilen ses alanı frekansı altında biyolojik etkileri
**P<0.01. *P<0.05, *Ses alanı frekansı 400 Hz. (Bochu *et al.* 2003)

	Ses alanının yoğunluğu				
	Kontrol	96 dB	101 dB	106 dB	111 dB
Çimlenme endeksi (damla / gün)	48.4 ±0.04	48.2±/0.03	48.5±/0.04*	48.6±/0.05*	48.3±/0.03
Taze ağırlık artış oranı (%)		0.85±/0.03	1.28±/0.04*	1.51±/0.05*	1.34±/0.03
Bitki boyu (cm)	27.5±1.4	29.8±/1.3	30.3±1.5	32.2±/1.5**	31.5±/1.4
Kök sayısı	4.6±/0.7	4.4±/0.6	4.6±/0.9*	5.1±/0.7**	4.8±/0.7
Toplam kök uzunluğu	5.97±/0.87	6.13±/0.85	6.75±/0.92 **	7.81±1.29 **	7.06±/0.95*
Köklerin aktivitesi (TTC mg / gFW)	1.025±/0.08	1.125±/0.13 *	1.183±/0.11	1.264±0.05 **	1.218±/0.11*
Hücre zarı delinme kabiliyeti (%)	70.46±/2.13	71.32±/1.98	65.23±/2.84 *	61.26±/2.33 **	63.18±1.63

Çizelge 3.3. Farklı ses alanı frekanslarının çeltik pirinç üzerindeki biyolojik etkileri
*P<0.05, **P<0.01. *Ses alanı frekansı 106dB (Bochu *et al.* 2003)

	Ses alanının yoğunluğu				
	Kontrol	96 dB	101 dB	106 dB	111 dB
Çimlenme endeksi (damla / gün)	48.49 0.03	48.69 0.05	48.59 0.04*	48.39 0.05*	48.69 0.04
Taze ağırlık artış oranı (%)		1.139 0.04	1.529 0.05*	1.079 0.03*	_ 0.239 0.02
Bitki boyu (cm)	33.79 1.3	35.29 1.8	38.49 2.3**	36.59 1.8*	32.19 1.2
Kök sayısı	4.89 0.8	5.39 0.9*	5.89 1.0**	5.49 0.9*	4.39 0.6
Toplam kök uzunluğu	6.459 1.12	7.329 0.92	8.049 1.15**	7.559 0.93**	6.229 1.02*
Kök aktivitesi (TTC mg / gFW)	1.0779 0.068	1.1939 0.105*	1.2529 0.032**	1.2019 0.078	1.0949 0.097
Hücre zarı delinme kabiliyeti (%)	69.219 2.42	64.059 2.12**	62.599 1.83**	67.289 2.35*	70.579 2.25

Vanol and Vaidya (2014) Guar Fasülyesi (*Cyamopsis tetragonoloba*) bitkisinin büyüme oranının, farklı frekanslardaki seslerden ve farklı ses türlerinden (müzik) nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. *C. tetragonoloba* bitkisini, diğer bitkilere göre nispeten mevsimsel ve hızlı büyüme göstermesi dolayısıyla seçmişlerdir. Bitkiyi farklı frekanslarda ve ses türlerinde seslere maruz bırakmışlardır. İlk 4 set bitkiye sessiz klasik müzik, ikinci 4'lüye ritmik rock müziği ve üçüncü 4'lü setlere ritmik olmayan trafik gürültüsünü, normal hoparlörler tarafından günde 1 saat boyunca, genellikle sık sık değişen düşük frekansı (50-100 Hz) ve daha yüksek frekans (1500-2000 Hz) değerlerinde ses şiddetine maruz bırakmışlardır. Her iki frekans değerleri uygulaması, bitkilere 25 er ve 550 şer cm uzaklığında uygulanmıştır. Çimlendirilen tohum sayısı, bitkilerin boylarındaki ve yaprak sayısındaki farklılıklar gibi parametreler, her iki günde bir 13 güne kadar düzenli olarak izlenmiştir. Sonuçlar, bitkilerin klasik müzik, ritmik rock müziği ve ritmik olmayan trafik gürültüsü gibi değişen frekansları ayırt edebildiğini, sessiz klasik müziğe ve ritmik rock müziğine maruz kalma, bazı durumlarda karışık ve bazı durumlarda ritmik olmayan trafik gürültüsünün kontrol bitkilerine kıyasla kesinlikle olumlu bir etki gösterdiğini rapor etmişlerdir.



Şekil 3.12. Guar bitkisinin farklı frekans ve müzik çeşidindeki boy farkları (Vanol ve Vaidya 2014)

Yiyao *et al.* (2002) belirli ses dalgalarının krizantemin metabolik faaliyetlerine yarar sağladığını, ancak ses dalgasının enerji seviyesinin yukarılara çıkartıldığında tam tersi bir sonuç doğurduğunu bildirmişlerdir. Yapılan birçok çalışmada ve literatürde düşük frekansdaki ses dalgasının oluşturduğu titreşimlerin bitki veya tohumlar üzerinde olumlu katkı yaptığı, fakat yüksek frekanslı ses dalgalarının da olumsuz etkisi söz konusudur (Chivukula and Ramaswamy 2014). Özellikle çok yüksek titreşimli ses dalgalarının hassas bitkilere, düşük ses frekansında bile ölümcül etki yapabilmektedir (Chivukula and Ramaswamy 2014).

Zhao *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada tütün hücrelerinin plazma membran protein yapılarına ses dalgası stimülasyonunun sekonder etkisini araştırmışlardır. Sabit 100 dB şiddet altında, üç frekans ses dalgası sırasıyla 400, 800 ve 4000 Hz ile muamele etmişlerdir. Sonuçlar Çizelge 3.4'te gösterilmiştir. Ses stimülasyonunun plazma membran protein yapılarına etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca farklı frekansların membran proteinlerinin sekonder yapısını değiştirebilme durumuna bakılmış ve bunun en fazla 400 Hz'de olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.2'de gösterilmektedir. Bu

sonuçlar ses dalgasının şiddetine bağlı olarak, membran protein yapısını büyük ölçüde etkilediğini gösterir niteliktedir.

Çizelge 3.4. Sabit güçteki ses dalgasının etkileri ile farklı tütün hücre membran protein yapısındaki değişiklikler (Zhao *et al.* 2002)

	Kontrol	400 Hz	800 Hz	1200 Hz
α -helix	41.3	61.6	54.6	40.7
β -turn	58.6	38.9	45.4	59.3

Çizelge 3.5. Tütün hücresinin zar protein yapısının Sabit frekanslı ses dalgasının farklı ses efektlerine dayanma gücü (Zhao *et al.* 2002)

	Kontrol	90 dB	100 dB	110 dB
α -helix	41.3	56.0	61.1	42.6
β -turn	58.7	44.0	38.9	57.4

3.1.3.c. Ses dalgalarının hücre genetiği ve metabolizması üzerine etkileri

Günümüzde ses dalgalarının kullanım alanları oldukça gelişmiş ve faklılaşmıştır. Ses dalgası ile yapılan çalışmaların tarımda bitki dayanıklılığını arttırmada pozitif yönde etki ettiği, ayrıca kimyasal gübreler ve pestisit olarak anılan böcek öldürücü kullanımını azalttığı yönünde olumlu geri dönüşler alınmıştır. Literatür tarandığında, son yıllarda yapılan ve halen yapılmakta olan birçok araştırma ve bunların olumlu sonuçlarının olduğu görülmektedir (Zhang 2012). Ses dalgaları etkisiyle titreşen bitki yaprakları, stomaların açılmasını uyararak, bitkinin daha fazla nem ve besin içeriğini absorbe etmesini, bu sayede hücre içindeki protoplazmik hareketleri arttırmasını sağlamış ve bitkilerde metabolit sentezini hızlandırdırıştır (Anonim 2016). Herbisit araştırmalarında da ses dalgasının kullanım alanlarından yararlanılmıştır. Böylelikle yabancı bitkilere karşı kullanılan herbisit ilaçlarının kullanım sıklığının yarı yarıya azaltılabileceği bildirilmiştir (Carlson 2013). Ayrıca ses ve ışık enerjisi birlikte kullanılarak, bu iki enerji bütünü

sayesinde depo edilen kimyasal enerji ile fotosentez oranında artış olduğu rapor edilmiştir (Meng *et al.* 2012).

Ses dalgası, aynı zamanda, hücre metabolizması üzerinde de birçok etkiye sahiptir. Kaynaktan yayılan dalgalar hücre döngüsünü büyük ölçüde etkilemektedir. Bilindiği üzere olarak bölünebilen hücrelerde, hücre bölünmesi 4 evrede gerçekleşir. Bunlar;

G1 safhası (DNA çoğalması için hazırlık safhası)

S safhası (DNA çoğalması)

G2 safhası (mitoz bölünme için hazırlık safhası)

M safhası (mitoz bölünme safhası)

S safhası (sentez safhası) hücre döngüsünde DNA'nın çoğaltıldığı G1 ve G2 safhaları arasında kalan safhadır.

Tam ve doğru DNA eşleşmesi, hücre inaktivasyonu ve hücre sağlığını olumsuz yönde etkileyecek genetik anormalliklerin önlenmesi için gerekli bir evredir (Depamphilis 2003). Ses dalgasının S-safhasını kısalttığı görüşü üzerine literatürde birçok görüş bildirilmiştir. Örneğin, Ekici vd (2007) farklı tonlardaki klasik müziğin soğan kök hücrelerinde mitotik bölünmeyi hızlandırarak kök gelişimini attırdığını bildirmişlerdir. Vanol and Vaidya (2014) araştırmaları sonucunda bitkilerin klasik müzik, rock müzik ve trafik gürültüsüne hassas bir metabolizmaya sahip olduklarını ileri sürmüşlerdir. Yapılmış birçok çalışmadan çıkarılan ortak görüşe göre, organizmalar üzerinde önemli olan sesin türü değil, ses dalgasının frekans ve şiddetidir.

Yapılan araştırmalara genel anlamda bakıldığında, ses dalgalarının bitkilere sadece biyolojik ve kimyasal etkileri hakkında değil, aynı zamanda birim zamanda alınan verime ve bitki kalitesi üzerine de yoğunlaşmıştır. Buna örnek olarak, yukarıda da belirtildiği gibi, 0.1-1 kHz arasında değişen ses dalgaları 70 dB lik bir şiddette, hergün 3 saat boyunca 30-60 m mesafede bulunan bitkilere uygulanmış ve biber, salatalık ve domates bitkilerinde verimi sırası ile %30, 37 ve 13 oranında arttırdığı raporlandırılmıştır (Hassanien *et al.* 2014). Yine marul, ıspanak, pirinç ve buğday veriminin de %20, 11, 5.7

ve 17 oranında arttığı saptanmıştır.

Yapılan araştırmalarda ses dalgasının DNA miktarının değişimi üzerine etkisinin olmadığı, fakat RNA sentezini ve çözünebilen protein sentezini arttırdığı bir çok çalışmada rapor edilmiştir (Shao *et al.* 2008). Bu araştırmalara örnek olarak, Xiujuan *et al.* (2003) ses dalgasının (1 kHz, 100 dB) DNA miktarı üzerinede pozitif yönde anlamlı bir yararının olmadığını, ancak RNA sentezi ve çözünebilen protein miktarı üzerinde hızlandırıcı etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Birbirini destekler nitelikte olan sonuçlar Xiaocheng *et al.* (2003) tarafından *Actinidia chinensis* için de rapor edilmiş olup, 1 kHz ve 100 dB gücünde bir ses dalgasının kallus üzerinde enerji metabolizmasını harekete geçirerek ATP sentezini arttırdığı belirtilmiştir.

Ses dalgası hücre zarının yapısını değiştirebilecek potansiyelindedir. Yani frekans arttığında hücre zarındaki tahribat da o derecede artmaktadır (Bochu *et al.* 2003). Bitkinin dışarıdan maruz bırakıldığı mekanik uyarı sistemlerinin sinyal iletişim mekanizmalarını harekete geçirdiği bilindiği halde (Johnson *et al.* 1998), ritmik müziksel veya gürültü şeklinde verilen ses dalgalarının bitkiler üzerindeki etkilerinin geçmiş zamanlarda şaibeli olduğu veya inandırıcılığın olmadığı düşünölmüştür (Galston and Slayman 1979).

Ses dalgasının hücrelerde Ca^{2+} iyon değerinin artması yönünde de pozitif etki ettiği saptanmıştır. Ca^{2+} iyonu, kontrol grubu hücrelerde koful içinde birikip diğer organellere daha az dağılım gösterirken, ses dalgasına maruz bırakılan bitkilerde koful zarlarında yığılma olduğu görölmüş ve bu sayede daha fazla Ca^{2+} 'un, hücre membranından sitoplazmaya taşınıp stres şartlarına dayanıklılıkta önemli katkı sağlamıştır (Hassanien *et al.* 2014).

Jeong *et al.* (2008) pirinç bitkilerine (*Oryza sativa*) farklı frekanslardaki ses sinyallerini vermiş, işaretli genlerin bazılarında artış, bazılarında ise azalış görölmüştür. Örneğin; mRNA ve rbcS geni, 125-250 Hz seviyelerinde 30 dk sonra artış başlamış, 1 saat sonra bu artış maksimuma yükselmiş ve ardından hafifçe azaldığını görmüşlerdir. Ayrıca 50 Hz frekanslarda bu genlerin önemli ölçüde azaldığını gözlemlemiştir. Bu sayede transgenik

bitkilerde, spesifik frekanslarda ses tedavisi ile istenilen genin ifade edilmesinin mümkün olduğunu rapor etmiştir.

Ses dalgaları ile yapılan çalışmalar sadece laboratuvar ortamında kalmamış, açık sahayı da kapsamıştır. Örneğin, “Plant acoustic frequency technology, “PAFT” adı verilen bitki akustik frekans teknoloji ile açık sahada 0.06-2 kHz frekanslarında 50-120 dB arasında değişen ses basıncı ile 50-100 m² lik bir alanda yetiştirilen çileklerin yapraklarının daha koyu, çiçeklenme ve meyvelenmenin, kontrol grubu bitkilerine oranla 1 hafta daha erken gerçekleştiği rapor edilmiştir. Kötü ortam şartlarına karşı toleransın ise oransal olarak arttığı bildirilmiştir (Qi *et al.* 2010). Destekleyici sonuçlar diğer bazı bitkilerde de (bu bitkiler ıspanak, pamuk, çeltik) elde edilmiş, ses uygulamasının, %5 oranında ürün artışı sağladığı belirlenmiştir (Hou *et al.* 2010).

Ses dalgaları, kimyasal kalıntı ve pestisit kalıntılarını meyve ve sebzelerin yüzeyinden uzaklaştırmada da yarar sağlamıştır (Bilek ve Turantaş 2013). Günümüzde bu teknoloji geleneksel teknolojilerin yerini alması da onlara uyum gösterecek nitelik arz etmektedir. Bu tarz mekanizmaların tam anlamıyla açığa çıkarılamaması veya bazı sonuçların birbiriyle çelişmesi nedeniyle, daha fazla biyokimyasal ve moleküler düzeyde çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Ses dalgası ile yapılan çalışmalara karşı çıkanlar da vardır. İtirazların en temel sebebi, bitkilere farklı şiddet ve frekanslarda uygulanan ses dalgalarının diğer tüm canlılara da gürültü kirliliği oluşturacağıın ön görülmesi olup, bu açıdan bakıldığında çok da haksız olmadıkları düşünülebilir. Zira bu tür deneylerin yapılabilmesi için özel sera veya özel yalıtılmış kabin ve odalara veya da yerleşim yerlerinden oldukça uzak alanlara ihtiyaç duyulmaktadır ki, bu teknoloji henüz dünya ve ülkemiz açısından yeni olmasından dolayı bu imkanlara, gerek araştırma merkezlerinde ve gerekse pratik olarak zirai faaliyet alanlarında sahip olmak pek de kolay olmamaktadır. O yüzden de dünyada ve ülkemizde bu konu üzerinde çalışabilme şansı bulabilen bilim adamı sayısının, sesin insanlık için muhtemel fayda ve potansiyelleri dikkate alındığında, maalesef çok yetersiz olduğunu söyleyebiliriz.

3.1.3.d. Ses dalgalarının meyve olgunlaşması ve muhafaza edilmesi üzerindeki etkisi

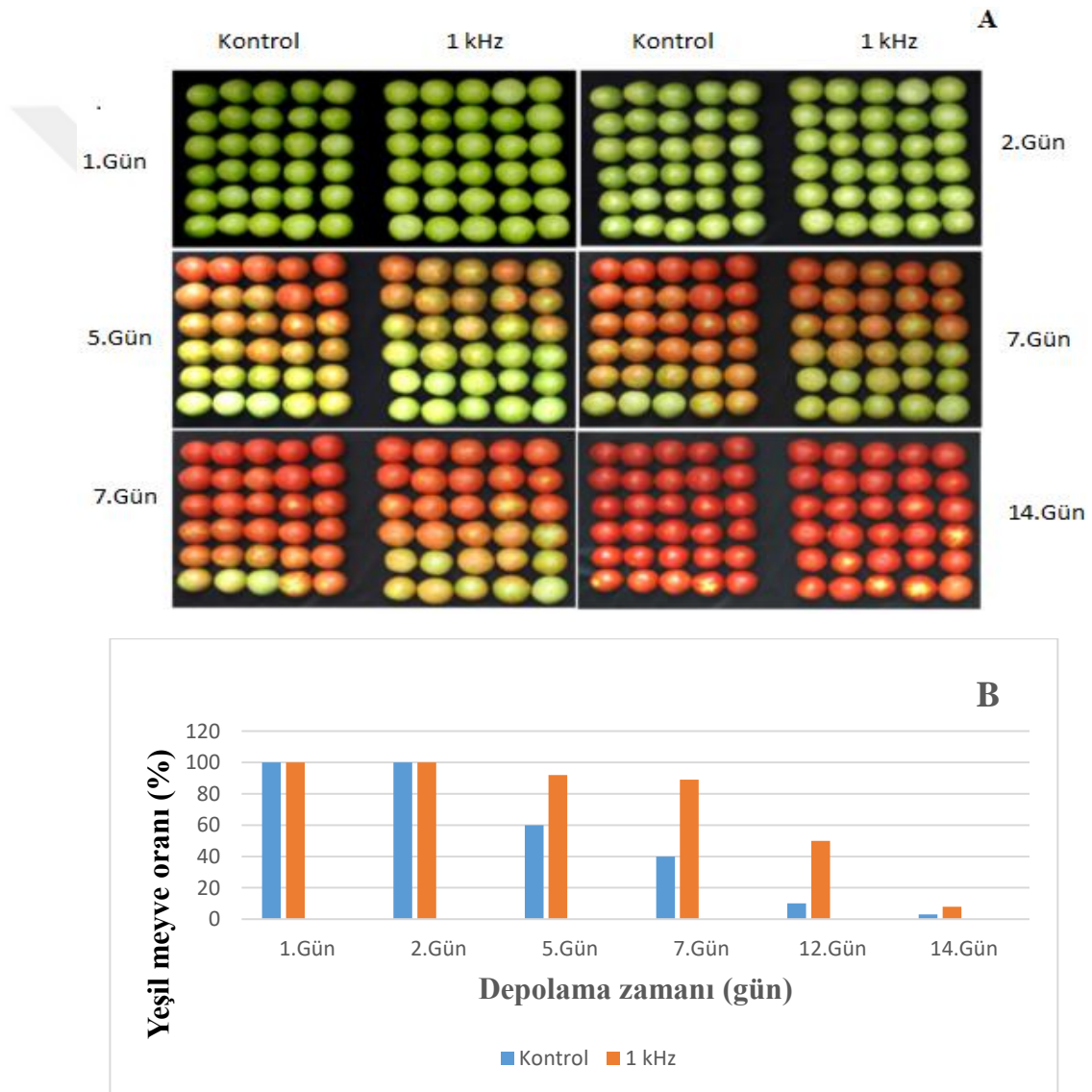
Günümüz meyveciliğinde, birçok meyve olgunlaşma aşamasına gelmeden hemen önce hasat edilmekte ve soğuk hava depolarında depolanarak, ürünler pazarlanıncaya kadar bu depolarda olgunlaştırılmaları yavaşlatılmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemde bile depolamadan bir süre sonra arzu edilmeyen şekilde, ürünler henüz depolarda iken olgunlaşma başlayabilmekte ve pazarlama yapılmadan önce ürünlerin bir kısmı çürümekte ve ekonomik kayıplar oluşabilmektedir. Bu bakımdan, meyvelerin depolama sürelerinin uzatılması amacıyla en ucuz ve en etkili çareler aranmaktadır.

Meyvelerde çürümeye sebep olan etkenlerin mikroorganizmalar ve bazı böcek türleri olduğu ve ses dalgalarının da organizmaların büyüme ve gelişimleri üzerine etkileri hakkında bir takım bulguların elde edilmiş olduğu göz önüne alındığında, ses dalgalarının bu konuda ihtiyaç duyulan çözümün bulunmasında, uygun bir çare olabileceği düşünülmekte olup, ilişkili çalışmalar aşağıda sunulmuştur:

Ultrases dalgaları, hasat sonrası ürünlerde çürümeyi gidermek için alternatif bir yöntem olduğu gibi sebze ve meyvelerin raf ömrünün uzatılmasında da dikkate değer bir görev üstlenmektedir. Ses dalgalarının su içerisinde havaya göre daha hızlı yayılım gösterdiğini önceki bölümde belirtmiştik. Ses hızı, su içinde, havadan yaklaşık 4-5 kat daha hızlı yayılır. Suyun bu özelliğinden hareketle, çürüme riski taşıyan sebze ve meyvelerin, su ve ultrases dalgaları ile birlikte uygulanarak, steril hale getirilebilmeleri mümkündür. (Lestard *et al.* 2013).

Khayankarn *et al.* (2013), ananas meyvesine ve meyvelerde çürümeye yol açan mantarlardan biri olan bir *Fusarium* türüne 108, 400, 700 kHz ve 1 MHz'lik ultrason ses dalgalarını elektrolize edilmiş okside edici su ile kombine ederek uygulamış ve hasat edilmiş ananas meyvelerinin çürümesini, kontrole göre 20 gün geciktirdiklerini ve de yaptıkları bu ultrason uygulamalarının meyve kalitesine etki etmeksizin bu etkiyi gösterdiklerini rapor etmişlerdir.

Joo *et al.* (2015) yaptıkları çalışmada hasattan sonra 6 saat boyunca düşük frekanslı ses dalgaları (1 kHz) ile muamele edilmesinin, domates meyve olgunlaşmasını geciktirerek, meyve raf ömrünün uzamasına yardımcı olduğunu ve bozulmadan kaynaklanan kayıpları önemli ölçüde önlediğini belirtmişlerdir. Yaptıkları analizler sayesinde, ses dalgalarının, meyvelerde etilen biyosentezi ve sinyal genlerinin aktivitesini inhibe ederek, domates meyvesinin olgunlaşmasını geciktirdiğini de rapor etmişlerdir.



Şekil 3.13. A: Domates meyvesinde olgunlaşma gecikmesi 1 kHz'lik ses işleme tabi tutulması 1, 2, 5, 7, 12 ve 14 günlerde domates meyvesinin olgunlaşmasının görsel analizi ve B: yeşil meyvelerin günlere göre oranı (Joo *et al.* 2015)

Bu çalışmanın sonuçlarına bakarak, ses dalgalarının kullanımının, domateste olduğu gibi diğer meyve türlerinin olgunlaştırılmasının geciktirilmesi ve çürümeye karşı muhafaza edilmesi ve raf ömürlerinin uzatılabilmesi konusunda oldukça iyi bir potansiyele sahip olduğunu söylemek mümkündür.

3.1.4. Ses Dalgalarının mantarlardaki etkileri

Ses dalgasının diğer bir canlı alemi olan mantarlara olan etkileri hakkındaki araştırmalar, daha ziyade yenebilir şapkalı mantar yetiştiriciliğinde mantar verimi üzerine yoğunlaşmıştır. Literatürde var olan bazı ses dalgası uygulamalarının sonuçlarına bakıldığında, kültür mantarı verimini ağırlık olarak %15, mantar çapını ise %50 oranında artırıcı etkisinin olduğu kaydedilmiştir (Jiang *et al.* 2011). Aynı zamanda ses dalgalarını, mantar ve bitkilerde enzim metabolizmalarına uyarıcı etkide bulunmak suretiyle, antioksidant enzimlerin sentezlerine yol açtığı belirlenmiştir. Bu durum, ses dalgalarının hem bitki ve hem de mantarlar için stres kaynağı niteliğinde olabileceğine de işaret etmektedir. Zira stresin olmadığı herhangi bir durumda canlılarda belirli değerlerde oksidant madde oluşumu ve bu değerlerdeki oksidantları bertaraf edebilecek oranda antioksidant enzim ve madde sentezi olur. Yani optimum şartlarda dahi canlılarda oksidant oluşumu ve bu oksidantları yok edecek miktarlarda antioksidantların sentez edimesi normaldir. Ancak antioksidant enzim seviyesinde normalden daha fazla artış oluyorsa, bu durum, bitkinin optimum şartlarda değil de stres altında olduğuna ve normalden daha fazla oksidant madde ürettiğine işaret eder ki, bu oksidantları bertaraf etmek üzere, canlı metabolizmasının bir tepkisi olarak kabul edilir. Bununla birlikte, canlının hafif bir strese maruz kalmasının, savunma mekanizmalarını harekete geçirmesine yol açtığı, yani canlıyı deyim yerindeyse uykusundan uyandırarak, metabolizmasını aktifleştirdiği ve yaklaşan olası şiddetli streslere karşı hazırlanmasına fırsat tanıdığı, bu olaya da “aklimasyon” denildiği bilinmektedir (Taiz and Zeiger 2008).

Khayankarn *et al.* (2013) ultrasonik dalgaların daha üst versiyonu olan megasonik ses dalgaları ve elektrolize edilmiş oksidize (EO) su uygulamasının funguslarda spor çimlenmesini ve miselyal gelişimi tamamen engellediğini rapor etmişlerdir ki bu

araştırmada megasonik ses dalgalarının kullanıldığı dikkate alındığında, böylesi bir etkinin grlmş olmasının normal olduğunu söylememiz mümkündür. Nitekim, ses dalgalarının uygun süre, doz, frekanslarının kullanımıyla, fungal gelişim ve spor çimlenmesinin engellebileceği, kontrol edilmesi zor olan, besinler üzerinde yaşayan nekrotrof ve özellikle fakültatif patojenlere karşı mücadelede, bu organizmaları fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğratarak bertaraf edilmelerinde yeni bir umut ışığı olacağı belirtilmiştir (Jeong *et al.* 2013).

Fungusit kullanımının evre ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri bilindiğinden, günümüzde kullanımı hem azaltılmakta, hem de uygulama sıklığı daha aşağlara çekilerek çevreye ve tüketicilere olan etkileri minimum düzeyde tutulmaya çalışılmaktadır. Fungal ve bakteriyel organizmaların kimyasal bileşenlere kazandığı dirençlilik de göz önüne alındığında, bu alanda evre dostu olarak kabul edilen alternatif bitki koruma yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu ifade edilmektedir (Dikilitaş vd 2018).

Ses dalgaları, fungusların spor oluşumu ve miselyum gelişimini, misel uçlarında şişkinliğe neden olarak azaltmakta, dolayısı ile konidi oluşumu evresinde deformasyona neden olmaktadır. Jeong *et al.* (2013) 5 kHz frekansında bir ses dalgasının *Botrytis cinerea*'nın hiflerinin çeperlerini inceltip, metabolit kaybını hızlandırarak misel gelişimini ve sporulasyonunu önemli lde azalttığını belirtmişlerdir. Jeong *et al.* (2013) ayrıca 5 kHz'den daha düşük frekansların ise misel gelişimi üzerinde 5 kHz'e göre nisbeten daha az etkiye sahip olduklarını rapor etmişlerdir.

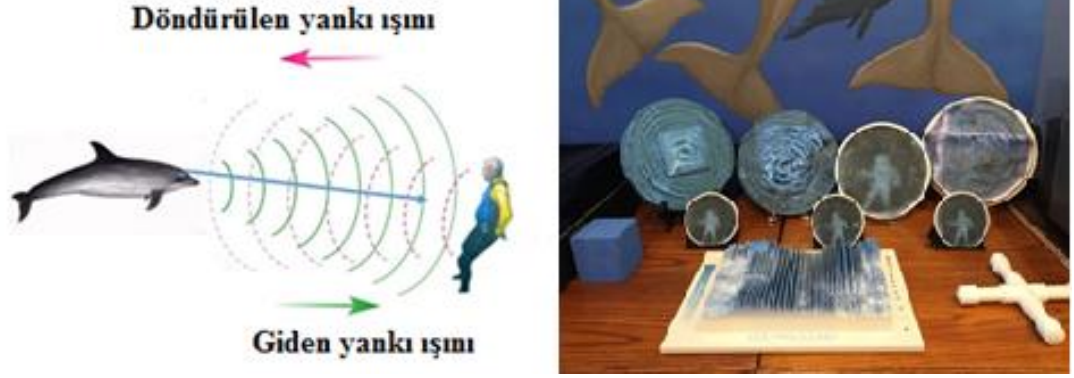
Bir diğer çalışmada ise 5 kHz den 15 kHz'e kadar artan frekansların, fungusların (*Aspergillus spp.*) koloni çapı, konidi oluşumu ve misel gelişimini olumsuz etkilediği, frekans yükseldikçe fungus gelişimi ve spor oluşumunun azaldığı belirlenmiştir (Karippen 2009). Yine Jin-lian and Yong (1998), 26 kHz'de, *Aspergillus flavus* ve *Fusarium spp.*'nin sporlarının tamamınınin çimlenme yeteneğini kaybettiği rapor edilmiştir.

Aggio *et al.* (2012) sıvı ortamda yüksek ve düşük frekansa maruz bırakılan maya hücrelerinin %12 kat daha hızlı büyümesine rağmen, toplam biomas veriminin %14 azaldığını kaydetmişlerdir. Yine, Scherba ve ark. (1991) 26 kHz'de fungusları (*Trichophyton mentagrophytes*) kısmen inaktif hale getirmeyi başarırken, Dehghani *et al.* (2007) ise fungal popülasyonun yoğunluğu ne olursa olsun, 42 kHz frekansında bir ses dalgasının 15 dakika süre ile fungal solusyona uygulanması halinde, populasyonu %90 oranında azaltabilecek bir etki potansiyeline sahip olduğunu, yine dezenfeksiyon süresinin artırılmasının da popülasyonun azalmasına katkı sağladığını belirlemişlerdir. Bundan başka, ultrases dalgası ile *Saccharomyces cerevisiae*'nin lag dönemde büyümesinin inhibe edildiği ve bu dönemin kısaltıldığı ve böylece *S. cerevisiae*'nin inaktivasyonunun başarıldığı kaydedilmiştir (Jomdecha and Prateepasen 2010).

3.1.5. Ses dalgalarının bazı hayvanlar üzerindeki etkileri

Ekosistemde yarasalar ve yunus balıkları gibi canlılar, biyolojik donanımları gereği düşük yoğunluklu ultrases sinyalleri göndererek avlarının yerlerini tespit ettikleri, balinaların ise yüksek yoğunluklu ultrases sinyalleri göndererek avlarını sersemlettikleri literatürlerde karşımıza çıkmaktadır.

Oğuz (2016) yunuslarla ilgili yapılan bir çalışmayı kaleme almıştır. Çalışma, Miami tabanlı özel bir araştırma organizasyonu 2015 yılının Aralık ayında yunusların ekolojisi (yarasalar, yunuslar, balinalar gibi bazı memelilerin kullandığı biyolojik sonar) yaparken çıkardığı yüksek frekanslı sesleri kullanarak, bir dalgıcın su altındaki tartışmalı resmini yayınlamışlardır. Jack Kassewitz ve eşi Donna Kassewitz tarafından kurulan Speakdolphins.com adlı özel projede yunusların nasıl iletişim kurduğunu açıklamışlardır. Yunuslar, domuzbalıkları, dişli balinalar, yarasalar ve hatta bazı kör insanların yüksek frekanslı çitlamalar kullanarak, yankılanan sesi yorumlayıp, yollarını buldukları görme şekline sahip olduklarını savunmuşlardır. Bu şekilde görmeye ekolojisi veya biyosonar adı verilmektedir.



Şekil 3.14. Yunusların ses dalgalarını algılayıp görüntü elde etmeleri (Oğuz 2016)

Bu araştırma için CymaScope (simaskop) adı verilen cihazın mucitlerinden biri olan John Stuart Reid'le birlikte çalışmışlardır. Simaskop adı verilen cihaz ultra saf su yüzeyinde sonik vibrasyon izlerini yakalamaktadır. Kassewitz yunusların seslerini kaydeymiş cymascope görüntülerini 3D ve 2D yazıcıları kullanarak basmışlardır. Simaskopların çalışma mekanizmasına (fizikte sesin nasıl işlediğini gösteren alternatif bir teori) basit bir örnek verilirse, yüzey ince parçacıklardan oluşan bir kaplama, macun veya sıvıyla kaplanıyor. Yüzey sesle titreştirildiğinde, çözültideki ses frekansları cismin geometrisine benzer bir geometri ortaya çıkarıyor. Simaskop, ince su filmi üzerindeki sesi yönlendirerek, kamera titreşim şablonlarındaki çapraz kesit bölümlerini kaydetmektedir. Memeli deniz hayvanları üzerinde yapılan çalışmalar, yunuslardaki ses sinirlerinin doğrudan görsel kortekse bağlandığını göstermektedir. Körlerde yapılan araştırmalar ise körlerinde klikleme kullanarak, görsel korteksle ses korteksi arasında bağlantı kurduğunu göstermiştir. Kassewitz bulgularında halen şüpheciliğe açık olduğunu belirttiği gibi, aynı zamanda yunusların biyolojisinin bu resmi ses sinyalleri sayesinde yorumlayabildiğini de dile getirmektedir.

Yine, denizaltıların çıkardıkları sesler ile özellikle buldukları konuma yakın olan balıkların ölmesi ve daha uzakta olan balıkların etkilenmesi ile insanların dikkatleri çekilerek çalışmalarını bu yönde yapmaları için davetiye çıkarmıştır (Earnshaw *et al.* 1995).

Yapılan bir araştırmada, ritmik mziksl seslerin Koi balıklarınının (*Cyprinus carpio*) metabolizması üzerindeki etkilileri araştırılmıştır. Balıkların büyüme zamanı, beslenmesi ve kötü ortam şartlarına olan toleransı incelenmiştir. Çalışma kontrol grubuyla birlikte 2 aşamalı olarak tasarlanmıştır. İlk aşamada, alfa, beta, teta ve gama ses dalgaları ile klasik, country, metal, elektro, kentsel gürültü, silk-road, sufi ney, Kuran dinletisi olmak üzere, 12 farklı ses uyarısının balık davranışlarına olan etkileri araştırılmıştır. Ritmik mziksl seslerin balık fizyolojindeki etkilerini belirlemek için sufi ney, silk-road ve Kuran grupları (67 dB 1 μ Pa'lık SPL), müzikal uyarılar içermeyen kontrol grubundan (57 dB 1 μ Pa SPL) daha yüksek oranda büyüme ve yem verimliliği sağlamıştır. Kentsel gürültü grubu ise ses verilmeyen kontrol grubuna (K) göre daha düşük büyüme performansı sergilemiştir. Gruplar arasında en düşük büyüme ve yem performansı kentsel gürültü (KG) grubunda saptanmıştır (Kuşku 2018).

Ritmik mziksl seslerin kullanıldığı yukarıda bahsedilen çalışmada Koi balıkları ile ilgili sonuçları destekler nitelikte çok daha farklı çalışmalara rastlanmaktadır. Bu rastlanış, farklı bilim kimliklerinin yapmış oldukları farklı alanlardaki çalışma sonuçları, bizlere ses dalgasının etkilerinin canlılar üzerindeki etki payının ne kadar yüksek düzeyde olduğunu doğrulamaktadır. Yine destekleyici bir diğer alışma Papoutsoglou *et al.* (2007-2010) tarafından yapılmış ve Mozart K525 veya Romanza müziğine maruz bırakılan sazan balıklarının, kontrol grubuna (ses verilmeyen grup) göre gözle görülür bir oranda fizyolojik olarak olumlu katkı sağlamıştır. Yine Papoutsoglou *et al.* (2008) tarafından yapılan diğer bir çalışma bulguları ise Mozart K525'in ıpuraya (*Sparus aurata*) zerinde biyoloji ve fizyolojik olarak olumlu katkılar sağlamıştır. Spiga *et al.* (2017), ses dalgası maruziyetlerine karşı gösterilen tepkilerin farklılığı, bu maruziyetin uygulanma süresi ile pozitif yönde korelasyon gösterdiğini belirtmiştir.

Korku, ani ses yükselmeleri, aşırı heyecanlanma ve aşırı hznlenme gibi nedenler, organizmanın adrenalin üretimini arttırmaktadır. Parker and Bayley (1960) havaalanı yakınında yer alan süt sığırcılığı tesisinde uçağın yarattığı yüksek frekanslardaki ses dalgasını ve tesis üzerindeki uçuşların sığırların süt verimine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmalarında 8 hava alanınının 5 km kadar yakınında var olan 182

işletmede 1 yıl süre ile veriler toplanmış ve analiz edilen sonuçlara bakıldığında, hava üssüne yakınlık durumunda süt üretiminin azalması ya da herhangi bir kalite düşüşünün olmadığı rapor edilmiştir.

Ses dalgalarının ineklerde olası tahribatları ve bu dalgaların nasıl kullanılması gerektiği alanında henüz tam ve kesin bir bilgiye varılamamıştır. Hayvanlar, sesi, kendi aralarında sezgisel olarak iletişimde kullanmaktadırlar. Bundan dolayı ses, hayvanlar arasında sağlığın bir işareti olarak kabul görmüş, aynı zamanda fiziksel ve biyolojik istekler için vazgeçilmez bir araç olmuştur. Hayvanlar arasında refahı bozan ses dalgası olarak anılacak olan ses, ancak, daha önceden duyulmamış seslerin artmasıyla birlikte gelen hoşnutsuzluk veya bir sorunun ortaya çıkması olarak kabul edilmiştir.

Ses, inekler iletişimi için vazgeçilmez bir araçtır. Sürü içi ve sürüler arasında iletişimi sağlamak ancak ve ancak sesle mümkün olmaktadır. İnekler insanlardan çok daha yüksek frekanslı sesleri duyabilir ve bu nedenle özellikle yüksek frekanslı seslere karşı hassasiyetleri de yüksektir (Heffner and Heffner, 1983; Kilgour and Dalton 1984; Smith 1998; Grandin 1999). Çiftlikte bulunan canlıların duyma eşikleri konulu çok az sayıda araştırma mevcuttur. Buna karşın, ineklerde 100 den 500 Hz'e (Frekans: Ses dalgasının birim zamandaki titreşim sayısı olan frekansın birimi Hertz'dir) kadar olabilen duyma eşikleri rapor edilmiştir (Ames 1974).

İnekler, sürü içinde yakınındaki ineklerle vücut dili, uzaktakilerle haberleşmede ise sesi kullanmaktadırlar. 20-35,000 Hz (Yarasaları duyabilir) arasındaki sesleri duymakla beraber en iyi duymaları 8 kHz de olmaktadır. Süt sığırlarında patlayan naylon torba sesinde süt salımlarını durdurmaktadırlar (Ely and Petersen 1941). Kovalcik and Sottnik (1971) uygulamalarında, olağan normal şartlardaki gürültüde (105 dB) ise süt salımının düşmesi ve yem tüketiminin azaldığını rapor etmişlerdir. Broucek vd (1983) çalışmasında, traktörün sesinin (97 dB) glukoz konsantrasyonu ve kanda lökosit düzeyini artırmakta olduğunu, ayrıca kan hemoglobin düzeyini ise düşürdüğünü belirtmiştir.

Kovalcik and Sottnik (1971) bulgularında 80 dB gürültü şiddetinin hayvanın normal biyolojik tolerans sınırları içinde olduğunu bildirmektedirler. Hayvanlar çok ani meydana gelen yüksek düzeydeki gürültüye (105 dB) maruz bırakıldığında, yem tüketimi, süt verimi ve süt salımının fark edilebilir düzeyde düştüğünü rapor etmişlerdir. Aniden çok yüksek düzeyde gürültüye aniden maruz bırakmak yerine, bu gürültüye kademe kademe arttırılarak maruz bırakıldıklarında, bu etkiye karşı herhangi bir tepkinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Pajor and (1999) ineklere bağırmanın çok caydırıcı etkide bulunduğunu beyan etmektedir. Lanier and (2000) tiz ve aralıklarla devam eden seslerin et sığırlarında çok etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da, diğer çalışma bulgularında olduğu gibi, hayvanlar için ani, beklenmedik ve yeni bir sesin korku tepkisine neden olduğu rapor edilmektedir. Bir kamyonun korna sesi gibi bir gürültü otlakta serbest otlayan sığırlarda kalp atışını artırdığı belirtilmiştir (Arave *et al.* 1991). Ayrıca başka bir çalışmada, araba ve büyük araçların olduğu yerlere yakın yerlerde otlayanların bu seslere alışık olduğu ve tepki göstermedikleri rapor edilmiştir (Grandin 1997). Lanier *et al.* (2000) ineklerin, bu seslere 5 günlük bir sürece maruz kaldıklarında alışık hale geldiklerini vurgulamaktadırlar.

Ses, inekler iletişimi için vazgeçilmez bir araçtır. Sürü içi ve sürüler arasında iletişimi sağlamak ancak ve ancak sesle mümkün olmaktadır. İnekler insanlardan çok daha yüksek frekanslı sesleri duyabilir ve bu nedenle özellikle yüksek frekanslı seslere karşı hassasiyetleri de yüksek olmaktadır. Birçok araştırmada ahır içindeki inekler kullanılmıştır. Ahırda bulunan ineklere sürekli olarak verilen bir ses düzeyinin 72 db düzeyinde olduğu 85 dB sese kadar sığırların çok büyük tepki vermedikleri saptanmıştır. Ancak bu ses dalgası 106 dB i aştıktan sonra tepki verdikleri görülmüştür. Buna ek olarak hayvanlara dinletilen bu seslerin sürekliliği durumlarında, en az 5 günlük bir alışma evresinin sonucunda, hayvanların sesi normal olarak kabul edip tepki vermedikleri ve sıradan hayatlarına devam ettikleri rapor edilmiştir (Göncü ve Görgülü).

Frenzilli *et al.* (2004) sıçanlarla yaptıkları çalışmada, 12 saat boyunca 100 dB lik bir gürültünün, sıçan DNA bütünlüğünü bozduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, bu seviyede bir ses dalgası 24 saat süre sonra sonlandırıldığında dahi DNA hasarının bu süre boyunca artarak devam ettiği rapor edilmiştir. Plappert *et al.* (1997) çalışmasında özellikle üzerinde durduğu bir başka konu, genetik ve metabolik hasar ile ilgili DNA sarmalındaki tek iplikçik kırıldığında tamiri genellikle 15 dakika içinde olduğunu, fakat bu kırılma çift sarmalda ise tamirin 2 saatten fazala sürdüğünü belirtmektedir.

Fare osteoblast hücrelerine, *in vitro* bir çalışmada 30 mW/cm² de düşük şiddette uygulanan bir ses uyarımı yapılmıştır. Bu uyarım prostaglandin E₂'yi artırmış ve bu satede de kırık iyileşmesinde etkili olabileceği savunulmuştur. Ayrıca, yapılmakta olan diğer çalışmalar, kök hücreler ve hasar görmüş, sert ve yumuşak bağ dokularının yeniden onarımını sağlayan moleküler mekanizmalar için US'nin etkilerini görmeyi amaçlamaktadırlar. Böylelikle hasarlı dokuların iyileştirilmesine katkı sağlayacak yeni yöntemlerin geliştirilmesine yardım edecektir (Harle *et al.* 2001).

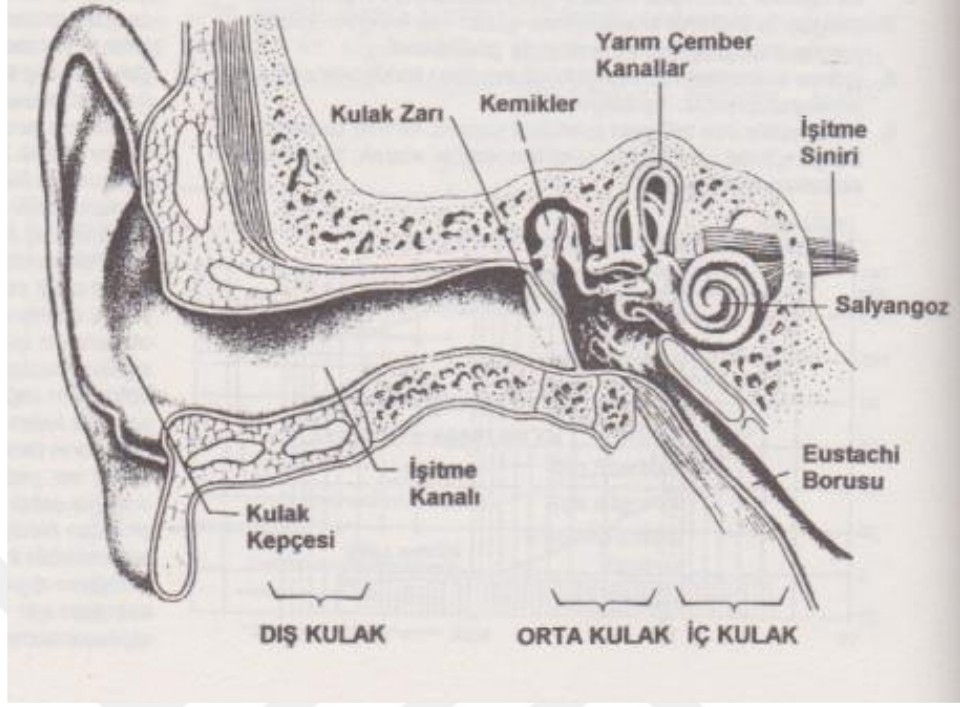
Yapılan bir çalışmada, beş günlük fare kalvaryaya kemikleri hücre kültürü beş dakika boyunca uyarıldıklarında, 1000 mW/cm² yoğunluğunda 3 MHz'e maruz bırakıldığında anlamlı olarak kemik formasyonunun arttığı rapor edilmiştir. Ancak, aynı kalveria kemikleri tekrar beş dakika boyunca, 3 MHz de fakat 1000–2000 mW/cm² şiddeti kademeli olarak yükseltilecek uyarıldığında kollajen sentezinin inhibe edildiği belirtilmiştir (Harle *et al.* 2001). Bu çalışmalar, 1:4 pulsta, 100, 400, 700 ve 1000 mW/cm² şiddette ultrason uyarımlarının fibroblast ve osteoblast hücre çoğalmasını arttırdığını düşündürmektedir (Reher *et al.* 1968). Tekrar protein sentezi incelendiğinde de, aynı şiddetlerdeki ultrason uyarımının kollajen üretimini arttırdığı rapor edilmiştir (Çeçen 2007).

Çalışmalardan anlaşılabilen üzere genellikle düşük ses frekansına maruz bırakılan hayvanların eski normal hallerine daha kolay döndüğü, yüksek strese kısa süreli de olsa maruz kalan bir organizmanın ise eski haline dönmesi hayli zaman almaktadır.

3.1.6. Ses dalgalarının insan üzerindeki etkileri

Sesin yayılması boyuna dalgalar şeklinde oluşmaktadır. Enerjinin dalgalar halinde yayıldığı ve kulaklar vasıtasıyla algılandığı, herhangi bir ortamdaki basınç değişimine ses adı verilmektedir. Ses oluşumu ortamı oluşturan parçacıkların titreşimi ile sesin yayılması ise o ortamdaki parçacıkların diğer komşu parçacıklarını titreşmesiyle oluşmaktadır. Ses oluşumu ve yayılması ile sesi oluşturan parçacıkların titreşimleri sonucu havadaki basınç değişimleri kulaklar tarafından toplanır, elektriksel sinyallere dönüştürülerek, ses olarak algılanır.

Ses dalgalarının ses olarak algılanabilmesi için ses şiddetinin belli bir eşiğe ulaşması gerekmektedir. Özellikle insan kulağının suya eşiği sınırlı olup her frekanstaki sese aynı duyarlılığı gösterememektedir. İnsan kulağı titreşimi 16 Hz. - 20.000 Hz arasında olan sesleri işitebilmektedir. Bu nedenle bu türdeki sesler “işitme sesi” olarak adlandırılır. Deniz dalgaları, don, deprem, rüzgar sesleri gibi kulağımızın algılayamadığı 20 Hz. altındaki seslere “ses altı” (infrases) adı verilmektedir. Özellikle son zamanda hastalıkların tanı ve tedavisinde çok fazla kullanılan, 20.000 Hz’in üzerindeki seslerde “sesüstü” (ultrases) adı verilir. İnsan sesleri yaklaşık olarak 250-500-1000-2000 Hz’lik frekanslarda yer almaktadır. Erkek sesleri kadınlara göre daha düşük frekanslarda (250-500 Hz), kadın sesleri ise erkelere göre daha yüksek frekanslarda (1000-2000Hz) yer almaktadır. Kulak üç ana bölümden oluşur: Dış kulak, orta kulak, iç kulak (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Kulağın yapısı (Zeren 2014)

Havada var olan belli belirsiz parçacıkların titreşimleri sonucu kulaklara aktarılan ses dalgaları, dış kulakta yer alan kulak kepeesi tarafından toplanır. Orta kulaktaki çekiç, örs, mercimek ve üzengi kemikleri vasıtasıyla iç kulağa yollanır. İç kulakta, koklea adı verilen ve şekli salyangoza benzeyen işitme organının içinde korti organı bulunur. Korti organı içerisinde bulunan bazılar zar üzerinde frekans tayini yapılarak tüy hücreleri ile bu bilgiler beyne iletilir. Bu aşamada iletimi işitsel nöronlar tarafından gerçekleşecek olan mekanik ses dalgaları, elektriksel bir enerjiye (uyarım potansiyellerine) dönüşür. Bu sayede sinyaller, önce beyin sapına ve ardından beynin işitme korteksine, işitsel impuls yolları üzerinden gönderilir (Everest 2007; Moore 1995; Ciccarelli and White 2015).

Dış kulaktaki ses kümesi, kulak yolunda ilerler ve kulak zarını titretir. Orta kulaktaki çekiç (malleus) kemikçığı, kulak zarına etki eden titreşimler aracılığıyla tensor timpani kasının kasılması ile geri çekilir, kulak zarının titreşimi örs (incus) ve üzengi (stapes) kemiklerine iletilir. Stapedius kasının kasılması ile üzengi kemikçığı iç kulağa açılan oval pencereden geri gider. Tensor timpani ve stapedius kaslarındaki bu itme ve çekme kuvveti birbirini dengede tutar. Böylelikle orta kulakta bulunan kemikçik sisteminin sertliği

arttırılır. Aniden ortaya çıkan ses yüksekliği ile karşılaşılan zamanlarda üzengi kemiği, şiddetli ses algılandıktan 120 ms kadar bir süre ile iç kulağa açılan oval pencereden geri gider. Akustik refleks denen bu mekanizmanın, iç kulağı, yüksek sesin sebep olduğu titreşim hasarından koruduğu düşünülmektedir. Bu sayede iç kulaktaki tüy hücrelerinin de korunumu sağlanır (Howard and Angus 2009; Windsor and Lee 2010; Pickles 2012).

20 Hz (titreşim/s - cycle) ile 16000 Hz arasındaki frekanslarda ses işitilebilen sestir. Frekansı 16 kHz in üzerinde olan seslere ultrases (ultrasonic- ultrason) denir. İnsanlar tarafından işitilmeyen bu sesler birçok hayvan tarafından işitilebilir. İnsan kulağının en duyarlı olduğu bölge 2-3 kHz frekanslı tiz seslerdir. İnsanlar yaşlandıkça üst sınır 16 kHz den 10 kHz e iner. Orta kulaktaki, çekiç-örs-özengi kemikleri ses şiddetini 3200 kez yükseltebilirler. İç kulaktaki corti organındaki 7500 telcik (kılıcık), sesi rezonans yolu ile algılar ve elektrik sinyali olarak beyne, işitme merkezine, iletirler (Ertaş 1993).

İnsanlar tarafından algılanabilecek olan sesin genel anlamda 20hz civarında olduğu kabul edilir. (1Hz, sinüzoidal dalganın saniyesinde bir tam döngüdür). Böyle olmasına rağmen kabul edilen insan işitsel aralığı çoğu insan, yaş ve cinsiyete bağlı olarak değişebilir. Popüler varsayımların aksine, dikkatli ölçümler yapıldığında, ses basıncı yeterliyse; işitmenin 20 Hz'de aniden durmadığını, ancak kulağın kayıt yapabildiğini gösterdi.1Hz kadar düşük bir 20 kHz'in üzerindeki frekanslar ultrason, 20Hz altındaki frekanslar infrared olarak kabul edilir. İşitme aralığındaki Sesler de 3 ana kategoriye ayrılır. Sesaltı veya düşük frekans sesi 20Hz ila yaklaşık 500Hz aralığında tanımlanır. Orta kademe frekans sesi ile 500Hz - 6KHz (6000Hz) aralığında, kalan 6KHz ila 20KHz se yüksek frekanslı seslerdir.(Yüksek ses frekansları (10 kHz'in üstünde) ve ultrason (20kHz'in üstünde). Frekans seviyesi 140dB aralığında olmadığı sürece birey üzerinde belirgin etki göstermemektedirler.

İşitme sisteminde herhangi bir hasarı olmayan canlıların, ana rahmine ilk düştüğü andan itibaren, ölümüne kadar geçen süre içerisinde sürekli ses dalgalarına maruz kalırlar. Bu dalgalar belli ritim, frekans ve şiddetlerde bizlerin müzik olarak nitelendirip, dinlemekten

zevk aldığımız dalgalar bütünü olurken, yine belli şiddet ve frekanslarda ise kulaklarımızı tırmalayan ve bizi rahatsız eder bir his yaratabilmektedir.

Özellikle teknolojiye hızlı büyüme, ağırlıklı olarak kentsel ülkelerde, gelişmiş ülkelerde ve aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerde gürültüyü kirletme, teknolojinin canlılar özellikle insanlar üzerindeki tehditleri arasındadır. Peki bu örneklerdeki dalgaların biyolojik yapımızda ne gibi olumlu ve olumsuz değişiklikler yaptığını biliyor muyuz?

3.1.6.a. Ses ve müziğin fizyolojik ve psikolojik etkisi

Sesin fizyolojik etkileri benzersizdir. Vücuttaki fizyolojik değişiklikler genellikle yüksek ses basıncı seviyelerinde işaret verir. Yaklaşık 120 dB de kulakta rahatsızlık başlar ve daha yüksek ses basıncı seviyelerinde yaklaşık 140dB de ağrı belirir. Seviye yaklaşık 160 dB'in üzerine çıktığında kulak zarı yırtılır. Sesin derin etkileri, 7Hz bölgesinde infraso olarak kabul edilir. Canlı vücudunun, organlarının rezonans frekansı olduğu ve dolayısıyla organ yırtılması olduğu bazı bilim insanlarınca iddia edilmiş ve yüksek yoğunluklu ses şiddetlerinde ölümlerin dahi ortaya çıkabileceği rapor edilmiştir. Darbe gürültüsü, patlayıcı patlamalardan kaynaklanan şok dalgaları, akustik cihazların etkileri, 140 dB bölgesinde orta derecede yüksek düzeylerde geçici işitme kaybı ortaya çıkar ve bu da daha yüksek değerlerde kalıcı etkili olmaktadır. Özellikle 200 dB'lik akustik seviyelerde, akciğerler yırtılmaya başladığı ve ölümlerin meydana geldiği literatürlerde karşımıza çıkmaktadır.

Ses, akustik açıdan kulağın algılayabildiği ve titreşimlerin havada oluşturduğu basınç değişimine verilen addır. Müziğin canlıyı özellikle insanı bütün olarak etkilediği kabul edilmiştir. Beynimizi ve diğer organlarımızı mucizevi şekilde etkilemektedir. Beyin gibi insanın kalbi de ses ve müziğe son derece duyarlıdır. Ses ve müzik eşliğinde tedavi geçmiş tarihimizde ve son yıllarda uygulama alanları giderek artmakta olan artmakta olan modern tıbbın başvurduğu psikolojik tedavi yöntemleri arasında baş sıralarda yerini almıştır ve ilerleyen süreçte bunun önemi daha çok vurgulanacaktır. Yapılan ve yapılmakta olan araştırmalar ses ve müzik terapisinin sağlığın her alanında kullanılabilen,

ağrısız, güvenli, yan etkisi olmayan bir tedavi yöntemi olduğunu ortaya koymaya hızla devam etmektedir.

Müzikle tedavi eskiden beri kullanılmaktadır. Tarihte, eski devletlerin müzik eşliğinde yaşayışlarına bakıldığında, Uygur ve Çin kaynaklarına göre MÖ 3000 yıllarına giden bir tarih içinde müzik ve hareketin yaşayışta etkili olduğu görülmektedir. Uygur Türklerinde pirhon, Kazak, Kırgız, Altay, Türkmen ve Özbek Türklerinde kam, baksı (bahşa, bahşı) adı verilen tedavilerin bulunduğu ifade edilmekte ve bunların bazı uygulamalarının günümüzde de devam ettiği gözlenmektedir. Bu hekimler melodi ve ritim eşliğinde kutsal bazı kavram ve figürlere yönelerek Ataruhu ile bağlantı kurmaya çalışarak ve sezgi yoluyla elde ettikleri deneyimlerini hastaya uygulamaktaydılar. Kullandıkları müzik aletlerine bakıldığında, yaylı kopuz, dombra, ağız kopuzu ve ritim aletleridir. Müzikal olarak pentatonik (beş sesli) nağmelerle ve dört adımlı ritimlerle terapiyi gerçekleştirdikleri görülmektedir. Eski dönemde kullanılan bu beş sesli müziğin, günümüzde dünyada önde gelen Londra Rempton Enstitüsü'nde otistik çocuklara uygulandığı ve neticesinde, bu müziğin çocuklarda kendine güven ve kararlılık kazandırdığı, ayrıca beyinde alfa ve teta dalgalarını artırdığı tespit edilmiştir. Bu enstitünün uygulama ve eğitim faaliyetleri dünyada da kabul görmüş ve pek çok ülkede müzik ile tedavinin temel uygulama geleneğini meydana getirmiştir. Homera, ameliyatlarda müziği kullanmış ve teskin edici etkisini göstermiştir. Aesculape ise, sağırlığı tedavi ederken trampet kullanmıştır (Güvenç 2017).

Tarimize bakıldığında sesin, çok eski bir tedavi yöntemi olduğu karşımıza çıkmaktadır. Özellikle farklı toplumlarda da tedavi amaçlı olarak ses dalgalarının kullanıldığı birçok kaynakta yer almaktadır. Sesle tedavide en önemli değişken olarak ritmin ve melodinin çeşitlendirilip hastaya uygulanmasıdır. Hastaya uygulanan müziksel terapi, özellikle endokrin sisteme etki ederek, duygusal düşünceleri pozitif yönde etkilemektedir. Özellikle insanın duygusal durumunu düzenleyen endokrin sistemin salgıları olan serotonin, dopamin, adrenalin, testosteron gibi hormonları olumlu etkilediği; kan basıncı, solunum ritmi gibi fizyolojik işlevleri düzenlediği ve beyindeki oksijen ve kanlanma dengesinin sağladığı, bilim sitelerinde, bilimsel degilerde ve literatürlerde sergilenmiştir.

Yapılan PET (beyin haritalama tekniği) alışmaları ses, ritim, melodi, vurgu ve armoninin beynin sađ yarım kúresinde; frekans ve ses şiddetindeki değişmelerle birlikte mÚzikle ilgili dÚřúnce kalıplarının beynin sol yarım kúresinde kaydedildiğini gústermektedir. Bunula birlikte, korku, úfke keyif gibi adrenal tepkiler, duygusal bellek ve dÚzenleyici olan limbik sisteme işlenmektedir (Tarhan 2005). Bilim insanları tarafından, mÚzikle oldukça fazla ilgilenenler için, beyinlerinin orta bölümünde bulunan ve köprü görevini üstlenen“ corpuscallesum” bölgesinin fazla genişlemiş olduğu ifade edilmektedir. Duygularını mÚzikle harekete geçirmeyi başaranlar, limbik sistemlerini konuştururlar. Ayrıca bu kişiler, öğrenirken mÚziksel unsurları kullanarak sol beyinlerini de iře katarlar. MÚzik kulağı olanlar ise öncelikle sađ beyinlerini iyi kullanırlar” şeklinde dile getirmiştir (Sarı 2016).

Güvenç (2017) yayınladığı makalesinde; Celsus’un akıl hastalıklarının tedavisi konusunda şöyle dediği yer almaktadır: “Saldıranlıkların kamılamak yoluna bile gidilerek kontrol altına alındığı akıl hastalarında olduğu gibi, btndiğerlerinin de saldıranlıklarını sınırlamak lazımdır. Bazı hastalarda yersiz gülmeler, azarlamalar ve tehditlerle engellenmelidir, diğer bazılarındaki melankolik dÚřnceler yok edilmelidir ki, bu amaç için mÚzik ve gürültüler kullanılabilir”. M.. 400 yıllarında Platon da mÚziđin ahenk ve ritmiyle insan ruhunun derinliklerine nüfuz ederek ona hoşgörü kazandırdığı ve rahatlık verdiğini belirtmiştir.

Türklerde, Anadolu’ya yapılan g öncesinde, Orta Asya’da Baksı adında tabir edilen şaman mÚzik insanları çeşitli hastalıkların tedavisinde mÚziđi kullanmışlardır. Kaynaklara bakıldığında; eski Roma’da Celsus ve Areteu’a göre mÚzik ruhu teskin etden ve ruh hastalıklarına iyi gelen bir araç olduğu karşımıza çıkmaktadır. Ek olarak, Mısırlılar’ın da doğum anında oluşan ağrıları hafifletmek için mÚziđi kullandıkları yer almaktadır. Bu konuda; Büyük Çin filozofu Konfyus; “mÚzik yapıldığı zaman kişilerarası ilişkiler düzelir, gözler parlar, kulaklar keskin olur ve kanın hareketi ve dolaşımı sakinleşir” diyerek mÚziđin insanlar üzerindeki etkilerini betimlemiştir.. (Karamızrak 2013).

Avrupa’da “Alpharabius” olarak bilinen filozof ve bilim adamı olan Farabi (870-970), eczacılık, simya, müzik ve felsefe dallarında son derece önemli katkılar sağlayan Zekeriya er-Razi (854-932) ve batı’da “Avicenna”adıyla bilinen ve ortaçağ Avrupa’sında da en büyük tıp bilgini sayılan İbn-i Sina (980-1037) gibi İslam filozoflarının da hem hekim hem de müzik bilgini oldukları bilinmektedir. Osmanlı zamanında ise Edirne’de 15. yüzyılda kurulan Sultan Beyazıt Darüşşifası’na gelen her çeşitteki psikolojik rahatsızlığa sahip hastalara, rahatsızlık derecesine uygun olan bir müzik makamın reçete edildiği bir ruh hastalıkları hastanesi olmuştur. Müziğin tedavi amaçlı olarak kullanımı Batı’da ancak 20. yüzyılda olmuştur (Sarı 2016).

Thomas Edison’un, sesleri çok net duyamaması, onu 1877’de fonografi denilen sesleri kaydedip tekrar çalabilen bir cihaz icat etmiştir. Fonografi ile sesleri kaydedip ses veren cisimlerin titreşimlerini çizelgeyle gösterme yolunu buluşu ve 1886’da disk kayıt cihazını geliştirmesi ile hastalar üzerinde müziğin etkisinin gözlemlenmesi kolaylaşmıştır. Bu sayede, müziğin etkisi ilk olarak anestezide kullanılmış ve oluşan ağrıları dindirmede etkili olmuştur (Ge Türkiye Blok 2016).

Lopez *et al.* (2015) çalışmasında, in vitro kültürlü insan embriyolarının döllenme hızlarının ses titreşimlerine maruz kalarak iyileştirilmesi konusunda araştırmalar yapmıştır.

Lopez ve arkadaşları in vitro kültürlenmiş insan embriyolarının mikro-kalibrasyonlara maruz bırakılması embriyo gelişimini artırabilir fikrinden yola çıkarak, mekanik titreşim kaynağını ses olarak seçmiştir. Bu ses şiddetlerini; 67,3 dB klasik müzik, 80,7 pop müzik ve 84,5 heavy metal olarak seçmişlerdir. Müziğe maruz kalmanın etkisini belirlemek in vitro kültür sırasında 967 oosit (114 hasta) analiz etmiştir. Döllenmeden önce her hastadan oosilerini rastgele iki gruba ayırmıştır. Embriyo kültürleri sayıca müziğe maruz kalan (479 oosit) ve müziksiz ortamda (488 oosit) işleme konmuştur. Üç farklı müzik türünde de, bu yumurtalar test edilmiş; pop, heavy metal ve klasik müzik. Dölleme oranları ve embriyo kalitesi (skor, bölünme aşaması ve çok çekirdekli) genelleştirilmiş bir doğrusal kullanılarak karşılaştırıldı. Sonuçlar, oosit müziğe, özellikle de heavy müziğe

maruz kaldığında dölleme oranlarının %4.82 daha yüksek olduğunu gösterdi. Ancak 2. günde embriyo kalitesi ile ilgili istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalınan farklı müzik türleri arasında (pop, heavy metal ve klasik) anlamlı bir fark gözlemlendi. Sonuç olarak, in vitro kültür sırasında inkübatörlerde müziğin rutin kullanımı, geliştirilmesi için yararlı bir araç olabileceğini rapor etmişlerdir.

Bedenimizde rahatsızlığın ortaya çıkma sebeplerine bakıldığında, vücudumuzun belli bir kısmındaki hücrelerin uyumsuz titreşim göstermesi sonucunda, bedenimizin farklı bölümlerinde yer alan hücreler çeşitli nedenlerle titreşerek normalden farklı olarak tepki göstermeye başlar. Hücrelerin gösterdiği bu tepkiye hastalık adı verilir. Bu gibi durumlarda hücrelerin titreşim yapması için bozulmuş olan hücreye farklı bir titreşim sinyali gönderilebilir ve böylelikle hücrenin kendine has hareketi tekrardan eski haline döndürülür.

Ses sıklıkla modern tıpta farklı alanlarındaki hastalıklarda şifa amaçlı olarak kullanılmaktadır. DNA şifresi alanında araştırma yapanlar bu şifrenin akustik ses ile benzer olduğunu saptayarak, araştırmalarını müziğin DNA tafından onarıcı olduğu konusuna yoğunlaşmışlardır. Günümüzde ses, sıklıkla ağrıların azaltılması ve vücutta birikmiş olan negatif enerjinin yok edilmesi için kullanılmaktadır. Dr. Andrew Weil'in yazdığı "Ses ve Müzikle Kendi Kendine Şifacılık" adı eserinde ses terapisinin şaşırtıcı bir biçimde kalp hastalıkları, kireçlenme, stres, anfizem ve daha birçok hastalık üzerinde etkili olduğunu açıklamıştır. Günümüze kadar akustik terapinin olumlu yönde etki gösterdiği hastalıklara bakıldığında; ağrılar, aids, alerjiler, alzheimer, artrit, baş ağrısı, beyin felci, cinsel taciz, depresyon, dikkat yetersizliği, dişle ilgili sorunlar, down sendromu, epilepsi, erken doğum, felç, hamilelik ve doğum, kalp hastalığı, kanser, kronik bitkinlik sendromu, tinnitus, madde bağımlılığı, menopoz, kaygı, keder, kilo, öğrenme yetersizliği, sırt ağrısı, nörokacla ve iskelet sistemi ile ilgili sorunlar, otizm, parkinson, astım, psiko sosyal gelişim, iyileştirme, şeker hastalığı, şizofroni, sarsıntı, uykusuzluk, yanıklar, yaralanmalar, yüksek tansiyon, geç gelişim, ön yargı, paranoya, rahim muayenesi, saldırgan davranış üzerinde etkili olduğu paylaşılmıştır.

Colorado Üniversitesi profesörü olan Phyllis Updike raporlandığı bir araştırmasında hafif şiddetlerdeki müziğin kan basıncını düşürdüğü yönde açıklama yaparak ve kalple ilgili diğer ölçümleri de olumlu olarak etki gösterdiğini açıklamıştır. Muayne edilen hastaların kaygılarının azaldığı, ağrıların yok olduğu ve fiziksel- duygusal tepkilerindeki olumlu değişimin de terapiden sonra uzun süre devam ettiği açıklanmıştır. Çoğu hastanın terapiden sonra “Bu otuz dakika günlerden beridir yaşadığım ilk huzurlu dakikalardı” dediği kayda geçmiştir (Karamızrak 2014).

Yapılan bir başka çalışmada ise, sesin, özellikle de klasik müziğin ilköğretim öğrencilerinin sınav başarıları üzerindeki etkisini ortaya koymak amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında öntest-sontest’e dayalı kontrol ve deney gruplu deneysel model kullanılmıştır. Elde edilen verilere bakıldığında; 3 hafta boyunca, veliler tarafından belirlenen 4 dersin 20 dakikasında, önceden belirlenmiş klasik müzik eserlerini dinleyen deney grubunun sontest puanlarında, öntest puanlarına göre anlamlı düzeyde artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubunun sontest puanlarının ortalamasında 5,20 puanlık bir artış olmasına rağmen istatistiksel açıdan anlamlılık tespit edilmemiştir (Duru ve Köse 2012).

Literatür tarandığında klasik müzik dinletisinin özellikle ilköğretim öğrencilerinin sınav kaygılarından oluşan başarısızlıkları azalttığı yer almaktadır. Bu yüzden, ilköğretim çağındaki öğrencilerin dersine giren müzik öğretmenlerine düşen görev, olabildiğince klasik müzik dinleterek bu tarzdaki müzikleri sevdirmek olmalıdır. Bu konuda verilebilecek öneriler arasında, özellikle ilköğretim okullarında teneffüs aralarında klasik müzik dinletilebilir.

3.1.6.b. İşitsel uyarıların insanda basit reaksiyon zamanına etkileri

Ses, düşünmede ve hızlı karar verilmesi gereken yerlerde önemli bir uyaran olmaktadır. Özellikle dakikalar daha da ilerisi saniye ve saliseler boyutunda, ses türü ve frekansına bağlı olarak gösterilen tepkinin gerçekleştiği anın ve performansın farklılaşmasında önemli derecede etkilidir. Duyuşsal ve görsel olaylara karşı gösterilen tepki, reaksiyon

zamanı (RZ) olarak tanımlanmaktadır. Bu konu üzerinde üzerinde çalışılmış birçok araştırma mevcuttur. Fakat basit reaksiyon zamanının (BRZ) farklı siddet seviyelerinde ve frekanslarındaki isitsel uyaranlardan ne derece etkilendiği tam olarak anlaşılamamıştır. Bu bağlamda en temel konu olan ses frekansının basit reaksiyon zamanına olan etkileri halen tam anlamıyla açığa kavuşmamıştır.

Binboğa vd (2007) çalışması ile çeşitli frekanslarda ve siddetlerdeki ses uyaranlarının BRZ'yi nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Deney düzeneklerini cinsiyet ve yaşlarına göre gruplandırmışlardır. Her bir grup için ses dalgalarının siddeti ve frekansları değiştirilerek BRZ'lerini ölçmüşlerdir. Deney grubu sağlıklı, eriskin ve bilinen bir isitsel rahatsızlığı olmayan yaşları 17-24 arasında değişen 20 kadın ve 20 erkek kişilerden (her iki grupta ortalama yaş: 20.65) oluşmaktadır. İnsan kulağının en hassas olduğu frekans aralığı olan 1kHz, 2kHz ve 4kHz frekanslı saf ses dalgaları ve bu aralığın dışında kalan 500 Hz frekanslı saf ses dalgaları kullanmışlardır. Her bir ses dalgası üç değişik siddet düzeyinde (60, 70 ve 80 dB) uygulamıştır. Şiddet düzeyi ve frekansı arttırıldığında BRZ'nin büyük ölçüde kısaldığı görülmüştür. Siddet düzeyi ve cinsiyet ayırımına gidilmeden tüm verilerin genel ortalaması alındığında BRZ'nin en kısa 500 Hz'de, en uzun 2 kHz'de olduğu gözlemlenmiştir. Kullandıkları uyaranlar arasında 500 Hz - 80 dB siddet düzeyli sesin insanda isitsel uyaranlara reaksiyon vermede en etkili uyaran olduğu sonucuna varmışlardır. Tüm deneklerin tüm uyaranlara reaksiyon zamanları 160- 190 ms aralığında çıkmıştır. Bu değerlere bakıldığında, yapılan diğer deney sonuçlarıyla arasında pozitif ilişki olduğu görülmüştür.

BRZ'nin şiddet düzeyindeki artış sayesinde kısaldığı ve yüksek siddet düzeyinin daha çok sayıda isitme reseptörünü devreye soktuğu görüşüne varılmıştır. Bu sayede yüksek şiddetteki ses dalgaları ,düşük şiddetli ses dalgalarına göre çok daha hızlı hissedilip tepki oluşturulmaktadır (Binboğa vd 2007).

Çizelge 3.6. Tüm veriler bazında BRZ'nın kadınlardaki ve erkeklerdeki uç değerleri (Binboğa vd 2007)

	Minimum		Maksimum	
	Frekans - Sıddet Düzeyi	BRZort (ms)	Frekans - Sıddet Düzeyi	BRZort (ms)
Kadınlr	500 Hz -80 dB	163,94	2 kHz - 60 dB	190,68
Erkekler	500 Hz -80 dB	160,94	4 kHz - 60 dB	190,66

Chocholle (1954) yaptığı çalışmada, esit düzeydeki ses dalgalarının frekans dikkate alınmadığı takdirde esit BRZ'ler (basit reaksiyon zamanı) oluştuğunu saptamıştır. Chocholle'nin bulguları, frekans ile RZ arasında anlamlı bir değişimin olmadığını göstermektedir. Binboğa E, Pehlivan M, Çelebi G nin ve Epstein'in buldukları sonuçlar ise Chocholle'nin aksine, frekans ile RZ arasında anlamlı bir değişimin olduğunu göstermektedir. Özellikle 1 kHz'lik ses tonunun, 4 kHz'lik ses tonundan daha kısa BRZ'ye neden olduğu saptanmıştır. Ortalama BRZ'nin kadın ve erkek tüm denekler için 500 Hz - 2 kHz aralığında frekanstaki artış ile uzadığı, 2 kHz - 4 kHz aralığında ise kısaldığı gözlenmiştir.

Örneğin, kohlea (iç kulağın görünen yapısı), bir saat süre ile 110 dB şiddetinde gürültüye maruz kaldığında ROS üretiminde önemli ölçüde artışlar kaydedilmiş, gürültü sonlanmasına rağmen ROS'deki artış devam etmiştir (Ohlemiller *et al.* 1999).

3.1.6.c. Gürültüye bağlı işitme kayıpları ve gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri

Gürültü sayılabilecek seviyedeki ses dalgalarının işitme sisteminde meydana getirdiği olumsuzluklar birden ya da zamanla etkisini göstermektedir. Aniden ortaya çıkan ve yüksek ve şiddetlerdeki ses dalgasının kulak zarına verdiği hasarlar arasında, kulak zarı parçalaması ya da çok hassas olan korti organının fizyolojik yapısını düzelmeyecek şekilde bozması örnek verilebilir. Aynı zamanda ani olarak zarar oluşturmayacak yüksek düzeydeki ses dalgalarına uzun süre maruz kalan bireylerde kalıcı işitme kayıpları

oluşabilir. Bununla birlikte yüksek sese maruz kalan kulakta, tüy hücreleri zedelenecek, korti organında çökme oluşur ve oluşan ses sinir hücrelerini etkileyerek kulak yapısına zarar verir. Bireyde kulak yapısı "işitme kaybı" ya da "işitme eşiğinin kayması" adı verilen, işitme duyusunda zedelenme ve azalma görülür.

Oluşturduğu olumsuz etkilere bağlı olarak gürültü düzeyleri Tablo 1'de (13) görülmektedir. Verilen gürültü seviyeleri dB(A) cinsinden olup, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)'ne göre dB(A); insan işitme sisteminin en duyarlı olduğu orta ve yüksek frekanslara daha fazla ağırlık veren bir ses düzeyi ölçütüdür. Ağırlıklı ses düzeyi olarak tabir edilen dB(A), gürültünün etkilenim değerlendirilmesi ve kontrolünde yaygın olarak kullanılmaktadır (Güler 1994).

Çizelge 3.7. Oluşturduğu olumsuz etkilere göre gürültü seviyeleri (Kurra 1991)

Sınıflandırma	Gürültü seviyesi	Ortaya çıkan olumsuzluklar
1.derece	30-65 dB(A)	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku ve konsantrasyon bozukluğu
2.derece	65-95 dB(A)	Fizyolojik tepkiler; kan basıncının artması, kalp atışı ve solunumun hızlanması, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3.derece	90-120 dB(A)	Fizyolojik tepkilerin artması, baş ağrıları
4.derece	120-140dB(A)	İç kulakta sürekli hasar ve dengenin bozulması
5.derece	>140 dB(A)	Ciddi beyin tahribatı

İnsan kulağı 20–2000 Hz arasındaki sesleri algılamaktadır. Bu değerin altında kalan seslere infrason ses, üzerinde kalan seslere ise ultrasonik ses denilmektedir. Bu aralıktaki sesler insanlar tarafından duyulmazlar fakat insanlarda çeşitli tepkiler oluştururlar. Bu tepkiler bulantı, baş ağrısı, huzursuzluk gibi çeşitli etkilere yol açabilmektedirler. Teknoloji toplumlarında en sık rastlanan infrasesler özellikleri açısından daha etkili

olmaktadırlar. Uçak, raylı sistem ve diğer ulaşım gürültüsüne maruz kalan kişilerde bu seslerin etkisi daha fazla gözlemlenmektedir (Güler 1994).

Uzun yıllar gürültünün yalnızca işitme sistemine ilişkin sorunlara neden olduğu kabul edilmiştir. Ancak son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalar, sağlık üzerindeki etkileri daha belirginleşmiş olan gürültünün çeşitli fizyolojik etkileri ve bunların az veya çok kronik patolojik etkilere dönüşümü üzerinde yoğunlaşmaktadır. Gürültünün, psikolojik etkilenme ve insan performansı üzerinde etkileri ise daha açık bir şekilde ortaya konulmaktadır (Toprak ve Aktürk 2004).

Gürültünün oluşturduğu etkilere bakıldığında özellikle yeraltı işletmelerinde; toz, sıcaklık, zararlı gazlar, nem ve ışık gibi insan üzerinde olumsuz etkiler oluşturan çevresel parametreler içerisinde gürültü önemli yer tutar. İşitme kaybı önemli bir meslek hastalığıdır. Çoğu işyerlerinde gürültüye bağlı oluşan işitme hasarları oldukça sık görülmektedir. Özellikle de iş kazalarının önemli sebepleri arasında gürültüye bağlı işitme kayıpları başı çekmektedir.

Çetin (2000) yaptığı çalışmasında Orta Anadolu Linyitleri (OAL) yeraltı işletmesinde çalışma birimlerine göre gürültü değerlerini saptamış; değişik işçilik sanatları bazında işitme kayıpları çıkarmıştır. Personele ait odyogramların incelenmesinde farklı işçiliklerde işitme kaybı yönünden risk gruplarının oluştuğunu gözlemlemiştir.

Amerikan ulusal standartı ANSI S 3-1 de verilen sisteme göre ;

0 - 26 db Normal işitme

27-40 db Çok hafif derecede işitme kaybı

41-55 db Hafif derecede işitme kaybı

56-70 db Orta derecede işitme kaybı

71-90 db İleri derecede işitme kaybı

91- db Çok ileri derecede işitme kaybı olarak kayda geçmiştir.

Çizelge 3.8. Yeraltı işçilikleri ve maruz kaldıkları ses şiddetleri (Çetin 2000)

İşçilik Sanatı	Maruz Kaldığı Ses Şiddeti (Desibel)	1998-2000 yılları arasındaki ortalama işitme kaybı(%)
Tamburlu kesici operatörü	95	33
Şilt sürücü-Hidrolikçi	80	14
Tesis çalıştırıcı	80	29
Monoray operatörü	90	30
Rambleci	85	38
Sökümcü-kazmacı	78	23
Konveyör bakımcı	80	23
Gam operatörü	90	20
İhrazat işçi	90	25

Bu bağlamda incelendiğinde özellikle sanayi ve fabrika tesislerinde ölçülen maksimum ses şiddeti 95-100 desibel civarında olmaktadır. Gerek yüksek seviyede gürültüye maruz kalan işçilerden oluştuğu gözlenen risk gruplarının saptanması gerekse bu işçiliklerin işitme kayıplarının gürültüye maruz kalma süreleri ile pozitif ilişkiye sahip olduğunun gözlenmesi; gürültünün zararlı etkilerinden korunma konusunda bazı önlemler alınması gerektiğini gözler önüne sermektedir. Yeraltı çalışmaları sırasında özellikle gürültü kaynağını oluşturan makina sistemlerinin ses yalıtımlarının montajı ve mekanik ünitelerinin rutin bakımının aksatılmadan yapılması en başta alınabilecek teknik önlemlerdir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında tamburlu kesici operatörü, monoray operatörü, tesis çalıştırıcı, hidrolikçi ve rambleci gibi zanaatler, gürültüye dayalı işitme kayıpları yönünden en riskli gruplar arasındadır. Bundan dolayı bu alanda çalışan işçilere özel olarak odyogramlarının düzenli aralıklarla takip edilmesine ve özellikle kulak koruyucularının aksatılmadan kullanılması sağlanmalıdır.

3.1.7. Ses dalgalarının bazı böceklerdeki etkileri

Böcek türleri ve etkisi altında kaldıkları sesler bölgelere göre farklılıklar ortaya çıkarmaktadır. Böcekleri uzak tutmak istenilen bölgelere yaklaştırmamak adına alınabilecek önlemler tam olarak bilinmemekte olduğu gibi hangi böceğin hangi aralıktaki ses dalgalarından etkilenip uzaklaşacağı bilimsel ve deneysel çalışmalar sonucundan elde edilebilmektedir. Bilimsel olarak aralığı belirlenen insan kulağının duyabileceği sesler ortalama 20 ile 20.000 Hz arasında değişmektedir. Böcekler ise insanların duyamadığı düzeydeki sesleri duyabilmektedirler. Bu konudaki belirleyici nokta, kullanılacak alanlara uygun olarak uygulanacak ses şiddetinin bilinmesi gerekir.

Böcekler ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, birbirini tutan, benzer sonuçlar alınmıştır. Örneğin, Liu *et al.* (2012) ses dalgasının *Drosophila spp.*'nin beslenmesini %22 oranında azalttığını rapor etmişlerdir. Yine aynı şekilde, *Tetranychus citri* (turinçgil sineği) 0.055 kHz frekans ve 120 dB ses basıncı altında 30 dakika bırakıldığında, böceklerin ömrününün kısaldığı ve ölüm oranının %42,8 oranında arttığı belirlenmiştir (Chen *et al.* 2013). Zha and Lei (2012) ultrases dalgasının *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) kelebeklerine 40 dakika süre ile uygulandığında böceklerde POX aktivitesinin hem larva hem de erginlerde antioksidant enzim sistemini değiştirdiğini belirlemişlerdir.

3.1.7.a. Sesin sivrisinek kovucu olarak kullanımı

Yerleşim alanlarında bir çevre sağlığı sorunu olarak nitelendirilen sivrisinekler ile mücadele yöntemleri arasına alternatif bir çözüm olan ses frekansları da kullanılmaktadır. Böcek ve haşereler ultrasonik vibrasyonların çıkarmış olduğu devamlı değişen frekanslardaki ultrasonik ve sonik ses dalgalarına dayanamaz ve adapte olamazlar. Bu sonik ve ultrasonik sinyaller haşerelerin sinir sistemlerini etkileyerek onların iletişim ve beslenme alışkanlıklarını bozar ve ses dalgalarının etki alanından uzaklaştırarak tekrar gelmelerini önler. Sivrisinekler, esas olarak 4 önemli hastalık etmenini (sıtma, sarıhumma, dank humması ve filarya) insanlara bulaştırarak sağlık açısından problemlere

neden olurlar(Alten ve Çağlar 1998). Özellikle sıtma, hücre içi, protozoon kaynaklı bir enfeksiyon hastalığıdır. Sivrisinekler tarafından insanlara “salivarian” bulaşma şekli ile bulaşır Etkili tedavisi olmasına rağmen, dünyada halen önde gelen ölüm nedenlerinden biri olarak önemini korumaya devam etmektedir (İnci ve Düzlü 2009).

Ultrasonik ses frekanslarının sivrisinek larvalarına olan etkisi önceden yapılan bir çok çalışmalarda belirlenmiştir. Özkurt ve Kavur(2019) dan bildirildiğine göre, sivrisineklerin erken larval evrelerine (L1 ve L2) 14,0 kHz-20,0 kHz arası ses frekanslarının daha fazla mortal etkisi olduğu gözlemlense de 20,0 kHz üstü aralıklarda geç larval evrelere daha fazla gözlemlenen mortal etkiler olduğu New Mountain Basics of Acoustics (2019) da ileri sürülmüştür.

Özkurt ve Kavur (2019), *Culex pipiens* larvalarının kullandıkları çalışmalarında, piezo transdüktörünün bağlandığı su kabına değişen yüksek oranlarda ses frekansları gönderilmiştir. En fazla larval mortaliteye sebep olan frekansın 14,8 kHz olduğu saptanmış ve bu frekans değerinin erken evre larvaları daha fazla etkilediğini gözlemlemişlerdir. Ultrasonik sınır üstü frekans değerleri olan 26,5 kHz’de ise geç evre larvalar ultrasonik sınır ve altı frekanslara göre daha fazla etkilenmiş olsa da erken evre larvalarda yukarıda bahsedilen bulguların aksine 26,5 kHz’de daha fazla larval ölüm saptanmışlardır. Bu farklılığın, 26,5 kHz’in kullanılan *Culex pipiens* geç evre larvalarının akustik rezonans değerine yakın bir miktarda titreşim üretmesinden kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Bulgularının istatistiksel analizi sonucunda, 14,8 kHz ve 26,5 kHz’in mortalite değerleri arasındaki anlamlı farklılık, sırasıyla erken ve geç evre sivrisinek larvalarının akustik rezonans değerlerine yakın değerlerde olduklarından ortaya çıktığını düşünmektedirler.

Ülkemizde özellikle yazın büyük sıkıntı yaratan sivrisineklerle yapılan araştırmalarda dünyada her yıl 700 milyon kişi sivrisinek sokması ile hastalanmaktadır. Ölümünün 17 de 1 i bu nedenlerle olmaktadır. Maleryadan yılda 3 milyon kişinin öldüğünü, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) belirtmektedir. Birçok hastalık sivrisinek ısırmasından yayılmaktadır. Bu sinekler incelenmiş ve değişik sivrisinek kovucular araştırılmıştır.

İşçi 2006, basit bir ultrasonik sivrisinek kovucu yapmıştır. Burada önemli olan, sesin frekansının değeridir. Bunun için birçok internet sitesi araştırmıştır. İnsanı sokan dişi sivrisinekler olduğundan, bu ısırıklardan kurtulmak için dişi sivrisinekleri uzaklaştırmak gerektiğini vurgulamıştır. Yaptığı araştırmalar neticesinde, agresif erkek sivrisineklerin kanat çırpış frekansının önemli olduğunu, dişilerin bu erkeklerden kaçmaktığını gözlenmiştir.

Ayrıca sivrisineklerin en başta gelen düşmanları yusufçuk (Dragonfly) denilen sineklerdir. Bunların kanat çırpış frekansları da sivrisinekleri kaçırmaktadır. İlgili ses frekansını bulmak için, yurtdışında elektronik sivrisinek kovucular yapan firmalarla bağlantı kurarak, bu frekanslar, ölçümler sonucunda belirlemiştir. Bu nedenle 2 ayrı frekansta ses üreten iki osilatör devresi yapılmıştır. Fakat bu frekans değerlerini yayınlamamıştır.

Sonuç olarak, dünyada birçok hastalığa neden olan sivrisinekleri kovmak için, ucuz basit bir elektronik devre kurulmuş ve uygun frekanslarda ses ve ultrases oluşturulmuştur.

3.1.7.b. Zirai mücadelede böcek sesinin kullanımı

Organizmaların oluşturdukları ses dalgalarının sebeplerini ve natural özelliklerini araştıran bilime biyoakustik adı verilir. Böceklerin farklı zamanlarda çıkardıkları ses kayıtlarından frekans ve ses şiddeti ilgili tüm verileri, Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform – FFT) denilen bir paket programından rahatlıkla elde edilebilmektedir. Günümüzde, kullanan buna benzer çeşitli hazır programlar bulunmakta olup, istenilen ses kayıtları çok hızlı bir biçimde ayrıştırılıp analiz edilerek, canlılara ait daha farklı bilgilere de ulaşılabilmeği mümkün kılınmaktadır.

Çetinkaya (2010) da çalışmasını, Akdeniz Meyve Sineği'nin çiftleşme davranışları üzerinde yaptırmıştır. İncelemeleri sonucunda erkek AMS'nin dişi AMS'ye yaptığı serenatı, görüntülü ve sesli olarak kaydetmiş ve bu ses kayıtlarını analiz etmiştir. FFT analizi sonucu AMS için 331 Hz bulunan sonucun literatürlerde yer alan 350 Hz (Mankin

2003) ile uyumlu olduğunu görmüştür. Literatürde rastlanılmayan AMS'lerin çiftleşirken yaptıkları serenadın frekans değerini 136 Hz olarak rapor etmiştir. Bunun yanında Mankin (2003)'ün çalışmasında, çiftleşme sırasındaki çıkardıkları işitilebilir ses seviyesindeki seslere ek olarak erkek sineklerin ultrasonik sesleri de çıkardıklarını görmüş, erkek AMS'lerin çıkardığı seslerle dişi AMS'leri çektiği ve bu seslerin taklit edilerek AMS'ler için bir tuzak hazırlanabileceğini rapor etmiştir. Çetinkaya (2010) ,çalışmasında elde ettiği bu sonuçlar, ultrasonik seslerin de akustik zirai mücadelede kullanılabileceğini göstermiştir.

Özellikle haşere ses dalgalarının ayrıştırılması sonucunda, birçok farklı böceğin olduğu bir ses kaydındaki seslerin hangi böcek türlerine ait olabileceğini gösteren çalışmalar literatürde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu gösterim böceklerle zirai mücadelede özellikle çevreye zararlı kimyasal kullanılmaması ve maliyeti düşük olmasından dolayı, zirai mücadele de çevre dostu olarak ilgi görmeye başlamıştır. Farklı türdeki böceklerin ses analizlerini yapıp, oluşturulan veriler ile bir kütüphane oluşturulması ve oluşturulan kütüphane sayesinde duyulan sesin hangi böcek türüne ait olduğunun tespit edilmesi büyük bir adım olacaktır. Aynı program yardımıyla tarımla uğraşanlara çok büyük yarar sağlayacak bir sistem oluşturulabileceği görüşü önem kazanmaktadır. Sayısal olarak sinyal işleme ve ses dalgalarını tanıma temaları üzerine daha fazla ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Sistemin eksiksiz oluşturulması ve hatasız kullanımına dayalı çalışmaların devam etmesi, tarımda mücadeleye önemli katkılar sağlayacak ve yöntemin uygulanabilirliği artacaktır.

3.2. Ses Dalgasının Diğer Metotlar İle Birlikte Kullanımı

Ses dalgası tek başına kullanıldığında doza ve süreye bağlı olarak etkili bulunmasına rağmen diğer metotlar ile kullanıldığında çok daha etkili bulunmuştur.

Örneğin, normal büyüme koşullarında (37°C), *E. coli* (90 dB/1-10 kHz) ile 24 saat süreyle muamele edildiğinde hücre çoğalması teşvik edilmiş, ancak ortama osmotik stres

yaratabilecek şeker ilave edildiğinde, *E. coli*'nin gelişimini kısa sürede inhibe ettiği rapor edilmiştir (Shaobin *et al.* 2010).

Phull *et al.* (1997) çalışmalarında, ses dalgasına maruz kalan hücrelerin membran bütünlüğü bozulduğundan sahip olduğu organellerini kaybettiklerini, bu sırada kullanılacak ilave bir dezenfektanın ya da düşük toksisiteye sahip kimyasalların mikroorganizmalar üzerinde daha ölümcül etki yapabileceğini belirtmişlerdir.

Ultrases dalgası ile (25-70 kHz) ile klorlanmış suyun kombine edilmesi etkili bir dezenfektan oluşturmuştur (Seymour *et al.* 2002). Yine aynı şekilde, salisilik asit (SA) ile ultrases dalgası kombine edilerek SA'in doku içine penetrasyonu artırılarak dayanıklı dokular oluşturulmuş, meyve ve sebzelerin çürümesi engellenmiştir (Yao *et al.* 2005; Yang *et al.* 2011). Yao *et al.* (2004) ultrases dalgası ve SA'ı ayrı ayrı ve birlikte şeftali ve armutlarda mavi çürüklük etmeni *Penicillium expansum* üzerinde denemişler, SA'in tek başına mavi çürüklüğünü azalttığı fakat ultrasesin tek başına böyle bir etkisinin olmadığını ancak her ikisinin kombinasyonunun daha etkili bir kontrol yöntemi olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, kombine etki, kitinaz, β -glukanaz ve Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) gibi savunma enzimlerinin seviyelerinin artmasına da neden olmuştur. Yine, Yang *et al.* (2011) ultrasonik dalgaların (40 kHz, 10 dakika) ve SA (0.05 mM) uygulamalarının şeftaliler üzerinde çürüklüğe neden olan *Penicillium expansum* fungusunu önemli derecede kontrol ettiğini ifade etmişlerdir.

Benzer olarak, Rivera *et al.* (2011) NaOCl (500 ppm), H₂O₂ (500 ppm) veya %70 (v/v) ethanol'u ultrases dalgası (35 kHz, 10 dakika, 4°C) ile kombine ederek yer mantarı üzerinde test etmişlerdir. Ultrases dalgası meyveler üzerindeki *Pseudomonas spp* popülasyonunu 1.6 log₁₀ cfu g⁻¹ değerinde, ve Enterobacteriaceae popülasyonunu ise 1.6 log₁₀ cfu g⁻¹ değerinde azaltmıştır. Ultrases dalgası çamaşır suyu veya H₂O₂ ile kombine edildiğinde ilave bir 1 log₁₀ cfu g⁻¹ değerinde bir azalma olduğu görülmüştür. Yine, Sanchez-Rubio *et al.* (2016) portakal ve nar meyve sularında *S. cerevisiae* inaktivasyonunu ultrases ve sıcaklık (50°C) uygulaması ile başarmışlardır.

Sao Jose and Vanetti (2012) cherry domateslerde ultrases dalgası (45 kHz, 10 dakika) ile ticari olarak kullanılan temizleyici maddelerin [(20-200 mg l-1 sodium dichloroisocyanurate), (%5, v/v, H₂O₂), (10 mg l-1 klorindioksit, ClO₂) ya da (40 mg l-1 perasetik asit)] birlikte kullanımı ile domates yüzeyinde doğal olarak bulunan mikroorganizmaların ve suni olarak inokule edilen *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 bakterisinin uzaklaştırılmasını test etmişler, en başarılı sonucun 3.9 log₁₀ cfu g-1 değerindeki bir azalma ile 40 mg l-1 perasetik asit ile kombine edilen ultrases dalgası uygulamasından elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Sagong *et al.* (2011) ultrases (30 W l-1, 40 kHz, 5-10 dakika) ve organik asit (malik, laktik ve sitrik asit) kombinasyonunun depolanmış marulun kalite ve yapısal parametrelerini etkilemeden *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* ve *Listeria monocytogenes* popülasyonunun azaltılmasında önemli rol oynadığını rapor etmişlerdir. Benzer sonuçlar, Kim *et al.* (2006) tarafından da elde edilmiş, birçok dezenfektant maddenin ultrases dalgası ile kullanımının yonca ve brokoli tohumlarının *E. coli* O157:H7 bakterisinin sterilizasyonunda önemli bir etken olduğunu ifade etmişlerdir.

Dezenfektantlar içinde en önemli olanları klor içeren kimyasallardır. Ancak deri ve solunum yollarında açtığı tahribat ve çevreye olan zararından dolayı bu kimyasalların kullanımı başta Hollanda, İsveç, Almanya ve Belçika gibi ülkelerde yasaklanmıştır (Sao Jose and Vanetti 2012). Çok düşük klor dozu ile ultrases kombinasyonunun, başa çıkılması zor olan kontaminantların (*E. coli* ve toplam koliform) etkilerini bertaraf etmeyi kolaylaştırdığı bildirilmiştir.

Huang *et al.* (2006) klorindioksitin ile ultrases dalgası uygulanmasının elma ve marullarda *Salmonella* ve *E. coli* O157:H7 konsantrasyonunu 1.2-1.9 log₁₀ cfu g-1 değerinde azalttığını rapor etmiştir.

Ayyıldız vd (2011) ultrases (150-300 W l-1) ile klorindioksit (2 mg l-1) uygulamasının atık suların dezenfeksiyonunda *E. coli* ve toplam koliform inaktivasyonunu sağlamakta çok başarılı olduğunu göstermişlerdir.

Son yıllarda ultrases dalgası ile EO (elektrolize edilmiş oksidize su)'nun birlikte kullanımına başlanmıştır. EO su, klorlanmış suya alternatif olarak Japonya'da geliştirilmiş, tarım ve gıda endüstrisinde ve hasat sonrası hastalıkların kontrolünde giderek daha fazla kullanılan teknolojik bir ürün olmuştur. EO su, seyreltilmiş NaCl solusyonunun elektrolize edilmesi ve ion ayrıştırıcı bir membran yardımı ile anot ve katot'un birbirinden ayrılması ile elde edilmektedir. Anot tarafında toplanan su, HOCl içeriği ve düşük pH seviyesi sayesinde son derece etkili bir temizleyici ve dezenfektan özelliğe sahip olup, normal yollar ile elde edilen OCl-1 den çok daha güçlü etkiye sahiptir. Negatif yüklü iyonlar (Cl-, OH-), anot kısmına doğru hareket ederek elektronlarını bırakırlar ve gaz haline (O₂, Cl₂) geçerek HOCl asit oluşturarak pH 4.0 seviyesinde bir su oluştururlar. Bu su, yüksek oksidasyon özelliğine sahip olup mikrobiyal organizmaların hücre membranlarını parçalayarak hücre içi metabolitlerin yapısını bozabilecek potansiyele sahiptir. EO su (100-, 200-, 700 ppm serbest Cl) ile ultrases dalgası (108, 400, 700 kHz, 1 MHz), 0-, 10-, 30-, ve 60 dakika boyunca 27°C'de ananas meyveleri üzerinde bulunan *Fusarium* sp. için test edilmiştir. Megasonifikasyon ve EO su kombinasyonu 10 dakika süre ile uygulandığında spor çimlenmesini ve misel büyümesini 3 gün boyunca tamamen durdurmuştur. Ultrases ve EO su uygulaması bitkide PAL ve POD enzimlerinin seviyesini artırarak savunmaya önemli katkıda bulunmuşlardır. EO su, ultrases ile birlikte kullanıldığında ananas meyvelerinin raf ömrünü de 20 güne çıkartmıştır. Analizlerde, meyvelerde titretable asit, toplam çözünen katı madde, pH ve vitamin C içerikleri bakımından herhangi bir kaybın yaşanmadığı sonucuna varılmıştır (Khayankarn *et al.* 2013; 2014).

EO ve ultrases dalgası oda sıcaklığında 5 dakika süre ile kombine edildiğinde, marul yaprakları üzerinde bulunan bakteri sayısı 2.3 log₁₀ cfu g⁻¹ değerinde azalırken, 40°C sıcaklıkta 3.8 log₁₀ cfu g⁻¹ değerinde azalma göstermiştir. Bu durum sadece mikrobiyal emniyeti arttırmamış, marul bitkisinin 10°C'de depolama ömrünü de arttırmıştır (Forghani *et al.* 2013).

Whangchai *et al.* (2010) ise EO su ve ozon kombinasyonunun hasat sonrası *Penicillium digitatum* ile inokule edilmiş mandalina meyvelerinin 5°C'de depolama ömrünü 28 güne

kadar çıkarttığını rapor etmişlerdir. EO su ve ozon uygulaması mandalina meyvelerinde toplam çözünen madde, titretable asit, ağırlık ve renk kaybı gibi kalite değerlerinde herhangi bir kayba neden olmadığı da saptanmıştır.

Khayankarn *et al.* (2013 ve 2014) EO su içinde bulunan en düşük konsantrasyon olarak uygulanan 100 ppm serbest klorinin bile fungal gelişimi durdurmaya yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan hipoklorus asit (klor içeren bileşiklerin en etkili formudur) mikrobiyal hücrenin nükleik asit ve proteinlerinde oksidasyonlara neden olarak hücre ölümünü gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Düşük pH derecesine sahip EO suyun, mikrobiyal hücrenin dış kısmı ile temas sağladıktan sonra hipoklorus asitin hücre içine daha kolay girdiği ve hücre ölümüne yol açtığı ileri sürülmektedir. Örneğin, *P. digitatum*'un 1 dakika süre ile EO suya maruz kalması ile de yakından ilişkili sonuçlara varılmıştır (Whangchai *et al.* 2010).

Yine, Buck *et al.* (2002) ince-duvarlı fungusların bu yolla 30 saniye, kalın duvarlı fungusların ise 2 dakika içinde inaktivasyonunun sağlandığını bildirmişlerdir. Zou ve Jiang (2016), havuç suyunu ultrases dalgası ile muamele ettiklerinde mikrobiyal kontaminasyonun azaldığını, meyve suları pH, elektriksel iletkenlik, akışkanlık, toplam çözünen madde, vitamin C ve karetenoid içeriklerinde herhangi bir kaybın oluşmadığını belirlemişlerdir.

Benzer sonuçlar, Cruz-Cansino *et al.* (2016), ultrases dalgasının armut meyve suyuna uygulandığında, pH ve toplam çözünen madde miktarında değişiklik olmamasına rağmen *E.coli* bakteri popülasyonunun azaldığını rapor etmişlerdir.

Yoshida *et al.* (2013) 30 kHz frekansında devamlı olarak uygulanan ultrases dalgasının genomik DNA molekülü üzerinde çift sarmal iplikçikleri kırdığını ifade etmişler, DNA molekülünün kırılması için belirledikleri eşik değerini aştığı durumlarda, kırılmanın doğrusal artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca solüsyon içinde oluşan akustik girdabın (kavitasyon) DNA molekülünün kırılmasında önemli etken olduğunu da ifade etmişlerdir.

Ultrases dalgası ile spor canlılığının azaltılması temel olarak serbest oksijen radikallerinin saldırısı ile açıklanmaktadır. Özellikle hidroksil radikallerinin saldırısı ve hücre membranlarının fiziksel parçalanmasının, hücre ölümünde kayda değer rol üstlendiği ileri sürülmüştür (Dehghani *et al.* 2007).

Ultrases dalgasının solusyon içinde bulunan kimyasal oksidantların hızlı bir şekilde dokuya penetrasyonunu mümkün kıldığı, bu aşamada oluşan ultrases dalgası ile açığa çıkan yüksek enerjinin hücre duvarlarının stoplazmik yapıdan ayrılmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Dikilitaş vd 2018).

3.2.1. Ses dalgasının ürünlerin korunmasındaki rolü

Ses dalgası ile ilgili çalışmalarda, sadece kontrol edilmesi gereken organizmalar konu edilmemekte, aynı zamanda konukçu dokunun hücre duvarlarını sağlamlaştırarak ürünün raf ömrünün uzatılması ve konukçuya patojen girişinin zorlaştırılması da hedeflenmektedir.

Örneğin, Kim *et al.* (2015) domates meyvesinin olgunlaşma sürecinin kontrollü bir şekilde yapılmasının, ürünün raf ömrünü uzatacağını ve çürümelere karşı daha dayanıklı hale getirebileceği ifade etmişlerdir. Bunun için hasat edilmiş domates meyveleri düşük frekanslı ses dalgaları ile (1 kHz) ile 6 saat muamele edildikten sonra oda sıcaklığında 14 gün boyunca bekletilmişlerdir. Ses dalgalarına maruz bırakılan meyvelerin %85'i yeşilliğini korurken muamele görmeyen meyvelerin ancak %50 si yeşilliğini koruyabilmiştir. Ses dalgalarına maruz kalan meyvelerde solunum ve etilen hormon üretimi kontrol meyvelerine göre önemli oranda azalmış, meyvede renk ve sertlik değişimi en az düzeye indirilmiştir. Ses dalgalarının meyve olgunlaşması ve etilen üretimi üzerine olan etkileri, etilen ile ilgili genlerin ekspresyon düzeyi belirlenerek ortaya konulmuştur. Etilen üretiminden sorumlu genler (*ACS2*, *ACS4*, *ACO1*, *E4* ve *E8*) ve olgunlaşmayı düzenleyen genlerin (*RIN*, *TAGL1*, *HB-1*, *NOR* ve *CNR*) ses dalgası ile baskılandığını rapor etmişlerdir.

Pinheiro *et al.* (2015) domates meyvelerinin 45 kHz frekansta 19 dakika maruz bırakıldığında renk değişiminin yavaşladığını gıdanın yapısal mekaniksel kalitesinin azalmasının yavaşladığını, kalite parametrelerinin korunduğunu rapor etmişlerdir.

3.2.2. Sesin popüler kullanım alanları

Günümüzde ses dalgalarından çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır:

Gıda sektöründe; oldukça yüksek frekanslı ses dalgalarını kullanan "ultrason" yöntemi, bitkilerin doğal biyolojik ve fizyolojik yapılarına zarar vermeden sağlıklı bir şekilde, düşük maliyetle, çabuk, kullanışlı ve kaliteli bir şekilde raf ömürlerinin uzatılmasında, yine hayvancılıkta sütün sterilize edilmesi gibi birçok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Tıp alanında; yüz gerdirme, cilt sıkılaştırma, böbrek taşlarının kırılmasında, liposuction (liposakşın) denilen istenmeyen yağları yok etmede (zayıflamada), anne karnındaki bebeğin görüntülenmesinde, canlı vücudunun herhangi bir organının görüntülenmesinde ses dalgalarından yararlanılmaktadır. Sesin frekansı, etki ettiği dokunun sesi emme kapasitesi ve dokunun kalınlığı ile doğru orantılıdır. Örneğin, su sıvı ve yoğunluğu düşük olmasından dolayı, ses dalgasını emme kat sayısı çok düşük olurken, katı halde olan kemiğin ise çok yüksektir. Bu nedenle ses, sıvı ortamlardan enerji kaybı olmadan geçer. Ultrases kullanılarak yapılan ultrason tekniğiyle genelde yumuşak dokular olarak nitelendirilen ve içerisindeki sıvı oranı yüksek olan böbrek, karaciğer, dalak, pankreas gibi organlar rahatlıkla görüntülenebilmektedir (webders.net).

Yer tespitinde; günümüz teknolojisinde, ses dalgaları daha çok denizlerde, okyanuslarda batan gemilerin koordinatlarını belirlemede, ayrıca deniz dibi haritalarının çıkılmasında kullanılmaktayken, 20. yüzyıldaki kullanım alanına bakıldığında özellikle savaşlarda belirli objelerin yerlerini belirlemek için kullanıldığı görülmektedir (webders.net).

Sanayi alanında; Metallerin toz haline getirilmesinde, özellikle metal alaşımları hazırlamada, gaz-sıvı karışımlarından gazları ayırmada, katı ve güçlü maddeleri delme ve işlemede ses dalgalarından yararlanılmaktadır (webders.net).

Temizlik alanında; sanayi fabrikalarından kaynaklı atmosfere verilen zararlı gazları temizleyerek atmosferin kirlenmesini önlemede ve atık sulardaki askıda bulunan maddeleri ayırmak için kullanılmaktadır (webders.net).

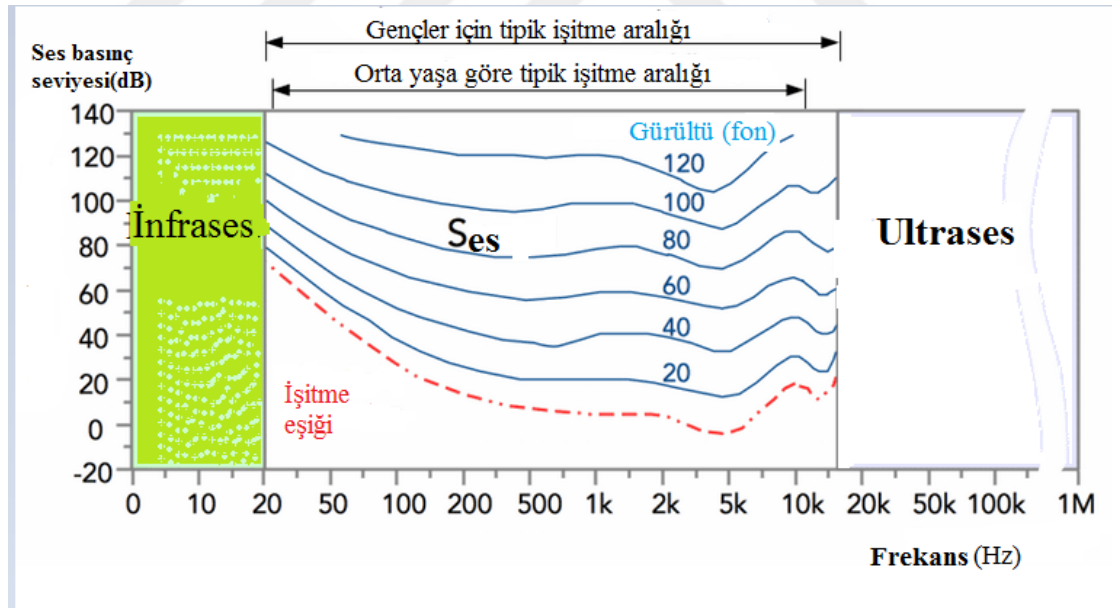
3.3. Akustik Ses Dalga Silahları

İnsanoğlu, tarih boyunca kendini diğer insanlara karşı savunma ve saldırı amaçlı pek çok farklı silah tipi geliştirmiştir: tabancalar, tanklar, füzeler, farklı tip bombalar, kılıçlar, oklar, yaylar v.s. gibi. Bugüne kadar daha çok bilimkurgu filmlerinde görmeye alıştığımız lazer silahları üzerinde halen çalışmalar devam etmekte olup, özellikle 21. yüzyılın silah sanayisinde, mevcut silahların etki gücünün artırılması ve diğer ülkelerde olmayan yeni silah türlerinin keşfedilmesi üzerine çok yüksek maliyetli projeler yürütülmeye başlanmıştır. Bu yeni silahlara, ses enerjisini kullanarak yapılan silahların eklenmesi potansiyeli oldukça yüksek olup, bu alanda özellikle gelişmiş ülkelerin yüksek bütçeli silah geliştirme projelerini yürütmekte oldukları bilinmektedir. Günümüzde, sesin silah olarak kullanılmasında, kullanım amacına bağlı olarak kullanılan ses frekansı ve şiddetini artırıp azaltabilmek mümkün olduğundan, farklı amaçlar için, farklı ses silahı tiplerinin (güçlü hoparlörler, sersemletici el bombaları, akustik toplar vs.) yapılabilmesi potansiyeli söz konusudur.

İnsanın, duyma eşiğindeki ses şiddet ve frekansları aşağıda Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Sesin insanlar üzerindeki etkileri oldukça karmaşıktır. Frekans, modülasyon (düzen), ses yüksekliği, maruz kalma süresi, ortam ve bireyin yaş ve işitme özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Bazı insanlar diğerlerinden daha hassastır ve cilt ultrasonik ses dalgalarının %99,9'unu yansıtsa da, kulaklarımız bu dalgaların taşıdığı enerjiye karşı çok daha hassastır.

Ultrasonun insanlara zarar vermesinin iki yolu vardır. Birincisi, vücuttaki hücreleri “ısıtarak”, ikincisi ise, “kavitasyon”, yani girdap oluşturarak. Ses, bir enerji türü olup, hücreye ulaştığında karşılaştığı hücresel yapılar tarafından absorblanır ve ses enerjisi, ısı enerjisine dönüşerek hücre içinde ısı oluşumuna yol açar. Yine hücreye ulaşan ses dalgaları, moleküllerin itme ve çekme hareketine maruz kalmasına, hücredeki sıvıların dalgalanmasına ve girdaplar oluşturmasına, müteakiben de baloncuklar oluşturarak patlamalarına yol açar ve bu esnada hücre büyük bir basınç artışı söz konusu olur. Bu basınç artışı da hücre içi yapıların moleküler yapılarının bozulmasına, anormal iyonik moleküllerin oluşmasına, yani oksidatif hasara yol açar.

Bu biyolojik etkilerin oluşumu, canlının ultrason kaynağına olan uzaklığına ve ultrasona maruz kalma süresine bağlıdır. Herhangi bir ses, bir hoparlörden daha ileride daha az güçlü olur, ancak ultrasonun, duyulabilir seslerden çok daha kısa mesafede gücü azalır.



Şekil 3.16. Ses spektrumu (İşittme altı-İşitilebilir-İşittme üstü ses dalgaları) (McLoughlin 2018)

Infrasound, insanın işittme aralığının altındaki düşük frekanslı seslerdir. Infrasound, doğal olarak üretildiği için canlıları sürekli çevreler. Bu sesler, rüzgar, dalgalar ve depremler gibi doğal olaylarla veya insan yerleşim alanlarında insan faaliyetleriyle

üretilmektedirler. Düşük frekanslı ses, deniz memelileri tarafından uzak mesafelerde iletişim kurmak için ve kuşlar tarafından göç düzenlerini belirlemek için kullanılır.

Daha yüksek hacimlerde yaklaşık 7-20Hz'lik bir ses dalgasının, doğrudan merkezi sinir sistemini olumsuz etkileyebilir, kaygı, endişe, panik, bağırsak spazmları, bulantı, kusma ve sonunda bilinç kaybına neden olabileceği bildirilmektedir. 7 Hz: Beynin ortanca alfa ritmi frekanslarına karşılık gelen en tehlikeli frekans değeridir. Bunun, vücudun organlarının rezonans frekansına dayanabildiği değerin üzerinde olmasından dolayı organların yırtılmalarına ve hatta biraz daha uzun süre maruz kalmanın ölüme bile varan sonuçlara yol açabileceği iddiası literatürde yaygın olarak ileri sürülmektedir (Gavreau 1968).

1-10hz: Bu değerin insan vücudundaki etkilerine bakıldığında, “Fikri faaliyet ilk önce engellenir ve sonra imha edilir. Genlik arttıkça, bazı rahatsız edici yanıtlar kaydedilmiştir. Bu tepkiler tam bir nörolojik yıkımın başladığını gösterir. Medullanın etkisi fizyolojik olarak engellenir ve otonomik işlevleri kesilir”(Gavreau 1968).

43-73hz: Bu aralıktaki ses dalgalarının etkilerine bakıldığında, Görme keskinliği eksikliği, IQ skorları normalin %77'sine kadar düşmesine, mekansal yönelişin bozulmasına, zayıf kas koordinasyonuna, denge kaybına yol açmaktadır (Gavreau 1968).

50-100hz: Kulaklar korunurken bile “Göğüs ve torasik bölgede dayanılmaz hisler üretilebilmektedir. Oluşabilecek diğer fizyolojik değişiklikler, göğüs tüm titreşimini ve insan deneklerinde bazı solunum ritmindeki değişimleri ve hipofarengal dolgunluğu (tıkaçlama) içermektedir. 50 ila 100 Hz arasındaki frekans aralığı ayrıca hafif bulantıya ve 150 - 155 dB seviyelerinde ciddi mide rahatsızlıklarına yol açmaktadır. 150 ila 155 dB'de (0,63 ila 1,1 kPA), solunumla ilgili etkiler, substernal rahatsızlık, öksürük, şiddetli substernal basınç, boğucu solunum ve hipofarengal rahatsızlık görülmektedir” (Gavreou 1968).

100hz - Bu seviyede bir kişi tahriş, “hafif mide bulantısı, ciddiye, cilt kızarması ve vücutta karıncalanma, baş dönmesi, endişe, aşırı yorgunluk, boğaz basıncı ve solunum fonksiyon bozukluğu” geçirmektedir.

Ultrason aynı zamanda çok yönlüdür. Ultrasonik bir atışı yönlendirip, kapalı bir odadaki birine çarptırmak için milimetre cinsinden hassas ayar yapılması gerekir. Güçlü ultrasonun bize ulaşmasının zor olduğu ve birçoğunun derimizden sıçradığı göz önüne alındığında, ultrasonun silah anlamında, garip bir silah seçimi gibi olduğu görünmektedir.

Akustik silahlar birkaç ülkede araştırma ve geliştirme aşamasındadır. Bir tür öldürücü olmayan silah olarak, bu silahların, rakiplere kalıcı fiziksel hasar vermeksizin, kısa süreli etkisiz hale getirebildiği ifade edilmektedir. Ancak bu silahlar hakkında tamamen güvenilir ve test edilip onaylanmış olan bilimsel bir bulgu henüz yayınlanmamıştır. Temelde büyük genlikli sesin, insanlar üzerindeki etkileri, potansiyel yüksek güç kaynakları ve bu güçlü sesin yayılımının etkileri hakkında bazı bulgular mevcuttur. Literatürde, insanlar üzerindeki yıkıcı etkilerinin, şimdiye kadar test edildiği herhangi bir araştırma bulgusuna rastlanılamamıştır. Sadece kazara bu ses dalgalarına maruz kalan kişilerde sinirlilik, rahatsızlık, işitme kaybı ve ağrı gibi semptomların oluştuğuna dair gözlemsel sonuçlar söz konusudur. Yüksek şiddet, frekanstaki seslere biraz uzun bir süre veya birkaç kez kısa sürelerde maruz kalınması halinde kalıcı sağırlık da oluşabilir.

Bunların ötesinde güçlü ses kaynakları olarak yanmalı motorlar, sirenler, ısıklık ve patlamalarla oluşan sesler bilinmektedir. Patlama dalgaları, düşük ve yüksek frekanslarda onlarca kilowatt akustik güç üretebilme potansiyelinde olup, insanların maruz kalması halinde, denge kaybı ve ağırlıklı olarak göğüste dayanılmaz rahatsızlıklar, hatta başta akciğer olmak üzere hayati organlarda ölümcül tahribatlar oluşturabilir (Altmann 2001).

Günümüzde, özellikle çıkan ayaklanmaları hafifletmek ve yatıştırmakta psikolojik etki yaratan, öldürücü olmayan çok güçlü hoparlörler, sersemletici ses bombaları ve sirenler kullanılmaktadır. Akustik gürültü canlıda rahatsızlığa neden olur. Kulaklara 120 dB'de ila 140 dB arasındaki seslerin ulaşması durumunda canlı bundan ıstırap duymaya başlar.

160 dB'de ise kulak zarının yırtılması meydana gelir. Akciğer rüptürü (kopma ve yırtılmalar) 175 dB'de görülmektedir. Yani, öldürücü olmayan akustik silahların 160 dB (yaralanmayı önlemek için) ile 120 dB arasında olması gerekmektedir. Aksi takdirde istenilmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir ve bu seslerden ancak özel kulaklıklar takılarak sakınmak mümkün olabilir.

Gavreau (1960)'nın ünlü ses deneylerinde ele aldığı bir uygulamada ses silahı, bir binanın içindeki isyancılara 160dB'lik ses şiddeti uygulanmış ve isyancıların etkisizleştikleri gözlenmiştir. Oda havalandırma sistemine bağlı, güçlü infrared makinesi binanın duvar kanallarını dayanılmaz infrasonik seviyelerde kuşatmıştır. En sonunda, infrasonun biyolojik etkisinin dikkate değer olduğu rapor edilmiştir (Vinokur and Associates 2004).

1998 yılında Primex Physics International şirketi, gürültü gücü 50 feet mesafeden 165dB seviyesine ulaşan ve darbe genişliği olan hedeflere yönelik akustik bir silah ürettiklerini ilgili sektörlerle duyurmuştur.



Şekil 3.17. Akustik ses dalga silahı (BBS, BlueBox)

Akustik ses dalga silahı ABD'de ilk olarak, ultrason teknisyeni Woody Norris tarafından 2000 yılında icat edilmiştir. Bu silahın, geliştirilmiş ses mermileri olarak adlandırılan yoğun ses frekanslarını yayabildiği bildirilmektedir. Ses mermileri sayesinde canlıların özellikle de insanların öldürülmeksizin etkisiz hale getirilebildiği söylenmektedir. Bu

silahtan çıkan ses frekanslarının, 145 desibel'e (insanların acıyı hissetme eşliğinin yaklaşık 50 katı) kadar çıkabildiği, insanlar kulaklarını kapatsa bile, bu silahla eteş edildiğinde anında migren etkisi yaparak şiddetli baş ağrısına yol açtığı iddia edilmektedir. Silahın, tabancadan çıkan kurşun gibi, tek bir doğrultuda giden ses frekansları yayabildiği bildirilmiştir. Bu sayede masum insanlara zarar vermeden, sadece şüphelileri ya da olay çıkaran göstericileri hedef alabileceği ve bu silahla kapalı bir mekânda ateş edildiğinde, duvarlara ya da sert yüzeylere çarpan ses dalgalarının, bir mermi gibi sekerek farklı yönlere gidebildiği de söylenmektedir (Dumanol 2010).

ABD Adalet Bakanlığı tarafından yayınlanan rapora göre, Bilim ve Teknoloji Ofisi tarafından NLTL programı diye tabir edilen, ölümcül olmayan program (non lethal programme) kapsamında, yeni cihazların geliştirilmesi ve yeni teknolojilerin takip edilmesi, geliştirmesi ve değerlendirmesi amacıyla birçok araştırma yürütülmektedir. Şu anda geliştirme veya değerlendirme aşamasında olan projelerin, akustik (sesle ilgili), kimyasal (biber spreyi gibi), elektrik (elektroşok cihazları ve mermiler), kinetik enerji mermileri (atış torbaları ve halka kanatçık mermileri) gibi alanlarda çalışmalar devam etmektedir (Davison 2009).

Sayılan bu projelerde amaçlanan silahın icat edilmesi yeterli olmayıp, canlılar ve özellikle insan üzerindeki etkilerinin de tam olarak ne olduğunun bilinmesi gerekir ki bunlardan emin olabilmek için de deneysel çalışmalara ihtiyaç duyulur. Mesela şimdiye kadar ses üzerine yapılan projelerde, insanın ani şaşkınlık, bulantı, baş dönmesi gibi geçici fizyolojik tepkiler verdiği frekansları test etmek mümkün olmuştur. Ancak daha yüksek frekanslara, yüksek şiddetteki ışınlara, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgalara insan vücudunun nasıl tepkiler vereceği halen soru işareti olup, aslında bu gibi projelerde en büyük sorun da budur. O yüzden amaç sadece bir silah icat etmek değil, yapılan silahın etki gücünün de test edilmiş ve amaca uygun olarak, istenilmeyen sonuçlardan kaçınılması açısından, gerekli bütün test çalışmalarının da yapılmış olması gerekmektedir.

Akustik “öldürücü olmayan” silah kavramları, genellikle geçici olarak bir kişiyi veya grubu etkisiz hale getirmek için tasarlanmaktadır. Ses dalgalarının etkileri insanlar üzerinde karmaşık, frekansa ve ses basıncına bağlı olarak, bir kişiden diğerine değişebilirler. Çizelge 3.9’da eşik ses basıncının genel bir özetini sunmaktadır. Farklı akustiklerdeki çeşitli efektler için desibel (dB) cinsinden ölçülen seviyelerin frekansları verilmiştir. Önerilen akustik “ölümcül olmayan” silah kavramlarının büyük çoğunluğu ya düşük frekans (yüksek / düşük ses) veya yüksek ses frekansları, işitmeye zarar vermeden fizyolojik bir etki gösterir.

Çizelge 3.9. Havada farklı frekanslardaki akustik seslerin insanlar üzerindeki eşik ses seviyeleri (Davison 2009)

Frekans(Hz)	İnfrasound 1–20 Hz	Düşük ses 20–250 Hz	Yüksek ses 250 Hz–8 kHz	Ultrasound >8 kHz / >20 kHz
Kulak Ağrısı	140–60 dB	135–40 dB	140 dB-120 dB konforsuzluk	140 dB
Kalıcı İşitme Zararı Kısa Pozlama	>170 dB Etki yok	>150 dB Etki yok	135 dB (minumum) 150 dB (0.4 orta) (1–4 Hz en kötü)	>156 dB Etki yok
Kulak Zarı Kopması	>170 dB	160 dB	160 dB	Bilinmiyor
Solunum Organları Üzerindeki Etkileri	>170 dB Etki yok	150 dB – Hafif Mide Bulantısı	140 dB – hafif denge rahatsızlığı	>154 dB Etki yok
Hafif Denge Rahatsızlığı	>170 dB Etki yok	150 dB – Dayanılmaz Etkiler	140 Db – Ağızda Gıdıklanma 160 Db – Isıtma	140 Db – Ağızda Gıdıklanma 160 Db – Isıtma

Düşük frekanslarla ilgili olarak, canlıyı büyük ölçüde, olumsuz yönde etkilemeden küçük etkilere neden olabildikleri belirtilmektedir. Yüksek seviyelerde tatsız ama sık sık derin etkilere sahip olmayan belirtiler; yalnızca kalıcı işitme hasarı riski taşıyan yüksek seviyelerdir. Ayrıca düşük yönlendirilmiş bir ışın için frekanslar oluşturulamamakta ve yüksek seviyelerdeki ses dalgaları iç mekan uygulamalarını tek olasılık haline getirmektedir. Yüksek frekanslar bir ışına yönlendirilebilmekte, ancak çok yüksek

seviyeler yalnızca pratik büyüklükte akustik kaynaklara sahip olmaktadır. Daha önemlisi, bazı önemli ekstra-aural etkilerin duyulabilir frekanslarla tetiklenebildiği ve yüksek seviyelerde geri dönüşümlü “ölümcül olmayan” etki olmayan hasar olasılığı vardır. Orta seviyelerde, uzun süreli maruz kalmalar dışında işitme kaybı riski olmadan, etki tamamen hoş olmayan seslerin neden olduğu sıkıntılara dayanan psikolojik, aciz bir silah olarak çok etkili olmayabilir. Ayrıca, akustik enerjinin işitsel etkileri kulak tıkacı veya koruyucularla hafifletilebilir. Isıtma etkilerini indüklemek için ultrasonik kavramlar da araştırılmıştır, ancak bir mesafeden yeterince yüksek seviyelere ulaşmak büyük bir sınırlamadır.

Davison (2009), günümüzde bilim ve silah teknolojisinin ilgi odaklarından biri de, ölümcül olmayan akustik silahlar olduğunu, akustik jeneratörler kullanılarak, taşkınlık yapan veya yasal olmayan protesto yapan kalabalık kitleyi dağıtmak için yüksek yoğunlukta sesi üreterek, yere doğru yönlendiren silahları üretmenin mümkün olduğunu dile getirmiştir.

Şuan birçok ülkede hava alanlarında pistlere giren hayvanlar, özellikle kuşlar için bu türden silahlar kullanılmaktadır. Silahın özelliği; topladığı sesi kat ve kat artırarak dışarı vermesidir. Günümüzde Avrupa'nın birçok kentinde de polis birliklerinin vazgeçilmezi olmuş durumdadır. Bu cihaz megafon olarak kullanılabildiği gibi, aynı zamanda İngilizce söylenen bir cümleyi ya da sözcüğü istenen dile de çevirebilmektedir. Yine bu silah Ortadoğu ülkelerinde fazlaca bulunmaktadır. Şu an silahın teknik özellikleri halen geliştirilmekte olup, ülkeler bazında yaygınlığı giderek artmaya devam etmektedir. Yakın bir gelecekte, ülkeler, özellikle komşu ülkeler arasındaki savaşlarda bu silahların kullanıldığı haberlerini duymak oldukça muhtemel gözükmemektedir. Hatta bu tür silahların daha da geliştirilmesi halinde kitle imha silahı haline dönüştürülebilmesi ihtimal dahilinde olup, bu silahların üretimi ve kullanımı konusunda henüz evrensel bir bilinç olmadığından, dolayısıyla Birleşmiş Milletlerin bu silahların üretimi veya kullanılması konusunda yaptığı herhangi bir kısıtlama olmadığından, bu tür silahlara sahip ülkelerin, diğerlerine askeri anlamda orantısız üstünlük sağlayabileceği ve bunun da dünyada birçok ülke için ya siyasi anlamda boyun eğme ya da karşı gelme durumunda çok yıkıcı etkiler

doğurabileceği veya da bu silaha sahip olabilmek için birçok ülkenin üretici ülkelere bütçelerini sarsacak miktarlarda ödeme yapmak zorunda kalabilmeleri ihtimali gayet olasıdır.

Akustik ses dalgası silahları, yüksek ve düşük frekanslı ses dalgalarını yoğunlaştırarak bir yere ya da bölgeye gönderebilmektedir. Bu silahın çıkardığı ses insanın kulaklarıyla değil, diğer organlarıyla da algılanmaktadır. Çok çeşitli ses dalgalarını içeren bu silah, çok daha büyük toplulukları imha etmek için kullanılmakta olduğu gibi, bu tür bir silaha karşı koymak için, tamamen bu silaha özel olarak tasarlanmış özel kask kullanılması gerekmektedir. Özellikle beyin fonksiyonları bu sesteki en fazla etkilenmekte ve bu seslerin etkisiyle canlıda bayıltıcı bir etki oluşmaktadır. İnsani açıdan bakıldığında, bu tarz silahların insan ve diğer canlılar üzerinde yapabileceği etkiler düşünüldüğünde, hiç üretilmemesi arzu edilen durumdur. Ancak ülkelerin birbirine baskın olma veya caydırıcı olma ihtiraslarının önüne geçmek mümkün olmadığından, hali hazırda bu tür silahlar üzerinde araştırma ve geliştirme çabalarının devam ediyor olduğunu görsel ve yazılı medya haberlerinden öğrenmekteyiz.

Sonik silahların üretilme amacı, ordunun elindeki bir ihtiyaçla birleştiğinde büyük oranda kalıcı zayıflara neden olmadan, savaş koşullarını kontrol edebilme, mevcut sonik teknolojilerin geliştirilmesi ve yayılması üzerinedir.



Şekil 3.18. Uzun menzilli akustik cihaz (Grimes 2005)



Şekil 3.19. Kalabalık kontrolü için kullanılan LRAD akustik silahı (Long Range Acoustic Device) (Grimes 2005)

LRAD (Long Range Acoustic Device) adı verilen silahın üretici firması olan San Diego merkezli American Technology Corp, ABD Donanması ile 10 Mart 2004'de yaklaşık 1,1 milyon dolarlık anlaşma imzalayarak LRAD üzerinde çalışmalarını hızlandırmıştır. Anlaşmaya göre, silah araçlara da monte edilebilir hale getirilecektir. Bakıldığında teknik olarak öldürücü bir silah değildir. Sadece uygun şekilde kullanıldığında ölümcül olmayan etkiler oluşturabilecek, karşısındaki insan kitlesinin kontrolünü sağlayabilecek bir cihaz gibi tarif edilmektedir.

LRAD, bağımsız bir test laboratuvarı olan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (NIOSH) tarafından sahada test edilmiş ancak operasyonel bir uygulamada henüz değerlendirilmemiştir. Şimdilik, kombine gürültü oluşturan bir ses kaynağı olarak, etki edebilme süreleri test edilebilmiş ve arzu edilen sonuçların alındığı ifade edilmiştir.

NTV

MSN

NBC

- Güncel
- Dünya
- Ekonomi
- Sağlık
- Yaşam
- Teknoloji
- Kültür Sanat
- Spor
- Hava /Yol
- News in English
- Detaylı Arama

Teknoloji

DÜNYADAN HABERLER

American Technology Corp. VP'si Carl Gruenler tam adıyla Long Range Acoustic Device silahı için ABD Donanması ile anlaşma imzaladıklarını açıkladı.



ABD, Irak'ta ses silahı deneyecek

ABD Ordusu, ses titreşimleri yayan yeni kuşak bir silahı Irak'ta kullanmayı planlıyor. LRAD (Long Range Acoustic Device) adlı silah, kulakları sağır edencesine bir titreşim yayarak, düşmanın mevzilerini terketmesini sağlıyor.

New York
ASSOCIATED PRESS

Şekil 3.20. LRAD'ın ABD tarafından deneme haberi (NTV, MSN NBC 2004)

American Technology Corp VP'si Carl Gruenler, LRAD silahının “çalışma prensiplerinin henüz denenmemiş olmasına karşın, Irak'ta gözlemlenecek ilk sonuçların, silahın geliştirilmesine önemli katkı sağlayacağını” ifade etmiştir. Şirketin resmi broşüründe ‘The Sound of Force Protection’ olarak tanıtılan cihaz, yüksek titreşim yayarak iç kulağı tırmalıyor ve örneğin dağıtılması gereken kalabalığın rahatsızlık duyarak kaçmasına neden olmaktadır. Silahı kullanan askerlerin ise özel geliştirilmiş kasklar sayesinde ses titreşiminden etkilenmediği belirtilmiştir.

LRAD adlı silahın, kulakları sağır edencesine bir titreşim yayarak, düşmanın mevzilerini terkederek kaçmalarına sebep olduğu söylenmektedir. LRAD tarafından üretilen sesin yoğunluğu dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Daha az gürültülü olmasına karşın, yüksek yoğunluklu sese (örneğin, 100 desibelin üzerinde) bireysel reaksiyon seviyesi, (örneğin 80 desibelden az) çok farklıdır. Yüksek yoğunluklu gürültü genellikle bireyin davranışını değiştirmesine neden olurken, düşük yoğunluklar sadece can sıkıcı

etki yaratmaktadır. Araştırma aşamasında olan ve Irak'ta denenmesi düşünülen bir başka silah da, düşmana acı verecek şekilde enerji yayan 'Active Denial System' adlı cihazdır. Şu an bu cihaz hakkında herhangi bir literatür bulgu mevcut olmayıp, tüm bilgiler görsel medyadan elde edilebilmekte olup (NTV, MSN NBC 2004), bu konuda edinilebilecek bilgi, ancak ilgili kurum ve bakanlıkların müsaade ettiği kadar olup, ayrıntılar milli sır olarak gizli tutulmaktadır.

Bu silah düşmanın kullanıcıya belli bir mesafeden daha yakına yaklaşmasını engellediğinden, asker bu esnada silahını çekebilme ya da diğer savunma hazırlıklarını yapabilmektedir. Silahın ses gücünün 150 desibel olduğu açıklanmıştır. Uzmanlar, 2100 ila 3100 hertz arasında değişen bir titreşime uzun süre maruz kalınması durumunda, kişide sağırılık dâhil kalıcı zararların ortaya çıkabileceğini belirtmekte ve şirket yetkilileri, silahın sağırılık riski yarattığını kabul etmektedirler (NTV, MSN NBC 2004).

Sonic ve ultrasonik silahlar (USW), bir hedefi incitmek, aciz bırakmak veya öldürmek için sesi kullanan tipteki silahlardır. İnsanlarda yaklaşık 7 Hz'lik rezonans frekansı, iç organlarda kolorektal kanser, pankreas kanseri vb. gibi kanser türlerine neden olabilmektedir. Bu silahların bazıları sonik mermiler, sonik el bombaları, sonik mayın veya sonik toplar olarak tanımlanmıştır. Kullanılmış sonik silah örneği olarak The Sound'u örnek verebiliriz. LRAD Corporation tarafından, akustik bir silah ve iletişim aracı olarak, mesajları yayınlamak ve uzun mesafelerde düşmanları veya yasadışı insan kitlesini caydırmak için geliştirilmiştir. LRAD cihazları çeşitli derecelerde ses üreten, bir araca monte edilebilen veya elde taşınan cihazlardır. Aygıt, yönlendirilebilir bir ses çıkarmakta ve 30 derecelik genişliğe kadar ışın yayabilmektedir. Ses komutlarını en fazla 5,5 mil uzaklıktaki bir hedefe 162 dB'e varan şiddete kadar güçlü seviyede iletebilmektedir (Skopec 2018).

LRAD 500X tipi, 15 yıl önce üretilmiş, yönlendirilmiş sesin kısa patlamalar halinde yayabilmekte, 300 metre mesafedeki herkeste baş ağrıları yapabilmekte, cihazın ses yolunun üzerindeki herkeste kalıcı işitme kaybına yol açabilmektedir.



Şekil 3.21. Bir araca monteli LRAD kızılötesi topu

LRAD kızılötesi cihazının potansiyel olarak kalıcı işitme kaybı yanı sıra uzun vadeli etkileri de vardır. Ses 120 dB'e ulaştığında, insan rahatsızlık duymaya başlamakta olup, bu ses seviyesi LRAD'ın ürettiği ses eşiğinin çok altındadır. Kalıcı işitme kaybı 130 dB'de başlar ve cihaz 140 dB'e yükseltirse, ses yolunda olan insanlar sadece işitme kaybına maruz kalmaz, aynı zamanda dengelerini kaybederler ve ses yolundan çıkamayabilirler (Skopec 2018).

1996 tarihli Bilimsel Uygulamalar ve Araştırmalar (SARA), raporuna göre ABD dünyanın önde gelen akustik silah geliştiricisidir. Yüksek güçlü akustik silahların ilk değerlendirmesinde akustik enerjinin, silah olarak kullanılabilmesi için çok güçlü bir potansiyel olduğu belirtilmiştir. Akustik silahların hedefte yaratacağı etkiler bakımından, diğer silah türlerinden farklı özelliklere sahip oldukları rapor edilmiştir.

Arkın (1997) akustik silahların insanlarda etki derecelerini araştırmış ve yayınladığı raporda; 90-120 dB şiddetindeki, düşük bir frekanslı ses dalgasına uzun süre (bir ya da birkaç dakika) maruz kalınması halinde, aşırı sıkıntı veya dikkat dağıtma etkilerinin

olduğunu,140-150 dB şiddetinde uygulandığında ise fiziki anlamda bedensel travma ve dokularda şiddetli hasarlara yol açtığını, 170 dB'den fazla olan ses dalgasının ise ani patlama tipi travma etkisi yarattığını ve tüm bedensel fonksiyonlarda yetersizlik görülebileceğini bildirmiştir.

Türkiye’de de, bu doğrultuda fakat silah amacı gütmeyen, ASELSAN tarafından geliştirilen Uzun Menzilli Akustik Yayın Sistemi olan UMAS adı verilen cihaz, uzun mesafelere yönlü olarak akustik yayın yapan ve mesaj iletimi sağlayan yüksek performanslı bir sistemdir. 145 dB olarak dar saçılımlı akustik yayın yapabilme kabiliyeti ile kayıtlı bir sesi yayınlama, etkin bir şekilde konuşma veya sesi belirli tonlarda 1000 metre mesafeye kadar etkin olarak iletebilme özelliklerine sahiptir. UMAS etkili menzili içinde kalan bireysel, toplumsal ve araç tehditlerine karşı güvenli bölge oluşturma ve toplumsal olaylara müdahale etme imkânı sağlamaktadır. Sistem yönlü olarak çalışabildiğinden istenilen yönde, herhangi bir dost unsura zarar vermeden çalıştırılabilmektedir. Cihazın özelliklerine bakıldığında; Araç üstü, tek başına kullanım ya da deniz platformlarında kullanım için özel tasarlanmıştır. Yönlü akustik yayın yapabilme kabiliyeti ve yönlü mesaj iletim kabiliyeti mevcuttur. Bu özelliklerdeki bu cihazın daha da geliştirilerek, yeri geldiğinde savunma amaçlı olarak da kullanılabilir olması kuvvetle muhtemeldir (Aselsan 2017).



Şekil 3.22. Aselsan'ın ürettiği uzun menzilli akustik yayın sistemi UMAS

3.3.1. Hipersonik silah ve füzeler

Hipersonik silah kavramı, çok yüksek seviyelerdeki ultrases dalgalarının bir alanda toplanarak, hedef bölgeye uygulanması ile birlikte, çok yüksek düzeyde geri dönülemez harabiyetler meydana getiren yeni nesil teknolojik silahları kapsamına almaktadır. Hipersonik teknolojinin daha da gelişmesi ve yaygınlaşmasının, küresel olarak, ülkelerin arasında gerginliklerin olduğu dönemlerde bu silahların büyük bir tehdit unsuru olabileceği ileri sürülmektedir.

South China Morning Post'a göre Çin, Ağustos 2018'de "tüm füze savunma sistemlerini alt edebilme" kapasitesine sahip bir hipersonik hava aracını test etmiş ve "Waverider-Dalga sürücü" adı verilen bu hava araçlarının, çok yüksek hızla havada süzüldüğü esnada oluşturduğu şok dalgalarını kullanarak füze savunma sistemlerini yetersiz kıldığını bildirmiştir.

Çin'in Şinkong 2 (Yıldızlı Sema-2) adlı hava aracı testlerde 30 kilometre irtifada saatte 7.344 kilometreyi bulan hızlara ulaştığı belirtilmiştir. Ayrıca, Şingkong 2'nin, Çin'in ilk

süpersonik hava aracı olmadığı, ülkenin, 2014'ten bu yana daha birçok havada süzülen çeşitli özelliklerde hipersonik silahları denediği açıklanmıştır. Ancak Şingkong 2 Çin'in, dalga sürücü teknolojisinin kullanıldığı ilk araç olduğu belirtilmiştir.



Şekil 3.23. Çin'in hipersonik hava aracı (BBC NEWS 2019).

South China Morning Post'a göre, "hava aracı tam anlamıyla geliştirildiğinde, dalga sürücüler, mevcut tüm füze savunma sistemlerini aşabilecek savaş başlıkları taşıyacaktır. "Ancak Pekin'deki askeri uzman Zhou Chenming gazeteye yaptığı açıklamada, Çin'in dalga sürücü hava araçlarının nükleer savaş başlıklarından çok, konvansiyonel savaş başlıkları taşıyacağını" söylemiştir. Zhou ayrıca "Bence bu teknolojinin silahlara dönüştürülebilmesi için hala üç ila beş yıllık bir süre gerektiğini" de eklemiştir. ABD'nin Pasifik Kuvvetleri'nin Komutanı Amiral Harry Harris, ABD Kongresi'ne yaptığı açıklamada ülkesinin hipersonik silahların geliştirilmesinde her iki rakibinin de "arkasında kaldığını" belirtmiş, Amiral Harris, Amerikan radarlarının tespit etmesinden önce Çin füzelerinin ABD'nin bölgedeki gemilerini ve kara üslerini vurabileceği uyarısı yapmıştır. Harris ayrıca "Bu teknolojiyi en hızlı biçimde yakalamak için çalışmaya devam etmeliyiz ve kendi hipersonik saldırı silahlarımızı geliştirmeliyiz" demiştir.

Çin, 2017'de Dongfeng türü füzelerden DF-17 hipersonik füzesini kamuoyuna duyurmuştur. Füzenin tahmini menzilin 1800 ila 2000 kilometre olduğu

söylenmektedir. Çinli yetkililer 2018 de, yeni bir devasa bombayı görücüye çıkartmış ve buna ABD'nin elinde olan "Tüm Bombaların Anası"nın Çin versiyonu olduğunu ifade etmişlerdir. Çin'in silah sanayii devi NORINCO'nun yayımladığı tanıtım videosunda, bomba H-6K bombardıman uçağından atılırken dev bir patlamaya yol açtığı görülmekte, ancak bombayla ilgili başka bir ayrıntı verilmemektedir. Resmi Şinhua Haber Ajansı, silahın ülkenin en güçlü nükleer olmayan bombası olduğunu ve boyutları nedeniyle H-6K bombardıman uçağının bir seferde sadece bir tanesini taşıyabildiğini bildirmiştir. Askeri uzman Wei Dongxu Global Times'a yaptığı açıklamasında, yapılan kıyaslamalara karşın, Çin'in bombasının Amerika'nın bombasından daha küçük görüldüğünü söylemiş, Amerikan bombasının uzunluğunun 10 metre, Çin'in bombasının ise yaklaşık beş ila altı metre uzunluğunda olduğunu iddia etmiştir. Wei ayrıca Çin'in bombasının daha hafif olduğunu ve bunun taşınması adına bir avantaj sağladığını da belirterek, "Dev patlama, tahkim edilmiş yer hedeflerini kolayca yok edebilir" demiştir.

Rusya'nın da aynı türde bir bomba geliştirdiğini ve yetkililerin buna ise "Tüm Bombaların Babası" adı taktığını açıklanmıştır. Amerikan versiyonundan daha büyük olan bu bomba, düştüğü yerde şok dalgaları değil, büyük bir alev topu yaratabilmektedir (BBC NEWS 2019).

3.3.2. Ses silahlarının avantaj ve dez avantajları

Ses Silahlarının avantajlarına bakılacak olursa, çevre üzerinde önemli bir yan etkisi görülmemekle birlikte, özellikle şiddet düzeyi ve süresi dikkatli kullanıldığında güvenlik, uyarı ve ikaz amaçlı olarak insanlığın yararına olabileceği düşünülebilir.

Dezavantajlarına bakıldığında, bu silahların kullanıldığı alanlarda, kullanıcıların da bu seslerden korunabilmesi için bazı özel önlemleri almalarını zorunlu kılmaktadırlar. Örneğin; kulakların parmakla tıkatılması, kulak tıkacı, etkin gürültü azaltma cihazlarının kullanılması gibi. Bu ses silahları mutlaka duyulabilir frekans bandında sesler üretmezler. O yüzden, insanlar farkında olmasalar bile bu seslere maruz bırakılabilirler. Bu silah kategorisinin etkisi, frekansa ve dalga biçimine bağlı olup, silahın frekansı ve gücü iyi

seçilmişse, karşı gruptaki insanlar ne kadar yüksek motivasyona sahip olursa olsun, hızla bu bireylerin etkisiz hale gelmelerini sağlayabilirler. Diğer taraftan kötü amaçlı olarak kullanılırsa, işitme sistemimizde geri dönüşü olmayan bir hasara neden olabilirler. Kulaklıklar, ses seviyesini 20 dB'ye kadar düşürebildiğinden, kulaklık kullanımı da kesin bir koruma sağlayamayabilir.

Bu teknolojinin gelişmesinin beraberinde birçok problemi beraberinde getireceğini söylemek gerekmektedir. Pekala, bu potansiyel problemler ya da tehlikeler neler olabilir? İlk olarak bu silahların nükleer patlayıcılarla donatılması gelecek nesillerin yaşaması çok zor olan bir dünyaya gözlerini açmasına sebep olabilir. Sonik ve hipersonik teknolojiye sahip ülkelerin, diğer ülkelerdeki siyasi, askeri ve sömürü gücünün artmasına imkan tanıyacağı, bu teknolojiyi yaklamak için tüm ülkelerdeki bilim insanlarının bu alana daha fazla zaman, emek ve kaynak harcayacağı, hatta bu silahları daha çabuk elde etmek için, sahip olan ülkelerden çok yüksek maliyetlerde satın almaya çalışacakları, ülkeler arasında yaşanabilecek olası savaşlarda her iki ülkede, dünya savaşı olması halinde ise tüm dünyada büyük insani ve fiziki mekan yıkımları ve doğanın kolay kolay eski haline gelemeyeceği düzeylerde tahribat görebileceğini ön görmek mümkündür.

3.4. Ses ve Atom

Evrende var olan canlı ve cansız tüm varlıklar atomlardan meydana gelmiştir. Bir atom temelde proton, nötron ve elektron denilen parçacıklardan oluşmaktadır. Proton ve nötronlar atomun çekirdeğinde yer almakta, elektronlar ise bu çekirdeğin etrafında dairesel hareket halindedirler. Tabiatta bulunan her şey titreşim halindedir; çünkü her şey atomlardan oluşur ve bu atomlar kendi içinde, belli değerlerde titreşim hareketi yaparlar. Bu duruma farklı bir açıdan bakıldığında, doğadaki her şeyin, bazen insanın farkına varamayacağı (çünkü insanın işitme aralığı 20 Hz ile 20 bin Hz arasındadır) kadar düşük seviyede ses ile farklı bir iletişim halinde olduğu, bu sayede birbirlerini etkilediği düşünülmektedir. Zira, evrendeki maddelerin birbirleriyle yaptıkları titreşimlerle oluşturdukları ses dalgaları tüm canlılar tarafından hissedilebilseydi, çok karmaşık ses dalgası yığınlarının oluşabileceği ileri sürülmektedir.

Doğadaki her şeyin kendine özgü bir frekansı vardır; dünyanın, canlıların, atmosferin, suyun, kayaçların v.s. gibi. Sıcaklık-yoğunluk değişimleri, mevsimler, fay hareketleri gibi doğal veya doğal olmayan olaylar, nesnelere frekanslarının değişmesine sebep olabilir. İnsanlar, hayvanlar, bitkiler ve diğer canlılar şartlara göre en uygun frekansı, organizmalarında düzenlediğinde, durumlara daha kolay adapte olabilmekte, olayları daha kolay yönetebilmekte ve bu şekilde yaşamın tadına daha iyi varmaktadırlar. Zira, yüzyıllardır müzik, tedaviye yardım amaçlı da kullanılmaktadır. Günümüze kadar farklı frekansların canlıları nasıl etkilediğini gösteren birçok deney yapılmış, sesin canlıların birbirini etkilemede de etkili olduğu fark edilmiştir. Karşısındaki insanları etkileme gücünün, o insanın ses tonu ve sesinin frekansından da kaynaklandığı düşünülmektedir.

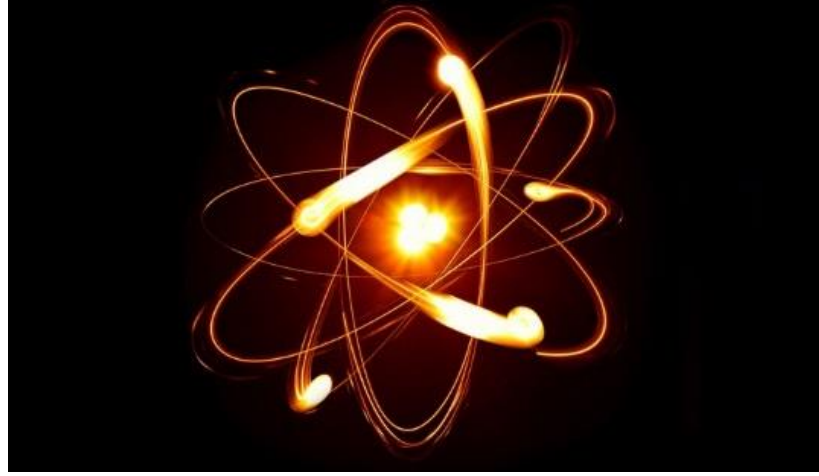
Ultra sesle, insanı kontrol edip beynini yönetme konusunda en ciddi çalışmalar 1974 yılında Walter Reed Askeri Araştırma Enstitüsü'nde Dr. Joseph C. Sharp tarafından yapılmıştır. Sharp, ultra ses ile insanları hipnoz etme üzerine yaptığı çalışmalarda, işitilebilen ses dalgalarını ultra ses dalgalarına dönüştürüp hedef insana yönlendirdiğinde, hipnoz edebildiğini ileri sürmüştür. Dr. Robert O. Becker, 60'ların başında aşırı düşük frekans (ELF) üzerinde yaptığı çalışmalarda, 1-30 Hz aralığındaki radyo dalgalarını doğru akımın üstüne sinyal ekleyerek yayabilmeyi başarmıştır. İnsanlar üzerine bu dalgaların yayılması halinde ise, 6,6 Hz frekansın depresyona; 10,8 Hz'in panik haline; 7,83 Hz'in insanın iyi hissetmesine neden olduğunu rapor etmiştir (Gia dergi, Tekno Kulis, Yıl 44, Biblioteca).

Uzmanlar ELF dalgalarının, atomlar arasındaki bağları, özellikle hidrojen bağlarını kopararak, uzun süreli maruz bırakma halinde, RNA ve DNA yapısını değiştirebileceği de belirtilmektedir. Bu bakımdan, canlı genetiğini değiştirerek, bozulmasına, ölümüne veya düşük ihtimalle de olsa gelişmesine yol açabilme potansiyeli vardır. Bilimsel çalışmaların özellikle bu alanda hızlanacağı ve sınırların zorlayacağı düşünülürse, canlılar üzerindeki etkileri yakın gelecekte çok daha net görülecektir. Son yüzyılda dünya her bakımdan hızla değişmektedir. Birkaç yüzyıl öncesine gittiğimizde, birçok şeyin zamanla tedrici olarak farklılaştığını görmekteyiz; doğal ve kentsel çevrelerin ve özellikle insanların. Peki, bu değişim sadece beslediğimiz gıdalar ve

hızlanan teknolojinin yarattığı negatif etkilerden mi kaynaklanıyor? Yoksa canlıların zamanla, sürekli ve hissetmeden maruz kaldıkları halen aydınlatılmamış etkilerden mi? Yoksa, insanoğlunun, dünyada var olan doğal potansiyel enerjileri dönüştürebilme ve kullanabilme becerilerini hızla geliştirmekte olmasından mı? Şüphesiz bu soruların cevaplarını vermek çok da kolay değildir.

Öte yandan ses ile yani titreşim ile beyine iletilen dalgalar, bu frekansla uyumlu bölgelerin harekete geçmesini sağlayarak uyarıcı niteliğinde elektrik akımı oluşturur. Beyindeki nöronlar arasında oluşan elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda da bedensel ve duygusal tepkiler gelişir.

Ses diğer enerjilerle etkileşime girdiğinde aralarında enerji aktarımı gerçekleşir. Bu durumda etkileşime giren maddelerin enerji düzeyleri değişime uğrar. Çevreden gelen her türlü ses, elektromanyetik dalga, ışık gibi enerjiler bu değişime sebep olur. Sesin yaptıklarını göz önüne aldığımızda aslında her şeyin birbiri ile bağlantılı etkileşimi, iletişimi, programlanmış olma özellikleri açıkça görülür. Her frekansın belli bir özelliğinin olması, programlanmış bir sistemin çalıştığını ve bu programların üzerinde oynanabilinir ise bu özelliklerin değiştirilebileceği sonucu çıkmaktadır. Science dergisinde karşımıza çıkan bir çalışmada, atoma enerji ile ses yükledikten sonra özel bir çip kullanarak akustik dalgaları mikrodalgalara dönüştürmenin mümkün olduğu bildirilmiştir. Atomun sesi ile ilgili birçok haber sitesinde yer alan bilgiye göre; ABD'nin Columbia ve İsveç'in Chalmers Üniversiteleri tarafından yapılan çalışmalarda, atomun sesinin duyulması sağlanmıştır. Bilim adamları, atomun tek başına hareket halindeyken yaydığı titreşimleri tespit etmiş ve bu sesi ortaya çıkarmışlardır. Titreşimlerden meydana gelen sesin çok güçsüz olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, sesi 'fiziksel olarak mümkün olan en yumuşak ses' diye yorumlamışlardır (<http://www.aljazeera.com.tr> 2014).



Şekil 3.24. Atomun sesi ilk kez duyuldu (Shutterstock 2014)

Araştırmacılardan biri olan Göran Johansson, Motherboard sitesine açıklamada, "Elde edilen ses büyüklüğü veya gücünün çok zayıf" olduğunu belirtmiş ve şöyle devam etmiştir: "Teoriye göre, bir atoma enerji yüklediğinizde, her fonon (fonon, bir kristal örgüsünde bulunan atomların ortak titreşimlerinin nicesidir. Fiziksel olarak bir parçacık olmadığı için genellikle paçacığimsı olarak adlandırılırlar) kendi başına ayrı bir ses çıkarır. Bu titreşim frekansında elde edilebilecek en düşük sesin kendisidir". Bilim insanları, yapılan deneyle atomların enerjisi arttığı zaman ortaya çıkardıkları titreşimleri temsil eden fonon ile foton (ışığın kuantumu) arasındaki benzerlikleri ortaya çıkarmaya çalışmakta olup, sesin ışıktan daha yavaş ilerlemesinden yola çıkan araştırmacılar, kuantum sesini inceleyerek bu sayede kuantum alanında daha yeni bilgiler elde etmeyi ummaktadırlar (Kockum vd 2014).

Bahsedilen çalışma atom üzerinde yapılmıştır. Canlılar hücrelerden, hücreler moleküllerden ve moleküller ise atomlardan oluşmuştur. Her canlının normal standartlarda yaşamını sürdürdüğü optimum frekans aralığı değeri vardır. Bu değer üzerine çıkılırsa veya altına düşülürse, canlı olağan tepkilerinden farklı olarak olağan dışı tepkiler vermeye başlayacaktır. Bunun altında yatan temel nedenin, en küçük yapı birimi olan atomda oluşan değişimlerin olduğu ileri sürülmektedir. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, atomu ele aldığımızda, atomun da kendine özgü bir rezonansının ve bunun neticesinde belli değerde bir frekansının olduğunu görmekteyiz.

Yapay etkilerle ki söz konusu olan farklı frekanslardaki ses dalgalarıyla atomu muamele ettiğimizde, atomun olağan dışı belli tepkiler verebileceğini ve bunun neticesinde organizmanın da bu tepkilerden etkilenerek zaman içerisinde kimyasal, fiziki ve dolayısıyla biyolojik yapısını değiştirebileceği ön görülmektedir.

3.4.1. Ultrasonun atom düzeyindeki etkileri

Ultrasonografi, insan kulağının duyamayacağı kadar yüksek frekansta (2-10 MHz, 1Hertz=1titreşim/ saniye, MHZ=1 milyon hertz) olan ses dalgalarını kullanarak, insanların iç organlarından görüntü elde etme işlemidir. Cihazdan gönderilen ses dalgaları, hasta vücudundaki organlardan yansdıktan sonra yine aynı cihaz tarafından algılanmaktadır. Vücutta organların kas yapılarının farklı özelliklere sahip olmalarından dolayı, farklı yansımalar yapar ve farklı görüntüler verirler. Bu görüntüler de uzmanlar tarafından değerlendirilerek anormal bir durumun olup olmadığı değerlendirilir.



Şekil 3.25. Ultrason cihazı

Ses dalgalarının yayılma hızını, ortamın cinsi, yoğunluğu, ısısı ve başka faktörler belirler. Ortam ne kadar yoğun ise yayılma hızı o kadar artar. Yayılan ses dalgasının enerjisi geri dönerken bir miktar azalır. Bu azalmanın sebebi yayılan dalga, doku tarafından bir miktar soğurulur ve o bölgede ısı oluşturur. Bu dalgaların organizmaya verdiği zararlar konusunda günümüze kadar detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Fakat, The Wall Street

Journal'da yayınlan bir araştırmaya göre, 2014'te Amerika'da gebelik boyunca yapılan ultrason muayenelerinin, on yıl öncesine göre %92 oranında artış gösterdiğini, araştırmadaki bazı kadınların, hamileyken gittikleri her muayenede ultrasonla da muayene edildiğini belirtmiştir. Ancak tıp uzmanları, bu kadar sık ultrason taraması yapılmasının gerekli olmadığını söylemektedirler. Amerikan Obstetri ve Jinekoloji Koleji (ACOG)'un da içinde bulunduğu tıbbi kuruluşların 2014'te hazırladığı ortak bir raporda, zararlı etkileri olabileceği düşünülerek, düşük riskli gebeliklerde bir ya da iki ultrason taramasının yeterli olacağı açıklanmıştır.

Peki, ultrasonun bir sakıncası varsa, neden insanlar bu konuda bilgilendirilmiyor?

Literatürde yaygın olarak tabir edilen ultrasonun, zararlı X ışınlarını veya ultraviyole ışınlarını içermediği için canlıya olan zararı yönünde bilinen çok büyük bir etkisinin olmadığı sıkça karşımıza çıkmaktadır. Ancak yüksek frekanslı ses dalgaları olması nedeniyle literatürde sıklıkla yer alan zararları şu şekilde tespit edilmiştir. Çocuklarda, çocukluk çağı kanser hücrelerinin artışına sebep olduğu, kanser hücrelerinin yayılmasını artırdığı, tıp dilinde disleksi olarak bilinen ve halk arasında okuma öğrenmede gecikme olarak adlandırılan hastalığın oluşma riskini artırdığı, çocukların konuşma çağlarında konuşmaya başlama yaşının gecikmesine, doğum oranının azalmasına ve doğumdan sonra ki süreçte çok düşük de olsa bebeğin duyma yetisi ile ilgili zararlı etkilerinin olabileceğine dair bazı iddialar söz konusudur.

Ultrason, mekanik enerjinin bir çeşidi olmakla beraber, insan vücuduna yüksek frekanslarda akustik basınç dalgaları olarak gönderilir. Basınç dalgaları mekanik enerjiyi dokuya iletir. Vücut dokusu içerisinde bu basınç dalgaları ile hücresel düzlemde mikro mekanik gerilmeler üretilir (Reher *et al.* 1968). Her seferinde akustik güç ve frekans değişimleri hücrenin mekanik uyarıma cevabını da farklılaştırır (Myrdycz *et al.* 2002).

Fare osteoblast hücrelerine, in vitro bir çalışmada 30 mW/cm²'lik düşük şiddette bir ses uygulanmış, bu uyarımın, prostaglandin E2 seviyesini artırdığı, dolayısıyla da kırık iyileşmesinde etkili olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca, yapılan diğer çalışmalar, kök

hücreler ve hasar görmüş, sert ve yumuşak bağ dokularının yeniden onarımını sağlayan moleküler mekanizmalar üzerinde US'nin etkileri hakkında halen araştırmalara yürütülmektedir. Bu sayede hasarlı dokuların daha hızlı iyileştirilmesine olanak tanıyacak yeni yöntemlerin keşfedilmesi amaçlanmaktadır (Harle *et al.* 2001).

Yapılan bir çalışmada, beş günlük farenin kalveria kemiklerinden elde edilen hücre kültürü, 1000 mW/cm² yoğunluğunda, 3 MHz'deki sese beş dakika boyunca maruz bırakılmış, anlamlı olarak kemik formasyonunun arttığı rapor edilmiştir. Fakat aynı kalveria kemikleri yine beş dakika boyunca, 3 MHz de fakat 1000–2000 mW/cm² şiddetteki sese maruz bırakıldığında ise kollajen sentezinin inhibe edildiği belirtilmiştir (Harle *et al.* 2001). Bu çalışmalar, 1:4 pulsda, 100, 400, 700 ve 1000 mW/cm² şiddette ultrason uyarımlarının fibroblast ve osteoblast hücre çoğalmasını arttırdığını düşündürmüştür (Reher vd 1968), aynı şiddetlerdeki ultrason uygulamalardan sonra, kollajen üretiminin arttığı rapor edilmiştir (Çeçen 2007).

Modern ekipmanların uzun vadede insan üzerindeki etkilerinin nasıl olabileceğine dair literatürde herhangi bir bilgi olmamakla birlikte Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), yayınladığı raporda, “Ultrason uygulaması bazı dokuları hafifçe de olsa ısıtabilir ve bazı dokularda çok küçük aşınmalara (kavitasyona) neden olabilir. Bu doku ısınması ve kavitasyon oluşumunun uzun vadede etkileri henüz bilinmemektedir” şeklinde bir açıklama da yer almıştır. Bazı hayvan deneylerinde ultrason uygulamasının, farelerde ve tavuklarda küçük hastalıklara neden olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, yapılan araştırmalar henüz kesin bir karar vermek için yeterli olmasa da, düşük riskli hamileliklerde bir ya da ikiden fazla ultrason taramasının çok gerekli olmadığı ifade edilmiştir (İslamoğlu 2019).

Konuyla ilgili fizik bilgilerinden hareketle, atomun merkezinde proton ve nötron, çevresinde ise belirli yörüngelerde dönen elektronların olduğunu, her yörünge bir çift elektron olması halinde atomun kararlı halde olduğunu, atomun yüksek bir enerjiyle karşı karşıya kalması halinde en az bir elektron kaybedilmesi veya kazanılması durumunda atomun iyon formuna dönüştüğünü, iyon formuna dönüşen atomun da başka bir atomla

bağ yaparak kararlı hale gelme eğiliminde olduğunu bilmekteyiz. Yine atomun üzerine gelen enerjinini, yörüngeden atom uzaklaşmasına yeterli olmayacak düzeyde değil de, elektronun bir üst enerji seviyesine yükselmesine yetecek kadar olması halinde ise, bir üst yörüngeye çıkan elektronun, orada kısa bir süre kaldıktan sonra, aldığı bu enerjiyi ısı veya ışık şeklinde yayarak tekrar geri dönme eğiliminde olduğu yapılan deneylerle anlaşılmıştır. İşte sesin atom üzerinde yapabileceği etki nedir? Sorusunun cevabının tam da bu noktada aranması gerektiğini düşünmekteyiz. Zira ses de bir enerji türü olup, canlı veya cansız nesnelere bulunduğu ortamda ilerlerken karşısına bu nesnelere çıktığında, bu nesnelere oluşturan atomları, yukarıda bahsettiğimiz şekillerde etkileyebilir. Yani eğer sesin şiddeti ve frekansı belirli bir değerin üzerinde ise atomun yörüngesindeki elektronların üst yörüngeye çıkıp tekrar geri dönmesine veya frekans ve şiddet daha da üst düzeyde ise atomun yörüngesinden elektronların çıkarak uzaklaşmasına yol açabileceğini, böylece sesin, atomların bulunduğu ortamda ya bir ısı artışına ya da pozitif ve sonrasında negatif yüklü iyonlaşmalara (oksidatif hasar), müteakiben de doğal olmayan atom birleşmeleriyle anormal molekül oluşumlara yol açabileceğini söyleyebiliriz. Bu şekildeki bir açıklamanın, sesin atom, molekül, hücre ve canlı düzeyinde nasıl bir etki mekanizmasına sahip olabileceğinin anlaşılması yolunda faydalı bir çıkış noktası olabileceğini düşünmekteyiz.

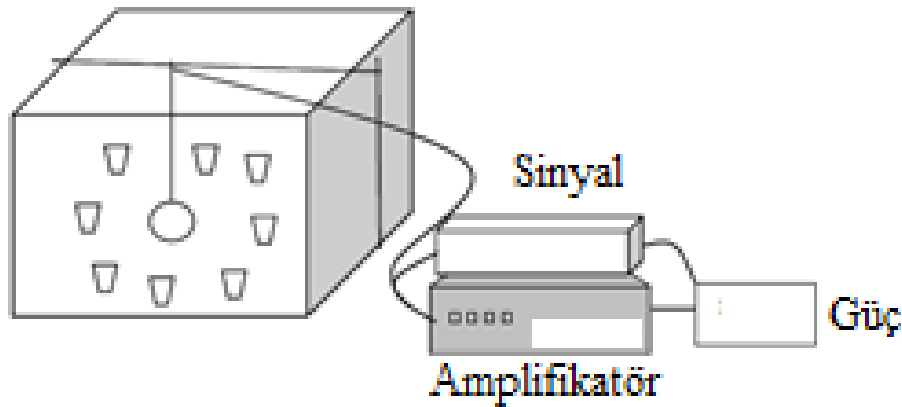
3.5. Bazı Ses Sistemleri Deney Düzenekleri

Daha önce de değindiğimiz gibi ses konusu, diğer birçok fiziksel enerjiler arasında en yeni farkedilen, en az çalışılan konulardan biridir. Bu konuda çalışma yapabilmek için konu hakkında yeterli fizik bilgisine sahip olmak gerektiği gibi, bu işler için özel yalıtılmış mekanlara, ses üretimi için özel geliştirilmiş elektronik sistemlere, çalışan araştırmacıların güvenliğini sağlayacak özel ekipmanlara, yetkin fizikçi, elektronikçi ve biyologlardan oluşan araştırmacılara, yetkili kurumlardan alınmış resmi izin belgelerine v.s. gibi birçok şeye ihtiyaç vardır. Yani böyle bir konuda araştırma yapmaya başlamadan önce çok uzun ve bazen aşılması çok zaman ve kaynak gerektiren alt yapı hazırlıkları ve resmi prosedürler vardır. Bu durum, konunun şu ana kadar, dünyada bilimsel araştırmaların yapıldığı merkezlerde yeterince ve yaygın olarak çalışılmamış olmasının

belki de ana nedenlerinden biridir. Diğer bir neden de, bu konuda yapılan araştırma sayısı çok az olduğundan, istenilen sesleri üretmek için standart hale getirilmiş ve ticareti yapılan cihazların henüz çok iyi tanınmış test edilmiş olmamalarıdır. Bu sebeple, konuyla ilgilenen araştırmacılara yardımcı olabilmek için, mevcut araştırmalarda kullanılan ses üreten sistemler hakkında bilgi verilmesinin faydalı olacağını düşünmekteyiz. Bu bölümde, yapılan çalışmaların amacına uygun olarak, farklı tip ses sistemlerinin kullanıldığını, o yüzden de yapılan araştırmanın kısa içeriğini de sunarak, gelecekte bu konuda araştırma yapacak olan kişilere, hangi ses sisteminin kendileri için daha elverişli olacağına dair bilgileri burada sunmaya çalışmaktayız.

3.5.1. Ses dalgalarının 1000 Hz ve farklı ses şiddetlerinde lavanta ve biberiye bitkileri üzerindeki etkileri konulu geliştirilen düzenek

Çalışmada kullanılan her iki tür de büyüme ve gelişmesini tamamlamış 6 aylık bitkilerden oluşmaktadır. Tıbbi amaçlı olarak değerlendirilen iki farklı tıbbi ve aromatik bitkiler (*Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis*) sabit tutulan 1000 Hz frekans değerinde 3 farklı ses şiddeti düzeyinde (95dB, 100dB,105dB) ses dalgalarına maruz bırakılmışlardır. Farklı şiddetteki ses stresine tabi tutulan bitkilerde; bitki boyu (cm), yaprak sayısı (adet/bitki), gövde çapı (mm), bitki taze ve kuru herba ağırlıkları (g/bitki) ile kök taze ve kuru ağırlıkları (g/bitki) ölçülmüş ve bitki kuru herbada uçucu yağ oranları (%) belirlenmiştir (Özkurt 2018).



Şekil 3.26. Deneme düzeneğinin şekilsel gösterimi (Özkurt 2018)

Araştırma; Çukurova Üniversitesi Karaisalı Meslek Yüksekokulu Araştırma ve uygulama arazisindeki plastik sera içerisinde yapılmış olan 4 adet özel izole edilmiş ses odalarında gerçekleştirilmiştir. Deneme 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 9 saksı olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Her türe ait 27 saksı olmak üzere her bir odaya toplam 54 saksı yerleştirilmiştir.

Yapılan denemede toplam 3 oda kullanılmıştır. Bu odaların her biri sadece kendi içerisindeki sesi duymakta, odalara dışarıdan herhangi bir gürültü girmesine engel olacak şekilde dizayn edilmiştir. Her oda içerisinde kullanılan hoparlörler 360 derece ses verebilme özelliğine sahip olup yerden 43 cm yükseklikte asılı ve odanın merkezine yerleştirilmiştir. Bitkilerin bulunduğu saksılar farklı ses dalgalarının gönderilerek farklı ses alanları oluşturulan bu odalara yerleştirilmiştir. Her bir saksı hoparlöre 65 cm uzaklıkta olacak şekilde ayarlanmıştır. Uzaklığın 65 cm seçilmesinin sebebi ise, ses basıncı ve ses hızı oranının korunabilmesi için ses ölçümlerinin kaynaktan yeteri kadar mesafede olması gerekliliğidir.

Çalışmanın yapıldığı ses odalarının her biri için dB değeri 95 dB, 100 dB ve 105 dB düzeylerinde amplifikatörden sabit olarak ayarlanmış ve ses uygulamaları 30 gün boyunca devam etmiştir. Her oda da farklı dB şiddetlerinde (95 dB, 100 dB, 105 dB) ve referans olarak seçilen sabit frekans değeri 1000 Hz'de ses dalgası gönderilmek suretiyle farklı ses alanları oluşturulmuştur. 4. odada ise; hiçbir ses uygulaması yapılmamıştır. Uygulamaların yapıldığı 3 odaya, ses dalgaları, günde bir defa 1 saat boyunca sabah 10:00 ile 11:00 arasında gönderilmiştir. Denemede kullanılan bitkiler sadece ses dalgaları aldıkları zamanlarda kapalı ortamda kalmışlardır. Bitkiler araştırma süresince beslenmemiş sadece 2 günde bir eşit miktarlarda sulanmıştır. Deneme 14.11.2013 tarihinde başlamış, 14.12.2013 tarihinde sona ermiştir. Bitkilere ait ölçüm ve analizler ses stresine maruz kaldıktan 10 gün sonra başlamış ve 10 günde bir olmak üzere toplamda 3 kez yapılmıştır. Ölçümler için her tekerrürden 3 bitki sökülmüş ölçümler sökülen bitkilerden alınmıştır.

Çizelge 3.10. Ses stresine maruz kalan lavantalarda 10 gün sonra (24.11.2013) yapılan ölçüm sonuçları (Özkurt 2018)

	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet)	Gövde çapı (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)
95 db	9,5	12,5 b	3,21	25,25 b	5,2	31,11	7,43
100 db	9,5	15,5 ab	3,93	32,98 ab	7,05	33,79	8,68
105 db	10,5	18,5 a	4,65	24,67 b	5,19	36,86	9,27
Kontrol	11,5	17 a	4,29	37,58 a	8,16	36,32	9,75

Çizelge 3.11. Ses stresine maruz kalan lavantalarda 20 gün sonra (04.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları (Özkurt 2018)

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet)	Gövde çapı (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)
95 db	12	23,5 b	4,46	30,37 b	7,39	36,19	7,25 b
100 db	12,5	21,5 b	4,28	38,32 ab	8,93	35,27	9,95 a
105 db	13,5	21,5 b	4,96	43,13 a	8,76	37,14	10,73 a
Kontrol	14,75	33,5 a	4,58	47,28 a	9,4	37,71	10,40 a

Çizelge 3.12. Ses stresine maruz kalan lavantalarda 30 gün sonra (14.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları (Özkurt 2018)

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet)	Gövde çapı (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)
95 db	13,5 b	25,5 b	4,74	42,75 b	13,90 b	42,54 a	9,98
100 db	14,75 b	24 b	6,15	46,30 ab	13,44 b	43,83 a	10,82
105 db	13,5 b	25,5 b	6,04	44,59 b	10,37 c	35,21 b	11,84
Kontrol	17 a	34 a	5,43	51,45 a	17,73 a	45,66 a	12,38

Çalışma sonucunda oluşturulan çizelgedeki değerler incelendiğinde, abiyotik stres etmenleri içinde yer alan ses dalgalarının yarattığı ses alanları sayesinde oluşturulan farklı düzeylerdeki ses stresleri, bitkilerin büyüme ve gelişme mekanizması üzerine olan etkileri bir kez daha göze çarpmaktadır. Farklı seviyelerdeki ses streslerine maruz kalma süresi ve ses şiddetinin artması lavanta ve biberiye bitkilerinde büyümeyi olumsuz etkilemekte, tıbbi ve aromatik bitkiler için oldukça önemli olan uçucu yağ oranını azaltmaktadır.

Çizelge 3.13. Ses stresine maruz kalan biberiyelerde 10 gün sonra (24.11.2013) yapılan ölçüm sonuçları (Özkurt 2018)

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet)	Gövde çapı (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)
95 db	25,5	9	5,70	20,51	4,45 b	28,75 a	12,10 a
100 db	28	10	5,87	20,06	4,79 a	25,82 b	10,86 b
105 db	27	11,5	5,67	17,92	4,22 b	23,06 b	9,60 b
Kontrol	29,5	13	6,28	19,50	4,92 a	30,06 a	13,50 a

Çizelge 3.14. Ses stresine maruz kalan biberiyelerde 20 gün sonra (04.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları (Özkurt 2018)

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet)	Gövde çapı (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)
95 db	33	14	6,34	26,86 a	5,78 b	30,41	12,29 a
100 db	31	14,5	6,00	27,49 a	6,35 b	28,27	10,50 b
105 db	31	14,5	5,95	23,90 b	5,36 b	27,71	9,88 b
Kontrol	34,5	16,5	6,46	33,00 a	7,08 a	32,56	14,59 a

Çizelge 3.15. Ses stresine maruz kalan biberiyelerde 30 gün sonra (14.12.2013) yapılan ölçüm sonuçları (Özkurt 2018)

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet)	Gövde çapı (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)
95 db	37	19,5	7,32	30,70 b	7,60 b	34,00 b	14,41 a
100 db	35,5	16,5	7,23	31,72 b	7,01 b	32,20 b	15,11 a
105 db	35	16	6,48	29,17 b	6,55 b	31,19 b	13,33 b
Kontrol	39	20,5	7,24	39,06 a	10,81 a	42,28 a	19,73 a

Çizelge 3.16. Farklı db lerde ses uygulamalarından 10 gün, 20 gün ve 30 gün sonra lavantalardaki uçucu yağ oranı (%) (Özkurt 2018)

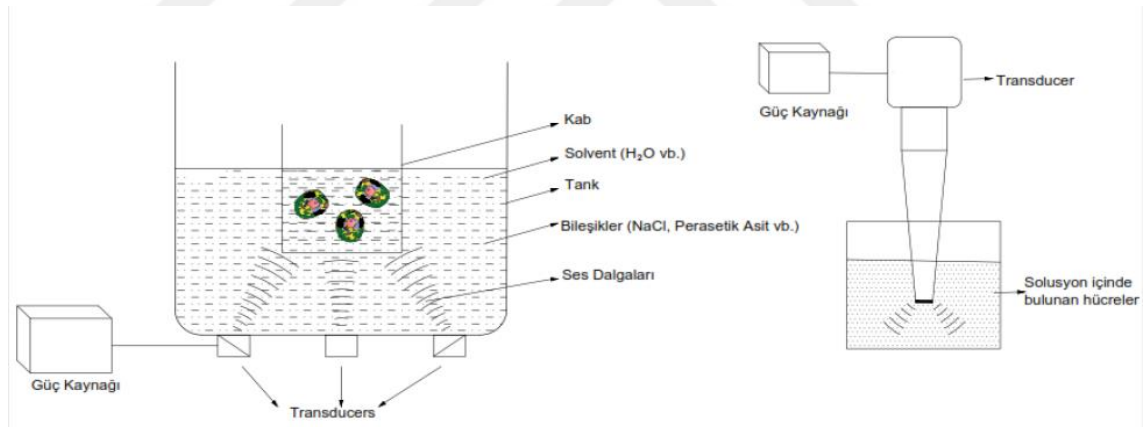
Uygulama	10 gün sonra	% Değişim	20 gün sonra	% Değişim	30 gün sonra	% Değişim
95 db	0,24 ab	46	0,27	44	0,45 a	18
100 db	0,32 a	27	0,33	31	0,35 b	36
105 db	0,19 b	56	0,29	40	0,33 b	40
Kontrol	0,44 a		0,48		0,55 a	

Çizelge 3.17. Farklı db lerde ses uygulamalarından 10 gün, 20 gün ve 30 gün sonra biberiyelerdeki uçucu yağ oranı (%) (Özkurt 2018)

Uygulama	10 gün sonra	% Değişim	20 gün sonra	% Değişim	30 gün sonra	% Değişim
95 db	0,37 ab	47	0,39 b	52	0,55 ab	36
100 db	0,21 b	70	0,41 b	49	0,59 ab	31
105 db	0,28 ab	60	0,28 c	65	0,33 b	61
Kontrol	0,70 a		0,81 a		0,86 a	

3.5.2. Ses dalgalarının tarımsal ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi üzerine etkileri konulu geliştirilen düzenek

Bu derlemede, çeşitli frekans, yoğunluk ve sürelerde tatbik edilen ses dalgalarının mekanizması, ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi üzerine etkileri ele alınmıştır (Dikilitaş *et al.* 2016)



Şekil 3.27.A.

Şekil 3.27.B.

Şekil 3.27. A) Ultrasonik ses dalgasının, bir kap içinde bulunan hücre solusyonuna uygulanış yöntemi, B) Ses dalgasının sonikatör kullanarak uygulanması (Dikilitaş *et al.* 2016 tarafından, Sao *et al.* 2014'den değiştirilerek hazırlanmıştır)

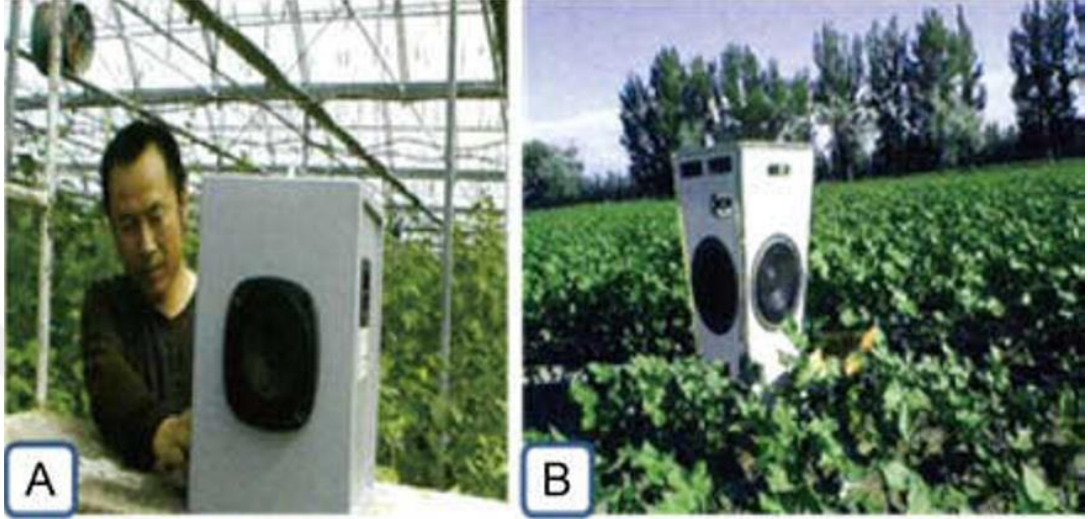
Bir ultrases dalgası üretmek için, ilk olarak bir elektrik kaynağı, transducer ve coupler/emitter'e ihtiyaç vardır (Mothibe *et al.* 2011). Elektrik kaynağı, ultrases dalgası için gereken enerjiyi üretir, transducerler ise elektrik enerjisini istenilen frekansta mekanik titreşime çevirerek ve basınç oluştururlar (Bermudez-Aguirre *et al.* 2011). Coupler/emitter ise reaktör olarak veya ultrases hücresi olarak isimlendirilir ve ultrases

dalgasının transducer'den sıvı ortama transferinde işlev görür (Leadley and Williams, 2006). Bu tip araçlar karıştırma ve homojenize etme işlerinde görev alırlar. Ses dalgasının mekanizması ve bu alanda kullanılan yöntem yukarıdaki düzenekte sunulmuştur. Bahsedilen düzenek sayesinde istenilen hücreye istenilen frekans ve şiddetlerdeki ses dalgaları uygulanarak, hücrelerde meydana gelen değişimler rahatlıkla gözlenebilmektedir.

Bu alanda çalışmalar yapan Sarvaiya and Kothari (2015), duyulabilir ses dalgalarının, özellikle de 38-689 Hz frekans bandında ses alanları yaratarak, mikroorganizmalara uygulandığında, mikroorganizmaların büyümesini, yaşamsal öneme sahip hücresel faaliyetlerini ve antibiyotiğe karşı hassasiyetini arttırdığını rapor etmişlerdir. Özellikle de ökaryot ve prokaryotların, belirtilen ses frekans değerleri ile birlikte antibiyotiğe maruz bırakıldıklarında, normal büyüme ortamlarına nazara daha az gelişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Yine aynı alanda çalışmalar yapan Cao *et al.* (2010) farklı frekans değerlerindeki ultrases dalgaları olan 0 kHz, 25 kHz, 28 kHz, 40 kHz ve 59 kHz ses dalgalarını, 20°C de 10 dakika boyunca çilek meyvesi üzerinde denemişler ve 5°C'de 8 gün boyunca muhafaza etmişlerdir. 40 kHz ultrases dalgası, meyvenin diriliğini kororken, titre edilebilen asit, toplam çözünen madde miktarı ve C vitamini içeriklerinde bir kayıp olmadığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte 40 kHz ses dalgası uygulamasının meyve üzerinde bulunan mikroorganizma sayısını da azalttığı rapor edilmiştir. 40 kHz'den daha düşük olan ses dalgası uygulamalarının ise meyvenin doğal yapısının korunmasında herhangi bir katkısının olmadığını bildirmişlerdir.

Beslenmemizde çok büyük önem arz eden olan meyve ve sebzelerin besin değerini ve tadlarını kaybetmeden muhafazası, günümüzde tüketicinin talepleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Klasik yöntemlerden ziyade gelişen teknolojiyle birlikte, ürünlerin kalitesinden ödün vermeden mikroorganizmalardan arındırma işlemleri günümüzde popüleritesini arttırarak devam etmektedir.

3.5.3. Alan bitkilerinde bitki akustik frekans teknolojisi (paft) etkisi konulu deney düzeneği

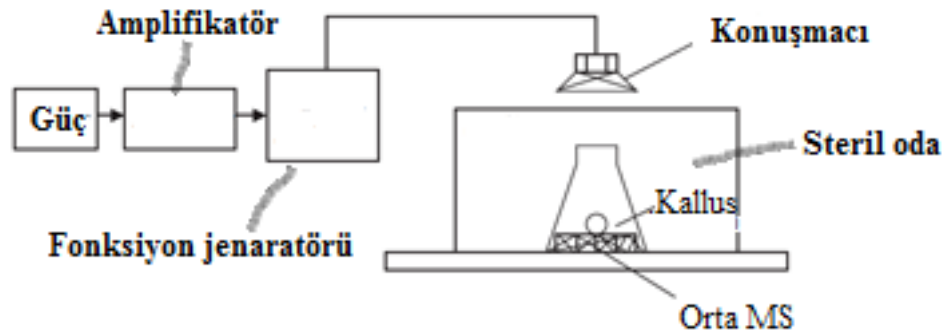


Şekil 3.28. Bitki akustik frekans teknolojisi jeneratörünün tedavileri serada (Hou *et al.* 2009, A) ve açık alan (Hou *et al.* 2010a, B)

Çalışmada pamuk bitkilerine PAFT (bitki akustik frekans teknolojisi) denilen bir cihaz yardımıyla ses uygulamaları yapılmıştır. Ses dalgalarının frekansı ve bitkiye olan uzaklıklarının hangi seviyede en iyi verim sağladığını gösteren bu çalışmanın sonuçları, pamuk yetiştiricilere büyük avantaj ve kolaylık sağlamıştır. Dört hoparlörle birlikte uygulanan ses dalgalarında minimum verim artışı PAFT'den yaklaşık 30 m uzaklıkta 75-110 dB'lik SPL'de %5,2 olarak belirlenmiştir. Maksimum verim %18,6'lık oranla, 70-75 dB'lik bir SPL ile 30 ila 60 m arasındaki bitkilerde kaydedilmiştir. Mesafenin 150 m'yi aştığında hiçbir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Ses dalgasına maruz bırakılan örneklerin ölçümü yapıldığında; yüksekliği, kanadın genişliği, kovan taşıyıcı dalları, kola sayısı ve tek koza ağırlığı sırasıyla %1,7, 5,2, 1,1, 9,2 ve %3,3 oranında ve işlenmiş pamuk veriminin oranında önemli ölçüde (ortalama %12,7) arttığı rapor edilmiştir (Hou *et al.* 2009-2010);

3.5.4. Ses alanının krizantem bitkisinin (kasımpatı) gelişimi üzerine etkileri konulu deney düzeneği

Liu ve arkadaşları krizantem bitkisinin ses dalgalarına olan tepkisini incelemek için bir ses stimülasyon jeneratörü (SSG) kullanmışlardır. Ses alanının krizantem gelişimine etkilerini, süperoksit dismutaz denilen katalitik aktivitesi çok yüksek olan SOD aktivitesi, kallus içeriğindeki İndol-3-asetik asit (IAA), oksidaz aktivitesi ve kalsiyum emilimi parametreleri ölçülmüştür. Ses uyarımını, sinüs dalgaları ile jeneratör güç kaynağı, amplifikatör, fonksiyon jeneratörü ve hoparlörden oluşan bir düzencele gerçekleştirmişlerdir. Ses basıncı seviyesi ve frekansını, sırasıyla amplifikatör ve fonksiyon jeneratörü ile ayarlamışlardır. Çalışmanın şematik diyagramına bakıldığında, kallus steril bir odaya yerleştirilerek, speaker ile kallus arasında 20 santimetre mesafe bırakılmıştır. Böylelikle, ses dalgalarının uyarılması, krizantem bitkisinin büyümesini arttıracak veya inhibe edecektir (Liu *et al.* 2002).

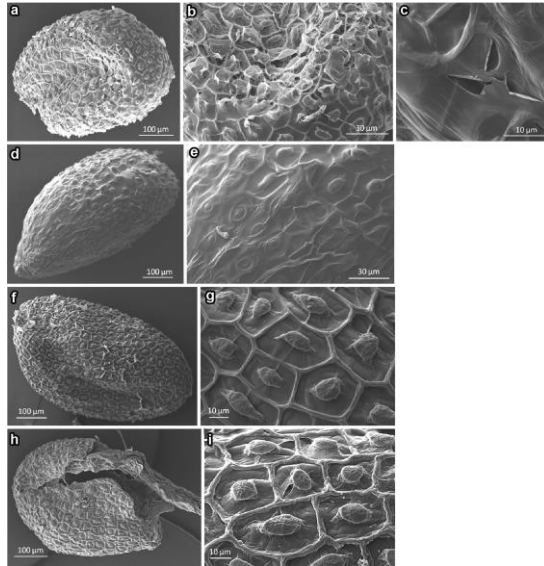


Şekil 3.29. Ses stimülasyon jeneratörünün şematik diyagramı (Liu *et al.* 2002)

Krizantem kökleri için ses stimülasyonu, 100 dB ve 0,8 kHz sınırındaki sesin, sadece hücre duvarında değil, plazmalemmada da lipit seviyesini ve akışkanlığını arttırdığı, proteinin ikincil yapısını etkileyebildiği rapor edilmiştir. Ses dalgalarının, faz geçiş sıcaklığını düşürdüğünü, böylece, termodinamik faz geçişinin azalması ile hücre duvarı ve zarının akışkanlığının artırılmasını ve hücrelerin hızlı ve kolayca büyüüp bölünür hale gelmesini sağlamıştır. Ayrıca, ses alanı uyarımı ile hücre zarlarının elektrik potansiyelinin de bu sayede değiştirilebileceğini bildirmişlerdir.

3.5.5. Arabidopsis (farekulağı teresi) tohumlarının çimlenme oranları artırmak için ultrasonikasyon kullanımı konulu deney düzeneği

Çalışmada ultrasonik stimülasyonun *A. thaliana* tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tüm deneyler sabit sıcaklıkta (24 ° C) 45 kHz'lik bir frekans kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çimlenme oranı farkı, taze toplanmış tohumlar kullanılarak gözlemlenmiştir. Yapay olarak bozulmuş tohumlara, kısa ultrasonik stimülasyon (<1 dak) uygulanarak, çimlenmenin önemli ölçüde arttığı gösterilmiştir. Uygulamalardan sonra, ultrasonik stimülasyon uygulamasının uygun tedavi şeklinin 30 saniye olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Doğal yaşlanan tohumların da çimlenme oranında önemli bir artış olduğu da doğrulanmıştır. Ultrasonik stimülasyondan sonra, taramalı elektron mikroskobu gözlemleri yapılmış ve tohum kabuğunda gözeneklerin varlığında bir artış olduğu belirtilmiştir. Bu sayede, sonikasyon uygulamasının, kısmen çimlenmedeki artışın nedeni olabileceği belirtilmiştir (Ribera and Vicient 2017).



Şekil 3.30. Arabidopsis tohumlarının taramalı elektron mikroskobik görünümü(Ribera and Vicient 2017)

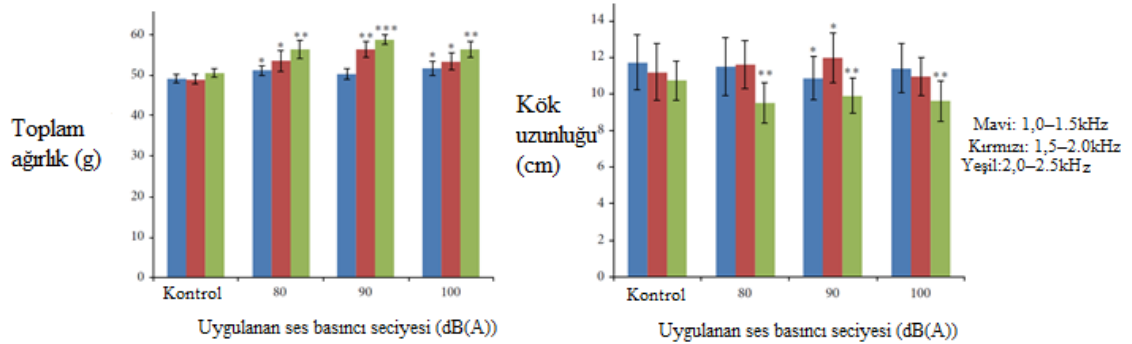
a ve c tohumları, 30°C'de 24°C'de 45 kHz sonikasyona tabi tutuldu, d ve e tohumları kuru tohumlar, f ve g tohumları 4°C de 4 gün suya yerleştirilir, böylece gömülürler ancak filizlenmezler, h tohumu filizlenmiş tohumlar.

3.5.6. Sesli ses kontrolünün maş fasulyesi (vigna yayar) filizlenmesine biyolojik etkisi konulu deney düzeneği

Ses işleminde deneysel tasarım Tablo X'de gösterildiği gibi, üç denemede gerçekleştirilmiştir. Bitki farklı ses frekanslarına (1000–1500Hz, 1500–2000Hz ve 2000–2500Hz) maruz bırakılmıştır. Her deneme için dört grup vardır: 80 dB tedavi grubu, 90 dB tedavi grup, 100 dB tedavi grubu ve kontrol grubu (sessiz arka plan ses basıncı seviyesi (SPL) 55 dB'nin altındadır) (Cai *et al.* 2014).

Çizelge 3.18. Sesli ses kontrolünün maş fasulyesi (vigna yayar) filizlenmesine biyolojik etkisi çalışmasında uygulanan ses tedavileri (Cai *et al.* 2014)

Deneme numaraları	Ses basıncı seviyesi (dB)	Ses frekans bandı(kHz)
1	Kontrol (sessiz)	1.0~1.5
	80	
	90	
	100	
2	Kontrol (sessiz)	1.5~2.0
	80	
	90	
	100	
3	Kontrol (sessiz)	2.0~2.5
	80	
	90	
	100	



Şekil 3.31. Sesli ses kontrolünün maş fasulyesi (vigna yayar) filizlenmesine biyolojik etkisi (Cai *et al.* 2014)

Yapılan çalışma düzeneğinden elde edilen verilere göre;
Maksimum bitki toplam ağırlığı: 90 dB ve 2,0–2.5kHz frekansında,
Minumum bitki toplam ağırlığı: kontrol grubu olan <50dB ve 1-2 kHz frekansında;
Maksimum bitki kök uzunluğu: 90dB ve 1,5–2.0kHz frekansında,
Minumum bitki kök uzunluğu: 80dB ve 2,0–2.5kHz frekans değerinde bulunmuştur (Cai *et al.* 2014).

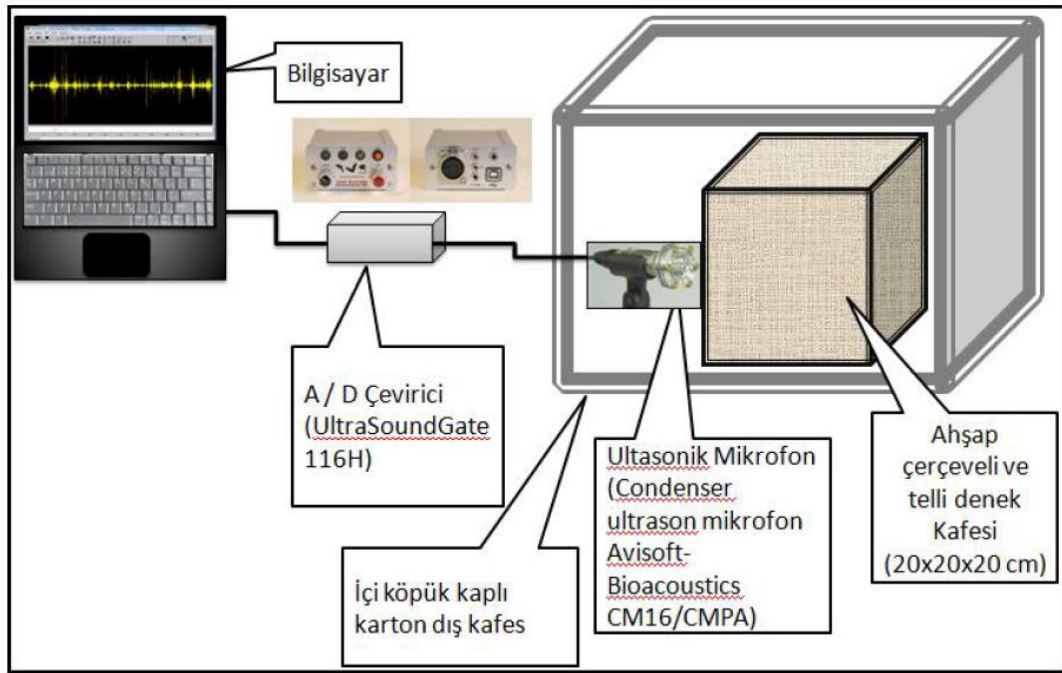
3.5.7. Çeltik tarlalarında ses alanı uyarımının biyolojik etkisi konulu deney düzeneği

Bu çalışmada Bochu ve arkadaşları, çeltik (pirinç) tohumlarındaki ses etkilerini araştırmak için kendi icat ettikleri düzeneği benimsemişlerdir. Çeltik tohumlarını 12 saat suya daldırma işleminden sonra ekmişler ve tohumları beş takımdan oluşan iki gruba ayırmışlardır. Her gruptaki tohumlar 50'şer damlalık suyun içine daldırılmıştır. Kontrol grubuna ise ses stimülasyonu uygulanmamıştır. 1. gruptaki tohumlar, farklı yoğunluklarda (96, 101,106 ve 111 dB) ve 400 Hz'nin altında, 2. gruptaki tohumlar farklı frekanslarda 106 dB altında (200, 400 Hz, 1 ve 4 kHz) uyarılmışlardır. Araştırmacılar, her grubu 2 gün boyunca günde iki kez 30 dakika boyunca ses dalgalarıyla uyarımış, ardından sabit sıcaklık ve aydınlatma içine koyularak 25°C'nin altında ekim tankına ekerek sonuçlarını gözlemlemişlerdir (Bochu *et al.* 2003).

Çimlenme endeksi, sap yüksekliği, taze ağırlığın nispi artış hızı, köklenme kabiliyeti, kök sisteminin aktivitesi ve hücre zarının penetre edilebilirliği üzerinde durmuşlardır. Deney sonuçları, 400 Hz ve 106 dB'nin en iyi frekans olduğunu ve ayrıca ses dalgası stimülasyonu 4 kHz veya 111 dB'yi aştığında, çeltik tarlalarına ciddi zarar verdiğini bulmuşlardır. Çalışmanın sadece sağlam alan uyarımını doğrulamakla kalmadığı, aynı zamanda bitkinin büyümesini de artırdığı üzerinde durulmuştur (Bochu *et al.* 2003).

3.5.8. Bazı böcek türlerinin ses analizleri ve zirai mücadelede kullanılabilirliğinin araştırılması konulu deney düzeneği

Çalışmada Akdeniz Meyve Sineği'ne ait sesler, işitilebilir ses aralığı ve ses üstü aralıklar için farklı iki cihaz (Avisoft-UltraSoundGate 116Hm, Sound Level Meter) ve bu cihazlarla uyumlu farklı iki program (Audacity 1,3 Beta (ücretsiz yazılım), Avisoft-SASlab Pro (lisanslı yazılım) eşliğinde kayda alınmıştır. Bu kayıtların çevredeki gürültülerden daha az etkilenmesini sağlamak için gerekli önlemler alınmıştır. Şekil 3,3'de Akdeniz meyve sineğine ait ses kayıtları alınırken dış gürültüden etkilenmemesini sağlayacak izole alanı göstermektedir (Çetinkaya 2010).



Şekil 3.32. Ses kayıt sistemi (Çetinkaya 2010)

Çetinkaya, AMS'lerin çiftleşirken yaptıkları serenatın frekans değerini 136 Hz olarak rapor etmiştir. Bunun yanında Mankın (2003)'ün çalışmasında, çiftleşme sırasındaki çıkardıkları işitilebilir ses seviyesindeki seslere ek olarak erkek sineklerin ultrasonik sesleri de çıkardıklarını görmüş, erkek AMS'lerin çıkardığı seslerle dişi AMS'leri çektiği ve bu seslerin taklit edilerek AMS'ler için bir tuzak hazırlanabileceğini rapor etmiştir.

Çetinkaya (2010)'nın çalışmasından elde ettiği sonuçlara bakıldığında, ultrasound seslerden de zirai mücadelede yararlanılabileceği görülmektedir.

3.5.9. Haşere böcek kovucu olarak tasarlanan düzenek

ABD de bir firmanın geliştirdiği kuş, hayvan haşere kontrolü ve kovucu sistemleri, Amerikan hükümetinin resmi kuruluşu olan GSA (Genel Hizmetler İdaresi) tarafından onaylanmıştır. Çok fazla etkili oldukları söylenmemekle birlikte, zararsız ve kokusuz elektronik cihazlardır. Ses frekansı azgın erkek sivrisineğin kanat çırpış frekansı olarak seçilmiştir. Dişiler bu sesi sevmemektedirler. Sonik ve ultrasonik kombinasyonlu kovucu cihaz özellikle yurt dışında evlerde, iş yerlerinde, restaurantlarda, tedavi merkezlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. 220 Volt veya 12 Volt akü ile veya sigara çakmağına benzeyen fiş adaptörüyle rahatlıkla kullanılmaktadır. Çok yönlü olması, profesyonelliği, yanıtıcı gücü istenilen düzeye ayarlanabilen 3 farklı ses ayarı ile kolaylıkla kullanılmaktadır (ABD, Bird-X). Cihaza ait özelliklere bakıldığında;

Beslenme Gerilimi	220 V - 50 Hz (9 V DC adaptörlü 150mA)
Çalışma Frekansı	3KHz – 40 KHz (gezer frekansa sahiptir)
Ses	96 dB 0,5 m de
Güç	5 W
Ebat	15,5x7,5x7,5 cm
Ağırlık	1,4 kg
Etki Alanı	146 m ²



Şekil 3.33. Haşere böcek kovucusu Bird-X ve özellikleri (ABD Bird-X)

Gelişen teknoloji ile insan yaşamına sağlanan katkılar her alanda etkisini göstermektedir. Her geçen gün farklı alanlarda öne çıkan buluşlar, insanlığın yararına ve kolaylıkla kullanımına uygun hale getirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda son yıllarda

özellikle üzerinde durulan, ses dalgalarının canlılar üzerindeki kullanım alanları artarak devam etmektedir. Günümüzde özellikle haşereler için en etkili yöntem olan kimyasal spreyleyler ve ilaçlar kullanılmaktadır. Fakat kullandığımız kimyasallar sadece hedef organizmaya değil, bizlere ve yaşadığımız çevreye büyük zararlar vermektedir. Ses teknolojisi kullanılarak, kimyasal kullanımını sıfıra indirmek ve bu sayede daha doğal ve yaşanılabilir bir çevre oluşturmak hedeflenmektedir.

3.5.10. Ses dalgası uyarımının güneş ışığı serası içinde çilek bitkisinin büyümesi üzerindeki etkisi konulu deney düzeniği



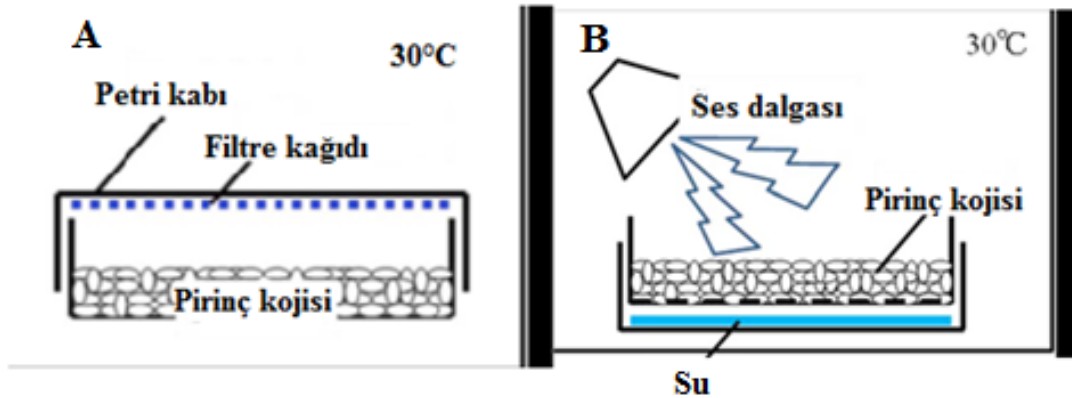
Şekil 3.34. Güneş ışığı serasında çilekte ses dalgası uyarımı deneyinin yerleşimi (Qi *et al.* 2010)

Çalışmada, çilek fideleri toprağa nakledildiğinde ses dalgası uygulaması başlamıştır. Seralara iki günde bir, saat 9.00 da başlayıp, her 3 saatte bir GWA-03 (ses yayan bir cihaz) ile bitkilere ses uygulanmıştır. Frekans, hacim, sıcaklık ve seranın nemi hep aynı tutularak, yaprak bölgesinin fotosentetik göstergeleri, yetiştirme mevsiminin başlangıcında, çiçeklenme döneminde ve meyve verme aşamasında incelenmiştir. Ses dalgası stimülasyonundan sonra çilek kontrolü yapıldığında, yaprağının daha yeşil olduğu ve daha erken zamanda çilek verdiği bildirilmiştir (çiçek açması ve meyve vermesi için iki haftanın yettiğini belirtmişlerdir.). Ayrıca çileğin direncinin de hastalıklara ve böcek zararlılarına karşı arttığı tespit edilmiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında; ses dalgası

stimülasyonunun kesinlikle bitkilerin büyümesini teşvik ettiği rapor edilmiştir. GWA-03 ses cihazı kullanarak (frekans aralığı: 100-2000Hz), verimi %13,2 artarken ve gri küf %9.0 oranında azalmıştır. Şu anda, bitkilerin etkisi üzerine ses dalgası stimülasyon çalışmaları artmaktadır, ancak ses efekti ve mekanizması hala tartışmalıdır. Bu amaçla, GWA-03 bitki ses cihazı, çilek büyümesini teşvik etmek için kullanılmıştır (Qi *et al.* 2010).

3.5.11. Mikroorganizmanın ses dalgası ile kontrolü konulu deney düzeneği

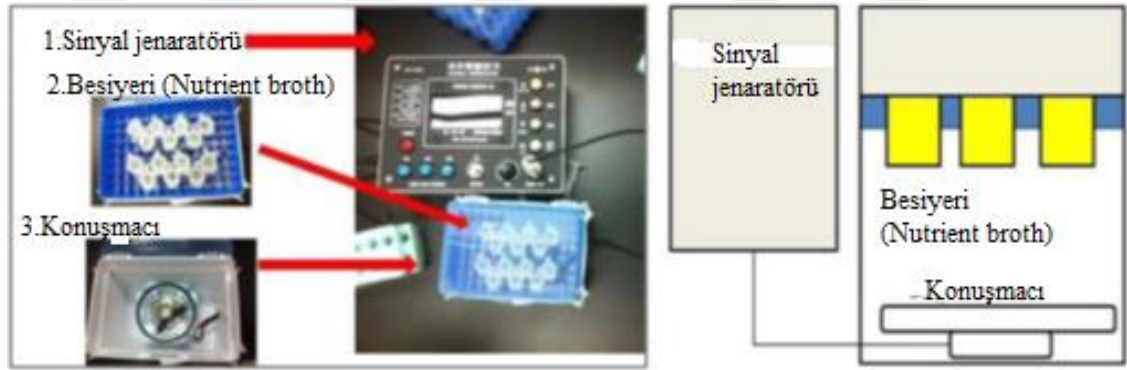
Pirinç kojisinde ses dalgasının enzim dengesi üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada, ses dalgasının, pirinç kojisinin enzim dengesine etki ettiği ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar, proteaz aktivitesinin, 1 kHz frekansı altındaki inkübasyonla azaldığını ve glukoamilaz aktivitesinin 6,3 kHz'lik bir frekansta inkübasyonla azaltıldığını belirtmişlerdir. Ek olarak, pirinç kojilerinin 16 kHz frekansında inkübe ederek, peptidaz aktivitesinin azaldığı ve proteaz aktivitesinin ise arttığı görülmüş ve 6.3 kHz frekansı altında, ses dalgası gücünün enzim dengesine karşı olumlu yönde etki ettiği rapor edilmiştir (Saigusa *et al.* 2013);



Şekil 3.35. A: Petride ses dalgası altında yapılan ilk inkübasyon (20 saat 30°C'de) (İçine yerleştirilen bir filtre kağıdı ısı ile üretilir) B: İkinci inkübasyon ses dalgası altında yapıla kuluçka makinesi 20 saat 30°C'de (Nemi korumak için su koyulur) (Saigusa *et al.* 2013)

3.5.12. Düşük frekanslı gürültünün toprak bakterileri ve *E. Coli* nin antibiyotik direncine karşı etkileri konulu deney düzeneği

Çalışmada, toprak bakterilerini ve *E. coli*'yi düşük frekanslı gürültüye maruz bırakıp ampisilin antibiyotiğine olan direncini ölçmek amaçlanmıştır. Bunun için, bir sinyal oluşturucu (JHD-2200A), sinyal oluşturucu için bir hoparlör içeren 10 cm x 6.5 cm x 10 cm strafor kutusu ile birlikte kullanılmıştır. Doğrudan hoparlörün yukarısına, besleyici bakteri çözeltileri içeren 1.5 mL mikrotüpler yerleştirilmiştir. Çalışmada, 10 mL damıtılmış suya 1 g toprak eklenerek ve karıştırılmış ve daha sonra karışım, 50 ° C'de kaynar su içerisinde 30 dakika ısıtılmıştır. Ardından 100 µL süpernatant ekstrakt edilmiş ve 5 mL besin besiyerine düşürülmüş ve daha sonra gelecek ekim için 37 ° C'de inkübe edilmiştir. Besin maddesinin (NB) içeriği; 8 gram NB tozu, ve 1 L damıtılmış sudan oluşmuştur. Daha sonra elde edilen çözelti bir otoklavda 121 ° C'de 15 dakika ısıtılmıştır (Kim 2016).



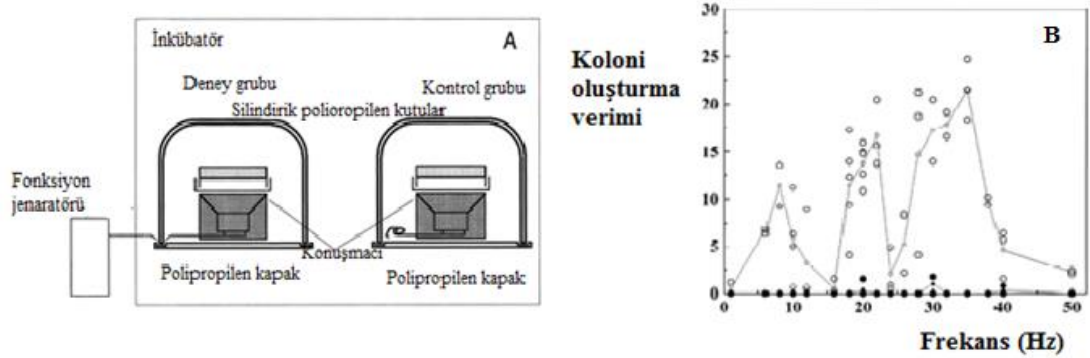
Şekil 3.36. Bakteri çözeltilerinin deneysel kurulumu ve deney düzeninin sinyal üretici / şematik diyagramı (Kim 2016)

Toprak bakterileri ve *E.coli*, bakterileri yukarıda belirtilen besiyerleri içerisinde 100 Hz ses dalgalarına maruz kalmış ve ampisilin antibiyotiğine olan dirençleri 0. , 3. ve 6. günlerde ölçülmüş ve sonuçlara bakıldığında, toprak bakterisinde kontrol grubuna göre pek fark görülmezken, *E.coli* de bu farkın önemli ölçüde olduğu bildirilmiştir. *E.coli* de 6. günün sonunda yapılan ölçümlerde kontrol grubu bakteri optimal yoğunluğu 0,0004

nm olurken, 100Hz ses uyarımı yapılan grupta ise bakteri optimal yoğunluğunun 0.303 olduğu tespit edilmiştir.

3.5.13. Bakteriyel hücreler tarafından ses dalgalarının üretimi ve bakteriyel hücrelerin sese yanıtı konulu deney düzeneği

Çalışmada, bakterilere bazı stres koşulları uygulanmıştır. Ses üretici olarak 10 V'luk sabit voltaj ayarında bir hoparlör kullanılmıştır. Litre başına, içeriğinde 8.75 g Bacto Antibiyotik Orta 3 ve 10 g KCl ihtiva eden çözelti hazırlanmış ve totalde 15 gr agardan oluşan bir plaka üzerinde sporlar gelişene kadar 4 gün süreyle bırakılmıştır (Matsushashi *et al.* 1998).



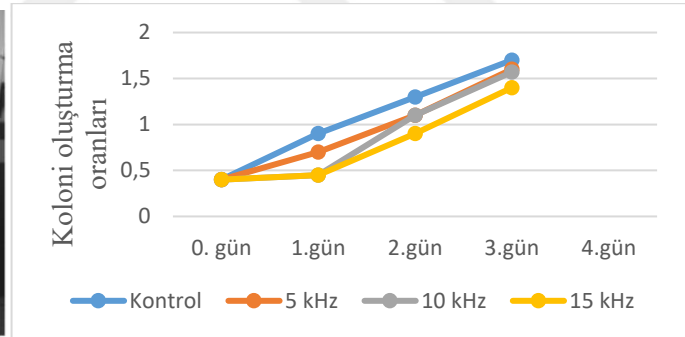
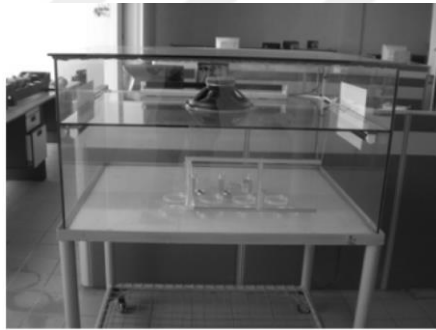
Şekil 3.37. A:Yapay olarak üretilen ses ile *Bacillus carboniphilus*'un büyümesi ve B: Sonuç grafiği (Matsushashi *et al.* 1998)

Gelişme tamamlandıktan sonra fiziksel sinyal, bir hoparlör tarafından sürekli yayılan 6–10, 18 22 ve 28–38 kHz frekanslarda tek sinüs dalgaları olarak üretilmiştir. Bu frekanslar, *Bacillus carboniphilus* tarafından izinsiz olarak koloni oluşumunu teşvik ettiği belirtilmiştir. Ayrıca, *Bacillus subtilis* hücrelerinden yayılan ses dalgaları geniş tepe noktalarına sahip olup, duyarlı bir mikrofön sistemi kullanılarak yaklaşık 8,5, 19, 29 ve 37 kHz'de tespit edilmiştir. *B. subtilis* tarafından üretilen 7-43kHz aralığındaki sesin frekansı ile indüklenen frekanslar arasındaki benzerlik *B. carboniphilus*'ta bir cevap oluşturduğu belirtilmiştir. *B. subtilis*'in daha önce gözlenen büyümeyi destekleyici etkisi,

B. carboniphilus üzerine büyüme düzenleyici sinyal olarak işlev gördüğü raporlandırılmıştır.

3.5.14. *Aspergillus Spp* büyümesinde sesin etkilerine yönelik deneysel araştırma konulu deney düzeneği

Çalışmada kullanılan *Aspergillus spp*, ilk olarak doğal bir ortamda yüksek nem altında tutulan bir haftalık ekmekten izole edilmiştir. İzole edilen mantarın doğrulanması klasik morfolojilerine göre yapılmıştır. Kültür 25°C'de muhafaza edilmiş ve tamamen büyüyene kadar bir inkübatörün içinde bekletilmiştir. *Aspergillus spp.* ekili ortamdan 1 ml alınıp, 9 ml arınık su içeren ikinci bir tüpe aktarılmıştır. Bu olay içindeki spor kütesinin 0.01 seyreltilmesiyle sonuçlanmıştır. Orijinal malzeme seyreltilmeden 1 ml'lik bir bölüm pipetle soğutulmuş agar ortamı içeren ayrı bir petri kabına, bir yayıcıyı kullanarak eşit şekilde yayılmıştır (Karippen *et al.* 2009).



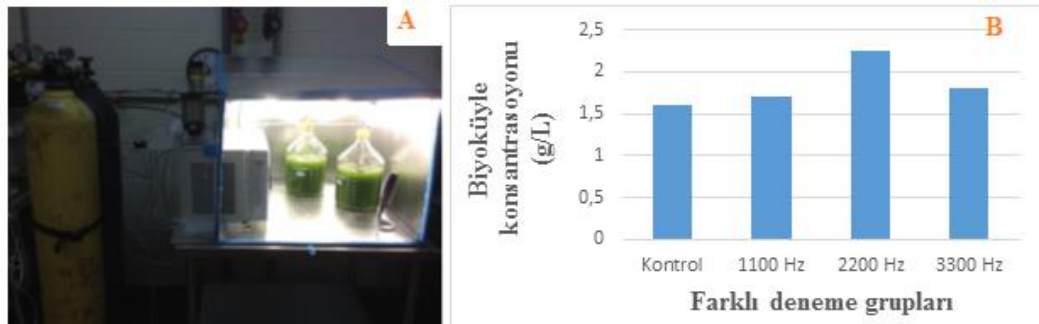
Şekil 3.38. Ses dalgası odası ve *Aspergillus spp*'nin koloni oluşturan birimlere farklı frekansların etkisi (Karippen *et al.* 2009)

Araştırmacılar, inkübasyonun yapıldığı günün ardından, kolonilerin birbirlerine bağlı olarak değişen yoğunluklarda ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Orijinal örnekte bulunan spor sayısı 40-100 koloni gösteren plakaları seçerek hesaplanmıştır. Kontrol grubu en yüksek büyüme hızını gösterirken, uygulanan ses tedavisi sırasıyla 5 kHz, 10 kHz ve 15 kHz şeklinde olmuştur. Büyümede yüksek frekanslar kullanıldığında mantarın inhibe edildiği belirtilmiştir. Böylece, *Aspergillus*'un büyümesi sesle sınırlandırılmıştır. Genel olarak, bulgular ses dalgasının *Aspergillus spp.* nin, frekans arttıkça mantarın büyümesini

önleme şansını arttırdığı yönündedir. 5 kHz, 10 kHz ve 15 kHz frekansları *Aspergillus*'un büyümesinde inhibisyon etkisi göstermiştir. Maksimum inhibisyon, 15 kHz'de bulunmuştur. Gelecekte tavsiye edilen araştırma, mantarın büyümesinde daha hızlı inhibisyon olasılığını doğrulamak için daha yüksek frekansların kullanılması olmuştur. Bu bulgular, gıda endüstrisinin yararına olabileceğini, böylece gıda kullanım süresinin yavaşlayabileceğini göstermiştir.

3.5.15. Alg büyümesi üzerine sesli ses efektinin çalışması konulu deney düzeneği

Bu çalışmada incelenen mikroalg *Oklahoma* soyundan olan *Picochlorum oklahomensis* (UTEX B 2795) (PO) dir. Austin'deki Texas Üniversitesi (UTEX) tarafından, yapay deniz suyu ortamı ile kültürlenen algal (UTEX) 5000 ml'lik cam şişelerde, iç ölçüleri 75 cm x 75 cm x 49 cm (Uzunluk × Genişlik × Yükseklik) olan kapalı bir büyüme odasında tutulmuştur. Büyüme içindeki sıcaklık $24 \pm 4^\circ\text{C}$ 'de tutulmuştur. Odaya monte edilen ışık kaynağı dört soğuk beyaz flüoresan ampulden oluşturulmuştur. Kültürler, 12 saatlik sürelerde, ışık ve karanlık döngülere tabi tutulmuş, aydınlık iken 12 saat havalandırma ile karanlık iken 12 saat havalandırma olmadan bekletilmiştir (Cai *et al.* 2013).



Şekil 3.39. A: Kurulum deneme platformunun şekli B: çeşitli ses stimülasyonları sonunda ölçülen PO biyokütle konsantrasyonunun karşılaştırma tablosu (Cai *et al.* 2013).

Ümit vadeden bu çalışma, ses tekniğinin yosun büyümesini arttırdığını göstermiştir. *Picochlorum oklahomensis* alglerinin kuru biyokütle konsantrasyonuna bakıldığında, alg büyümesi üzerine farklı duyulabilir ses uyarımı altında, farklı etki derecelerinin olduğu

gözlenmiştir. 2200Hz frekansına sahip ses PO yosunu büyümesinde 1100Hz ve 3300Hz frekansına sahip ses'lerden daha iyi etki göstermiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çeşitli bilim insanlarının çalışmaları topluca değerlendirecek olursa; ses dalgasının çeşitli biyolojik prosesleri ve gen ekspresyonunu etkilediği bu derlemede birçok yerde vurgulanmıştır. Ses dalgasının özellikle hücre içinde sinyal iletişim mekanizmasını uyardığı, düşük doz ve sürede hücre dayanıklılığı mekanizmasını arttırdığı, yüksek dozda ise ROS oluşumuna yol açarak hücrenin ölümüne neden olduğu görülmüştür. Ayrıca ses kullanılarak, organizmada herhangi bir kalıntı bırakmadan, organizmayı etkisiz hale getirmenin mümkün olduğu literatürdeki birçok çalışmada görülmektedir. Yapılan araştırmalara bütünüyle bakıldığında, ses dalgasının dozu ve süresi artırılarak direkt olarak DNA'da hasar oluşturmanın da mümkün olduğu saptanmıştır. Böylece hedef organizmanın daha fazla savunma metabolitlerini üretmeden ve dolayısı ile adaptasyon kazanmasına fırsat vermeden, kontrol altına alınması mümkün olabilmektedir. Ses dalgasının organizmalar, özellikle patojen mikroorganizmalar üzerinde etkisi daha detaylı olarak hem biyokimyasal hem de DNA hasarı odaklı moleküler düzeydeki ekstra çalışmalar, sesin etkinlik potansiyelinin belirlenmesinde önemli faydalı olacaktır.

Ses dalgasıyla ilgili bitkiler üzerinde yapılan çalışmalara bakıldığında, belirli frekanslardaki sesin bitki dayanıklılığını arttırdığı ve buna paralel olarak kimyasal gübre ve ilaç kullanımını da azaltarak çevre dostu bir yaklaşım sergilediği görülmektedir. Ses dalgaları sayesinde, stoma sayısı ve genişliğinin artması nedeniyle bitkinin gelişiminin, fotosentez kapasitesinin ve buna dayalı olarak, çevreye sağladığı oksijen oranının artması en önemli unsurlar arasında yerini almaktadır. Ayrıca, ses frekansı ve basıncının iyi ayarlanması durumunda, fungal ve bakteriyel olumsuzluklara karşı da bitkileri hastalıklara karşı korumadaki potansiyeli de dikkat çekmektedir. Diğer taraftan, ses dalgası uygulamaları ortama herhangi bir koku, kimyasal kalıntı bırakmadığı için, önemli bir avantaj sunmaktadır. Yüksek seviyelerdeki ses dalgaları, farklı amaçlarla bitkilere uygulanmakta olan kimyasallar ile birlikte kullandıklarında onların etkisini daha da arttırmaktadırlar.

Ses sistemlerinin pratikteki kullanımı için özel olarak dizayn edilen kapalı alanlara ya da laboratuvara gerek duyulmamasından dolayı, çok kullanışlı bir yöntem olarak dikkat çekmektedir. Ancak seralar, açık alanlar gibi *in vitro* koşullarda yapılan ses uygulamalarının oluşturduğu gürültü kirliliğinin insanlar üzerinde oluşturabileceği rahatsızlık göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur. O yüzden bu rahatsızlığın minimize edilmesi için, ses sistemlerinin sadece yerleşim yerlerine uzak olan bölgelerde kurularak, uygulanması tavsiye edilebilir.

Hayvanlar üzerinde yapılan birçok araştırmada da bahsedildiği üzere, genellikle düşük ses frekansına maruz bırakılan hayvanların eski normal hücresel metabolizmalarına daha kolay döndüğü, yüksek strese kısa süreli de olsa maruz kalan organizmaların ise eski haline dönmelerinde hayli zaman aldığı belirtilmiştir. Özellikle farelerde ve sıçanlarda belli ses seviyelerinin, kemik dokularının yapımına destek vermesi ile birlikte kırık tedavisinde kullanıldığı belirtilmiştir. İneklerde yapılan ses dalgası deneylerinde ise çoğunlukla, ani ve yüksek frekanslardaki ses dalgalarının süt verimini düşürdüğünü, fakat verilen sesin devamlı olarak hayvana maruz bırakılması ile hayvanın bu sese alıştığı ve tepki vermediği bildirilmiştir. Balıklar üzerinde yapılan çalışmalara bakıldığında, ritmik müziksel seslerin balık fizyolojindeki etkilerinin büyüme ve yem tüketimi üzerine olduğu belirtilmiş ve özellikle sufi ney, silk-road ve Kuran dinletilen balık gruplarının, müzikal uyarılar içermeyen kontrol grubundan daha yüksek oranda büyüme gösterdiği belirtilmiştir. Ses dalgalarının etkileri böcekler üzerinde de denenmiş, özellikle belli frekanslardaki ses dalgalarının belli türdeki böcekleri, ortamdan uzaklaştırdığı rapor edilmiştir. Bu bilgiler ışığında, amaca uygun ses frekanslarının belirlenerek hayvanlara uygulanması halinde, sesin, arzu edilmeyen hayvansal organizmaların tarımsal ve kentsel alanlardan uzaklaştırılmasında ve ayrıyeten evcil hayvanların daha iyi beslenmelerini sağlamada kullanılabileceğini de söylemek mümkün olmaktadır.

Sesin insanlar üzerindeki etkisine bakıldığında, 20hz civarındaki sesin insanlar tarafından algılanabileceği genel olarak kabul edilmiştir. Böyle olmasına rağmen, kabul edilen işitsel aralığın çoğu insan için, yaş ve cinsiyete bağlı olarak, 14 ila 18Khz. arasında olduğu bilinmektedir. Popüler varsayımların aksine, dikkatli ölçümler yapıldığında, ses basıncı

yeterliyse; işitmenin 20 Hz'de aniden durmadığını, ancak kulağın kayıt yapabildiğini göstermektedir.

Sesin önemli bir kullanım alanı olan ve özellikle tıpta büyük yarar sağlayan görüntüleme yöntemi olan ultrason tekniğidir. Ultrasonun, tıp dünyasına büyük katkılara imza attığı herkes tarafından kabul edilmekte olup, bu teşhis tekniği, günümüzde daha da kolaylıkla ulaşılabilen ve uygulanabilen bir teknik haline gelmiştir. Bu kolaylığın insanoğluna gelecekteki zararlı etkileri şu an iyi bilinmemekle birlikte, araştırılması gereken en önemli hususlar arasında yer almaktadır.

Günümüzde özellikle belirli seviyelerindeki ses frekansları kullanılarak geliştirilen ses silahları, bir takım özel durumlarda yarar sağlamaktadır. Örneğin kalabalık grubu dağıtmakta kolay, güvenli ve masrafsız bir araç olabilmektedir. Farklı amaçlı olarak üretilen diğer bir ses silahı şekli olan, "hipersonik silah" adıyla tabir edilen, yüksek ses frekansına ve tahrip gücüne sahip ses silahı ise, önemli saldırı veya savunma amaçlı olarak kullanım potansiyeline sahip olduğundan hali hazırda bazı ülkelerin bu teknoloji üzerinde çok ciddi araştırmalar yaptığı ve daha şimdiden bazı silah tiplerini üretmiş olduğu duyuları alınmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte, savunma ve savaşlarda kullanılan klasik silahların ve barutların yerini, günümüzde ve gelecekte, hipersonik silahlar ve yüksek ses dalgaları gibi daha birçok yüksek teknoloji gerektiren silahların alacağını rahatlıkla söylemek mümkündür.

5. SONUÇLAR

Farklı frekans ve şiddet düzeylerindeki ses dalgalarının canlılar üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmaların incelenip irdelenerek, toplanan bilgilerin derlendiği bu çalışmamız ses dalgalarının canlılar üzerinde ne kadar önemli düzeyde etkili olduğunu, bir kez daha gözler önüne sermektedir.

Ses hakkındaki temel bilgilerin ve ses dalgalarının canlılar üzerinde yaptığı etkiler ve bu etki mekanizmalarının araştırıldığı çalışmaların bir araya getirildiği bu derlemede, yapılan çalışmalardan elde edilen bilimsel bulgular, sınıflandırılmalı olarak sesin kullanılan organizma türlerine olan etkileri ve sesin çok farklı alanlarda kullanımıyla ilgili potansiyelleri hakkındaki literatür bilgileri bir araya getirilmeye çalışılmıştır. Bu konu üzerindeki mevcut tüm bilgiler özetlenecek olursa;

Sesin seçilen şiddet ve frekansına bağlı olarak, sesin organizmalara fayda veya küçük rahatsızlıklardan-ölüme varan düzeylerde zarar oluşturabilecek potansiyellerinin olduğunu,

Sesin tarımsal faaliyetlerde, çeşitli parazit ve hastalık yapan etkenlerin bertaraf edilmesinde kullanılmakta olan, ancak aynı zamanda bitkilere ve insanlara da zararlı olabilen çeşitli kimyasal zehirlerin kullanımını sınırlandırma ve hatta sonlandırma potansiyeli olduğunu,

Sesin tıpta, sadece teşhis amaçlı olarak değil, tedavi amaçlı olarak da kullanılabileceğini, Bu konuda, bazı gelişmiş ülkelerin son 15 yıldır, savunma sanayii başta olmak üzere, daha birçok amaç için ciddi projeler yürütmekte ve hali hazırda birtakım cihazların (yabani hayvan ve böcek kovucu gibi) ve ses silahlarının (LRAD, güçlü hoparlörler, sersemletici el bombaları, akustik toplar, akustik füzeler) üretimine başladığını söyleyebiliriz.

Bahsedilen potansiyellere bakarak, tüm dünya ülkeleri açısından önemli olduğunu, yakın bir zamanda doğan bu yeni teknolojiye sağlanan ilerlemeler neticesinde, yakın bir

gelecekte ülkelerin savunmasında ve birbirine üstünlük sağlamada çok önemli bir güç olabileceğini, bu teknolojik gelişmeleri takip edemeyen ülkelerin, askeri ve siyasi anlamda baskı altında kalabileceklerini, en azından bu tür teknolojik ürünleri kendi ülkelerine transfer edebilmek için büyük finansman kayıplarına uğramak zorunda kalacaklarını öngörmekteyiz.

Gerek sesin insanoğluna sunduğu faydalı etkilerinden daha az maliyetli olarak istifade edebilmek, gerekse diğer ülkelerin askeri, siyasi ve politik baskıların kaçınmak ve kendi egemenliğini sürdürebilmeleri açısından, her ülkedeki konuyla ilişkili bilimsel disiplinlerde yer alan bilim insanlarının kendileriyle ilgi olan kısımlarında, özellikle pratikte uygulamaya hizmet edecek yönde ciddi araştırma projelerini bir an evvel hayata geçirmeleri gerektiğini ve bilimsel projeleri desteklemede yetkili kurum ve kuruluşların bu alandaki projelere öncelikli olarak destek sağlama politikasını izlemesi gerektiğini düşünmekteyiz.



KAYNAKLAR

- Abhijith, P., Ashikai P., Bhavya, G., Geetha,N.,2018. A Study of Interaction between Low Frequency Sound Waves and Germination of Cowpea Seeds (*Vigna unguiculata*). *BioTechnology: An Indian Journal*, 14(1):159.
- Aggio, R.B.M, Obolonkin, V., Villas-Boas, S.G., 2012. Sonic vibration affects the metabolism of yeast cells growing in liquid culture: A metabolomic study. *Metabolomics*, 8(4):670-678.
- Ak AŞ. Avrupa ve Türk İslam Medeniyetinde Müzikle Tedavi, Tarihi, Gelişimi ve Uygulamaları. Konya: Öz Eğitim Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti, 1997.p.24,30-3-4,128,140.
- Aksoy B. Dalga Optiği. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi, 1984.
- Al-hashimi, A. M., Mason, T. J., and Joyce, E., 2015. The combined effect of ultrasound and ozone on bacteria in water. *Environmental Science and Technology*, 49(19): 11697–11702.
- Alten B, Çağlar SS. Vektör Ekolojisi ve Mücadelesi, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koord., Bizim Büro Basımevi, Ankara. 1998;242.
- Altmann, J., 2001. Acoustic weapons - a prospective Assessment, *Science & Global Security: The Technical Basis for Arms Control, Disarmament, and NonproliferationInitiatives*, 9:3, 165-234.
- Ames, D.R. 1974. Sound stress in meat animals. Pages 324-330 in *Livestock e environment. Proc. Int. Livest. Environ. Symp. Am. Soc. Engin., St. Joseph, MI. Report SP-0174.*
- Arave, C.W., 1996. Assessing sensory capacity of animals using operanttechnology. *J Anim Sci* 1996. 74:1996-2009.
- Arda, M.,2000. Temel Mikrobiyoloji,Bakterilerin Üremelerine Etkili Faktörler. Medisan Yayınevi, Ankara, 522, Ankara/Türkiye.
- Arkin, W. M., 1997. Acoustic anti-personnel weapons. An inhumane future? , *Medicine, Conflict and Survival*, 13:4, 314-326. <http://dx.doi.org/10.1080/13623699708409355>
- Aselsan, 2017. SST-UMAS/T001/ 04-2017 sstmarketing@aselsan.com.tr,25.06.2019.
- Awad, T., Moharram, H., Shaltout, O., Asker, D. and Youssef, M. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48 (2): 410-427.
- Ayan, İ., Aslan, G., Comelekoglu, U., Yılmaz, N., Colak, M., 2008. The effect of low-intensity pulsed sound waves delivered by the Exogen device on *Staphylococcus aureus* morphology and genetics. *Acta Orthopaedica Et Traumatologica Turcica*,42(4): 272-277.
- Ayyıldız, O., Sanık, , S., and İleri, B., 2011. Effect of ultrasonic pretreatment on chlorine dioxide disinfection efficiency. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(2): 683-688.
- BBS NEWS, 2019. ABD ve Rusya'ya meydan okuyan Çin'in yüksek teknoloji ürünü 3 silahı, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-46971092>,25.06.2019.
- BBS, Blue Box. Akustik ses dalga silahları Archives. <https://www.google.com/search?q=akustik+silahlar&source> 29.06.2019.

- Bilek, S.E. ve Turantaş, F. 2013. Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review. *International Journal of Food Microbiology* 166, 155–162.
- Binboğa, E. Pehlivan, M. ve Çelebi, G., 2007. Farklı frekanslardaki ve siddetlerdeki isitsel uyaranların insanda basit reaksiyon zamanına etkileri. *Ege Tıp Dergisi / Ege Journal of Medicine*, 46(2) : 67 – 72.
- Bochu, W., Xin, C., Zhen, W., Qizhong, F., Hao, Z., Liang, R., 2003. Biological effect of sound field stimulation on paddy rice seeds. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 32, 29-34.
- Bochu, W., Yoshikoshi, A. ve Sakanishi, A. 1998. Uyarılmış bir ultrasonik ortamda havuç hücreleri büyümesi tepkisi. *Kolloid. Yüzey B* 12: 89-95.
- Braam, J. and Davis, R.W. 1990. Arabidopsis'te yağmur, rüzgâr ve dokunma kaynaklı kalmodulin ve kalmodulin ile ilişkili genlerin ifadesi. *Celi* 60: 357-364.
- Braam, J., 2005. In touch: Plant responses to mechanical stimuli. *New Phytologist*, 165: 373–389.
- Broucek, J., M. Kovalcikova, and K. Kovalcik. 1983. The effect of noise on the biochemical characteristics of blood in dairy cows. *Zivoc. Vyr.* 28(4):261-267.
- Buck, J. W., Iersel, M. W., Oetting, R. D., and Hung, Y. (2002). In Vitro Fungicidal Activity of Acidic Electrolyzed Oxidizing Water. *Plant Disease*, 86(3):
- Büyük, Ğ., Soydam-Aydın, S., & Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2). 278-281.
- Cai, W., He, H., Zhu, S., Wang, N., 2014. Biological effect of audible sound control on mung bean (*Vigna radiate*) Sprout. *BioMed Research International*, Article ID 931740, 1-6.
- Cai, W., Wang, N., Dunford, N.T., Zhu, S., He, H., 2013. Study of Audible Sound Effect on Algae Growth. 2013 ASABE Annual International Meeting, Kansas City, Missouri.
- Carlson, D., 2013. Sonic bloom organic farming made easy! The best organic fertilizer in the world. http://www.relfe.com/sonic_bloom.html.
- Chehab, E.W., Eich, E., and Braam, J., 2009. Thigmomorphogenesis: A complex plant response to mechano-stimulation. *Journal of Experimental Botany*, 60(1): 43–56.
- Chivukula, V., Ramaswamy, S., 2014. Effect of different types of music on *Rosa chinensis* plants. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5 (5): 431-434.
- Chocholle R. Reaction time: its possible utilization in audiology. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac.* 1954;71:379-389.
- Chowdhury, M. E., Lim, H., Bae, H. 2014. Update on the effects of sound wave on plants. *Research in Plant Disease*, 20 (1): 1-7.
- Ciccarelli, S. K. ve White, J. N., 2015. *Psychology*. 4. USA: Pearson
- Collins, A.R., 2013. Measuring oxidative damage to DNA and its repair with the comet assay. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1840(2): 794-800
- Collins, M.E., John, E.K., 2001. The effect of sound on the growth of plants. *Canadian Acoustics*, 29:3-8.

- Creath K., Schwartz G. E., 2004. Measuring effects of music, noise, and healing energy using a seed germination bioassay. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 10 (1): 113-122.
- Cruz-Cansino, N., Reyes-Hernández, I., Delgado-Olivares, L., Jaramillo-Bustos, D., Ariza-Ortega, J. and Ramírez-Moreno, E., 2016. Effect of ultrasound on survival and growth of *Escherichia coli* in cactus pear juice during storage. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(2):431-437.
- Çeçen, B., 2007. Osteoblast Hücre Kültürlerinin Ses Dalgaları İle Mekanik Uyarımı. Y. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çetîn, O., 2000. Oal'de Gürültüye Bağlı İşitme Kayıplarının İncelenmesi. Maden Yük. Müh., Tki Genel Müdürlüğü, Amasya.
- Çetinkaya, A., 2010. Bazı Böcek Türlerinin Ses Analizleri Ve Zirai Mücadelede Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Y. Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çokgezer, S., Fathalizadeh, A., Gedik, G., Ocak, I., 2005. Ses Dalgalarının Özellikleri Ve Sesin Algılanması. Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi 7. Öğrenci Sempozyumu, Ankara.
- Davison, N., 2009. 'Non-Lethal' Weapons 3. National Security Research, Inc, 40-41.
- Dehghani, M.H., Mahvi, A.H., Jahed, G.R., Sheikhi, R., 2007. Investigation and evaluation of ultrasound reactor for reduction of fungi from sewage. *Journal of Zhejiang University Science B* 8 (7): 493-497.
- Depamphilis M L. 2003. Review the 'ORC cycle': a novel pathway for regulating eukaryotic DNA replication. *Gene*, 310: 1-15.
- Dikilitas M., and Karakas S., 2012. Behaviour of Plant Pathogens for Crops Under Stress During the Determination of Physiological, Biochemical, and Molecular Approaches for Salt Stress Tolerance." Alınmıştır: Crop production for agricultural improvement Chapter 16. (Ed) Ashaf M. Dordrecht, Springer, 417-441.
- Dikilitas, M., Karakas, S., Hashem, A., Abd Allah, E.F. and Ahmad, P., 2016. Oxidative stress and plant responses to pathogens under drought conditions, "Alınmıştır: Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach Vol:2 ch8 (ed) Ahmad, P., John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. 102-123pp.
- Dikilitaş M. , Balak, V., Kaarakaş, S., 2016. Ses Dalgalarının Tarımsal Ürünlerin Muhafazası ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 20(4): 338-355.
- Dikilitaş, M., Balak, V., Şimşek, E., Karakaş, S., 2018. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(3): 431-444
- Dolatowski, Z.J., Stadnik, J., Stasiak, D., 2007. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6 (3): 89-99.
- Dönmez, F., 1985. Ultrasonik ses dalgası uygulamalarının ıspanak tohumlarında çimlenme ve çıkış üzerine etkileri . Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta.
- Dumanol, A.A., 2010. Ultrasonik Silah(lar) Üretildi. Turan Stratejik Araştırmalar Merkezi, <http://www.turansam.org/makale.php?id=2181> 29/06/2019.
- Duru, E.G., Köseih, S., 2012. Klasik Müzik Dinlemenin İlköğretim Öğrencilerinin Sınav Başarılarına Etkisi. *E-Journal Of New World Sciences Academy*, 140-149.

- Ekici, N., Dane, F. L., Madedova, I. M., Huseyinov, M., 2007. The effects of different musical elements on root growth and mitosis in onion (*Allium cepa* root apical meristem musical and biological experimental study). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6: 369-373.
- El-Rahman, F.A., 2017. Insight into the Effect of Types of Sound on Growth, Oil and Leaf Pigments of *Salvia officinalis*, L Plants. *Life Science Journal*, 14:4-8
- Ely, F., and W.E. Peterson. 1941. Factors involved in the ejection of milk. *J. Dairy Sci.* 14(3):211-223.
- Epstein M, Florentine M. Reaction time to 1 – and 4 kHz tones as function of, sensation level in listeners with normal hearing. *Ear Hear* 2006;27(4):424-429.
- Ertaş, İ., 1993. *Den el Fizik Dersleri*, Ege Ü., Fen Fak. Yayınları, İzmir.
- Esim, N., ATICI, Ö., 2016. Relationships between some endogenous signal compounds and the antioxidants system in response to chilling stress in maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Turk J Bot* (2016) 40: 37-44
- Everest, F. A., 2007. *Critical listening skills for audio professionals*. 2. Boston: Thomson.
- Fathalizadeh, A., Çokgezer, S., Gedik, G., Ocak, I., 2005. Ses Dalgalarının Özellikleri Ve Sesin Algılanması. Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi 7. Öğrenci Sempozyumu, Ankara.
- Fellows, P., 2000. *Food Processing Technology: Principles and Practice*, 2nd ed. CRC Press, New York.
- Forghani, F., Oh, D. H., 2013. Hurdle enhancement of slightly acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on Chinese cabbage, lettuce, sesame leaf and spinach using ultrasonication and water wash. *Food Microbiology*, 36 (1): 40-49.
- Frenzilli, G., Lenzi, P., Scarcelli, V., Fornai, F., Pellegrini, A., Soldani, P., Nigro, M., 2004. Effects of Loud Noise Exposure on DNA Integrity in Rat Adrenal Gland. *Environmental Health Perspectives*, 112(17): 1671–1672.
- Gagliano, M., Stefano, M., Daniel, R., 2012. Towards understanding plant bioacoustics. *Trends in Plant Science*, 17: 323-325.
- Galston, A.W., Slayman, C.L., 1979. The not-so-secret life of plants. *American Scientist*, 67: 337–344.
- Gavreau V., 1968. “Sons graves intenses et infrasons” in: *Scientific Progres – la Nature* (Sept. 1968) p. 336-344.
- General Elektrik Türkiye Blog, 2017. <https://geturkiyeblog.com/gorus-saglik-endustrisi-platform-ekonomisi>, 20.06.2019.
- Ghosh, R., Gururani, M.A., Ponpandian, L.N., Mishra, R.C., Park, S.C., Jeong, M.J., & Bae, H. (2017). Expression analysis of sound vibration-regulated genes by touch treatment in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, 8(100), 1-13.
- Gia dergi, Tekno Kulis, Ylt 44, Biblioteka, <https://gaiadergi.com/evreni-programlamada-ses-akordu/> (20.06.2019).
- Gill, S. and Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12):909-930.
- Göncü, S., Görgülü, M. Sığır Yetiştiriciliğinde Gürültü Çeşitleri ve Çeşitli Verim Özellikleri Üzerine Etkileri.
- Grandin, T. 1996. Factors which impede animal movement in slaughter plants. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209:757-759.

- Grimes, J., D., 2005. Modeling Sound As A Non-Lethal Weapon In The Combatxx1 Simulation Model. Lisans Tezi, Naval Postgraduate School, Monterey, California.
- Gülsoy U.K, Oyar O., 2003. Ultrasonografi Fiziği. In: Gülsoy U.K, Oyar O, editors. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Birinci baskı. Ankara: Rekmay Ltd.Şti;171–185.
- Güvenç, R. O. 2017. Doğu’da ve Batı’da müzik terapinin kısa tarihçesi. <https://tumata.com/muzik-terapi/doguda-ve-batida-muzik-terapinin-kisa-tarihcesi/> (20.06.2019)
- Harle J, Salih V, Mayia F., Knowles JC, Olsen I. Effects of ultrasound on the growth and function of bone and periodontal ligament cells in vitro. *Ultrasound in Medicine and Biology* 2001;27:579–586.
- Hassanien, R. H., Hou, T., Li, Y., Li, B., 2014. Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2): 335-348.
- Heffner, R. S., and H. E. Heffner. 1983. Hearing in large mammals: Horses (*Equus caballus*) and cattle (*Bos taurus*). *Behav. Neurosci.* 97:299.
- Herceg, Z., Jambrak A.R., Lelas, L. And Thagard S.M., 2012. The Effect of High Intensity Ultrasound Treatment on the Amount of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in Milk. *Food Technology and Biotechnology*, 50(1): 46–52.
- Hoeijmakers, J.H. (2009). DNA damage, aging, and cancer. *New England Journal of Medicine*, 361(15), 1475-1485.
- Hongbo, S, Biao, L, Bochu, W, Kun, T, and Yilong, L., 2008. A study on differentially expressed gene screening of *Chrysanthemum* plants under sound stress. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces* 331: 329–333.
- Hou, T. Z., Li, B. M., Teng, G. H., Qi, L. R., Hou, K., 2010. Research and application progress of plant acoustic frequency technology. *Journal of China Agricultural University*, 1: 106-110.
- Howard, D. M. ve Angus J. A. S., 2009. *Acoustics and psychoacoustics*. 4. UK: Elsevier.
- Huang, T., Xu, C., Walker, K., West, P., Zhang, S., Weese, J., 2006. Decontamination efficacy of combined chlorine dioxide with ultrasonication on apples and lettuce. *Journal of Food Science* 71(4): 134–139.
- Izadifar, Z., Babyn, P., & Chapman, D. (2017). Mechanical and biological effects of ultrasound: A review of present knowledge. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 43(6), 1085-1104.
- İnci A, Düzlü Ö. Vektörler ve Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg.* 2009;6:53-63.
- inheiro, J., Alegria, C., Abreu, M., Gonçaves, E. and Silva, C. 2015. Influence of postharvest ultrasounds treatments on tomato (*Solanum lycopersicum*, cv. Zinac) quality and microbial load during storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27: 552-559.
- İslamoğlu, D., 2019. Ultrason gerçekten gerekli mi?. Habertürk Anasayfası, <https://hthayat.haberturk.com/hamilelik/haber/1030615-ultrason-gercekten-gerekli-mi> (01.01.2019)
- İşçi, C., 2006. Ultrasonik Ve Diğer Sivrisinek Kovucular. *Journal of Yasar University*, 1(4), 293-301.
- Jayasooriya, S.D., Bhandari, B.R., Torley, P., D’Arcy, B.R., 2004. Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: a review. *International Journal of Food Properties*, 7(2): 301-319.
- Jeong, M.J., Shim, C.K., Lee, J.O., Kwon, H.B., Kim, Y.H., Lee, S.K., 2008. Plant gene responses to frequency-specific sound signal. *Molecular Breeding*, 21: 217–226.

- Jiang, S., Huang, J., 2012. Effects of music acoustic frequency on greenhouse vegetable. *Journal of Zhejiang University of Science and Technology*, 24: 287-293.
- Jin-lian, R., Yong, N., 1998. Experimental Study of Sterilizing Molds by Ultrasound. *Chinese Physics Letters*, 15(2): 115-116.
- Johnson, K.A., Sistrunk, M.L., Polisensky, D.H., Braam, J., 1998. *Arabidopsis thaliana* responses to mechanical stimulation do not require ETR1 or EIN2. *Plant Physiology*, 116: 643–649.
- Jomdecha, C. and Prateepasen, A., 2010. Effects of pulse ultrasonic irradiation on the lag phase of *Saccharomyces cerevisiae* growth. *Letters in Applied Microbiology*, 52(1):62-69.
- Joyce, E., Phull, S., Lorimer, J. and Mason, T., 2003. The development and evaluation of ultrasound for the treatment of bacterial suspensions. A study of frequency, power and sonication time on cultured *Bacillus* species. *Ultrasonics Sonochemistry*, 10(6): 315-318.
- Kadkhodae, R., Povey, M.J.W., 2008. Ultrasonic inactivation of *Bacillus* α -amylase I effect of gas content and emitting face of probe. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15: 133–142.
- Karamızrak, N.2014. Ses ve Müziğin Organları İyileştirici Etkisi. *Koşuyolu Heart Journal*,17(1),54-57.
- Karippen P. M., 2009. Experimental Investigation on the Effects of Audible Sound to the Growth of *Aspergillus* Spp. *Modern Applied Science*. 3(4): 137-141.
- Kentish, S., Ashokkumar, M., 2011. The physical and chemical effects of ultrasound. In: Feng, H., Barbosa-Cánovas, G.V., Weiss, J. (Eds.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer, London, pp. 1–12.
- Khayankarn, S., Uthaibutra, J., Setha, S., Whangchai. K., 2013. Using electrolyzed oxidizing water combined with an ultrasonic wave on the postharvest diseases control of pineapple fruit cv. ‘Phu Lae’. *Crop Protection* 54: 43-47.
- Kilgour, R., T. M. Foster, W. Temple, L. R. Mathews, and K. J. Bremner. 1991. Operant technology applied to solving farm animal problems. An assessment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30: 141.
- Kim, H. W., 2016. The Effects of Low Frequency Noise on the Growth and Resistance to Antibiotics of Soil Bacteria and *E. Coli*. *Korea International School*, 27, *APEC Youth Scientist Journal* Vol. 8, No. 1, 1-10.
- Kim, J., Lee, J., Kwon, T., Lee, S., Kim, J., Lee, G., Park, S. and Jeong, M., 2015. Sound waves delay tomato fruit ripening by negatively regulating ethylene biosynthesis and signaling genes. *Postharvest Biology and Technology*, 110: 43-50.
- Kockum, A. F., Delsing, P., ve Johansson, G., 2014. Designing frequency-dependent relaxation rates and Lamb shifts for a giant artificial atom. *Chalmers University of Technology*, SE-412 96 Gothenburg, Sweden,(01.07.2019).
- Kovalcik, K., and J. Sottnik. 1971. The effect of noise on the milk efficiency of cows. *Zivocisna Vyroba* 16:795-804.
- Kubota, R., Yamashita, Y., Kenmotsu, T., Yoshikawa, Y., Yoshida, K., Watanabe, Y., Yoshikawa, K. 2017. Double-Strand Breaks in Genome-Sized DNA Caused by Ultrasound. *Chemphyschem*, 18(8): 959–964.
- Kuşku, H., 2018. Müziğin Koi (*Cyprinus Carpio*) Balıklarının Davranışları Stres Ve Gelişimi Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Çanakkale.

- Lanier, J. L. T. Grandin, R. D. Green, D. Avery³, and K. McGee. 200. The relationship between reaction to sudden, intermittent movements and sounds and temperament. *J. Anim. Sci.* 2000. 78:1467–1474
- Larcher, W., 1995. *Physiological Plant Ecology*, Published by Springer, ISBN 0-387-09795-3, New York, 506p.
- Lee, H., Feng, H., 2011. Effect of power ultrasound on food quality. In: Feng, H., Barbosa-Cánovas, G.V., Weiss, J. (Eds.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer, London, pp. 559–582.
- Lee, N. Y., Park, S. Y., Kang, I. S., and Ha, S. D., 2014. The evaluation of combined chemical and physical treatments on the reduction of resident microorganisms and *Salmonella Typhimurium* attached to chicken skin. *Poultry Science*, 93(1): 208–215.
- Lestard, N.D., Valente, R.C., Lopes, A.G., Capella, M.A., 2013. Direct effects of music in non-auditory cells in culture. *Noise Health* 15: 307-14.
- Li, B., Wei, J. M., Wei, X. L., 2008. Effect of sound wave stress on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of *Dendrobium candidum*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 63 (2): 269-275.
- Lindahl, T., & Barnes, D.E. (2000). Repair of endogenous DNA damage. In Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology Vol. 65. *Cold Spring Harbor Laboratory Press*. 127-134 pp.
- Liu, Y. and He, C., 2016. Regulation of plant reactive oxygen species (ROS) in stress responses: learning from AtRBOHD. *Plant Cell Reports*, 35(5): 995-1007.
- Liu, S.L., Wui W.J., Yung P.T., 2015. Effect of sonic stimulation on *Bacillus* endospore Germination. Department of Electronic Engineering, The Chinese University, 363.
- López, M., Castelló, C., Asensio, M., Fernández, P., Farreras, A., Rovira, S., Capdevila J. M., ve Velilla, E., 2015. Improvement Of Fertilization Rates Of In Vitro Cultured Human Embryos. By Exposure To Sound Vibrations. *Journal Of Fertilization: In Vitro - Ivf-Worldwide, Reproductive Medicine, Genetics & Stem Cell Biology, Jfiv Reprod Med Genet* 2015, 3:4. [Http://Dx.Doi.Org/10.4172/2375-4508.1000160](http://dx.doi.org/10.4172/2375-4508.1000160)
- Lopez-Ribera, I and Vicient, C.R., 2017. Use Of Ultrasonication To Increase Germination Rates Of Arabidopsis Seeds. *Lopez-Ribera and Vicient Plant Methods* 13:31.
- Madran, Ö. 2018. Ses Dalgalarının Hızı. Türkiye, <https://www.muhendisbeyinler.net/ses-dalgalarinin-hizi/>, (23/06/2019).
- Mankın, R., Epsky, N., Shuman, D., Ve Heath, R., 2003. Acoustic Trap For Female Mediterranean Fruit Flies. *Asae Meeting Presentation*, Sayfa Numarası: 037067.
- Mason T.J., 2003. Sonochemistry and sonoprocessing: the link, the trends and (probably) the future. *Ultrasonics Sonochemistry*, 10: 175-179.
- Matsushashi, M., Pankrushina, A.N., Takeuchi, S., Ohshima, H., Miyoi, H., Endoh, K., Murayama, K., Watanabe, H., Endo, S., Tobi, M., Mano, Y., Hyodo, M., Kobayashi, T., Kaneko, T., Otani, S., Yoshimura, S., Harata, A., Sawada T., 1998. Production of sound waves by bacterial cells and the response of bacterial cells to sound. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 44, 49–55.
- McLoughlin, 2018. China Sonic Attack: how sound can be a weapon.
- Meng, Q. W., Zhou, Q., Gao, Y., Zheng, S. J., Gao, Y., 2012. Effects of plant acoustic frequency technology on the growth traits, chlorophyll content and endogenous

- hormones of *Lycopersicon esculentum*. Hubei Agricultural Sciences, 51: 1591-1594.
- Meng,Q., Zhou,Q., Zheng,S., Gao,T.,2012. Responses on Photosynthesis and Variable Chlorophyll Fluorescence of *Fragaria ananassa* under Sound Wave.P.O. Box 67, The Key Laboratory of Bioenvironmental Engineering of Chinese Ministry of Agriculture, Enerjy Procedia ,16,346-352.
- Miano, A., Forti, V., Abud, H., Gomes-Junior, F., Cicero, S. and Augusto, P., 2015. Effect of ultrasound technology on barley seed germination and vigour. *Seed Science and Technology*, 43(2): 297-302.
- Milowska, K. and Gabryelak, T., 2007. Reactive oxygen species and DNA damage after ultrasound exposure. *Biomolecular Engineering*, 24(2): 263-267.
- Moore, B. C. J. (Ed.), 1995. *Hearing, a volume in handbook perception and cognition*. UK: Elsevier
- Mukerji, S., Windsor, A. M. ve Lee, D. J., 2010. Auditory brainstem circuits that mediate the middle ear muscle reflex. *Trends In Amplification*, 14, (3), ss. 170-191.
- Myrdycz A, Callens D, Kot K, Monchau F ve ark. Cells under stress: a non-destructive evaluation of adhesion by ultrasounds. *Biomolecular Engineering* 2002;19:219–225.
- Nawaz, S.K. and Hasnain, S., 2013. Occupational Noise Exposure May Induce Oxidative DNA Damage. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(5): 1547-1551.
- NTV, MSN NBC, 2004. <http://arsiv.ntv.com.tr/news/260860.asp#BODY,25/06/2019>.
- Ohlemiller, K.K., McFadden, S.L., Ding, D.L., Flood, D.G., Reaume, A.G., Hoffman, E.K., 1999. Targeted deletion of the cytosolic Cu/Zn-superoxide dismutase gene (Sod1) increases susceptibility to noise-induced hearing loss. *Audiology Neurotology* 5:237–246.
- Ozkurt, H., Altuntas, O., 2016. The Effect of Sound Waves at Different Frequencies upon the Plant Element Nutritional Uptake of Snake Plant (*Sansevieria trifasciata*) Plants. *Indian Journal of Science and Technology*, 9:48-55.
- Ozkurt, H., Altuntas, 2017. Ses Stresinin Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinin Potasyum, Magnezyum ve Kalsiyum Alımı Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi/ Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences* 22 (1): 41-48, 2017.
- Özkan,P., 2012.Taze Yeşil Yem Üretiminde Arpanın Çimlenme Performansının Artırılması Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Özkurt,H., Kavur,H.,2019. Üç Farklı Yüksek Ses Frekansına Maruz Kalmış *Culex pipiens* (L.) (Diptera: Culicidae) Larvalarında Değişen Mortal Etkiler. *Cukurova Med*, 44(3):1,1-7.
- Özkurt,H.,2018. Ses Dalgalarının 1000 Hz ve Farklı Ses Şiddetlerinde Lavanta ve Biberiye Bitkileri Üzerindeki Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi/ Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences*, 23 (2): 157-167, 2018.
- Pajor, E. A., J. Rushen, and A. M. de Pasille. 1999. Aversion learning techniques to evaluate dairy cow handling practices. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1):149. (Abstr.)
- Parker, J.B., and N.D. Bayley. 1960. Investigation of effects of aircraft sound milk production of dairy cattle 1957-1958. U.S. Dept. Agric., Washington, DC. 22 pp.

- Petrov, V., Hille, J., Mueller-Roeber, B., and Gechev, T. S. 2015. ROS-mediated abiotic stress-induced programmed cell death in plants. *Frontiers in Plant Science*, 6: 69.
- Phull, S.S., Newman, A.P., Lorimer, J.P., Pollet, T.J., Mason, T.J., 1997. The development and evaluation of ultrasound in the biocidal treatment of water. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4(2):157-164.
- Pickles, J. O., 2012. *An introduction to the physiology of hearing*. Bingley: Emerald Group Publishing.
- Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R.C., 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87 (3): 207–216.
- Plappert, U.G., Stocker, B., Fender, H., Fliedner, T.M., 1997. Changes in the repair of blood cells as a biomarker for chronic lowdose exposure to ionizing radiation. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 30:153–160.
- Qi, L. R., Teng, G. H., Hou, T. Z., Zhu, B. Y., Liu, X., 2010. Influence of sound wave stimulation on the growth of strawberry in sunlight greenhouse. *IFIP International Federation for Information Processing AICT*, 317: 449-454.
- Quan, K., 2011. Novel application of power ultrasonic spray. In: Feng, H., Barbosa-Canovas, G., Weiss, J. (Eds.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer, London, pp. 535–544.
- Reher P, Doan N, Bradnock B, Meghji S. Therapeutic ultrasound for osteoradionecrosis: an in vitro comparison between 1 MHz and 45 kHz machines. *Eur J Cancer* 1998;34:1962–1968.
- Rivera, C.S., Venturini, M.E., Oria, R., Blanco, D., 2011. Selection of a decontamination treatment for fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles packaged in modified atmospheres. *Food Control*, 22 (3–4): 626–632
- Rokhina, E.V., Lens, P., & Virkutyte, J. (2009). Low-frequency ultrasound in biotechnology: state of the art. *Trends in Biotechnology*, 27(5), 298-306.
- Roy, J., Kuddus, M., Begum, B., Choudhury, H. 2012. Evaluation of analgesic, cytotoxic and antioxidant activities of *Sansevieria roxburghiana* Schult. and Schult. *f.Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(2), 723-S726.
- RTO Technical Report, 2004. Non-Lethal Weapons And Future Peace Enforcement Operations, RTO-TR-SAS-040,3-11.
- Safari, M., Ghanati, F., Behmanesh, M., Hajnorouzi, A., Nahidian, B., & Mina, G. (2013). Enhancement of antioxidant enzymes activity and expression of *CAT* and *PAL* genes in hazel (*Corylus avellana* L.) cells in response to low-intensity ultrasound. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(9), 2847-2855.
- Saigusa, N., Imayama, S., Teramoto, Y., 2013. Control of microorganism by sound wave. (Effects of sound wave on enzyme balance in rice *koji*) Faculty of Biotechnology and Life Science, Sojo University, 4-22-1 Ikeda, Kumamoto 860-0082, Japan.4
- Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R., López-Gómez, A. and Marín-Iniesta, F., 2016. Combined use of thermo-ultrasound and cinnamon leaf essential oil to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in natural orange and pomegranate juices. *LWT - Food Science and Technology*, 73: 140-146
- Sao Jose, J.F.B., Vanetti, M.C.D., 2012. Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. *Food Control* 24 (1–2): 95–99.
- Sarı, E., 2016. Müzik Ruhun Gıdasıdır, Net Medye Yayıncılık, 177, Antalya.

- Sarvaiya, N., Kothari, V., 2015. Effect of audible sound in form of music on microbial growth and production of certain important metabolites. *Microbiology*, 84 (2): 227–235.
- Scherba, G., Weigel, R.M., O'Brien, W.D., 1991. Quantitative assessment of the germicidal efficacy of ultrasonic energy. *Applied and Environmental Microbiology*. 57(7): 2079-2084.
- Scouten, A. and Beuchat, L., 2002. Combined effects of chemical, heat and ultrasound treatments to kill *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *Journal of Applied Microbiology*, 92(4): 668-674.
- Seymour, I., Burfoot, D., Smith, R., Cox, L. and Lockwood, A., 2002. Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(5):547-557.
- Sezgin, O., 2016. Yunuslar Sonar Yardımıyla Görüntü Elde Ediyor Olabilir Mi? <https://www.gercekbilim.com/yunuslar-su-altinda-ekolokasyonla-goruntu-olusturuyor-olabilir/?from=hotbundle> (25.06.2019).
- Shabala, S. (Ed.). 2012. *Plant stress physiology*. Cabi. ISO 690.
- Shah, A., Raval, A., Kothari, V., 2016. Sound Stimulation Can Influence Microbial Growth And Production Of Certain Key Metabolites. Article in *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 5,4.330-334.
- Shao, H. B., Li, B., Wang, B. C., Tang, K., Liang, Y., 2008. A study on differentially expressed gene screening of *Chrysanthemum* plants under sound stress. *Comptes Rendus Biologies*, 331: 329-333.
- Shao, H-B., Chu, L-Y., Jaleel, C.A. ve Zhao, C-X., 2008. Water-deficit Stress-induced Anatomical Changes in Higher Plants, *Comptes Rendus Biologies*, 331(3), 215-225.
- Shaobin, G., Wu, Y., Li, K., Li, S., Ma, S., Wang, Q. and Wang, R., 2010. A pilot study of the effect of audible sound on the growth of *Escherichia coli*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2010.78(2): 367-371.
- Sharma, D., Gupta, U., Fernandes, A. J., Mankad, A., Solanki, H. A., 2015. The effect of music on physico-chemical parameters of selected plants. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5(1):282-287.
- Shekari, F., Mustafavi, S. And Abbasi, A., 2015. Sonication of seeds increase germination performance of sesame under low temperature stress. *Acta agriculturae Slovenica*, 105(2): 203-212.
- Silva, J.A., & Dobránszki, J. (2014). Sonication and ultrasound: Impact on plant growth and development. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 117(2), 131-143.
- Skopec, r., 2018. Science has a solution for sonic weapons caused cancer. *Clinical and Medical Reports*, 2(1): 1-4.
- Smith, B., 1998. *Moving 'em: A Guide to Low Stress Animal Handling*. University of Hawaii, Graziers Hui, Kamuela, HI.
- Sunilson, J. A., Jayaraj, P., Varatharajan, R., Thomas, J., James, J., Muthappan, M. 2009. Analgesic and antipyretic effects of *Sansevieria trifasciata* leaves. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 6(4).
- Şener S, İkizer B. Ultrasonik Muayene. In: ÖZDEN Nezihi editor. *Ultrasonik Muayene*. Ankara: Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü (SEGEM); 1979.1–2.

- Taiz L, Zeiger E, 2008 Plant Physiology, Sinauer Associates, Inc., Publishers. pp.1-690.
- Takahashi, H., Suge, H. and Kato, T. 1991. Growth promotion by vibration at 50 Hz in rice and cucumber seedlings. *Plant Cell Physiology*, 32: 729-732.
- Tarhan, Prof.Nevzat; 2005.Müzikterapi-sunuş, Timaş Yayınları, s.9, İstanbul.
- Tekin,Ö. İ.,2018. Su Örneklerindeki *Escherichia Coli*’ Nin Ses Dalgalarıyla Etkisiz Hale Getirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toprak, R., Aktürk, N.,2004. Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Olumsuz Etkileri. *Türk Hij Den Biyol Derg*, Cilt 61, No 1,2,3 S : 49 – 58.
- Uchida, A. Yamamoto, K. T., 2002. Effects of mechanical vibration on seed germination of *Arabidopsis thaliana* (L) Heynh. *Plant Cell Physiology*, 43: 647-651.
- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Muñoz, N., Martí, N. and Lizama, V. 2007. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80(2): 509-516.
- Vanol, D., Vaidya, R., 2014. Effect of types of sound (music and noise) and varying frequency on growth of guar or cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) seed germination and growth of plants. *Quest*, 2 (3): 9-14.
- Vinokur,R., Associates,W.,2004. Acoustic Noise as a Non-Lethal Weapon. *Sound And Vibration/October*,21-23.
- Wang B C ,Chen X , Wang Z , Fu Q Z , Zhou H , Ran L. 2003. Biological effect of sound field stimulation on paddy rice seeds. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 32: 29-34.
- Wang X J, Wang B C, Jia Y, Huo D, Duan C R. 2003b. Effect of sound stimulation on cell cycle of *Chrysanthemum (Gerbera jamesonii)*. *Colloids and Surfaces (B: Biointerfaces)*, 29, 103-107.
- Wang X J, Wang B C, Jia Y, Huo D, Duan C R. 2003b. Effect of sound stimulation on cell cycle of *Chrysanthemum (Gerbera jamesonii)*. *Colloids and Surfaces (B: Biointerfaces)*, 29, 103-107.
- Wang, Q., Chen, G., Yersaiyiti, H., Liu, Y., Cui, J., Wu, C., Zhang, Y. and He, X. (2012). Modeling Analysis on Germination and Seedling Growth Using Ultrasound Seed Pretreatment in Switchgrass. *PLoS ONE*, 7(10), p.e47204.
- Webders, 2017.<http://webders.net/ses-dalgaları-ders>, 20.06.2019.
- Weinberger P, Measures M., 1979. Effects of the intensity of audible sound on the growth and development of Rideau winter wheat. *Canadian Journal of Botany*, 57: 1036-1039.
- Weiss, J. , Gulseren, I., Kjartansson, G., 2011. Physicochemical effects of high intensity ultrasonication on food proteins and carbohydrates. In: Zhang, H., Barbosa-Canovas, G.V., Balasubramaniam, V.M., Dunne, C.P., Farkas, D.F., Yuan, J.T.C. (Eds.), *Nonthermal Processing Technologies for Foods*. Wiley, UK, pp. 109–134.
- Whangchai, K., Saengnil, K., Singkamanee, C., Uthaibutra, J., 2010. Effect of electrolyzed oxidizing water and continuous ozone exposure on the control of *Penicillium digitatum* on tangerine cv. ‘Sai Nam Pung’ during storage. *Crop Protection* 29: 386–389.
- Xiaocheng, Y., Bochu, W., & Chuanren, D. (2003). Effects of sound stimulation on energy metabolism of *Actinidia chinensis* callus. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 30(1-2), 67-72.

- Xiaocheng, Y., Bochu, W., Chuanren, D. and Yi, J. 2003. Effects of sound stimulation on ATP content of *Actinidia chinensis* callus. *Journal of Chinese Biotechnology*, 23: 95-97.
- Xiujuan, W., Bochu, W., Yi, J., Chuanren, D., Sakanishi, A., 2003. Effect of sound wave on the synthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 29: 99-102.
- Y F. 2010a. Influence of acoustic frequency technology on cotton production. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26, 170-174. (in Chinese)
- Yang X C, Wang B C, Ye M., 2004. Effects of different sound intensities on root development of *Actinidia* Chinese plantlet. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 10, 274-276, Chinese.
- Yang, X. C., Wang, B. C., Duan, C. R., 2003. Effects of sound stimulation on energy metabolism of *Actinidia chinensis* callus. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 30: 67-72.
- Yao, H.J., and Tian, S.P., 2005. Effects of a biocontrol agent and methyl jasmonate on postharvest diseases of peach fruit and the possible mechanisms involved. *Journal of Applied Microbiology* 98:941–950.
- Yılmaz,S.,2008. Reklettör Antenin Ses Dalgaları Üzerindeki Etkisinin Arastırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya/Hatay.
- Yi, J., Bochu, W., Xiujuan, W., Chuanren, D. and Xiaocheng, Y., 2003. Effect of sound stimulation on roots growth and plasmalemma H⁺-ATPase activity of chrysanthemum (*Gerbera jamesonii*). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 27: 65-69.
- Yi, J.,Bochu W., Xiujuan W., Daohong W., Chuanren D.,Toyama, Y., Sakanishi, A., 2003. Effect of sound wave on the metabolism of chrysanthemum roots. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 29 115-118.
- Yi,J., Bochu,W., Xiujuan,W., Chuanren,D., Xiaocheng,Y.,2003. Effect of sound stimulation on roots growth and plasmalemma H⁺-ATPase activity of chrysanthemum (*Gerbera jamesonii*). *Key Laboratory for Biomechanics and Tissue Engineering under the State Ministry of Education*, 27 (2003) 65_/69.
- Ying,J.C.L., DayouiJ., Phin,C.K.,2009. Experimental Investigation on the Effects of Audible Soundto the Growth of *Escherichia coli*. *Article in Modern Applied Science*,1,(3).
- Yiyao, L., Bochu, W., Xuefeng, L., Chuanren, D., Sakanishi, A., 2002. Effects of sound field on the growth of Chrysanthemum callus, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 24, 321-326.
- Yiyao, W. Bochu, L. Xuefeng, D. Chuanren, A. Sakanishi, 2002. Effects of sound field on the growth of Chrysanthemum callus, *Colloid. Surf. B* 24, 321-326.
- Yoshida, K., Ogawa, N., Kagawa, Y., Tabata, H., Watanabe, Y., Kenmotsu, T., Yoshikawa, Y. and Yoshikawa, K., 2013. Effect of low-frequency ultrasound on double-strand breaks in giant DNA molecules. *Applied Physics Letters*, 103(6): 063705.
- Zhang, J., 2012. Application progress of plant audio control technology in modern agriculture. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 53, 80-81.

- Zhao, H.C. , Wu, J., Xi , B.S. , Wangi B.C.,2002. Effects of sound-wave stimulation on the secondarystructure of plasma membrane protein of tobacco cells. *Key Lab for Biomechanics and Tissue Engineering under the State Ministry of Education, Chongqing Uni_ersity*, 25 (2002) 29–32.
- Zou, Y. and Jiang, A., 2016. Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology (Campinas)*, 36(1):111-115.



ÖZGEÇMİŞ

19.03.1990 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da, üniversite öğrenimini ise 2008-2012 yılları arasında Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji bölümü'nde tamamladı. 2014 yılında girdiği Kamu Personeli Seçme Sınavı' nı kazanarak Ağrı'ya Biyoloji Öğretmeni olarak atandı. 2015 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında Rize'ye tayini çıktı. 2018 yılında Önder MUMCU ile evlenip Trabzon'a tayin isteyerek orda yaşamaya başladı. Halen Trabzon'da biyoloji öğretmeni olarak görev yapmaktadır.