

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ULTRASONİK LEVİTASYON İLE UÇUCU (ESANSİYEL) YAĞ
KOKULARININ ATMOSFERE SALINIMININ ARTIRILMASI

Nazmiye KİLİM

Danışman
Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ

ISPARTA - 2022



© 2022 [Nazmiye KİLİM]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Levitasyon	11
3.1.1. Manyetik levitasyon	12
3.1.2. Elektrostatik levitasyon	14
3.1.3. Aerodinamik levitasyon	16
3.1.4. Ultrasonik (Akustik) levitasyon	17
3.1.4.1. Ses dalgaları ve duran dalgalar	19
3.2. Ultrasonik Sensörler.....	26
3.3. Arduino	28
3.4. L298N Entegresi	32
3.5. Uçucu (Esansiyel) Yağlar	32
3.5.1. Esansiyel yağlarda gelişmiş ekstraksiyon işlemleri	34
3.5.2. Esansiyel (uçucu) yağların tıbbi özellikleri.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1. Sistem Tasarımının Genel Görüntüsü	41
4.2. Sistemin Donanım Kısmı	42
4.3. Sistemin Yazılım Kısmının İncelenmesi.....	43
4.4. Ultrasonik Levitasyon İle Esansiyel Yağların Yayılımının İncelenmesi	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRASONİK LEVİTASYON İLE UÇUCU (ESANSİYEL) YAĞ KOKULARININ ATMOSFERE SALINIMININ ARTIRILMASI

Nazmiye KİLİM

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ

Koku, insanın beş duyusundan birisi olup, kokular terapi, tedavi ve birçok amaç için üretilip kullanılmaktadır. Kokunun atmosfere verimli bir şekilde yayılması için püskürtme, sürme, koku bantları ve buhar yöntemleri kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan yöntem püskürtme işlemidir. Bu işlem ise yer çekiminden dolayı püskürtülen sıvı maddenin havada tutulmasını zorlaştırmaktadır. Diğer yöntemlerde ise nesne üzerinden koku salınımı gerçekleştirilip nesnelerin hapsedtiği koku yayılımını sınırlandırarak kokunun yayılmasını azaltmaktadır. Dolayısıyla bu yöntemlerin hepsi verimsiz yöntemler olduğu saptanmıştır.

Bu tez çalışmasında, koku kaynağı olan esansiyel yağların ultrasonik levitasyon yöntemiyle havada tutularak koku moleküllerinin atmosfere verimli bir şekilde salınım yapması sağlanmıştır. Yağ parçacıklarının ultrasonik levitasyon yöntemi ile havada tutulması için piezo seramik temelli ultrasonik transmitter kullanılmıştır. Sistemin 40KHz mekanik akustik basınç üretmesi amacıyla, piezo seramik malzeme L298N entegresi ile kontrol edilmiştir. Sistemin takibi görüntü işleme teknikleri ile yapılmış olup, OPENCV kütüphanesiyle geliştirilen yağ damlası büyüklüğü testleri sayesinde kokunun yayılımı ve uçucu yağ çeşitlerinin verimliliği test edilmiştir. Ayrıca koku yayılım testleri denekler üzerinde de gerçekleştirilerek esansiyel yağlardan (gül ve çay ağacı yağlarında) en az 6 kat daha fazla atmosfere koku salınımı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik levitasyon, Koku, Esansiyel yağlar, Akustik basınç

2022, 62 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INCREASING THE RELEASE OF VOLATILE (ESSENTIAL) OIL ODORS INTO THE ATMOSPHERE BY ULTRASONIC LEVITATION

Nazmiye KİLİM

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Electrical-Electronics Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. İsmail Serkan ÜNCÜ

Smell is one of the five senses of man, and scents are produced and used for therapy, treatment and many purposes. Spraying, rubbing, scent bands and steam methods are used to spread the scent efficiently into the atmosphere. The most widely used method is spraying. This process makes it difficult to keep the sprayed liquid substance in the air due to gravity. In other methods, odor is released from the object, and it reduces the spread of odor by limiting the spread of odor trapped by the objects. Therefore, all of these methods were found to be inefficient methods.

In this thesis, essential oils, which are the source of odor, are kept in the air by ultrasonic levitation method, allowing the odor molecules to be released into the atmosphere efficiently. A piezo ceramic-based ultrasonic transmitter was used to keep the oil particles in the air by ultrasonic levitation method. In order for the system to generate 40KHz mechanical acoustic pressure, the piezo ceramic material was controlled with L298N integration. The system was followed by image processing techniques, and the diffusion of the scent and the efficiency of essential oil varieties were tested thanks to the oil drop size tests developed with the OPENCV library. In addition, odor diffusion tests were also performed on the subjects, and it was determined that there was at least 6 times more odor release into the atmosphere than essential oils (rose and tea tree oils).

Key Words: Ultrasonic levitation, Fragrance, Essential oils, Acoustic pressure

2022, 62 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ'ye, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı'nda çalışan Bilgi İşlem ekibine, eşim Oğuzhan KİLİM'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Nazmiye KİLİM
ISPARTA, 2022



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Robert Milikan'nın yağ deneyi	3
Şekil 3.1. Manyetik levitasyon yöntemiyle geliştirilen MAGLEV tren	13
Şekil 3.2. MAGLEV tren çalışma prensibi	14
Şekil 3.3. Elektrostatik levitasyon düzeneği	15
Şekil 3.4. Elektrostatik toz boyama fırını.....	16
Şekil 3.5. Akustik kamera	18
Şekil 3.6. Dairesel akustik kaldırıcın dikey ve yatay konumdaki akustik alanları....	22
Şekil 3.7. Dairesel akustik kaldırıcın akustik basınç dağılımı	23
Şekil 3.8. Farklı çaplara sahip içbükey akustik kaldırıcın akustik alanları	23
Şekil 3.9. İçbükey dizilimde akustik radyasyon kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	24
Şekil 3.10. Düzlem dizisindeki farklı dizi öğelerinin akustik basınçları	25
Şekil 3.11. Düzlem dizisindeki farklı dizi öğelerinin akustik radyasyon kuvvetlerinin karşılaştırılması	26
Şekil 3.12. Arduino kart gösterimi	29
Şekil 3.13. Arduino kartı üzerindeki elemanların tanıtımı.....	30
Şekil 3.14. Ardunio yazılım platformu	31
Şekil 3.15. L298N entegresi.....	32
Şekil 3.16. Esansiyel yağ elde etme yöntemleri.....	34
Şekil 4.1. Sistem tasarımının genel görünümü.....	42
Şekil 4.2. Sistemin donanım gösterimi	43
Şekil 4.3. Program ara yüzünün gösterimi	44
Şekil 4.4. Sistemde kullanılan hough circle transform methodu	45
Şekil 4.5. Hough circle transform methodunun programa uyarlanmış şekli.....	45
Şekil 4.6. Sistemin akustik alan kontrolü.....	46
Şekil 4.7. Gül yağının sistem üzerine yerleştirilmesi.....	46
Şekil 4.8. Gül yağına ait damlacığın iç bükey kaldırıcı üzerinde gözlemlenmesi.....	47
Şekil 4.9. Damlacığın yazılım ile tespiti ve yarıçap bulunması	48
Şekil 4.10. Damlanın yarıçap ölçümünde referans olarak 10 kuruş kullanımı	49
Şekil 4.11. Gül yağ damlacığının yarıçapının zamana göre değişim grafiği	50
Şekil 4.12. Çay ağacı yağı üzerinde oluşan kabarcıklar.....	50
Şekil 4.13. Çay ağacı yağının zamana göre değişim grafiği.....	51
Şekil 4.14. Çay ağacı yağının kokusunun algılanmasının zamana göre değişim grafiği	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Sesin maddenin farklı hallerindeki yayılma hızının formüllerle gösterimi.....	19
Çizelge 3.2. Sesin farklı sıcaklıklarda ve farklı maddelerdeki yayılma hızının gösterimi.....	20
Çizelge 3.3. Aromatik bazı bitkilerin, içerdikleri aktif bileşenler ve etki mekanizmaları	33
Çizelge 3.4. En yaygın kullanılan ekstraksiyon işlemleri	35
Çizelge 3.5. Ultrason destekli ekstraksiyon gıdalarda uygulamaları	38
Çizelge 3.6. Gelişmiş ekstraksiyon tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarının kıyaslanması	39
Çizelge 4.1. Gül yağ damlacığının yarıçapının zamana göre değişimi.....	49
Çizelge 4.2. Çay ağacı yağ damlacığının yarıçapının zamana göre değişimi.....	51
Çizelge 4.3. Çay ağacı yağ damlacığının kişilerin algılama zamanına göre değişimi	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Gazla etkileşen numune alanı
Cd	Sürtünme katsayısı
d	İki plaka arasındaki mesafe
FDM	Kaynaşmış biriktirme modelleme
g	Yerçekimi
M	Kütle
Q	Yükü taşıyan nesnenin kütlesi
t	Zaman
f	Frekans
λ	Dalga boyu
P _A	Basınç genliği
P _a	Herhangi bir zamandaki basınç



1. GİRİŞ

Koku, beş duyumuzdan birisi olan koku duyumuz ile algıladığımız havada uçuşan moleküller, kimyasal madde topluluğudur. Kokular hayatımızda önemli yer tuttuğu için özellikle güzel ve hoş kokuları için çiçeklerin kullanımı antik çağlara dayanmaktadır. Kullanılmaya ilk başlangıç amacı engelli bireylere terapi yapmaktır. Daha sonraları ise parfümeri ve kozmetikte de büyük yer tutmuştur. Kimyasal açıdan bakıldığında, bitkilerin kokusu bir asit ve bir alkol birleştirildiğinde üretilen esansiyel yağlardan kaynaklanır. Kokular üzerine yapılan çalışmalar, kokuların rüyalarımızı, duygularımızı, stresimizi, ağrımızı, konsantrasyonumuzu ve hatta hafızamızı bile etkilediğini göstermiştir. Lavanta kokusu bize kendinizi iyi hissettiren hormonların salgılanmasını sağlar ve bizi mutlu eder. Gül kokusu ise bizi rahatlatmasının yanı sıra kan basıncımızı düşürür (Acar, 2020).

Esansiyel yağların endüstride koku olarak kullanılabilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler püskürtme, sürme, koku bantları ve buhar yöntemleridir. En yaygın olarak kullanılan yöntem püskürtme işlemidir. Bu işlemde ise partiküllerin çok küçük olması ve yer çekimi ile hedeflenen bölgeye ulaşamaması esansiyel yağın havada tutulma zamanını azaltmaktadır. Diğer yöntemlerde ise nesne üzerinden koku salınımı gerçekleştirilip nesnelerin hapsettiği koku yayılımını sınırlandırarak kokunun yayılmasını azaltmaktadır. Kullanılan bu yöntemlerden en gelişmiş olanı ise yağ parçacıklarını havada tutan Levitasyon yöntemidir. Levitasyon yöntemi ile nesnelerin havaya kaldırılması taşınması bilim ve mühendislik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Levitasyon yöntemlerinden bazıları manyetik levitasyon, elektrostatik levitasyon, aerodinamik levitasyon, ultrasonik (akustik) levitasyondur. Bu çalışmada, elektrik ve manyetik alan yayımlamadığı, hava sirkülasyonu gerçekleştirmediği, madde yapısı etkilenmediği ve daha az ürünle daha fazla atmosfere salınım gerçekleştirilebildiği için ultrasonik levitasyon yöntemi tercih edilmiştir.

Bitkisel dokular ultrasona maruz bırakıldığında, fiziksel olarak değişimler meydana gelir ve bileşiklerin elde edilmesi kolaylaşır (Şeran, 2013). Ultrasonik ses dalgaları bakterisit, insektisit ve fungusit etkilere sahiptir. Ultrasonik ses dalgaları solüsyon

içinde hava kabarcıklarının oluşmasını sağlamaktadır. Oluşan kabarcıkların çökmesi veya genişmesi sonucunda enerji açığa çıkmaktadır (Dikilitaş, 2018).

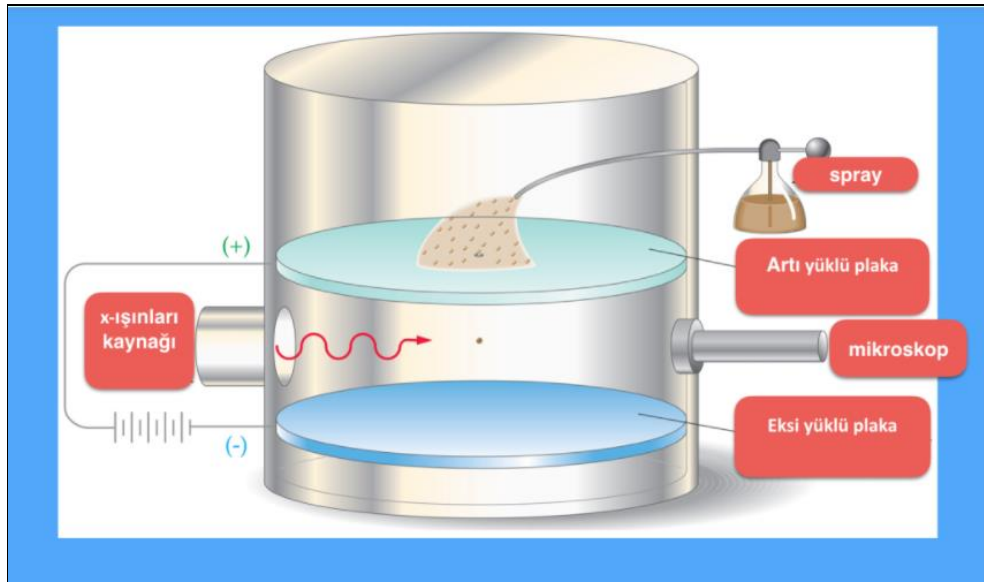
Kozmetiklerin amacına bakıldığında eski zamanlarda insanlar kendilerini güneş ışığı ve ısı gibi doğal unsurlardan korumaya çalışmışlardır. Eski dönemlerde yaşamış insanlar ayrıca kendilerini yağ, kil ve bitkisel karışımlılarla boyayarak koku salınımı ile güneş ışığı yanıklarından ve böcek ısırıklarından korumuşlardır. Kokular rahatlatıcı etkileri nedeniyle aromaterapide kullanılmış ayrıca arındırıcı etkisiyle de antiseptik olarak kullanılmıştır (Demir vd., 2020).

Uçucu yağlar yani esansiyel yağlar parfümeri sanayisinde büyük oranda püskürtme yöntemiyle kullanılmıştır. Püskürtme yönteminin kullanılması ve havada tutunmaya çalışılması, küçük moleküllerin kısa zamanda yok olması veya hedefe ulaşamaması verimsizlik oluşturmaktadır. Bu nedenlerle koku moleküllerinin daha büyük olarak atmosfere çıkarılması, havada daha uzun süre kalmasını sağlayacaktır. Ayrıca mekân içi hava sirkülasyonlarının büyük moleküllere değerek daha fazla salınımı gerçekleştirmesi sağlanacaktır. Gerçekleştirilen bu yöntem daha az hammadde ve kaynak kullanarak havada daha uzun süre moleküllerin asılı kalmasını salınım yapmasını sağlayacak bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle Isparta gibi tıbbi aromatik ürün üretimi yapan şehirlerde önemli bir açılım sağlayacaktır. Son yıllarda popüler olan lavanta, gül yağı gibi birçok endüstriyel yağ alt yapısının da gelişmesine yardımcı olacaktır. Özellikle otomobillerde, otobüs içerisinde, otel odalarında, kafelerde ve restoranlarda kullanılan oda spreylerine oranla hava değişimi ve dezenfeksiyon etkisi yönünden daha etkili olduğu için ultrasonik levitasyon yöntemi ticari olarak verimlilik sağlayacağı düşünülmektedir.

Koku maddeleri, karakteristik özelliklere sahip doğal uçucu yağlar ve sentetik organik kokulu bileşiklerin karışımlarıdır. Bu maddeler ayrıca antiseptik, anti bakteriyel, antifungal ve antiviral özellikleri nedeniyle aromaterapi ve diğer ürünlerde topikal ilaçlar olarak kullanılır. Dünyadaki yaşamın evrimsel tarihi boyunca, bitkiler ve ağaçlardaki uçucu yağların virüsler, bakteriler ve mantarlarla birlikte bitkileri ve ağaçları viral, bakteriyel ve mantar enfeksiyonlarından korumak için evrimleştiği kuramlaştırılmıştır. Bitkilerin anti-viral davranışı üzerine yapılan birçok araştırma, savunma mekanizmasının uçucu yağlara dayandığını göstermiştir.

Bu nedenle, çeşitli kategoriler altındaki koku malzemeleri, anti-viral aktiviteler için test edilmiştir. Daha da önemlisi, Laurus nobilis Oil, Juniperus oxycedrus Oil ve Theileria orientalis Oil gibi bazı uçucu yağların dezenfeksiyonda kullanıldığı hatta SARS-CoV-1 virüsüne karşı etkili olduğu gösterilmiştir (Aydın vd., 2021).

1909 yılında Robert Milikan tarafından yapılan deneyde elektron yükünün büyüklüğü ölçülmüş ve bu yükün en küçük birim yük, kuantize olduğu ortaya koyulmuştur. Robert Milikan elektron yükünü ölçmek için çok küçük bir yağ damlasına elektrik alan uygulamış ve yağ damlasının yer çekimine karşı koyarak düşmesini engelleyen elektrik alanının şiddetini ölçmüştür. Yağ damlasının kütlesini ölçmesi mümkün olduğundan dolayı yerçekim kuvvetini de ölçebilmiştir. Bu şekilde yağ damlasının sahip olması gereken yükü de tespit etmiştir. Kullandığı farklı yağ damlalarının yükünü değiştirmesine rağmen, yağ damlasındaki yükün her zaman elektronun yükünün $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 'un katı olduğunu gözlemlemiştir. Milikan deneyi gerçekleştirirken Şekil 1.1'deki koyduğu yüklü olan 2 plakadan üstekine yağ damlasını spray ile püskürtmüş ve deney sonuçlarını mikroskopla incelemiştir (Beléndez, 2017).



Şekil 1.1. Robert Milikan'nın yağ deneyi (Anonim, 2021a)

Araştırma yöntemi kapsamında eskiden koku yayılımı için kullanılan uçucu yağ herhangi bir yüzeye sürülüyordu ya da spray yöntemi ile püskürtülüyordu ve bu yöntemler kullanıldığında yağ moleküler ağırlık olarak bulunduğu yerde kaldığı gözlemlenmiştir. Ultrasonik salınım yöntemiyle birlikte havada salınım yapması

sağlanan yağ moleküllerinin daha uzun süre daha az malzeme kullanılarak koku yayılımı yapması daha verimli olması sağlanmıştır.

Bu yöntemi seçmemizin temel amacı şimdiye kadar kullanılan püskürtme yönteminin bulunduğu alanda çok fazla hacim kaplaması ve daha az havada moleküler salınım yapmasıdır. Geliştirilen yöntemde ise ultrasonik ses dalgaları ile esansiyel yağ içerisinde kavitasyon etkisi oluşturularak sıvı içerisinde baloncukların oluşması sağlanmış baloncukların çökmesi ve genişmesi ile moleküler çözme yöntemi geliştirilmiştir.

Bu çalışmada esansiyel yağlardan elde edilen koku moleküllerinin havada salınımı ve havada tutulması için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem sonucunda özellikle hastane, otogar, restoran gibi kapalı ortamlarda dezenfeksiyonu sağlayarak hastalıkların önlenmesi amaçlanmış aynı zamanda daha az yağ molekülü kullanarak daha çok verim elde edilmesi sağlanmıştır. Bununla ilgili çalışmalarda gözlemler görüntü işleme yöntemi ile yapılmıştır. Yağ damlalarının küçülmeleri gözlemlenmiş ve çalışma sonuçları koku deney grafikleri ile desteklenmiştir. Grafiklerin karşılaştırılması sonucu hangi yağ damlasının atmosferde daha uzun salınım yaptığı belirlenmiştir. Esansiyel yağlar ile yapılan bu çalışmada yağların kişiler üzerinde oluşturacağı hem duyuşsal hem de dezenfeksiyon açısından etkileri uzun süreli salınım ile oluşturulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Akustik levitasyon ile havada asılı duran damlacıkların teorik ve deneysel araştırılması ele almış ve Boundary Element Method (BEM) yöntemiyle akustik radyasyon basıncını hesaplamak için bir yöntem sunulmuştur. Akustik dalga, belli bir frekansta çalışan bir piezo kristal tarafından üretilmiştir. Damlacığı aydınlatmak için, bir CCD kameranın karşısına yerleştirilmiş beyaz bir yarı opak ekranın arkasına beyaz bir ışık kaynağı yerleştirmiş ve kamera ile damlacık üzerindeki değişimler kamera ile kaydedilerek görüntü işleme yöntemiyle işlenmiş böylece akustik radyasyon dağılımının etkileri damlacıklar üzerinden gözlemlenmiştir (Yarın vd., 1998).

Uçucu yağlardan olan Lavanta güzel kokusu nedeniyle kozmetik ve parfümeride kullanılmaktadır. Sadece parfümeride değil taşıdığı terpenik maddeler nedeniyle tıptada önemli bir yere sahiptir. Bronşiyal hastalıkların tedavisinde rahatlatıcı ve nefes açıcı olarak kullanılmaktadır. Lavanta ile ilgili yapılan çalışmada öncelikle hücre kültürü yapılmış, buradan süspansiyon kültürüne geçilmiş ve bu kültürler kloroform ile ekstre edilmiştir. Bu ekstreden kromatografik yöntemler kullanılarak fraksiyonlandırma ile düz zincirli yapıdaki maddeler karışımı elde edilmiş ve metillenerek GC-MS cihazında analizi yapılmıştır (Topçu vd., 2004).

Canlı hücrelerin moleküler yapısını araştırmak için bazı yöntemler büyük önem taşır. Canlı hücrelerin araştırılmasında kullanılan yöntemin hücrenin yapısını bozmaması gerekir. Bu yöntemlerden biri olan akustik levitasyonla 5 µL kırmızı kan hücresi süspansiyonunun dinamikleri ve sıtma ile enfekte olmuş hücrelerde hemozoini tespit etmek için kullanılmıştır (Puskar vd., 2007).

Bir bükme vibratörü ve bir reflektör kullanarak havada uzun mesafelerde küçük nesnelerin temassız ultrasonik taşınması ile ilgili yapılan çalışmada parçacıkların büyüklüğü duran dalga boyundan küçükse, parçacıkların bir akustik duran dalganın düğüm noktalarında tutulabileceğini kanıtlamışlardır. 3 mm kalınlığında, 605 mm uzunluğunda bükme titreşimli plaka ve bir reflektörden oluşan bir deney düzeneği kullanılmıştır. Plaka boyunca eğilme titreşimleri oluşturmak için titreşimli plakanın her iki ucuna cıvata bağlantılı, boynuzlu bir Langevin dönüştürücü takılmıştır.

Titreşimli plaka ile aynı boyutlara sahip bir düzlem reflektör, aralarında ultrasonik bir duran dalga oluşturmak ve küçük parçacıkları düğüm çizgilerinde yakalamak için plakaya yaklaşık 17 mm mesafede paralel olarak yerleştirilmiş ve Vibratör ve reflektör arasındaki akustik alan ve akustik radyasyon kuvveti, kapana kısılmış parçacıkların konumlarını tahmin etmek için sonlu elemanlar analizi ile hesaplanmıştır. Ses basınç dağılımı, bir tarayıcı lazer Doppler vibrometre kullanılarak deneysel olarak ölçülmüştür. İki dönüştürücü arasındaki faz farkı kontrol edilerek, titreşen plaka boyunca bir bükülme hareket eden dalga oluşturulmuş ve duran dalganın dikey düğüm çizgileri ve yakalanan parçacıklar hareket ettirilmiştir. Parçacıkların uzun mesafelerde temassız taşınması, sürüş faz farkı değiştirilerek sağlanabilmiştir (Koyama vd., 2010).

Karşıt yayılan ultrasonik dalgalar kullanarak mikropartiküllerin iki boyutlu manipülasyonu incelenmiştir. Bu işlemi gerçekleştirmek için 10 mikron çapında polistiren küreler suyun içerisine bırakılmıştır. Küreler, bir havaya yükselme dönüştürücüsü kullanılarak düzlemler üzerinde havaya kaldırılmış ve daha sonra eşleşen dört dönüştürücüye 5 MHz sinyaller uygulanmıştır. Dönüştürücülere uygulanan nispi fazların değiştirilmesiyle parçacıkların, yarım dalga boyu (0.15 mm) bir ayırma ile bir ızgara modeline zorlanabileceği ve ardından ızgaranın düzlem boyunca keyfi yönlerde çevrildiği gösterilmiştir. Faz ve konum arasındaki ilişkinin analitik olarak beklenenle uyumlu olduğu gösterilmiştir (Courtney vd., 2011).

Akustik Levitasyon ile 3D yol görselleştirme işleminde akustik kaldırma yöntemi kullanılmıştır. Bunun için birbirine zıt yani biri aşağıda biri yukarıda olmak üzere birbirilerinden bağımsız iki düzlem hazırlanmış ve bu düzlemlere yerleştirilen Ultrasonik Sensörler yardımıyla duran dalga üretmiş duran dalganın düğüm noktasında asılı durumda bulunan nesnenin, düzlemde yer alan sensörlerin ürettiği genlik ve faz değerlerini arttırıp azaltarak taşınmasını sağlamış (Omirou vd., 2015).

Düzensiz biçimli cisimlerden olan içi boş kürelerin durağan dalga ile akustik levitasyon yöntemi kullanılarak havada tutulması incelenmiştir. Çalışmada kullanılan cisimler üç boyutlu yazıcıda üretilmiş olup, malzemelerin yoğunluğu suyun yoğunluğuna yakındır. Deney ilaç kapsülü kesilerek yarımküre şeklinde bir cisim elde edilerek denenmiş ve cisim için bilgisayar benzetim çalışmaları ile kuvvet

hesabı yapılmış, kuvvet cismin kütlesi ile karşılaştırılarak havada duracağı konum tahmin edilmiştir. Tahmin edilen konum yapılan deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır. Büyük olan cisimler yalnızca kaynağa yakın olan düğüm noktasında havada tutulabilmiş, küçük olan ise aynı anda iki düğüm noktasında da havada tutulabilmiştir. Düğüm noktası sayısı arttıkça elde edilen kuvvet düştüğünden, iki düğüm noktasından fazlası denenmemiştir (Kandemir vd., 2015).

Uçucu yağ üretimde kullanılan klasik ekstraksiyon (bir çözelti içindeki maddeyi, çözen ama çözülen ile karışmayan yöntemle ayırma) yöntemlerinde sonuçların daha uzun sürede alınmasından dolayı, bu derlemede gelişmiş ekstraksiyon yöntemleri açıklanmıştır. Değınilen basınçlı solvent ekstraksiyonu (BSE), mikrodalga destekli solvent ekstraksiyonu (MSE), süper kritik akışkan ekstraksiyonu (SAE), ultrason destekli ekstraksiyon (UE) yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Burada solvent (katı ve sıvı maddelerini ayrıştırmak için kullanılan çözücü) miktarını aza indiren ve çevreye zararı dokunmayan, daha kısa zamanda verim artışı sağlayan gelişmiş ekstraksiyon yöntemlerinden bahsedilmiştir (Yaman vd., 2016).

Ultrasonik duran dalga alanında havaya kaldırılan küçük nesnelerin temassız kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Havada asılı duran birkaç cm büyüklüğündeki küçük bir nesnenin kaplama sıvısı ile temassız boyaması gerçekleştirilmiştir (Nakamura vd., 2017).

Ultrasonik temassız karıştırma yöntem önerileri ile ilgili yapmış olduğu çalışmada mutfaklarda kullanılabilecek şekilde ultrasonik sensörlerle temassız bir karıştırıcı yapmışlardır (Sato vd., 2017).

Çiya tohumundan ultrason destekli yağ ekstraksiyonunun optimizasyonunda cevap yüzey metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tohumlar herhangi bir marketten alınarak blender yardımıyla öğütölmüş. Ekstraksiyon işlemi aynı gün içinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen öğütölmüş tohum, cam şişelere alınarak üzerine hekzan ilave edilmiştir. Saf su doldurularak ekstraksiyon işlemi ultrason gücü ile gerçekleştirilmiş. İlgi örnekler bir dizi işlemten geçtikten sonra 5 dakika santrifüj edilerek katı fazın ayrılması sağlanmıştır. Santrifüj yardımıyla elde edilen son

kısımda yer alan üst faz, evapore edilerek hekzan uçurulmuş ve çiya tohum yağı ayrılmıştır (Arslan Tontul vd., 2018).

Melocan (*Smilax excelsa* L.) bitkisinin farklı kısımlarının Mikrodalga destekli ekstraksiyon ve Ultrason destekli ekstraksiyon ile elde edilen bileşiklerin tanımlanması ile ilgili çalışmada üç farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Bunlar mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) yöntemi, geleneksel ekstraksiyon (GE) yöntemi ve ultrasonik destekli ekstraksiyon (UDE) yöntemidir (Şahin, 2019).

Çok frekanslı akustik kaldırmada, havaya kaldırılan parçacığın konumu ve yönü akustik alanı değiştirilerek kontrol edilmiştir. Akustik alan kontrolü için aşamalı dizi kaldırıcı, 450 dönüştürücüden oluşan (Multicomp MCUST10P40B07RO, = 10 mm, 40 kHz nominal frekans) iki yarım küre konumlandırılmıştır. Bilgisayar üzerinden her biri için gerekli faz ve genlik hesaplanmış ve dönüştürücü ile bu bilgi düzeneğe gönderilmiş. Düzenek üzerinde yer alan FPGA'lara (Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri) gönderilerek her bir kanal için bir kare sinyal üretilmiş. Ölçümler için üç eksenli transdüser monte edilerek gerçekleştirilmiş (Puranen vd., 2019).

Sanal gerçeklik arayüzü kullanılarak ultrasonik sensörlerle Akustik Levitasyon simülatörü tasarlanmış. Fitts Yasası kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada levitasyon yöntemi ile ilk olarak bir BeadBounce oyunu geliştirilmiştir. Oynanan bu oyunda alan ikiye bölünerek sağ ve sol diye ayrılmıştır. Burada sol kısım güvenli sağ kısım ise tehlikeli bölgedir. Tehlikeli bölge üzerine yerleştirilen siyah direk ile işaretlenmiştir. Havada uçan cisme küçük bir raket ile vurularak cismin tehlikeli bölgeye girmesi engellenmiş. Cisminin raket ile hareket ettirilebilmesi için, raket cisme en yakın kısma konumlandırılmış. İkinci oyun ise LeviShooter; bu oyunda havada hareket eden cisim bir lazer silahı ile vurulmaya çalışılır. Tabancanın doğru nişan alması ise bir lazer yardımı ile sağlanmış. Burada cisim vurulduğunda geri bildirim sesi verilir (Paneva vd., 2020).

CCD, Akustik reflektör, Ultrasonik transmitter ve bir ışık kaynağı kullanılarak bir düzenek hazırlanmıştır. İlk olarak, ultrasonik duran dalga altında katı-sıvı süspansiyonun ayrılması ve teorik temeli sağlamak için matematiksel bir model kurulmuştur. İkinci olarak, ses alanının damlacıklı ve damlacıksız dağılımı simüle

edilmiştir. Üçüncüsü, damlacıkların deformasyonu ve hareketi simüle edilip test edilmiştir. Yapışkan damlacıkların süspansiyon ile ayrımı işlemi gerçekleştirilmiştir ve damlacığın duran dalga eklemesinde sabit bir şekilde asılı kaldığı, ses basıncının etkisi altında deforme olduğu düz küresel hale gelip düzleştiği gözlemlenmiştir. Ses basıncı Ultrasonik dalga altında varken ve yokken gözlemlendiğinde, damlacık yokken ses basıncının daha simetrik olduğu damlacık konulup askıya alındığında ise basıncın simetrisinin değiştiği gözlemlenmiştir (Wang vd., 2021).

Kaynaşmış biriktirme modelleme (FDM) üç boyutlu (3D) baskı, erimiş termoplastik malzemeleri katman katman biriktirerek bir parça oluşturma işlemidir. 3D baskıda çıkıntıların veya köprülerin altına destek yapılarının eklenmesi gerekir. Bu makale, filament levitasyon yöntemini inceleyerek desteksiz FDM baskısı için bir fikir önermektedir. Bir ultrasonik fazlı dizi cihazı tasarlanmış ve ses dalga boyundan çok daha uzun olan farklı ince nesneler, birden fazla duran dalga noktası tarafından havada havaya kaldırılmıştır. Deneyler, ince nesnelerin duran dalga alanındaki ses basınç düğümlerinde kararlı bir şekilde tutulabileceğini göstermektedir. Daha sonra Ultrasonik levitasyon yöntemi ile FDM baskı denenmiş ve tek filamentin köprü yapısındaki yerçekimi nedeniyle maksimum deformasyonu 5 mm'den 2 mm'ye düşmüştür. Yapılan bu çalışma; Ultrasonik levitasyonla FDM baskıdaki deformasyonların yüksek oranda azalmasının mümkün olduğunu kanıtlıyor (Wu vd., 2021).

Laboratuvarlarda kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar son birkaç yüz yılda cam ve metal cihazlarda/kaplarda gerçekleştirilmesine rağmen, biyolojik deneyler için polistiren ve polipropilen gibi polimerik malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan bu malzemelerin maliyeti çok fazladır. Ayrıca çevresel atık oluşturarak doğayada zarar vermektedir. Yapılan deneylerde kullanılan bazı kaplar doğru sonuçları etkileyebilmektedir. Bu nedenle temassız bir deney için, tek eksenli 60 khz frekans üretebilen bir Akustik kaldırıcı kullanarak havada asılı yüzen bir damlacık incelenmiştir (Matsubara vd., 2021).

Tek emitör veya tek transdüktör dizisi kullanan ultrasonik levitasyonun kararlılığının hala iyileştirilmesi için ve tek eksenli içbükey küre ve tek eksenli çift düzlem tarafından dik olarak oluşturulan dönüştürücü dizilerinin bir yapısını sürmek için

FPGA denetleyicisine dayalı yeni bir gömme elektronik sistemi önermektedir (Li vd., 2021).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde geliştirilen çalışmada yararlanılan materyallerden ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Geliştirilen sistem, moleküllerin bir yüzeye temas etmesini engelleyecek yapıda olduğundan, yağ moleküllerini havada tutacak piezo seramik temelli mekanik itici ve bunlara sabit akım sağlayan devre alt yapısı sayesinde moleküller havada tutularak moleküllerin atmosferde yayılım oranının artmasını ve dayanım süresinin uzamasını sağlamıştır. Bu sistemin geliştirilmesi amacıyla 3D printer ile basılan iç bükey kaldırıcı ve bu kaldırıcın kütleli hesaplamaları bu bölümde verilmiştir.

Malzemeler ve yöntemler yapılan araştırmalar sonucunda elde edilmiş ve esansiyel yağ damlalarından elde edilen koku yayılımının atmosfere salınımı ultrasonik levitasyon ile gerçekleştirilmiş yağ damlası üzerinde oluşan fiziksel değişimlerin izlenmesi ise OPEN CV kütüphanesi kullanılarak yazılan bir program aracılığıyla sağlanmıştır.

3.1. Levitasyon

Filmlere konu olmuş sihirbazlık diye adlandırdığımız birçok illüzyon numarasından birkaçı olan insanların ya da cisimlerin havada asılı şekilde tutulması, hatta onların bir noktadan bir noktaya taşınması olayı fiziksel herhangi bir destek olmadan, teknolojinin gelişmesi ile mümkün kılınmıştır. Kütlesi olan herhangi bir cismin yer çekimine karşı koyması herhangi bir fiziksel etki olmadan havada asılı tutulması olayına levitasyon denilmektedir. Başlıca bilinen levitasyon çeşitleri şunlardır; (Brandt, 1989)

- Manyetik Levitasyon
- Elektrostatik Levitasyon
- Aerodinamik Levitasyon
- Ultrasonik (Akustik) Levitasyon

3.1.1. Manyetik levitasyon

Manyetik levitasyon, fizikteki levitasyonun bir örneğidir. Yerçekiminin üstesinden gelmek için yalnızca manyetik alanların ürettiği kuvvetlere dayanır (Anonim, 2021b).

Yani Manyetik askılama m kütlesine sahip bir nesnenin manyetik nüve ile arasında kalan mesafesinin sabit kalması için oluşturulan düzenektir. Manyetik nüve ile askıda kalan nesne arasındaki mesafe farklı referans değere göre değişmektedir. Amaç bu arada kalan mesafenin elektromanyetik kuvvet optimizasyonu ile kontrol edilebilmesidir (Maden vd., 2018).

Manyetik askı yöntemi birçok uygulamada kullanılmaktadır kullanılan uygulama alanlarına örnek olarak; sürtünmesiz manyetik levitasyonlu maglev asansörleri, harekete duyarlı makinelerinin titreşim yalıtımı, yüksek hızlı olanlardan yolcu taşımada kullanılan MAGLEV trenleri, indüksiyon fırınların dökme metallerinin kaldırılması ve üretim aşamasında metal levhaların kaldırılması örnek olarak verilebilir (Yüksek, 2011).

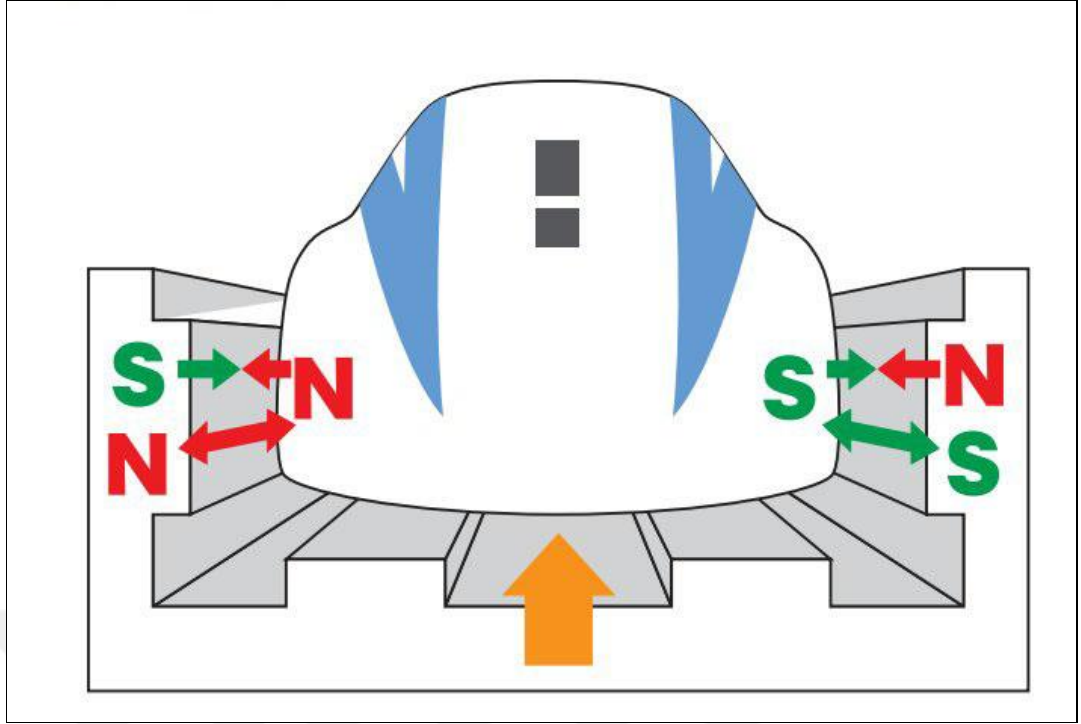
En çok bilinen örneklerden biri olan bu yöntemle geliştirilmiş olan Manyetik Levitasyonlu trenlerden olan MAGLEV'dir. Manyetik olarak havaya kaldırılan (maglev) araç, sürtünmeden kaynaklanan gürültü, titreşim ve aşınmayı azaltan ve kirlilik yaratmayan çevre dostu bir ulaşım sistemidir (Kim vd., 2011).

Şekil 3.1'de gösterilen MAGLEV trenleri dünya genelinde çok fazla yaygınlaşmamış olsa da nüfusun yoğun olduğu bazı ülke ve şehirlerde kullanıldığı gibi ticari amaçla da ilk defa Çin'de kullanılmaya başlanmıştır (Çodur, 2017).



Şekil 3.1. Manyetik levitasyon yöntemiyle geliştirilen MAGLEV tren (Çodur, 2017)

MAGLEV trenin çalışma şekli Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Şekilde de gösterildiği üzere Maglev, araç üzerindeki süper iletken mıknatıslar ile yerdeki bobinler arasındaki elektromanyetik kuvvetler kullanılarak, aracın kılavuz yolundan (geleneksel demiryollarının ray yollarına karşılık gelen) havada hareket ettiği bir sistemdir. Kaldırma bobinleri, kılavuz yolunun yan duvarlarına monte edilmiştir. Yerleşik süper iletken mıknatıslar, bu bobinlerin merkezinin yaklaşık birkaç santimetre altından yüksek bir hızda geçtiğinde, bobinlerde bir elektrik akımı indüklenir ve bu akım geçici olarak elektromıknatıs görevi görür. Sonuç olarak, süperiletken mıknatısı yukarı doğru iten ve aynı anda yukarı çeken kuvvetler vardır, böylece maglev aracını havaya kaldırır (Yaghoubi, 2013).



Şekil 3.2. MAGLEV tren çalışma prensibi (Anonim, 2021c)

Manyetik Levitasyon sadece karayolu taşımacılığında kullanılmamıştır. Bu Levitasyon sistemine diğer bir örnek ise Otomatik dijital imge işleme, yani mikroskop altında çekilen imgelerden mikro parçacıkların pozisyonlarını mıknatıslara uzaklıklarına göre bulup, bu pozisyonlardan öz kütle hesaplamasıdır (Tekin, 2018).

3.1.2. Elektrostatik levitasyon

Elektrostatik havaya kaldırma yöntemi, yüklü bir numune ile çevreleyen elektrotlar arasındaki Coulomb kuvvetini kullanan kapsız bir işleme tekniğidir (Tamaru, 2018). Elektrostatik kaldırıcılar 30 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır ve malzeme bilimi topluluğu için olgun araçlar haline gelmiştir. Başlangıçta uzayda malzeme ve akışkan bilimi deneyleri için konumlandırma olarak geliştirilmişler, sonraları ise yalnızca uzay ajanslarında değil, aynı zamanda devlet laboratuvarlarında, üniversitelerde ve endüstride yer tabanlı araştırmalar için dünya çapında kullanılmışlardır (Li, 2011).

Elektrostatik kaldırıcılar, kapsız olarak aşındırıcı veya yüksek sıcaklıktaki malzemeleri işlemeye, incelemeye izin veren fiziksel teması ortadan kaldırır. Bir kabın olmaması, erimiş refrakter metaller, alaşımlar, yarı iletkenler veya oksitler gibi

kimyasal olarak reaktif malzemelerin işlenmesine izin verir ve kap duvarlarıyla numune kontaminasyonu (radyoaktif maddelerin bulaşması) riskini ortadan kaldırır (Tamaru, 2018).

Elektrostatik Levitasyon bir çift yatay, paralel elektrot varsayarsak, elektrotlar arasında bir nesneyi havaya kaldırmak için (3.1)'deki denklemin sağlanması gerekir;

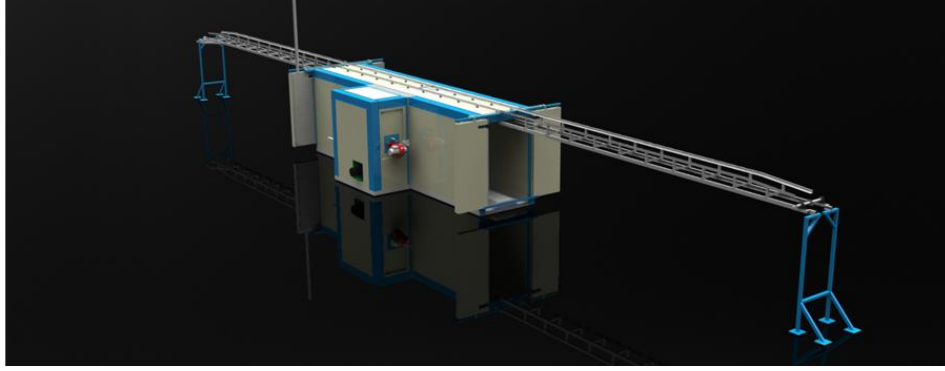
$$Mg = (V / d) Q \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklemde; Q yükü taşıyan nesnenin kütlesidir, g yerçekimidir. V ise plaka elektrotları arasındaki voltaj farkı, d ise varsayılan iki plaka arasındaki mesafeyi temsil eder (Paradis vd., 2014).



Şekil 3.3. Elektrostatik levitasyon düzeneği (Paradis, 2014)

En güzel örneklerinden birisi ise Şekil 3.3'te gösterilen ELF (Elektrostatik Levitasyon Fırını)'dir.



Şekil 3.4. Elektrostatik toz boyama fırını (Anonim, 2021d)

3.1.3. Aerodinamik levitasyon

Aerodinamik havaya yükselme terimi, katıların veya sıvıların dikey bir gaz akımının üzerinde serbestçe yüzdüğü bir teknik için kullanılır. Bu teknik ile numuneler herhangi bir kap malzemesi ile temas etmemektedir (Pack, 2010).

Aerodinamik Levitasyon, metal oksitleri ve daha az ölçüde metalleri, alaşımları ve yarı iletkenleri incelemek için yaygın olarak kullanılmıştır. Aerodinamik kaldırma bileşenlerinin küçük boyutu, çok çeşitli temassız teşhis yöntemleriyle entegre olmalarını sağlar. Aerodinamik kaldırma gazlı bir ortam gerektirdiğinden, bir numunenin kimyasını yerinde ayarlamak için proses gazlarının kullanılmasına izin verir (Benmore vd., 2017).

Aerodinamik havaya kaldırma, katıların ve sıvıların yüksek sıcaklıklarda fiziksel özelliklerinin incelenmesi için kullanılmıştır. Ayrıca oksitlerin ve silikatların kristalleşme davranışını araştırmak için de kullanılmıştır. Heterojen çekirdeklenme bölgelerinin olmaması nedeniyle, soğutma sırasında kristalleşen maddelerden camların hazırlanması için aerodinamik Levitasyon da kullanıldı (Pack, 2010).

Aerodinamik levitasyon için temel gereklilik, numunenin ağırlığının (Mg), gazın yoğunluk integrali ile çarpılan sürtünme katsayısı C_d olarak ifade edilebilen akan gazdan gelen kuvvetler tarafından dengelenmesidir. p ve akış hızının karesi (u^2), u ve gazla etkileşen numune alanı A üzerindeki basınç düşüşü (Benmore vd., 2017).

$$Mg = C_d \int (p u^2 + p) dA \quad (3.2)$$

Mikro kimyasal yöntemlerle (EPMA, LA-ICPMS) birlikte aerodinamik kaldırma, uçucu olmayan büyük, küçük ve eser elementlerin analizleri için verimli bir yığın hazırlama yöntemidir (Pack, 2010). Bunlara en güzel örneklerden birisi helikopterler ve airhockey'dir (Anonim, 2021e).

3.1.4. Ultrasonik (Akustik) levitasyon

Ses mekanik bir dalgadır ve bu nedenle akustik radyasyon kuvvetleri nedeniyle parçacıklar üzerinde hareket edebilen momentum taşır. Herhangi bir nesneye uygulanan kuvvetler yeterince güçlü olduğunda ve her yönden yakınsadığında, parçacıklar havaya kaldırılabilir ve sabit bir şekilde yakalanabilir (Marzo vd., 2015a).

Akustik radyasyon basıncı herhangi bir nesne yüzeyi ses alanına maruz kaldığında, etkiyi basınç olarak yaşar. Yüzeydeki aşırı basınç, akustik radyasyon basıncı olarak tanımlanır. Bu aşırı basınç, akustik radyasyon kuvveti olan malzemeye bir kuvvet uygular (Kandemir, 2018).

Göreceğimiz gibi, akustik havaya yükselme, yerçekimine karşı koymak ve maddeyi havada asılı tutmak için akustik radyasyon basıncını kullanır (Andrade vd., 2017).

Bu yöntem, hücrelere, sıvılara, bileşiklere veya canlılara dokunmadan veya onları kirletmeden onlarla ilgili çalışmalar yapılmasını sağlar. Çift eksenli bir kaldırıcıda iki eleman arasında duran bir dalga oluşturulur ve dalganın düğümleri tuzak görevini görerek cismin bu dalganın düğüm noktasında asılı tutulmasını sağlar (Marzo vd., 2015a).

Uzun yıllardır yapılan çalışmalarda akustik havaya kaldırma genellikle küçük nesneleri uzayda sabit konumlarda askıya almak için kullanılmış olup, son yıllarda ise önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Nesneleri havada asılı tutmak ile yetinilmeyip artık manipüle etmek içinde kullanılmıştır ve çok sayıda akustik havaya kaldırma stratejisi geliştirilmiştir (Andrade vd., 2017).

Son gelişmelerde, tek taraflı bir cihazla (akustik cımbız) tuzaklar oluşturmak için özel yapım piezoelektrik elemanların kullanıldığını görülmüştür. Ancak bu tuzaklar

sadece yanal kuvvetler uygular ve bu nedenle parçacıkların bir yüzey üzerinde durması gerekir (Marzo vd., 2015a).

Akustik cımbızlar, maddeyi temas etmeden manipüle etmek için ses radyasyon kuvvetlerini kullanır. Daha yerleşik optik cımbızlarla karşılaştırıldığında, birim giriş gücü başına daha yüksek yakalama kuvvetleri ve nesneleri mikrometreden santimetre ölçeğine kadar manipüle etme yeteneği gibi benzersiz özellikler sağlarlar. Ayrıca, çeşitli ortamlarda çok çeşitli numune malzemelerinin yakalanmasını sağlarlar. Optik cımbızlardaki dramatik ilerleme, 3D mikro yapıların montajı ve yumuşak maddenin araştırılması gibi uygulamalara yol açan çoklu partiküllerin bağımsız manipülasyonunu sağlarlar (Marzo, 2019).

Akustik Levitasyon işlemlerinde ses dalgalarının görsel olarak incelenebilmesi için genellikle holografik akustik elemanlar kullanılmıştır. Kullanılan bu elemanlar ile ses dalgalarının yönü ve düzeyi incelenmiş renk skalasıyla görsel olarak ses dalgalarını izleme olanağı tanımıştır (Marzo vd., 2015b).

Bunların en güzel örneklerinden birisi Şekil 3.4’de gösterildiği gibi Beamforming tekniğiyle çalışan ses kaynaklarının konumunun belirlenmesini sağlayan, sinyallerin eş zamanlı olarak toplandığı ve işlendiği “microphone array” olarak adlandırılan bir mikrofona grubundan oluşan akustik kameralardır (Anonim, 2021f).



Şekil 3.5. Akustik kamera (Anonim, 2021f)

Akışkanların akustik levitasyon ile havaya kaldırılmasını sunulan teoremler üzerinden incelersek öncelikle akışkan hareketinin temel denklemlerine bakmamız gerekmektedir. Ardından ise lineer dalga denkleminin bir türevini almamız ve sonra, akustik radyasyon basıncını elde etmek için ana denklemleri birleştirmemiz ve küçük bir küre üzerine etki eden akustik radyasyon kuvveti için basit bir analitik ifade sunmamız gerekmektedir. Bu ifade, bir düzlem akustik durağan dalga alanında küçük bir küreye etki eden radyasyon kuvvetini elde etmek için kullanılır. Analizi basitleştirmek için, akustik akış ve harmonik üretim gibi viskoz olmayan bir akışkan ve doğrusal olmayan etkiler varsayılmış. Diğer nesnelerden saçılan dalgaların neden olduğu akustik etkileşim kuvvetleri ise ihmal edilmiştir (Andrade vd., 2017).

3.1.4.1. Ses dalgaları ve duran dalgalar

Ses dalgaları boyuna mekanik dalgalardır. Ortam özelliklerine göre yayılım hızları değişiklik göstermektedir. Parçacıkların hareketleri dalga boylarına göre değişiklik gösterir. Bu değişiklikler yüksek ve alçak basınç bölgelerinin oluşumuna yol açarlar. Herkes tarafından bilinen ses dalgaları sinüzoidal dalgalardır (Aydın vd., 2019).

Ses mekanik bir dalga olduğundan, ses dalgalarının hızı Çizelge 3.1’de de gösterildiği gibi sesin iletildiği ortam ile ilişkilidir. Sesin hızının değişmesinde yayıldığı ortamın sıcaklığı, nemi ve yoğunluğu önemli rol oynar. Maddenin farklı halleri (fazları) için ses hızının ifadesi değişim göstermektedir (Anonim, 2021g).

Çizelge 3.1. Sesin maddenin farklı hallerindeki yayılma hızının formüllerle gösterimi (Anonim, 2021g)

Maddenin Halleri	Formülü	Formül Açıklaması
Katı	$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	Y ortamın Young modülü, ρ ise yoğunluktur.
Sıvı(Akışkan)	$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$	B ortamın hacimsel modülü, ρ ise yoğunluktur.
Gaz	$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$	γ maddenin spesifik ısı sığaları oranı, M molar kütle, T sıcaklık ve R evrensel gaz sabitidir.

Sesin yayılım hızı Çizelge 3.2’de gösterildiği gibi farklı sıcaklıklarda ve farklı maddelerde yayılması farklılık göstermektedir. Havada daha yavaş yayılan ses yüzeylerde ise daha hızlı yayılmaktadır. Ses hızı sesin frekansına, dalga boyuna bağlı olup, ses hızı (V_{ses}), frekans (f) ve dalga boyu (λ) arasındaki bağlantı aşağıdaki formülde gösterilmiştir (Anonim, 2021g).

$$V_{ses} = f \cdot \lambda \quad (3.3)$$

Çizelge 3.2. Sesin farklı sıcaklıklarda ve farklı maddelerdeki yayılma hızının gösterimi (Anonim, 2021g)

Madde	Sıcaklık (°C)	Hız (m/s)
Hava	0	331.5
Hava	20	344
Hidrojen	0	1270
Su	15	1437
Tahta	0	3828

Ses dalgalarını tanımlayan parametreler; frekans, genlik, dalga boyudur.

- Frekans
- Genlik
- Dalga Boyu

Sesin kaynağının bir saniyede yaptığı titreşim sayısına frekans denir. Hertz birimi ile ifade edilir (1 Hertz = 1döngü/saniye). Ses dalgaları frekansına göre genelde üç gruba ayrılır; (Anonim, 2021h)

- İşitilebilir ses dalgaları
- Ses altı(infrosonik) dalgaları
- Ses üstü (ultrasonik) dalgaları

İnsan kulağının işitebileceği ses frekansı 20 Hz ile 20.000 Hz aralığındadır bunlara işitilebilir ses dalgaları denilmektedir. Frekansı işitilemeyecek kadar küçük olan seslere sınır altı veya ses altı sesler adı veriliyor (Sawicka vd., 2019). İnsanların işitebileceği frekans değerinin üstünde bir frekans değerlerine sahip olan ses dalgalarına ise Ultrasonik (ses üstü) Dalgalar denir (Gürer Yücel, 2013).

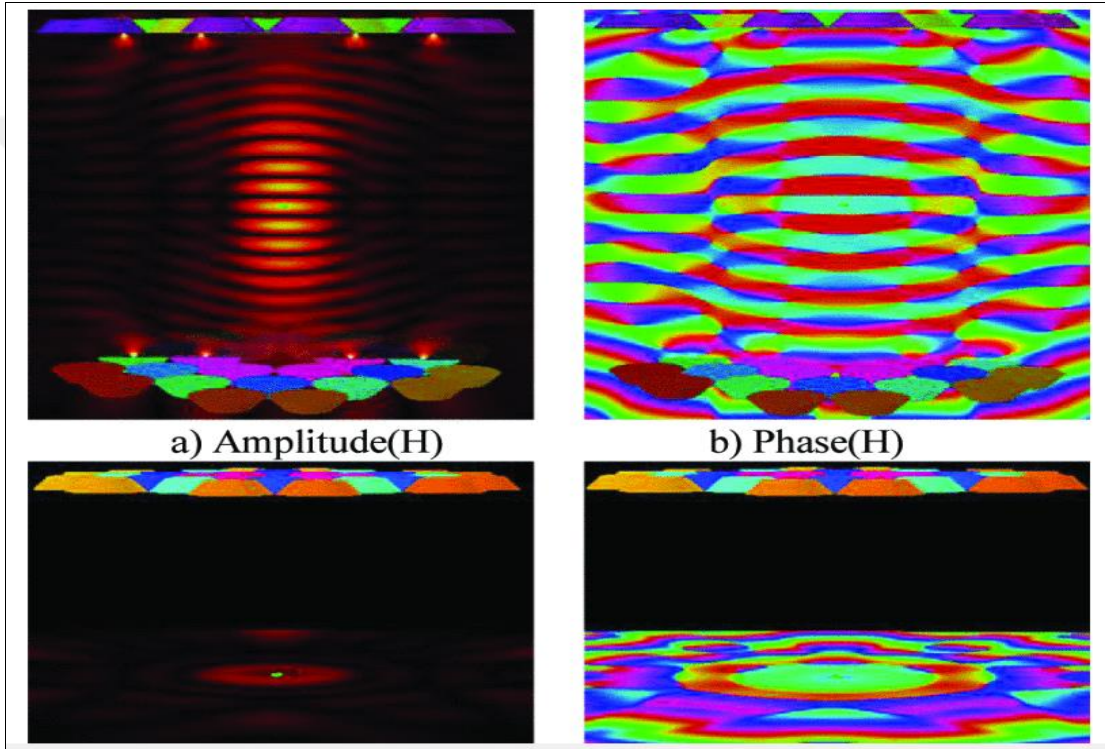
Ultrasonik ses dalgalarının frekansı 20.000 Hz ve daha yüksek basınç dalgalarıdır. Ultrasonik ses dalgaları sıvı bir ortamda kavitasyon olarak bilinen bir mekanik etki meydana getirirler. Ultrasonik ses dalgasının bir sıvıya batırılmış ileri geri hareket eden pistonu benzetebiliriz. Bu benzerlikten basınç dalgalarının, sıvı içerisindeki moleküler etkileşimler sayesinde iletilen ileriye doğru vuruş şeklinde anlatılabilir. Bu hareket 10 mikro saniyeden daha kısa sürede gerçekleşmektedir (Demir, 2020).

Ultrasonik sensörün artan kullanımı artık yüksek doğrulukta milimetrik çalışma aralığı gerektiriyor. Ultrasonik sensör, menzili için ses dalgalarını kullanır ve sesin hızı bir dizi çevresel parametreden etkilenir. Bunlardan en bilineni sıcaklık ve nemdir (Panda vd., 2016).

Ultrasonik dalga çeşitleri; boyuna dalga, enine dalga ve yüzey dalgası şeklindedir. Boyuna dalgada, dalganın yayınım ve titreşim doğrultuları aynıdır. Bu dalganın diğer bir ismi de basınç dalgasıdır. Problarla muayene de bu dalga kullanılır. Her türlü maddesel ortamda yayılmaları mümkündür. Boyuna dalgaların yayınma hızı diğer Ultrasonik dalgalardan daha yüksektir. Enine dalga, titreşim ve yayınım doğrultuları birbirine dik olan dalgalara denir. Diğer adıyla kayma dalgası olan bu dalga türü daha çok açısız problemlerle muayenede kullanılır. Sadece katı ortamlarda yayılır ve yayınma hızı boyuna dalganın yaklaşık yarısı kadardır. Yüzey dalgası, titreşim hareketi yayınım doğrultusuna dik bir elipstir. Bu dalganın oluşturduğu elips genellikle bağıntılı olarak değişir genliğe göre elips küçülür, büyür ya da sıfır olur. Sadece yüzeyde yayılırlar ve daha derinlere nüfuz edemezler bu nedenle bu şekilde adlandırılmıştır. Ultrasonik enerjisi sıfırdır. Yayınma hızı enine dalgalardan biraz daha küçüktür (Duran vd., 2006).

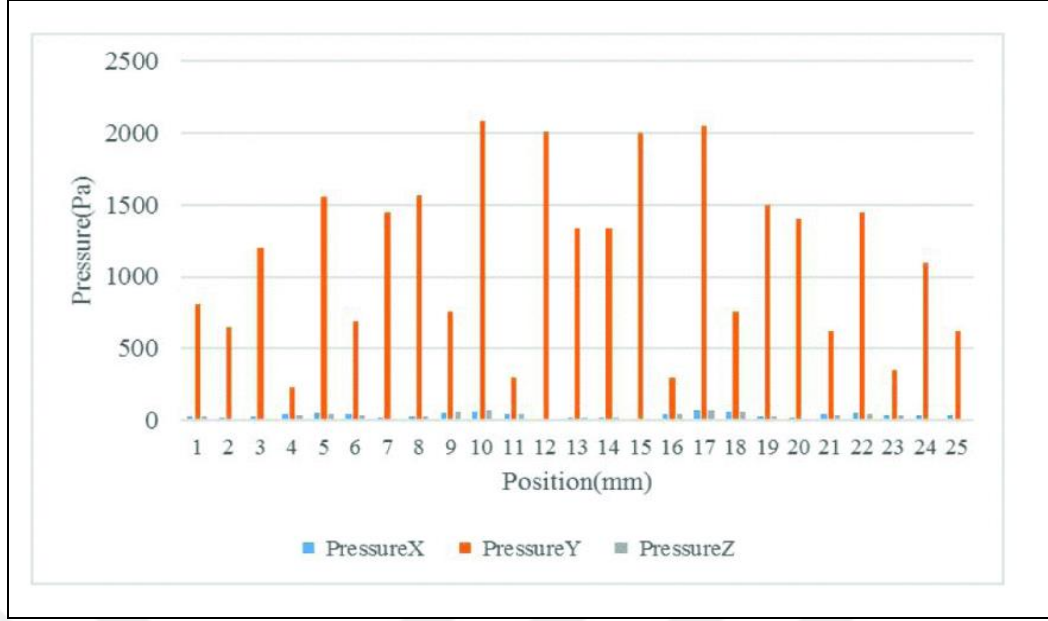
Zıt yönlerde yayılan iki özdeş dalga etkileşime girdiğinde duran bir dalga oluşur (O'Mahony vd., 2003). Ultrasonik duran dalga için bazı dizilim modelleri

kullanılmaktadır. Bunlardan en bilinen modeller Şekil 3.8’de gösterilen içbükey, Şekil 3.6’da gösterilen dairesel ve Şekil 3.10’da gösterilen düzlemseldir. Şekil 3.6’da da gösterildiği gibi dairesel ultrason dizisinin yapısında ise içbükeyden farklı olarak farklı bir genlik dağılımına sahiptir buradaki kırmızı kısım genlik dağılımını temsil eder ve ultrasonik dönüştürücülerin farklı renkleri, farklı fazlardaki dönüştürücüleri temsil eder. Birden fazla dalga düğümü vardır ve parçacıklar bu akustik dalga düğümlerinde havaya kaldırılabilir. Yatay düzlem (H) ve düşey düzlem (V) farklı genlikler ve faz dağılımları gösterir (Sun vd., 2021).



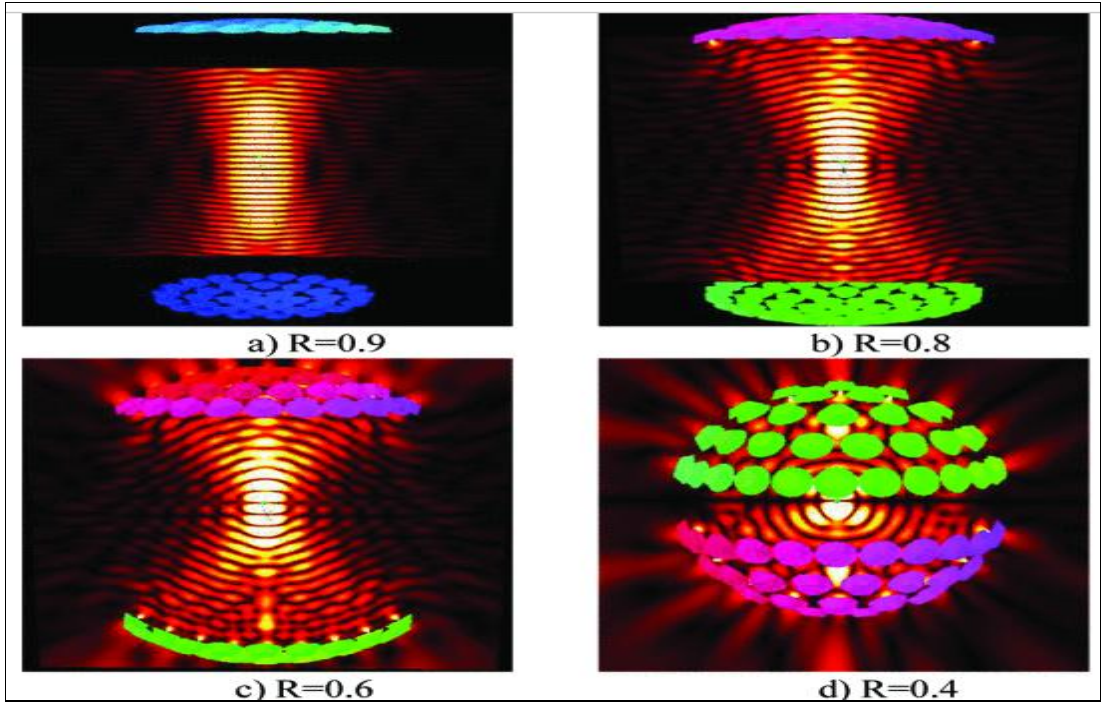
Şekil 3.6. Dairesel akustik kaldırıcının dikey ve yatay konumdaki akustik alanları (Sun vd., 2021)

Şekil 3.7’de dairesel akustik kaldırıcıya ait akustik basınç dağılımları gösterilmektedir. Birden fazla dalga düğümü vardır ve parçacıklar bu akustik dalga düğümlerinde havaya kaldırılabilir. Yatay düzlem (H) ve düşey düzlem (V) farklı genlikler ve faz dağılımları gösterir (Sun vd., 2021).



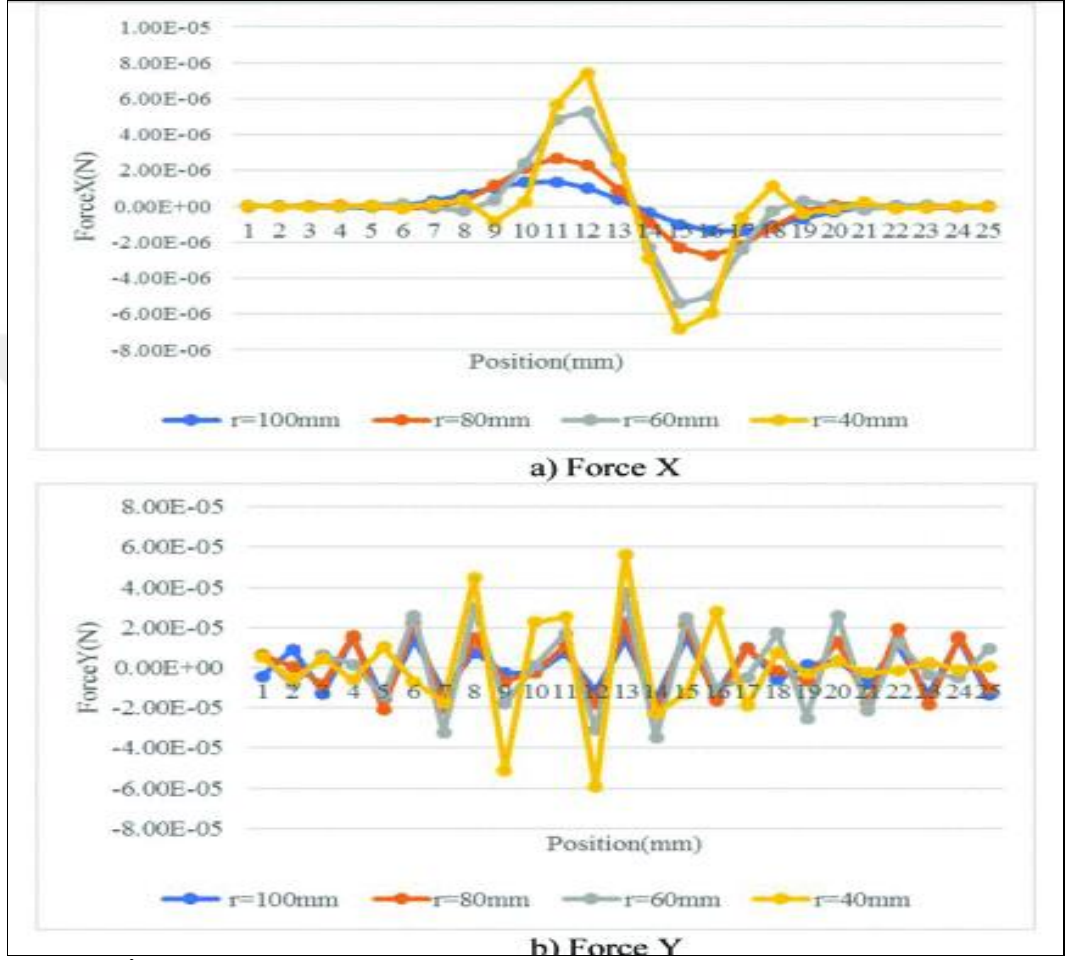
Şekil 3.7. Dairesel akustik kaldırıcın akustik basınç dağılımı (Sun vd., 2021)

Akustik radyasyon kuvveti farklı eksenlerde farklılık gösterir. Şekil 3.8’de de gösterildiği gibi İçbükey ultrason dizisinin yapısı, akustik alana etkili bir şekilde odaklanmak ve duran dalga akustik alanının havaya yükselme kapasitesini geliştirmek için tasarlanmıştır (Sun vd., 2021).



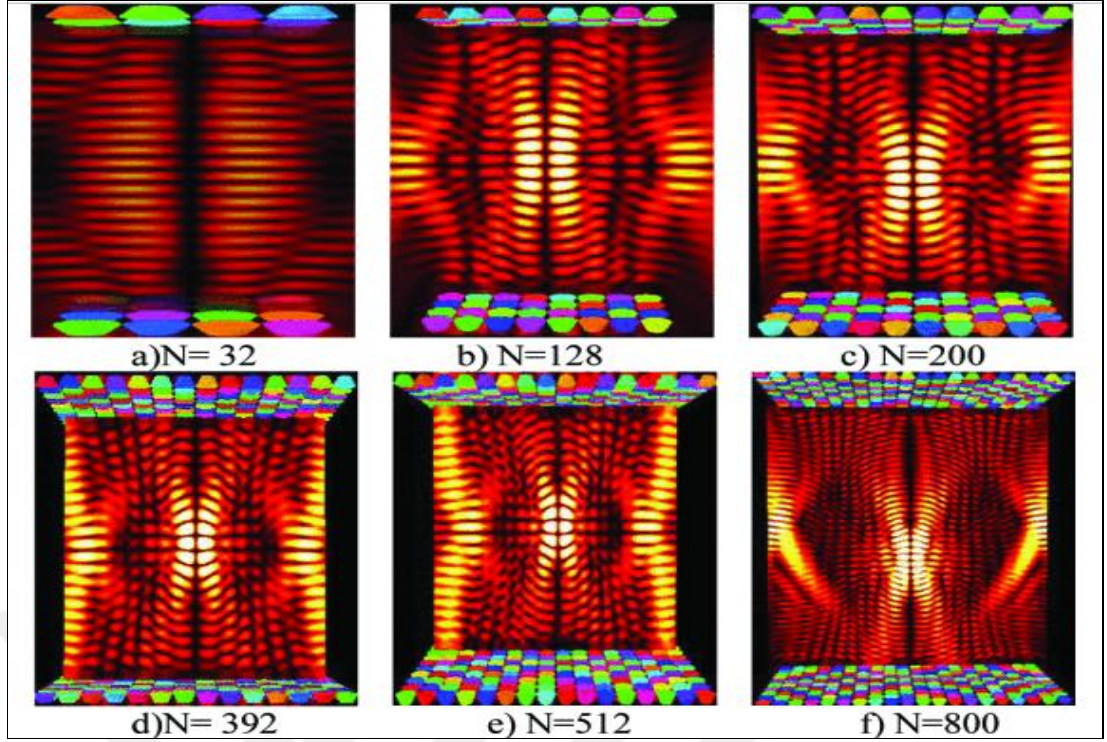
Şekil 3.8. Farklı çaplara sahip içbükey akustik kaldırıcın akustik alanları (Sun vd., 2021)

Şekil 3.9’da ise farklı yarı çaplara ait akustik kaldırıcıların akustik basınç grafikleri verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde yarıçap azaldıkça, akustik alanın odağı güçlenir, bu da akustik alanın daha güçlü bir yakalama gücüne sahip olduğu anlamına gelir (Sun vd., 2021).



Şekil 3.9. İçbükey dizilimde akustik radyasyon kuvvetlerinin karşılaştırılması (Sun vd., 2021)

Şekil 3.10’da ise düzlemsel bir ultrason dizisinin yapısı incelenmiştir. Düzlemsel dizi, yapı olarak basittir ve daha büyük diziler oluşturabilen ve çoklu parçacıkların manipülasyonunu gerçekleştirebilen, boyut olarak büyütülmesi kolaydır.



Şekil 3.10. Düzlem dizisindeki farklı dizi öğelerinin akustik basınçları (Sun vd., 2021)

Şekil 3.11’de gördüğümüz gibi, dizi elemanlarının sayısı arttıkça, radyal ve aksenal akustik radyasyon kuvvetinin kademeli olarak arttığı ve akustik dalga düğümlerinin sayısının da arttığı açıktır. Dizi elemanlarının artmasıyla duran dalga akustik alanının enerjisinin büyüdüğü görülmektedir. Dizinin boyutu seçilirken hem ana lob enerjisi hem de yan lob enerjisi dikkate alınmalıdır. Çoklu partikül levitasyonunun sağlanması durumunda, kontrol verimliliğini artırmak için yan lob enerjisinin akustik alan enerjisine kaybı en aza indirilir (Sun vd., 2021).



Şekil 3.11. Düzlem dizisindeki farklı dizi öğelerinin akustik radyasyon kuvvetlerinin karşılaştırılması (Sun vd., 2021)

3.2. Ultrasonik Sensörler

Sensör, elektriksel olmayan değerleri elektriksel değerlere dönüştürerek yanıt veren aygıt olarak tanımlanır. Sensör çeşitlerinden olan pasif sensör, herhangi bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaz ve yanıt olarak elektriksel sinyal üretirken, aktif sensörün çalışması için ise pasif sensörün tersine harici bir güce ihtiyacı vardır. Transmitter, transdüser ya da sensör kelimeleri birbirileri yerine kullanılsa da farklı anlamlara gelmektedir. Enerjinin bir formdan diğer bir forma dönüşmesini transdüser sağlarken aynı zamanda transdüser transmitter ya da transdüser tarafından üretilen sinyali de yükseltip ölçerler (Yumurtacı vd., 2018).

Ultrasonik dalgalar ilk defa 1881 yılında piezoelektrik etki ile üretilmiştir. Bu piezoelektrik etkinin oluşturulması için sodyum potasyum tartarat tetrahidrat kristaline belirli bir düzlemde alternatif bir voltaj uygulanmış ve titreşim oluşumu sağlanmış. Manyetostriktif yöntemler kullanılarak da ultrasonik dalgalar üretilmektedir (Şengül vd., 2019).

Ultrasonik sensörler, performans ve maliyet açısından bu tür sorunları etkin bir şekilde ele almak için son teknoloji ürünü güçlü bir araçtır. Kimyasal analiz, atık su arıtma, tıbbi görüntüleme, robot navigasyonu, malzemelerin tahribatsız muayenesi, akış hızı, sıvı seviyesi ölçümü vb. gibi farklı mühendislik alanlarında birçok örnek bulunabilir (Andria vd., 2001).

Ultrasonik sensör sistemleri, seçilen maddelerin konsantrasyonunu, yoğunluğu, viskoziteyi veya partikül konsantrasyonunu ölçmek için akustik kimyasal sensörler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Ultrasonik sensör sistemleri ayrıca, özellikle proses kontrolünün hemen etkilenmesi gerekiyorsa, polimerizasyon, kristalizasyon veya fermantasyon proseslerinin sürekli olarak izlenmesine olanak tanır. Ultrasonik sensörlerin avantajları şunlardır; (Henning vd., 2006)

- Yüksek hassasiyetli hız ölçümü,
- Hızlı sensör yanıtı,
- Non-invaziv ölçüm,
- Proseste sterilizasyon ve temizlik için uygun,
- Sağlam, uzun vadeli kararlı sensör,
- Patlayıcı ortamlarda kullanıma uygun

Öte yandan, ultrasonik sensör sistemlerinin de birkaç sınırlaması vardır. Bunlar şunlardır; (Henning vd., 2006)

- Akustik özelliklerin belirtilen madde konsantrasyonuna bağımlılığı,
- Monoton olmayan hız (konsantrasyon ve sıcaklığa bağlı olarak),
- Absorpsiyon ve empedans ölçümünün sınırlı çözünürlüğü,
- Sıcaklığın güçlü etkisi,
- İşlem kursu sırasında hava kabarcıklarına duyarlılık.

Ultrasonik sensörler teknolojik olarak değil doğada da mevcuttur. Yarasalar ve yunuslar bunu doğal yaşamlarında kullanırlar. Ultrasonik sensörlerde bu mantık üzerinden tasarlanmışlardır. En çok bilinen ve kullanılan sensör çeşitleri şunlardır; (Anonim, 2021)

- Su seviyesi ölçer ultrasonik sensör
- Ultrasonik parmak izi sensörü
- Arduino ultrasonik sensör
- Engel algılayıcı ultrasonik sensör
- Mesafa ölçer ultrasonik sensör
- Endüstriyel ultrasonik sensörler
- Ultrasonik yakınlık sensörü
- Diğer ultrasonik sensör türleri

Prof. Langevin iki metal arasına piezoelektrik halkalar yerleştirerek ilk sandviç ultrasonik dönüştürücüyü geliştirdiğinden ve bunu yüksek yoğunluklu titreşim için kullandığından beri, bu dönüştürücülerin modellenmesi ve formüle edilmesi için büyük çabalar sarf edildi. Önerilen tüm yöntemler arasında, Mason'un PZT dönüştürücülerinin tasarımı ve analizinde en iyisi olduğu bulunmuştur. Eşdeğer Devre Yöntemi'ni (ECM) önermiştir. Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) de ultrasonik dönüştürücülerini analiz etmek için en güvenilir yöntemdir (Abdullah vd., 2009).

3.3. Arduino

Arduino, acemi bir kişinin bile gerçekten harika şeyler yapmasını sağlayan düşük maliyetli bir mikro denetleyici kartıdır. Bir Arduino'yu her türlü sensöre, ışığa, motora ve diğer cihazlara bağlayabilir ve yaratıcılığınızın nasıl davranacağını programlamak için öğrenmesi kolay yazılımları kullanabilirsiniz. Arduino teknolojiyi daha erişilebilir hale getirmiştir (Anonim, 2021i).



Şekil 3.12. Arduino kart gösterimi (Anonim, 2021i)

Arduino, elektronik tasarımların oluşturulması ve programlanması için kullanılan açık kaynaklı bir platformdur. Belirli bir elektronik cihazı görüntülemek için internet üzerinden bilgi alabilir veya gönderebilir. Kartı programlamak için basitleştirilmiş bir yazılım programı olan C++ kullanılır. Arduino kartı iki bölüme ayrılır; (Badamasi, 2014)

- Donanım
- Yazılım

Arduino donanım kısmı (Osisiogu vd., 2016);

USB Fişi: Mikro denetleyiciye bir program yüklemek için kullanılır ve Arduino kartına da güç veren 5 voltluk bir düzenlenmiş güce sahiptir.

Harici Güç Kaynağı: Karta güç sağlamak için kullanılır. USB fişi programladığınız şeyler için yeterli güç sağlamadığı durumlarda kullanılır. 9 ile 12 volt arasında düzenlenmiş bir voltaja sahiptir.

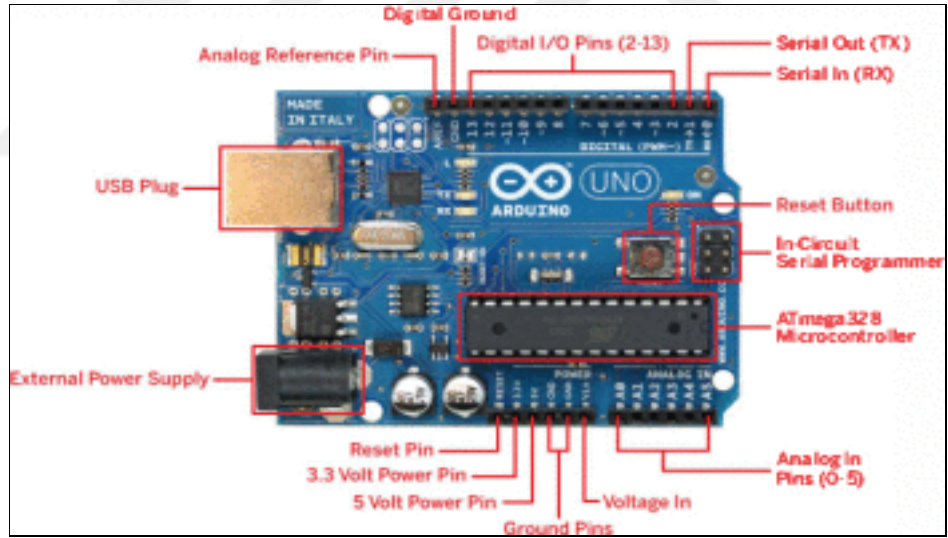
Sıfırla düğmesi: Yüklenen komutun kullanılmasını istemiyorsak, basıldığında arduino'yu sıfırlar.

Mikrodenetleyici: Bir mini bilgisayar olarak çalışan ve kendisine bağlı çevre birimlerine bilgi veya komut göndermenin yanı sıra alabilen geliştirme kartının kalbidir. Kullanılan mikrodenetleyici karttan karta farklılık gösterir; ayrıca kendi çeşitli özellikleri vardır.

Analog G/Ç Pinler(0–7): Bu, A0'dan A7'e kadar olan analog giriş/çıkış pinleridir. Analog pin sayısı karttan kartta farklılık gösterir.

Dijital G/Ç Pinleri: 2 ila 16 (tip) arasında değişen bazı dijital giriş pinleri de vardır. Bu pinler dijital giriş/çıkış için kullanılır. Dijital pinlerin sayısı da karttan karta değişir

Dahili Programcı: Geliştirilen yazılım kodu, harici bir programlayıcı olmadan USB portu üzerinden mikrodenetleyiciye yüklenebilir.



Şekil 3.13. Arduino kartı üzerindeki elemanların tanıtımı (Badamasi, 2014)

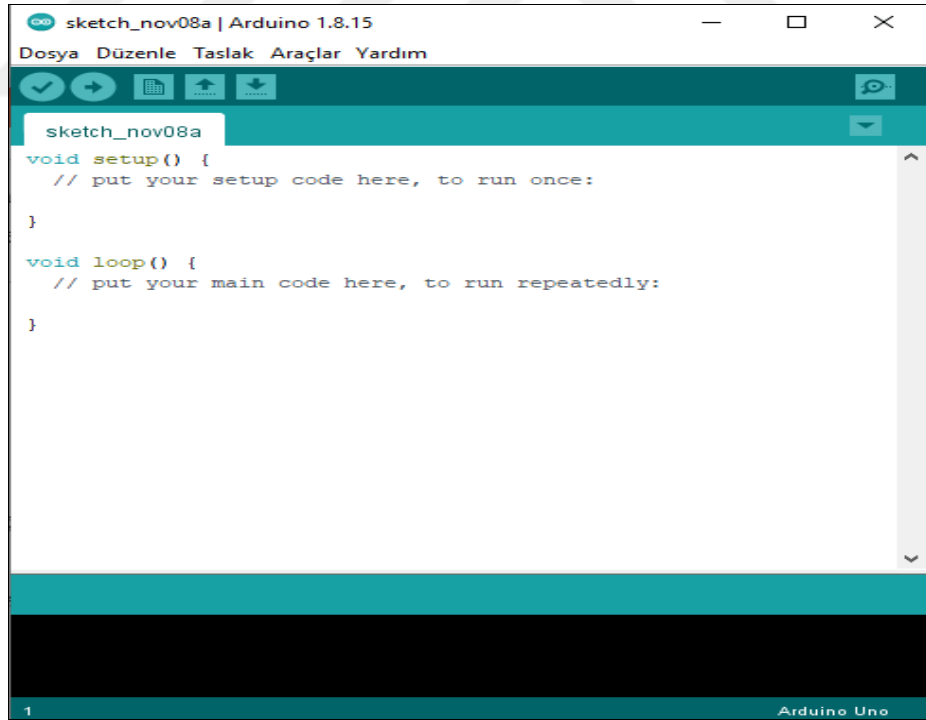
Arduino yazılım kısmı (Badamasi, 2014);

Komut Alanı: Dosya, Düzenle, Çizim, Araçlar, Yardım ve Doğrulama için Simgeyi Doğrula, programınızı yüklemek için Yükle Simgesi, Göndermek için Yeni, Aç, Kaydet ve Seri Monitör gibi Simgeler gibi menü öğelerinin bulunduğu alandır.

Metin Alanı: Bu, programınızı yazmayı kolaylaştıran basitleştirilmiş bir C++ programlama dili sürümünü kullanan kodunuzu yazdığınız yerdir, buna taslak da denir. Kodunuzu yazarken esas olarak iki önemli kısım vardır:

- Kurulum işlevi: Kurulumdan önce kullanmayı düşündüğünüz değişkenleri başlatmanız ve atamanız gerekir. Ardından kurulum rutini başlar, Burası değişkenlerinizin ilk koşulunu ayarladığınız ve ön kodu yalnızca bir kez çalıştırdığınız yerdir. İşte nasıl yazılması gerektiğine dair bir örnek void setup() { Bu, bir kez çalışacak kodunuzu yazdığınız yerdir }
- Döngü rutini: Bu, ana kodunuzu tekrar tekrar çalıştıran veya yürüten döngüdür. İşte bir örnek. void loop() { Bu, ana kodunuzun tekrar tekrar çalışması için yazıldığı yerdir }

Mesaj Pencere Alanı: Bu, çoğunlukla kodunuzdaki değişikliklerle ilgili olarak siyah alanda gelen mesajı gösterir.



Şekil 3.14. Arduinio yazılım platformu

3.4. L298N Entegresi

Şekil 3.15’de gösterilen L298 entegresi, 15 uçlu çoklu watt’ta entegre bir monolitik devredir. İçerisinde 2 adet H köprüsü vardır. Standart TLL mantık seviyelerini kabul etmek ve röle, DC ve step motor gibi endüktif yükleri sürmek için tasarlanmış yüksek gerilim, yüksek akım çift tam köprü sürücüsüdür. Giriş sinyallerinden bağımsız olarak cihazı etkinleştirmek veya devre dışı bırakmak için iki etkinleştirme girişi sağlanmıştır. Her köprünün alt transistörlerinin emitörleri birbirine bağlanır ve karşılık gelen harici terminal, bir harici algılama direncinin bağlantısı için kullanılabilir. Daha düşük bir voltajda çalışması için ek bir besleme girişi sağlanır (Anonim, 2021j).



Şekil 3.15. L298N entegresi

3.5. Uçucu (Esansiyel) Yağlar

Kokulu ve yağimsı sıvılardan olan esansiyel yağlar uçucu ve eteri yağlar olarak da adlandırılırlar ve bitkisel materyalden elde edilirler. Eski zamandan beri bilinen bu yağlar hem tedavi hem de hoş kokusu için birçok amaçla kullanılmıştır. Kullanıldığı bazı alanlar virusidal, bakterisidal, fungusidal, insektisidal, antiparazitik, kozmetik ve tıp gibi alanlardır. Son zamanlarda doğal olmayan yollarla elde edilen ürünlerin içinde mevcut bulunan sentetik katkı maddelerindeki tehlikeli etkenler tüketicilerin

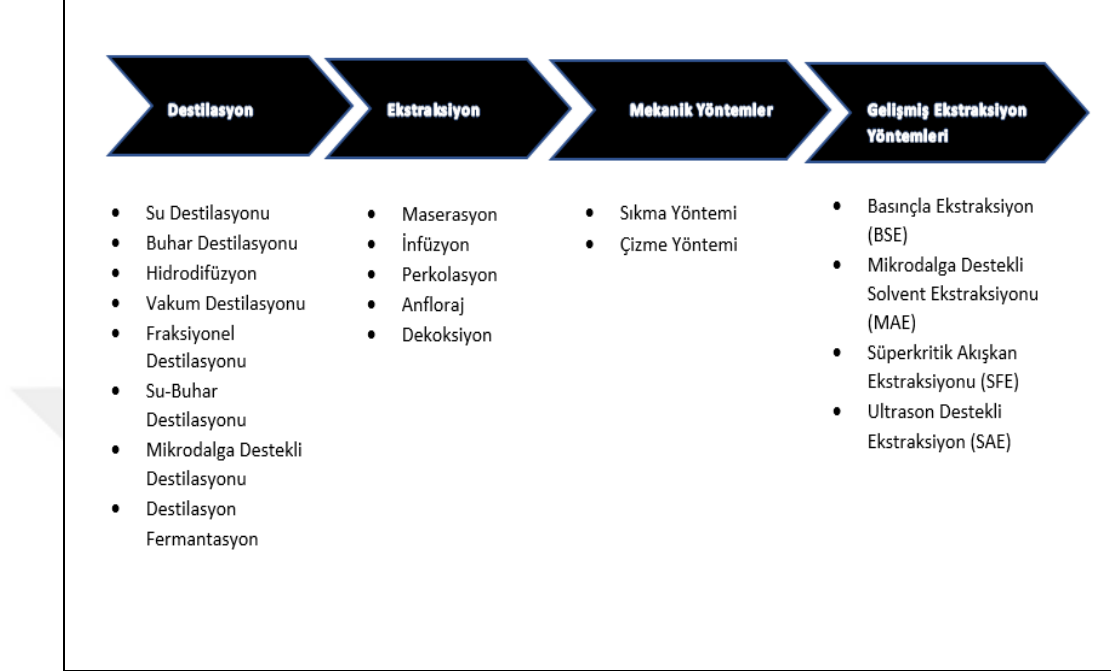
doğal bileşenlere talebi artmıştır. Bu nedenle de esansiyel yağların meşrubat, ilaç, parfümeri, gıda, kozmetik ve tarım sektörlerinde kullanımı artmıştır (Bayaz, 2014).

Uçucu yağlar sağlık açısından da önemli yer tutmaktadır. Bazı uçucu yağlara ait bilgiler Çizelge 3.3’de de görüleceği üzere verilmiş olup, her bir bitkinin içerdiği bileşenler yönünden farklı rahatsızlıklara iyi geldiği yapılan araştırmalarda görülmüştür.

Çizelge 3.3. Aromatik bazı bitkilerin, içerdikleri aktif bileşenler ve etki mekanizmaları (Bayaz, 2014)

Bitki Adı	Bitkinin Bölümü	Başlıca Aktif Bileşik	Etki Mekanizması
Adaçayı	Yaprak	Sineol	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Anason	Tohum	Anetol	Sindirim uyarıcı
Bayır Turpu	Kök	Allil izotiyosiyanat	İştah arttırıcı
Biber	Tohum	Sabinen	Sindirim uyarıcı, ishal önleyici
Biberiye	Yaprak	Sineol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Hardal	Tohum	Allil izotiyosiyanat	Sindirim uyarıcı
Hindistan cevizi	Tohum	Sabinen	Sindirim uyarıcı, ishal önleyici
Karabiber	Meyve	Piperin, sabinen	Sindirim uyarıcı
Karanfil	Çiçek	Öjenol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Kekik	Tüm bitki	Timol ve karvakrol	Sindirim uyarıcı, antiseptik, antioksidan
Kereviz	Yaprak,kök	Fitalid	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı
Kimyon	Tohum	Kumin aldetih	Sindirim uyarıcı
Kişniş	Yaprak, tohum	Linalool	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı
Maydanoz	Yaprak	Apiol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Mercanköşk	Yaprak, çiçek	Karvakrol	Antiseptik, antiviral
Nane	Yaprak	Mentol	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Sarımsak	Soğan	Allisin	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Tarçın	Kabuk	Sinnamaldehit	İştah arttırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik
Zencefil	Rizom	Zingerol	Sindirim uyarıcı

Esansiyel yağların elde edilmesinde cinsine, miktarına ve bitkiden elde edilecek kısma bağlı olarak değişik yöntemler kullanılmaktadır. Uçucu yani esansiyel yağlar elde edilirken kullanılan yöntemler Şekil 3.16’da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Esansiyel yağ elde etme yöntemleri (Yaman vd., 2016)

3.5.1. Esansiyel yağlarda gelişmiş ekstraksiyon işlemleri

Esansiyel yağların elde edilmesinde Çizelge 3.4’te de gösterildiği üzere birçok yöntem kullanılmaktadır. Günümüzde ise geleneksel yöntemler yerine daha gelişmiş olan yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları mikrodalga destekli solvent ekstraksiyonu (MSE), basınçlı solvent ekstraksiyonu (BSE), ultrason destekli ekstraksiyon (UE) ve süper kritik akışkan ekstraksiyonu (SAE) işlemleridir (Yaman vd., 2016).

Çizelge 3.4. En yaygın kullanılan ekstraksiyon işlemleri (Büyüktuncel, 2012)

Yöntem	Örnek Tipi
Tartma	Sıvı, katı
Kurutma	Gaz, sıvı, katı
Fitrasyon	Sıvı
pH ayarlama	Sıvı
Homojenizasyon	Katı
Öğütme (Grinding)	Katı
Çöktürme	Biyolojik örnekler
Karıştırma	Gaz, sıvı, katı
Özümseme(Digestion)	Katı biyolojik örnekler
Hücre parçalanması(cell disruption)	Katı, sıvı biyolojik örnekler
Diyaliz	Sıvı
Ultrafiltrasyon	Sıvı
Harmanlama,karıştırma(blending)	Katı
Lipofilizyon (Freeze-drying)	Katı örnekler, biyolojik örnekler
Sonikasyon	Sıvı, katı
İz zenginleştirme (trace enrichment)	Tümü
Santrifüjleme	Sıvı
Seyreltme	Sıvı
Solvent değiştirme	Sıvı
Soxhlet ekstraksiyonu	Katı
Sıvı-sıvı ekstraksiyonu	Sıvı
Sıvı-katı ekstraksiyonu	Sıvı, gaz
Süperkritik akışkan ekstraksiyonu	Katı
Gaz boşluğu (Headspace) teknikleri	Gaz, sıvı, katı
Mikrodalga destekli ekstraksiyon	Sıvı, katı
Ses dalgaları destekli ekstraksiyon	Sıvı, katı
Matriks katı-faz dispersiyonu	Sıvı, katı
Basınçlı sıvı ekstraksiyonu	Katı, yarı-katı
Su buharı distilasyonu ekstraksiyonu	Sıvı, katı
Katı-faz mikro ekstraksiyonu	Sıvı, gaz
Membran ekstraksiyonu	Sıvı, gaz
Karıştırma çubuğu sorptif ekstraksiyonu (Stir bar sorptive extraction)	Sıvı, gaz
Türevlendirme	Sıvı, katı
Deriştirme	Tümü
Kolon kromatografisi	Sıvı (ekstraktlar)
İç standart ekleme	Tümü

Basınçlı solvent ekstraksiyonu (BSE)

Basınçlı solvent ekstraksiyonu (BSE), Katı veya yarı katı numunelerin bileşenlerine ayrılması için yüksek basınç ve sıcaklıktaki çözügenlerin kullanılması için geliştirilen tekniktir (Nakilcioğlu vd., 2014).

Mikrodalga destekli solvent ekstraksiyonu (MSE)

Teknolojik gelişmeler esansiyel yağların ayrıştırılmasındaki zamanı hızlandırmış daha verimli çalışma ve kar sağlamayı kolaylaştırmıştır. Son zamanlarda bileşenlerin ekstraksiyonun da daha çok çevre dostu ve ekonomik yöntemler arayışına gidilmiştir. Bu nedenle de gelişmiş ekstraksiyonlardan birisi olan, mikrodalga enerjisi kullanımına yönelik eğilimde artmıştır (Tunç vd., 2014).

Mikrodalgalar yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalardır (300-300000 MHz). Mikrodalga enerji kullanılması ile ısıtma yapılması, iyonların iletimi ve dipol rotasyonu (dönme) yoluyla molekül üzerine mikrodalga'nın direkt etkisi temeline dayanır. Solvet mikrodalga enerjisi kullanılarak ısıtılır ve basınç uygulanır. Sıvı örnekler için uygun olmasına rağmen çoğunlukla katı örnekler için kullanılır (Büyüktuncel, 2012).

Süper Kritik Akışkan Ekstraksiyonu (SAE)

SAE yönteminin temel prensibi süper kritik çözücülerin akışkan formda kullanılmasıdır. Bilindiği üzere her maddenin bir kritik sıcaklığı birde kritik basıncı vardır. Madde sahip olduğu kritik sıcaklık ve basınç değerinin üzerine getirilirse bu madde belirgin bir gaz ve sıvı fazının olmadığı süper kritik akışkan olarak adlandırılır. Süper kritik akışkan formuna ulaşan madde artık sıvı da değildir gazda değildir. Eğer sıcaklık yükseltilir basınç azaltılırsa akışkanın yoğunluğu düşük olacağından gaz gibi davranacaktır tam tersi bir durum söz konusu olduğunda ise yani düşük sıcaklık ve yüksek basınçta akışkanın yoğunluğu artacak ve sıvı gibi davranacaktır. Katı maddelerin içinde gaz gibi dağılırken sıvı maddeleri ise çözebilir (Yaman vd., 2016).

Ultrason Destekli Ekstraksiyon (UE)

Teknolojinin ilerlemesiyle ekstraksiyon işleminde de çalışmalar gelişme göstermiş ve ultrason uygulamaları konusunda çalışmalar gıdaların yapısal bozulmalarını minimuma indirmesinden dolayı artmıştır. Ultrason destekli ekstraksiyon etkisi, basınç dalgalarının elastik özelliklere sahip fiziksel bir ortamdan yayılması sonucu oluşur. Mekanik titreşimler mekanik basınç dalgalarına dönüşerek enerjiyi ortama ve ortam da dalgayla temas eden maddeye aktarır. Çizelge 3.5'te Ultrason destekli ekstraksiyon çeşitli gıdalara uygulanması gösterilmiştir. Herhangi bir zamandaki basınç (P_a), zaman (t) ve frekansa (f) bağlıdır. Bu formülde yer alan P_A ise basınç genliğini ifade eder. Aralarındaki bağlantı aşağıdaki formülde verilmiştir (Tavman vd., 2009).

$$P_a = P_A \sin 2\pi f t \quad (3.4)$$

Çizelge 3.5. Ultrason destekli ekstraksiyon gıdalarda uygulamaları (Tavman vd., 2009)

UYGULAMA	ETKİ
Katı yağların ve şekerlerin kristalizasyonu	Kristalizasyon akısını artırır, nükleasyonu uniformize eder
Gaz giderme	Fermantasyon sonrası CO_2 gazını giderir
Köpük kırma	Kazanların doldurulması sırasında sıvıların pompalanmasında oluşan köpük giderme
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğinin artırılmasında
Ultrason yardımıyla kurutma	Sıcak havayla kurutmada kuruma etkinliğini artırarak daha düşük sıcaklıklarda ve hava hızlarında yüksek verimle kurumayı sağlar
Karıştırma ve emülsifikasyon	Ticari olarak uygulanmaktadır aynı zamanda emülsiyon kırma da kullanılabilir
Alkollü içeceklerin olgunlaşması ve oksidasyonu	Alkollü içeceklerin hızlı okside olmasını sağlar
Etin olgunlaşması	Kürlenmiş etlerde miyofibriler proteinlere etki eder
Nemlendirme ve fogging (sisleme)	Havanın nemlendirilmesinde kullanılan sistemlerde, dezenfektan olarak gazlama işleminde
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Kümes hayvanları kesiminde kullanılan ekipmanın temizlenmesinde ticari olarak kullanılmakta olan sistemlerde, özellikle mevcut yöntemlerle kolay temizlenemeyen boru iç temizliğinde kullanılır
Kesme	Çok yumuşak/ sert/ kırılğan özellikteki zor ürünlerin kesilmesinde daha hijyenik, daha az kayıplı ve daha hızlı olan ticari uygulamalar
Atık işleme	Pestisit kalıntılarının giderilmesinde
Hava kaynaklı tozların çökeltilmesi	Duvar tipi sistemlerle havadaki tozların giderilmesi ve atık gazların tozlarının giderilmesinde
Enzim aktivitesinin inhibisyonu	Sükroz inversiyonunu ve pepsin aktivitesini durdurabilir; genellikle oksidazlar ultrason uygulamasıyla inaktive edilebilir fakat katalazlar sadece düşük konsantrasyonlarda etkilenir; redüktazlar ve amilazlar ultrason uygulamasına çok dirençlidir
Canlı hücrelerin uyarılması	Düşük güçteki ultrason uygulaması hücre duvarı zarar görmeksizin hücrelerin etkinliğini artırır, örneğin yoğurt üretiminde Lactobacillus etkinliği %40 artırılmıştır, ayrıca tohum çimlenmesi ve balık yumurtası oluşumunda da etkinliği gösterilmiştir
Ultrason destekli dondurma	Donmada kristal büyüklüğü kontrolü ve buz kristal oluşum bölgesinde geçen sürenin kısaltılması
Ultrason destekli filtrasyon	Filtre ortamından birim alandan birim zamanda geçen madde miktarında artış meydana gelir
Mikrobiyal inaktivasyon	Sıcaklık ve basınçla kombine olarak uygulanan ultrason işlemiyle mikrobiyal inaktivasyonu daha etkinleştirir bunun sonucunda aynı letaliteyi sağlamak için gerekli işlem süresi kısılır ve/veya sıcaklığı azalır.

Her yöntemin güzel tarafları olsa da görüldüğü gibi dezavantajları da mevcuttur. Bu yöntemlerin daha iyi kıyaslanabilmesi adına avantaj ve dezavantajları ile ilgili özellikleri Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Gelişmiş ekstraksiyon tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarının kıyaslanması (Büyüktuncel, 2012)

Ekstraksiyon Teknikleri	Avantajları	Dezavantajları
Soxhlet Ekstraksiyonu	Fazla miktarda örnek kütlesi ekstrakte edilmesi Matrikse bağımlı olmaması Filtrasyon gerektirmemesi Az uğraş gerektiren çok basit bir metodoloji olması Düşük maliyetli basit ekipman kullanılması	Büyük miktarda organik solvent kullanılması (100-500mL) Uzun zaman gerektirmesi (6-24 saat) Ekstraksiyon sonrası buharlaştırma/deriştirme basamağı
Basınçlı Sıvı Ekstraksiyonu	Filtrasyon gerektirmemesi Hızlı olması (10-40 dakika) Düşük solvent tüketimi (20-50 mL) Kullanımının kolay olması Otomasyona uygun olması	Yüksek maliyet Matrikse bağımlı olması
MikrodalgaDestekli Sıvı Ekstraksiyonu	Hızlı olması (10-30 dakika) Düşük solvent tüketimi (20-50 mL) Daha yüksek sıcaklıklar Ekstraksiyon parametrelerinin tamamen kontrolü (zaman, güç, sıcaklık) Kurutucu ajanlar gerektirmemesi	Seçilen solventlerin mikrodalga ısımasını absorplaması (polar solventler) Herşey ekstrakte edilir, temizleme basamağı gereklidir Hesaplı maliyet
Ses DalgalarıDestekli Sıvı Ekstraksiyonu	Fazla miktarda örnek kütlesi ekstrakte edilmesi Matrikse bağımlı olmaması Hızlı olması (2-20 dakika) Düşük maliyet	Büyük miktarda solvent kullanılması (20-200 mL) Filtrasyon gerektirmesi
Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu	Hızlı olması (20-60 dakika) Düşük solvent tüketimi (10-20 mL) CO ₂ in toksik olmaması, alev almaması, çevre dostu olması, ucuz olması Sıcaklık, basınç ve modifikatör değiştirilerek yüksek seçicilik sağlanması Isısal olarak kararsız analitler için uygun olması Otomasyona uygun olması	Yüksek maliyet Matrikse bağımlı olması CO ₂ nonpolar olduğundan, daha polar analitlerin ekstraksiyondaki zorluk Verimini artırmak için, modifikatör eklenmesi Islak veya sıvı örnekler ve çözeltilerin ekstraksiyonunda zorluk

3.5.2. Esansiyel (uçucu) yağların tıbbi özellikleri

Uçucu yağların birçok tıbbi özelliği mevcuttur bunlardan en çok bilinenleri ise spazm çözücü olması, antiseptik özelliğinin olması, antifungal, antiviral ve antimikrobiyal özelliklerinin olmasıdır. Uçucu yağların özelliklerinden olan antibiyotik ve antiseptik

özellikleri bakteriler, küf mantarları ve mayalara karşı koymada yardımcıdır. En çok bilinen antiseptik yağlar, tarçın, geyik otu, kekik, lavanta, karanfil ve okaliptüs yağlarıdır. Uçucu yağların temel bileşenleri tepenlerdir. Uçucu yağlar gerek antiseptik gerekse iyileştirici etkileri nedeniyle birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin, kekik yağında bulunan bir timol ve karvakrol, fenolden 20 kat daha antiseptik olmasından dolayı diş macunlarında kullanılır. Antioksidan ve antibiyotik etkilerinden dolayı bu bileşikler kalp kası üzerinde olumlu etkilerinin olması yanı sıra karaciğeri koruyucu ve iyileştirici etkileri de vardır. Limonen ve α -pinen antibakteriyel ve antifungal etki göstermektedir. Melisa yağında ise citral bulunmaktadır ve uçuk tedavisinde yararlı olmasından dolayı kullanılmaktadır. Cildi dengelemek ve canlandırmak için ise en çok kullanılan terpen bileşeni gül yağında bulunan geranioldir (Yaylı, 2013).

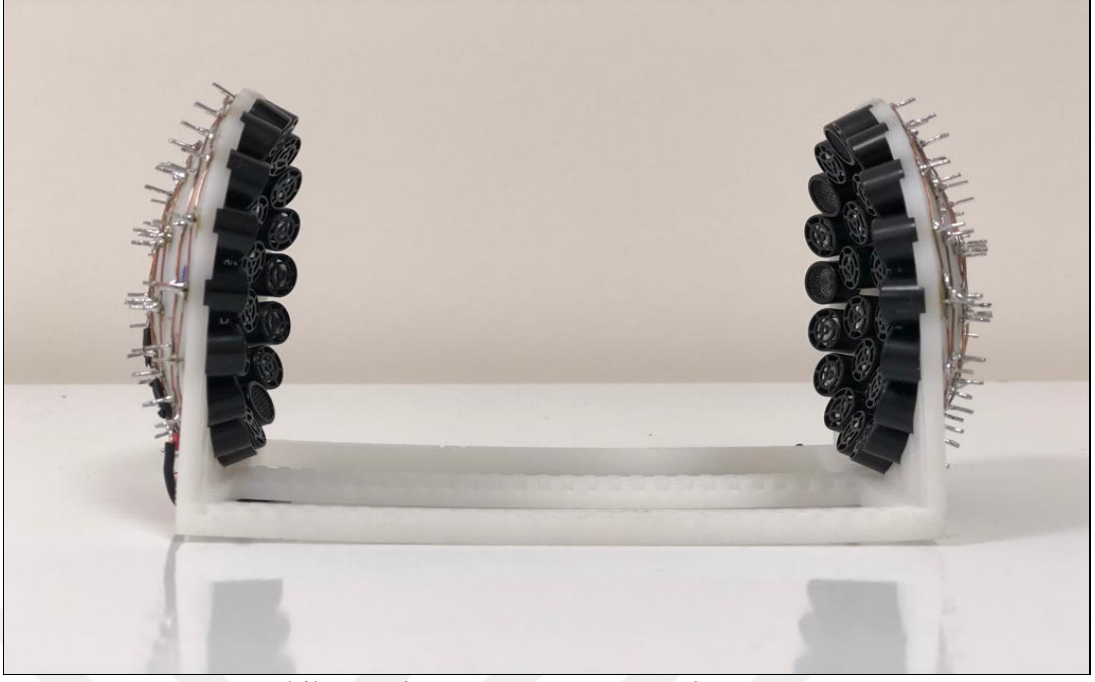
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada havada temassız olarak asılı duran esansiyel yağ damlacıklarının duran dalga yani akustik levitasyon yöntemiyle temassız olarak yayılımı incelenmektedir. Geliştirilen sistemin donanım kısmında 72 adet ultrasonic transmitter, L298N çift motorlu sürücü kartı, arduino ve 3D iç bükey akustik kaldırıcı kullanılmıştır. Sistem yazılım kısmında ise Open CV ile alınan görüntülerin yarıçaplarının hesaplanması sağlanmıştır.

Çok küçük birkaç milimetre çapında küçük bir damlacık; Ultrasonik transmitter ile oluşturulan sinyalin zamana göre yaptığı salınımında sabit olduğu yani duran dalganın düğüm konumunda bırakılarak, oluşturulan ses dalgalarının arttırılıp azaltılması ile durağan dalganın düğüm noktaları değiştirilerek düzenek üzerinde taşınması sağlanmıştır. Cisim oluşturulan frekansın düğüm noktalarında ise asılı kalmaktadır. Bu şekilde koku yayılımı gerçekleştirilmiştir.

4.1. Sistem Tasarımının Genel Görüntüsü

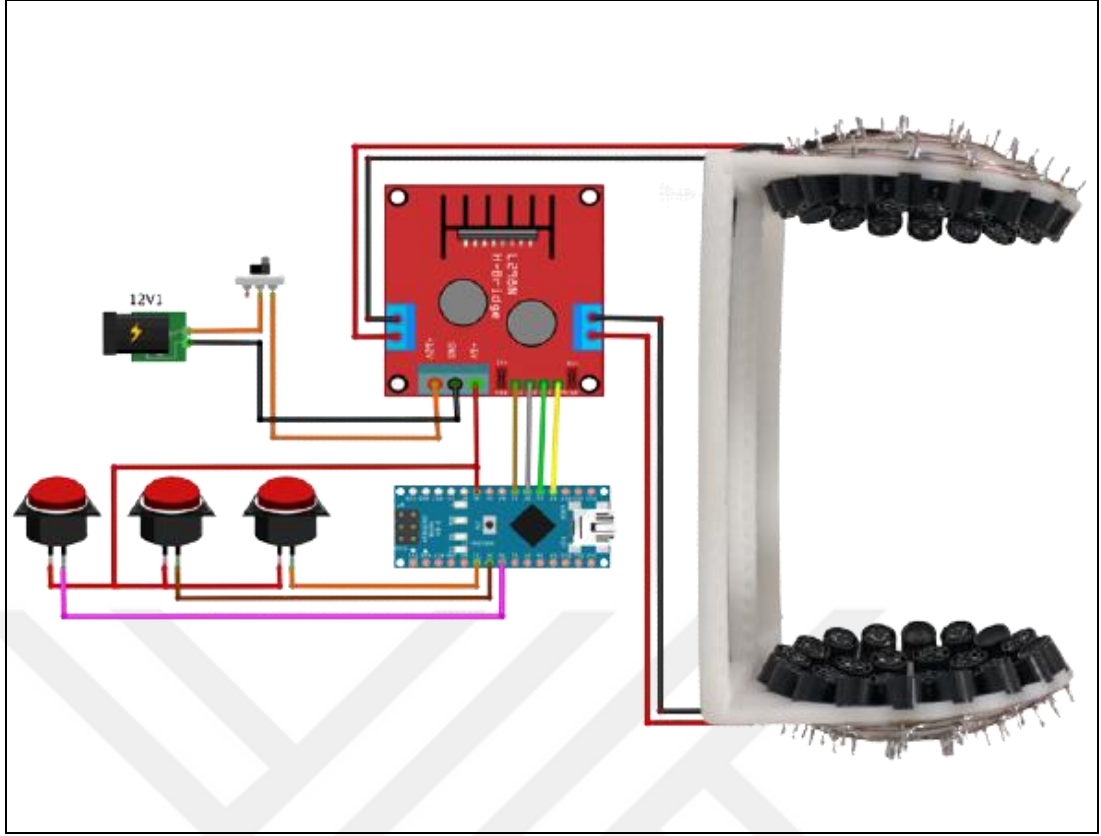
Geliştirilen sisteme ait görünüm Şekil 4.1'deki gibidir. 36 adet üst kısmında 36 adet alt kısmında olmak üzere toplamda 72 adet ultrasonik transmitter iç bükey kaldırıcı monte edilmiştir.



Şekil 4.1. Sistem tasarımının genel görünümü

4.2. Sistemin Donanım Kısım

Şekil 4.2’de de gösterildiği gibi iç bükey kaldıracımız 36 adet yukarıda 36 adet aşağıda olmak üzere, 72 adet monte edilmiş ultrasonik transmitter’den oluşmaktadır. Kanal başına 2A akım veren L298N motor sürücümüz içerisinde bulunan H köprüsü ile 2 adet DC motor sürmeye imkân tanıdığı için sistemimizde dizi şeklinde yer alan 40 kHz’lik ultrasonik transmitterlar bu şekilde kontrol edilmiştir.



Şekil 4.2. Sistemin donanım gösterimi

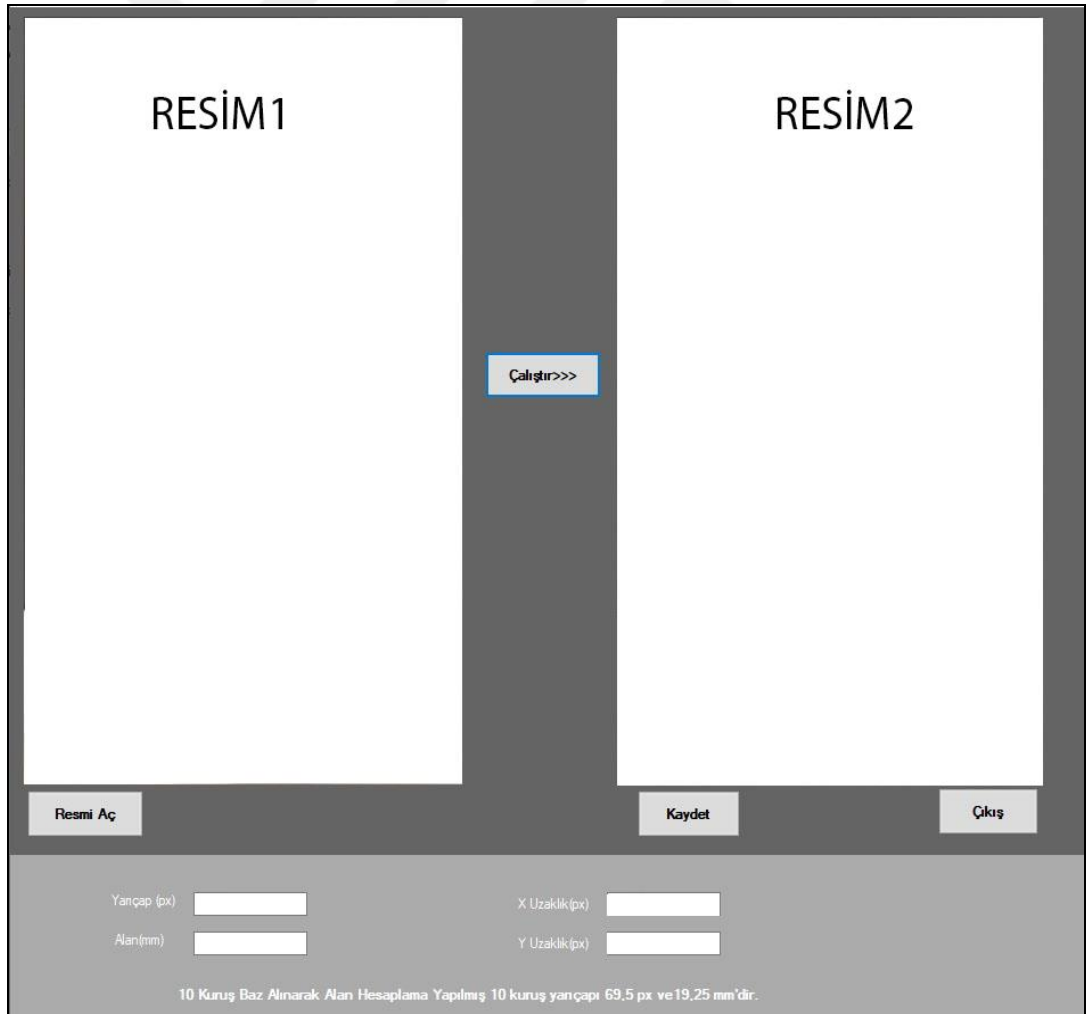
4.3. Sistemin Yazılım Kısımının İncelenmesi

Visual studio birçok programlama dilini kullanarak program yazmamıza imkân sağlayan entegre bir geliştirme ortamıdır. Microsoft Windows, Windows Mobil, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework ve Microsoft Silverlight tarafından desteklenen tüm platformlar için yönetilen kod ile birlikte yerel kod ve web siteleri, web uygulamaları ve web hizmetleriyle ilgili kodlar yazmak için kullanışlı bir programdır. Visual Studio entegre geliştirme ortamı ile 3 tür hizmet sunar; SVsSolution hizmeti ile çözümleri ve projeleri numaralandırma özelliği sağlar; SVsUIShell özelliği ise, UI işlevselliği ve aynı zamanda pencereleme sağlar. Son özelliği olan SVsShell özelliği ise VSPackages kaydı ile ilgilenir (Anonim, 2021k).

Intel tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir görüntü işleme kütüphanesidir. Google, Willow, AMD, Nvidia gibi şirket ve toplulukların desteği ile gelişmeye devam etmektedir. İlk olarak C programlama dili ile geliştirilmeye başlanmış ve daha sonraları algoritmalarının birçoğu C++ dili ile geliştirilmiştir (Pişkin, 2016).

Görüntü işleme, resimsel bilgilerin analizine yönelik yöntemdir. Görüntü işlemenin amacı görüntüyü görsel olarak güçlendirerek, istatistiksel olarak değerlendirilmesini sağlamaktır. Böylece görüntü ile ilgili çalışmaların geliştirilebilmesi ve uygulanabilmesi ile yürütülür. Görüntü işleme yöntemleri optik, elektronik, analog ve dijital olmak üzere üç yöntem şeklindedir (Güler, 2016).

Sistemin yazılım kısmı Visual Studio C# ile OPEN CV kütüphanesi kullanılarak yazılmıştır. Yazılım çalıştırıldığında karşımıza Şekil 4.3’de gösterildiği gibi bir ara yüz gelmektedir. Ara yüz içerisinde bulunan Resim Aç butonu ile herhangi bir formatta ve konumda bulunan resmimiz program ara yüzünün sol tarafında yer alan RESİM 1 kısmında açılmaktadır. Çalıştır butonuna basıldığında ise OPEN CV ile resim değerlendirildikten sonra sağ tarafta yer alan RESİM 2 kısmına resmin değerlendirilmiş hali açılmaktadır.



Şekil 4.3. Program ara yüzünün gösterimi

Damlacık tespitinde ve yarıçapının bulunmasında Hough Circle Transform metodu kullanılmıştır. Bu method ile damlacığın yarıçapı ve merkez koordinatları belirlenmiştir. Bu method sadece siyah beyaz görüntüler üzerinden tespit yapabildiği için öncelikle resmimiz 8 bitlik siyah bir görüntüye çevrilmiştir. Daha sonra 8 bitlik görüntü Şekil 4.4'teki kütüphanedeki kod ile işlenerek damlacığın merkez koordinatı ve yarıçapı bulunması sağlanmıştır.

```
public CvSeq<CvCircleSegment> HoughCircles(CvMemStorage circle_storage, HoughCirclesMethod method, double  
dp, double min_dist, double param1, double param2, int min_radius, int max_radius);
```

Şekil 4.4. Sistemde kullanılan hough circle transform methodu

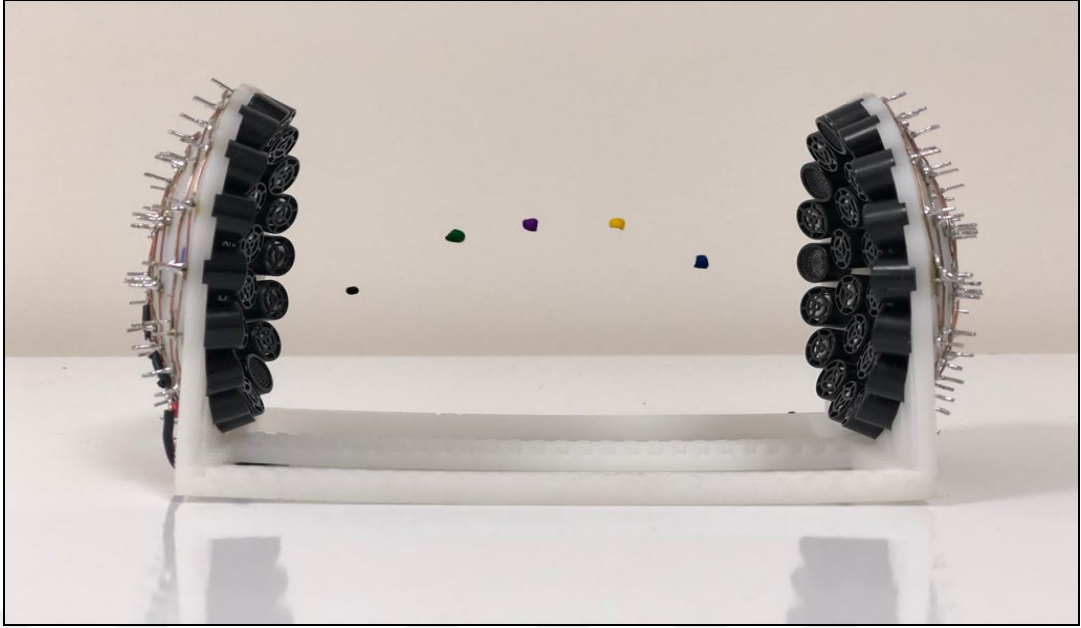
Şekil 4.5'te gösterilen method kendi programımıza aşağıdaki Şekil4.4'teki gibi uyarlanmıştır. Resimde damlacıkların taranması için başlanacağı alan belirtilmiş ve method olarak Hough Circles Method Gradient seçilmiştir. dp değeri aranacak damlacığın çözünürlüğüdür. dp değeri bu nedenle düşük seçilmiştir. Min_dist yakalanacak iki çember merkezi arasındaki en yakın mesafeyi ifade eder. Param1 gradient degeri Param2 ise treshold degeridir. min_radius bulunacak çemberin en küçük yarıçap değerini pixsel cinsinden bulur max_radius ise en büyük yarıçap değerini belirtir.

```
CvSeq<CvCircleSegment> damlacik = grayImage.HoughCircles(stor, HoughCirclesMethod.Gradient, 1, 50, 10, 25, 0, 40);
```

Şekil 4.5. Hough circle transform methodunun programa uyarlanmış şekli

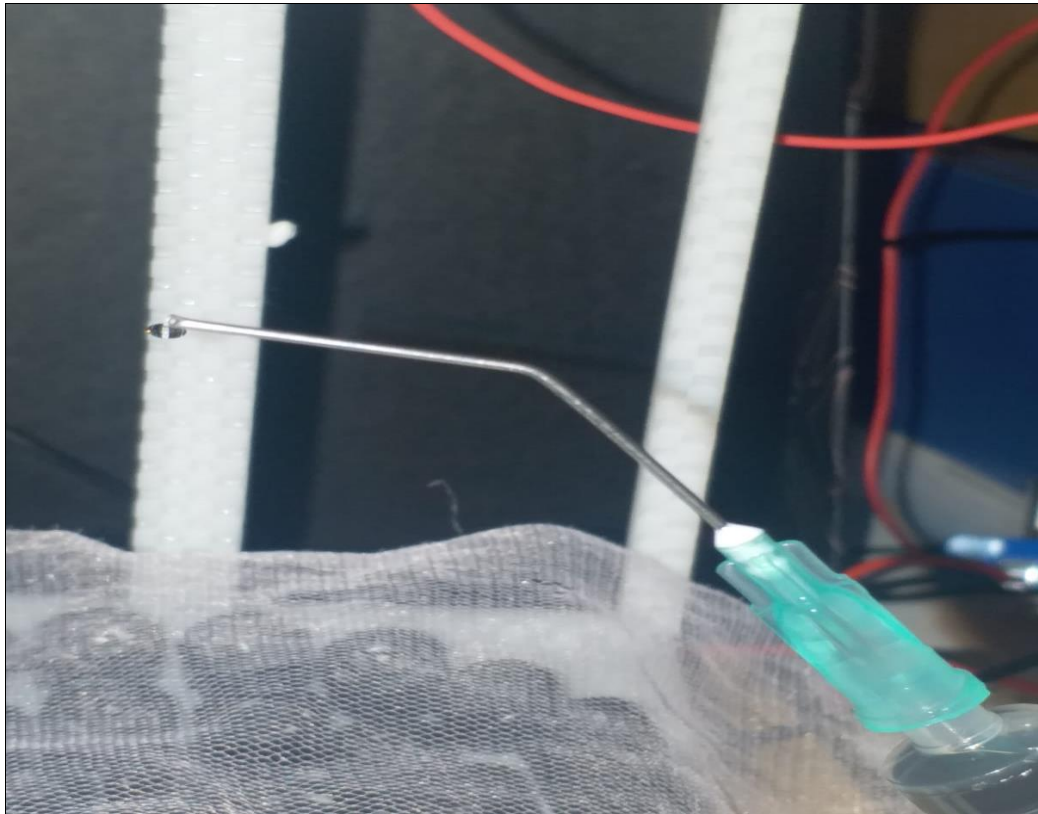
4.4. Ultrasonik Levitasyon İle Esansiyel Yağların Yayılımının İncelenmesi

Sistemimizin çalışma alanını test etmek için, dizi şeklinde sistemimize döşenmiş Ultrasonik transmitter'lar ile oluşturulan akustik alan Şekil 4.6'daki gibi test edilmiştir.



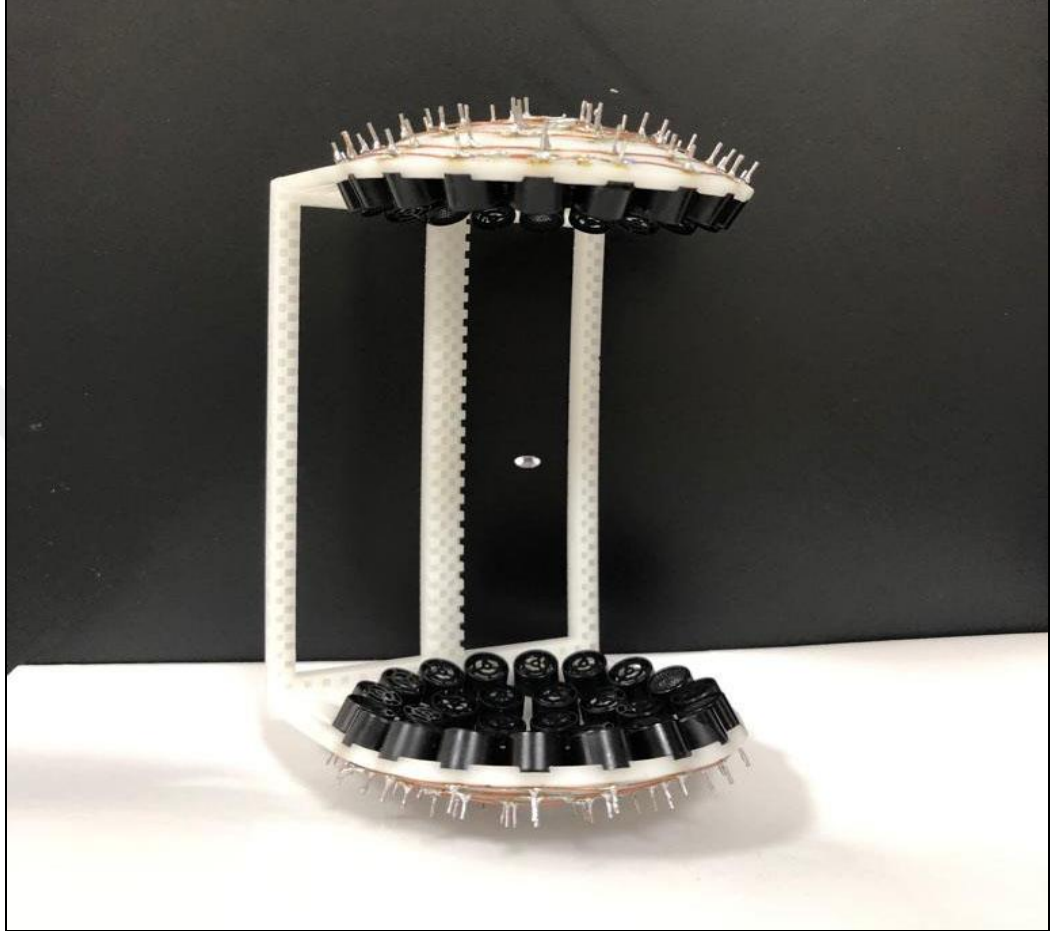
Şekil 4.6. Sistemin akustik alan kontrolü

Sistemde kendimizin belirlemiş olduğu birkaç esansiyel yağ incelenmiştir. Bunlardan ilk olarak kullanılan Şekil 4.7’de gösterilen gül yağıdır. Gül yağını 45 derecelik bir açısı bulunan şırınga ile Şekil 4.7’de akustik alanını test ettiğimiz noktaya 1ml olacak şekilde konulmaktadır.



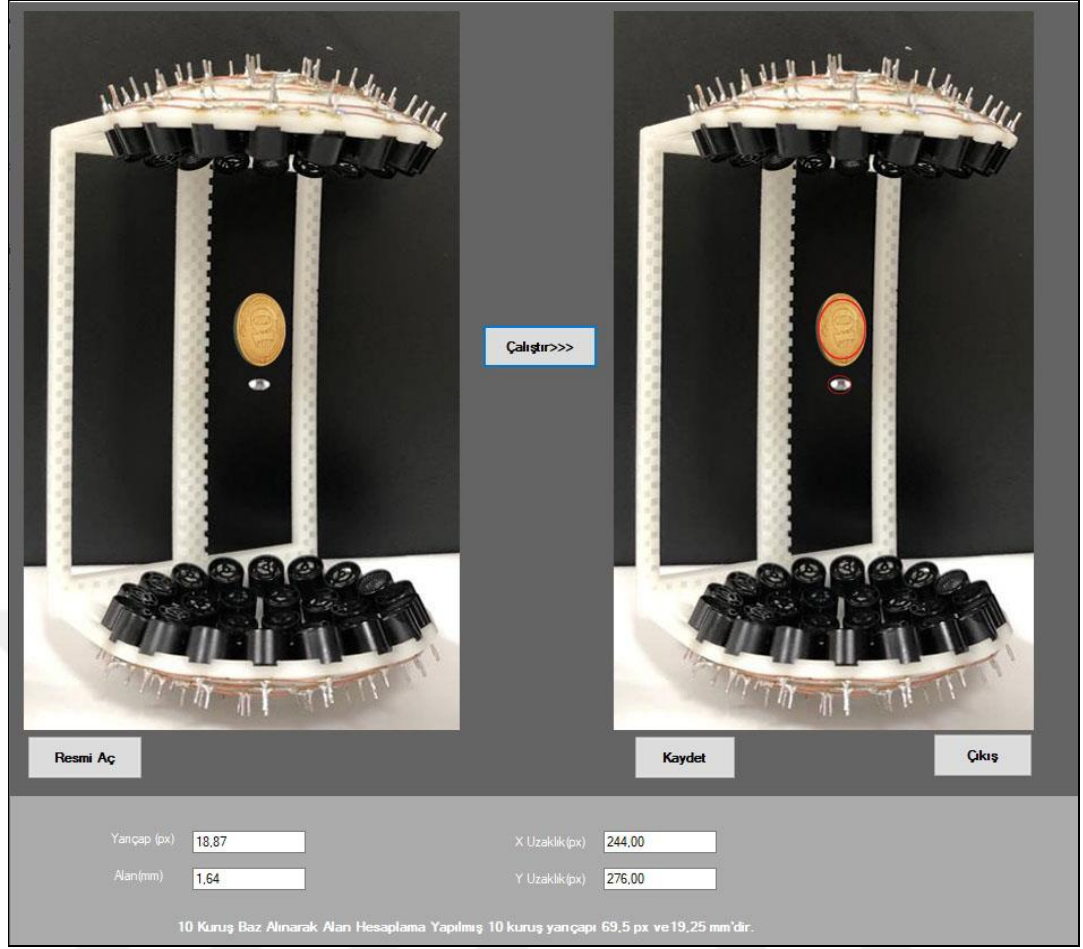
Şekil 4.7. Gül yağının sistem üzerine yerleştirilmesi

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere yapmış olduğum iç bükey kaldırıcı içerisinde oluşan akustik basınç ile damlacık herhangi bir fiziksel destek ve içinde bulunduğu bir yüzey alan olmadan havada asılı şekilde tutulmuştur.



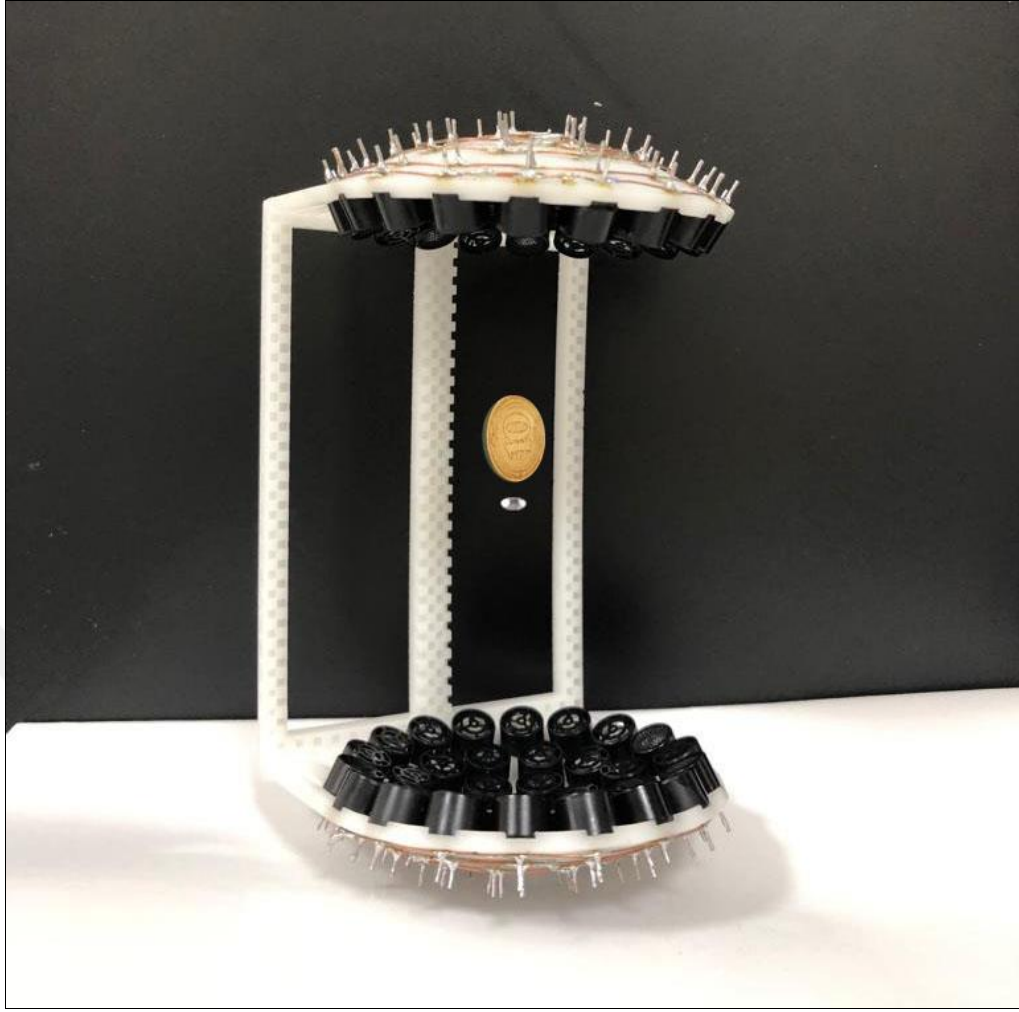
Şekil 4.8. Gül yağına ait damlacığın iç bükey kaldırıcı üzerinde gözlemlenmesi

Gül yağı yerleştirildikten sonra yağın 10 dakika aralılarla fotoğraflanması sağlanmış ve süre bazlı olarak damlacık üzerindeki değişimler Şekil 4.9’daki gibi yazılım ara yüzü aracılığı ile yarıçapları ölçülerek incelenmiştir.



Şekil 4.9. Damlacığın yazılım ile tespiti ve yarıçap bulunması

Şekil 4.10'da gösterildiği gibi damlanın boyutunun tespitinde 10 kuruş kullanılmıştır. Yaklaşık olarak damlacıkların yarıçap tahminleri bu şekilde yapılmıştır.



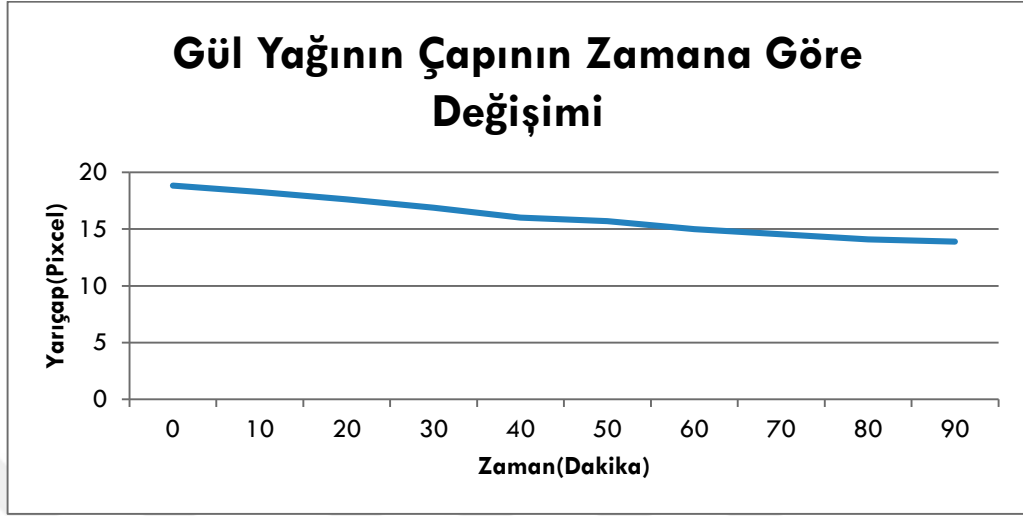
Şekil 4.10. Damlanın yarıçap ölçümünde referans olarak 10 kuruş kullanımı

Çizelge 4.1’de gül yağı damlacığının zamana göre değişimi verilmiştir. Görüldüğü üzere yağ damlacığı zaman içerisinde yarı çap olarak azalmıştır. Tablonun elde edilmesinde kamera ile alınan görüntüler yazılan program ile değerlendirilerek elde edilmiştir.

Çizelge 4.1. Gül yağ damlacığının yarıçapının zamana göre değişimi

Zaman (Dakika)	Yarıçap (Piksel)
0	18.83
10	18.28
20	17.61
30	16.9
40	16.02
50	15.69
60	15.01
70	14.54
80	14.1
90	13.9

Şekil 4.11’de de alınan verilere göre grafiklendirme işlemi yapılmıştır. Zaman artarken damlacığın boyutunda da uçucu etkisinden dolayı azalma gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11. Gül yağ damlacığının yarıçapının zamana göre değişim grafiği

Çay ağacı yağ damlası incelenirken Şekil 4.12’de de gözlemlendiği gibi Ultrasonik Levitasyon işleminin yağ damlacıkları içerisinde kabarcıklar oluşmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra ise üzerindeki kabarcıkların patladığı fark edilmiştir.



Şekil 4.12. Çay ağacı yağı üzerinde oluşan kabarcıklar

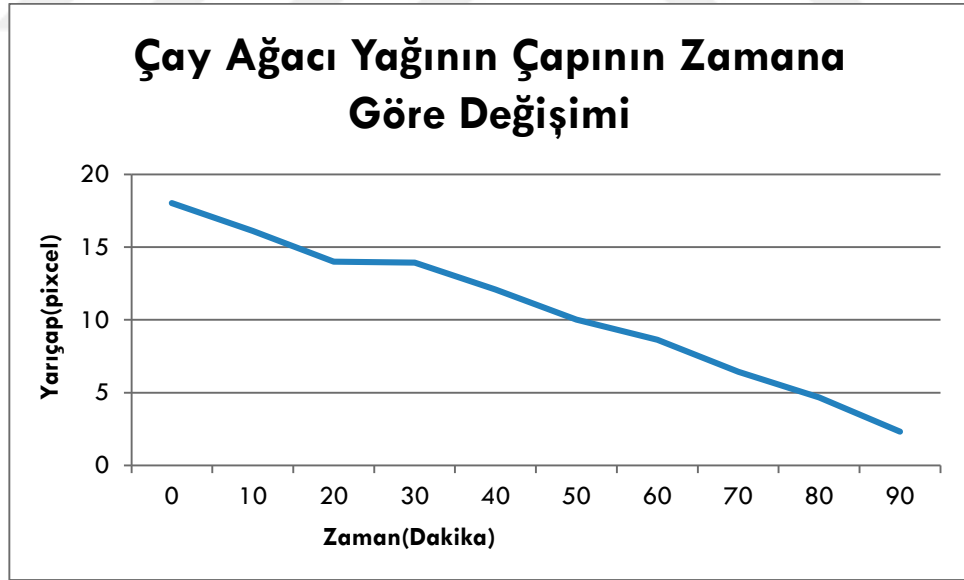
Çizelge 4.2’de çay ağacı yağ damlacığının zamana göre değişimi verilmiştir. Çay ağacı yağ damlacığının yarıçapında da zaman içerisinde gül yağı damlacığında

olduğu gibi azalma gözlemlenmiştir. Fakat bu azalmaların yaklaşık aynı miktarda koyulan gül yağı ile farklı olduğu gül yağındaki azalmanın çay ağacına oranla daha düşük olduğu fark edilmiştir.

Çizelge 4.2. Çay ağacı yağ damlacığının yarıçapının zamana göre değişimi

Zaman (Dakika)	Yarıçap (Piksel)
0	18.03
10	16.12
20	14.01
30	13.93
40	12.08
50	10.02
60	8.63
70	6.44
80	4.68
90	2.31

Şekil 4.13’de de alınan verilere göre grafiklendirme işlemi yapılmıştır ve zaman artarken damlacığın boyutunda da uçucu etkisinden dolayı gül yağına oranla azalmanın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.



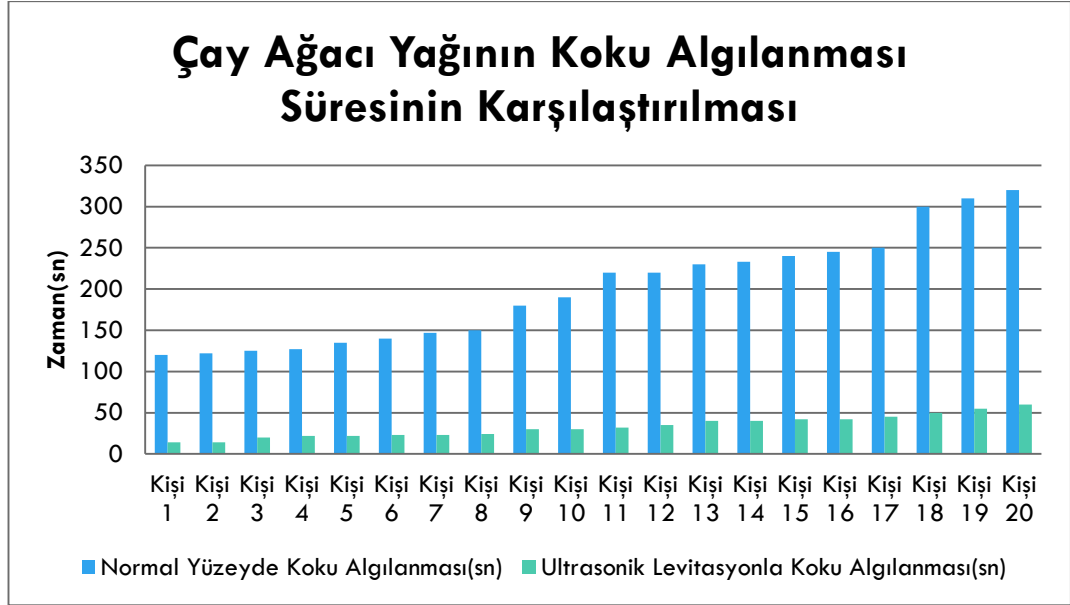
Şekil 4.13. Çay ağacı yağının zamana göre değişim grafiği

Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi kullanılan çay ağacı yağının zamana göre kokusunun algılanma süresi normal bir yüzeye (peçete üzerine) damlatılan yağ damlasından daha kısa sürede olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3. Çay ağacı yağ damlacığının kişilerin algılama zamanına göre değişimi

Çay Ağacı Yağının Algılanma Süresi		
Kişi	Normal Yüzeyde Koku Algılanması(sn)	Ultrasonik Levitasyonla Koku Algılanması(sn)
1	120	14
2	122	14
3	125	20
4	127	22
5	135	22
6	140	23
7	147	23
8	150	24
9	180	30
10	190	30
11	220	32
12	220	35
13	230	40
14	233	40
15	240	42
16	245	42
17	250	45
18	300	50
19	310	55
20	320	60

Şekil 4.14'te ise algılan kokunun sürelerle bağımlı grafikleri verilmiştir. Grafikte kişilerin normal yüzeye damlatılan yağ damlasının algılanma süresinin levitasyon yönteminden daha uzun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Çay ağacı yağının kokusunun algılanmasının zamana göre değişim grafiği

Yapılan çalışmalarda kullanılan esansiyel (uçucu) yağların normal temaslı bir yüzeye oranla daha uzun sürede yok olduğu ve koku yayılımlarının da yaklaşık 6 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Esansiyel (uçucu) yağlardan gül yağı ve çay ağacı yağı ile yapılan uygulamalarda yağ damlacıklarının ultrasonik levitasyon yöntemi ile atmosfere yaydığı koku salınımlarını arttıran bir yöntem geliştirilmiştir. Sürme yöntemi ile yüzeyde absorbe edilerek kalan yağ miktarı ve yağın atmosfere salınımı gül yağı ve çay ağacı yağı örnekleri ile karşılaştırıldığında ultrasonik levitasyon yönteminin sürme yöntemine göre koku deneyleri sonucunda en az 6 kat daha hızlı atmosfere koku yaydığı tespit edilmiştir.

Kullanılan levitasyon yöntemi ile temassız taşıma ve koku yayılımı gerçekleştirilmiştir. Böylece yağ damlacıklarının yüzeylerden etkilenmesi, absorbe olması engellenmiş ve hacim olarak daha küçük bir alanda bulunduğu için normal yerçekimli yüzeylerde bulunduğu alanda, var olduğu hacimden daha uzun sürede yok olduğu gözlemlenmiştir. Yok olma süreçleri görüntü işleme yöntemlerine göre karşılaştırıldığında ultrasonik levitasyon yönteminde yaklaşık 1ml gül yağı kütlesi 90 dakikada sadece %30 hacim kaybederken, aynı hacimdeki çay ağacı yağı 90 dakikada %90 hacim kaybına uğramıştır. 1 ml sürme deneyinde 90 dakikada her iki yağ damlacığının tamamen yok olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada yapılan Şekil 4.10, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 grafik ve ölçümlerden de anlaşılacağı gibi yağın temas ettiği katı bir yüzeyde kokunun atmosfere salınım süresiyle ultrasonik alan içerisinde bozucu etkilerden korunaklı havada kalıp atmosfere salınım süresini karşılaştırıldığında en az 6 kat daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Ultrasonik levitasyon yöntemi ile havada tutulan damlacıkların ölçümleri görüntü işleme yöntemi ile yapılmıştır. Yağ damlalarının içerdikleri madde ve akustik levitasyona verdikleri tepkimelerinde kavitasyon baloncuk oluşumunun ve sayısının koku yayılımlarını etkilediği fark edilmiştir. Baloncuk sayısı ve baloncuk oluşumu yağ içerisinde arttıkça koku yayılımı da artmıştır.

Yapılan çalışma ile esansiyel yağların tıbbi faydaları da düşünüldüğünde daha az miktar ve maliyet ile daha fazla fayda sağlanacağı düşünülmektedir. Fakat esansiyel yağların alerjen etkileri de göz önüne alındığında bu yağların kullanılmasında fayda zarar dengesi gözetilmesi gerekmektedir. Ayrıca yapılan deneylerde koku algılanma

süresinin kişinin COVID geçirip geçirmediği, kokuyu daha önceden tanıyıp tanımadığı, sigara kullanıp kullanmadığı ya da yaşının etkilerinin de önemli olduğu tepki sürelerine bakılarak belirlenmiştir.

Geliştirilen sistemin esansiyel yağların koku salınımında endüstride püskürtme ve sürme ile atmosfere yayılım yöntemlerine alternatif olarak kullanılabileceği bu çalışma ile ortaya çıkarılmıştır.

Bu sistemin gelecekte uçucu yağların saflık ve kalite ölçğinde karşılaştırma olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca uçucu yağların ve görüntü işleme teknikleri ile elde edilen çıktıların bir veri seti haline getirilerek makine öğrenmesi ile uçucu yağların içerisinde bulunan maddelerin tespitinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, A., Shahini, M. & Pak, A. (2009). An approach to design a high power piezoelectric ultrasonic transducer. *Journal of Electroceramics*, 22(4), 369–382. doi:10.1007/S10832-007-9408-8/TABLES/4
- Acar, B. (2020). *Bir Koku Bahçesi Tasarımı: Konya İli Meram İlçesi Örneğinde*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Andrade, M.A.B., Pérez, N. & Adamowski, J.C. (2017). Review of Progress in Acoustic Levitation. *Brazilian Journal of Physics*, 48(2), 190–213. doi:10.1007/S13538-017-0552-6
- Andria, G., Attivissimo, F. & Giaquinto, N. (2001). Digital signal processing techniques for accurate ultrasonic sensor measurement. *Measurement*, 30(2), 105–114. doi:10.1016/S0263-2241(00)00059-2
- Anonim, (2021a). <https://fizikakademisi.com/2017/04/01/milikanin-yag-damlasi-deneyi-ve-elektron-un-elektrik-yukunun-ilk-kez-olculmesi/> (Son erişim tarihi: 19.11.2021)
- Anonim, (2021b). http://web2.uwindsor.ca/courses/physics/high_schools/2013/Levitation/magneticlevitation.html (Son erişim tarihi: 03.11.2021)
- Anonim, (2021c). <https://www.ensonhaber.com/teknoloji/maglev-treni-nedir> (Son erişim tarihi: 03.11.2021)
- Anonim, (2021d). http://www.boymak.com.tr/tr/elektrostatik_toz_boya_tesisler/paletkonveyorlu_firin.html (Son erişim tarihi: 03.11.2021)
- Anonim, (2021e). <https://www.elektrikport.com/makale-detay/levitasyon-nedir-ve-nasil-yapilir/16755#ad-image-0> (Son erişim tarihi: 04.11.2021)
- Anonim, (2021f). <https://bias.com.tr/urun/testolcum/olcum-sistemleri/cae-systems-akustik-kamera> (Son erişim tarihi: 03.11.2021)
- Anonim, (2021g). https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_Guz/temel_fizik/14/index.html (Son erişim tarihi: 05.11.2021)
- Anonim, (2021h). <https://www.fizik.net.tr/site/ses-ve-ozellikleri/> (Son erişim tarihi: 05.11.2021)
- Anonim, (2021ı) <https://www.elektrikde.com/ultrasonik-sensor-nedir-avantajlari-ve-dezavantajlari/> (Son erişim tarihi: 06.11.2021)
- Anonim, (2021i). <https://spectrum.ieee.org/the-making-of-arduino> (Son erişim tarihi: 08.11.2021)

- Anonim, (2021j). <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/22437/STMICROELECTRONICS/L298/1618/1/L298.html> (Son erişim tarihi: 15.11.2021)
- Anonim, (2021k). <https://www.webtekno.com/microsoft-visual-studio-nedir-h92228.html> (Son erişim tarihi: 17.11.2021)
- Arslan Tontul, S., Mutlu, C., Koç, A. & Erbaş, M. (2018). Çiya Tohumundan Ultrason Destekli Yağ Ekstraksiyonunun Optimizasyonu. *The Journal of Food*, 43(3), 393–402. doi:10.15237/GIDA.GD18013
- Aydın, A.D., Altinel, F., Erdoğan, H. & Son, Ç.D. (2021). Allergen fragrance molecules: a potential relief for COVID-19. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1). doi:10.1186/s12906-021-03214-4
- Aydın, N. & Aydın, A. (2019). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Ses Dalgaları ile İlgili Bilgilerini Günlük Yaşamla İlişkilendirebilme Durumlarının İncelenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi*, 4(1), 1-13.
- Badamasi, Y.A. (2014). *The working principle of an Arduino*. 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 1–4. doi:10.1109 / ICECCO.2014.6997578
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45–53.
- Beléndez, A. (2017). Millikan, the First Physicist to See the Electron.
- Büyüktuncel, E. (2012). *Gelişmiş Ekstraksiyon Teknikleri I*, (Gelişmiş Ekstraksiyon Teknikleri I), 209–242.
- Brandt, E.H. (1989). Levitation in physics. *Science*, 243(4889), 349-355.
- Courtney, C.R.P., Ong, C.K., Drinkwater, B.W. & Wilcox, P.D. (2011). Manipulation of microparticles in two dimensions using counter-propagating ultrasonic waves. In 2011 IEEE International Ultrasonics Symposium (pp. 192-195). IEEE.
- Demir, B., Timur, S.S. & Gürsoy, R. Ne. (2020). Parfümler: Formülasyonları, Dünyü, Bugünü ve Yarını. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 40(1), 20–33.
- Demir, U. (2020). U. S. D. K. T. B. Ü. E. Araştırılması. (2020). Ultrasonik Ses Dalgalarının Kömür Tane Boyutu Üzerine Etkisinin Araştırılması.
- Dikilitaş, M., Balak, V., Şimşek, E. & Karakaş, S. (2018). Ses dalgaları ile mikroorganizmaların kontrolü. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(3), 431-444.

- Duran, K., Bahtiyari, M.İ., Körlü, A.E., Dereli, S. & Özdemir, D. (2006). Ultrasound Technology. *Textile and Apparel*, 16(3), 155–158.
- Güler, E. (2016). *OPENCV Görüntü İşleme Yazılımı ile Ürün Uygunluğunun Otomatik Belirlenmesinin İşlenmiş Fındıklarda Uygulanması*. XVIII. Akademik bilişim konferansı -- AB 2016.
- Gürer Yücel, F. (2013). *Ses Bilgisi ve Akustik Konusunda Geliştirilen Etkinliklerin Müzik ve Fizik Öğretmen Adaylarının Tutum ve Başarı Düzeylerine Olan Etkisinin Araştırılması*. (Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Henning, B. & Rautenberg, J. (2006). Process monitoring using ultrasonic sensor systems. *Ultrasonics*, 44(SUPPL.), e1395–e1399. doi:10.1016/J.ULTRAS.2006.05.048
- Kandemir, M.H. (2018). *Design and implementation of an annular acoustic levitation system* (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Koyama, D. & Nakamura, K. (2010). Noncontact ultrasonic transportation of small objects over long distances in air using a bending vibrator and a reflector. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 57(5), 1152–1159. doi:10.1109/TUFFC.2010.1527
- Li, M., Cai, W., Tang, X., Li, T., Zhu, L. & Yan, Y. (2021). *Design of Ultrasonic Levitation Control System Based on FPGA*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2010(1), 012185. doi:10.1088/1742-6596/2010/1/012185
- Maden, D. & Yazıcı, İ. (2018). Manyetik askılama sistemi için 2 serbestlik dereceli PID kontrolcü tasarımı. *Sakarya University Journal of Science*, 22(1), 16-23. doi:10.16984/sofenbilder.293282
- Marzo, A. (2019). Holographic acoustic tweezers. *Proceedings of the National Academy of Sciences olfografik volez*, 116(1), 84–89. doi:10.1073/pnas.1813047115
- Marzo, A., Seah, S.A., Drinkwater, B.W., Sahoo, D.R., Long, B. & Subramanian, S. (2015a). Holographic acoustic elements for manipulation of levitated objects. *Nature Communications*, 6(1), 1–7. doi:10.1038/ncomms9661
- Marzo, A., Seah, S.A., Drinkwater, B.W., Sahoo, D.R., Long, B. & Subramanian, S. (2015b). Holographic acoustic elements for manipulation of levitated objects. *Nature Communications*, 6. doi:10.1038/NCOMMS9661
- Matsubara, T. & Takemura, K. (2021). Containerless Bioorganic Reactions in a Floating Droplet by Levitation Technique Using an Ultrasonic Wave. *Advanced Science*, 8(3), 2002780. doi:10.1002/ADVS.202002780

- Nakamura, K. & Sakai, Y. (2017). Noncontact coating processing of small object levitated in ultrasonic standing wave field. *IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS*. doi:10.1109/ULTSYM.2017.8092451
- Nakilcioğlu, E., Ötleş, S., Üniversitesi, E., Fakültesi, M., Bölümü, G.M., Bornova, İ., & Yazar, Y.S. (2014). Basınçlı Çözgen Ekstraksiyonu ve Gıda Sanayiindeki Uygulamaları. *Akademik Gıda*, 12(2), 88–94.
- O'Mahony, F.O., Yue, C.P., Horowitz, M.A. & Wong, S.S. (2003). A 10-GHz global clock distribution using coupled standing-wave oscillators. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 38(11), 1813–1820. doi:10.1109/JSSC.2003.818299
- Omirou, T., Marzo, A., Seah, S.A. & Subramanian, S. (2015). *Levipath: Modular acoustic levitation for 3D path visualisations*. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, 2015-April, 309–312. doi:10.1145/2702123.2702333
- Osisiogu, U. & Louis, L. (2016). Automation, Communication and Systems (IJACACS). *Leo Louis International Journal of Control*, 1(2). doi:10.5121/ijcacs.2016.1203
- Pack, A., Kremer, K., Albrecht, N., Simon, K. & Kronz, A. (2010). Description of an aerodynamic levitation apparatus with applications in Earth sciences. *Geochemical transactions*, 11(1), 1-16.
- Panda, K.G., Agrawal, D., Nshimiyimana, A. & Hossain, A. (2016). Effects of environment on accuracy of ultrasonic sensor operates in millimetre range. *Perspectives in Science*, 8, 574–576. doi:10.1016/J.PISC.2016.06.024
- Paneva, V., Bachynskyi, M. & Müller, J. (2020). *Levitation Simulator: Prototyping Ultrasonic Levitation Interfaces in Virtual Reality*. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings. doi:10.1145/3313831.3376409
- Pişkin, M. (2016). <http://mesutpiskin.com/blog/wp-content/uploads/2017/01/OpenCV%20Kitap.pdf> (Son erişim tarihi: 23.11.2021)
- Puranen, T., Haggstrom, E., Helander, P., Merilainen, A., MacOni, G., Penttila, A., ... & Muinonen, K. (2019). *Multifrequency Acoustic Levitation*. *IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS*, 2019-October, 916–919. doi:10.1109/ULTSYM.2019.8926200
- Puskar, L., Tuckermann, R., Frosch, T., Popp, J., Ly, V., McNaughton, D. & Wood, B.R. (2007). Raman acoustic levitation spectroscopy of red blood cells and Plasmodium falciparum trophozoites. *Lab on a Chip*, 7(9), 1125–1131. doi:10.1039/B706997A
- Sato, Y., Abe, K., Omomo, K., Kawamura, R., Takazawa, K. & Ochiai, Y. (2017). *Ultrasonic cuisine: Proposal of ultrasonic non-contact stirring methods*. *UIST*

- Sun, Y., Peng, H., Jin, Y., Ye, S. & Long, Z. (2021). *Formation simulation for multi-point array based on ultrasonic standing wave*. 2021 6th IEEE International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics, ICARM 2021, 657–662. doi:10.1109/ICARM52023.2021.9536134
- Şahin, Ö. (2019). *Melocan (Smilax excelsa L.) Bitkisinin Farklı Kısımlarının Ultrason ve Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon ile Elde Edilen Bileşenlerinin Tanımlanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü) doi:10.2/JQUERY.MIN.JS
- Şengül, M. & Topdaş, E.F. (2019). Katı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılan modern teknikler ve bu teknikler arasında ultrason yardımcı ekstraksiyonun yeri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 201-216.
- Şeran, E. (2013). Yağlı Tohumlara Uygulanan Ultrasonik Destekli Ön İşlem ile Soğuk Pres Yağlarında Verim ve Kalitenin Arttırılması. <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/2593> adresinden erişildi.
- Sawicka, B. & Tanyer, S.G. (2019). Gizemli salınımlar-Ses altı frekanslardaki gizli hisler. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, Mart, 19(297).
- Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S. & Akkaya, Z. (2009). Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *Gıda*, 34(3), 175-182.
- Tekin, H.C. (2018). *Otomatik dijital imge analizi kullanılarak manyetik levitasyon platformunda mikroparçacıkların özkütlelerinin belirlenmesi*. In 26th Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2018. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Topçu, G., Hermann, G., Kolak, U., Gören, A.C., Kutchan, T.M., Zenk, M. H., ... & Fakültesi, E. (2004). Lavandula angustifolia Bitkisinin Doku Kültüründen Elde Edilen Bileşiklerin GC-MS Analizi.
- Tunç, İ., Çalışkan, F., Özkan, G. & Karacabey, E. (2014). Mikrodalga Destekli Soxhlet Cihazı ile Fındık Yağı Ekstraksiyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu. 01.03.2014.
- Wang, Y., Wu, L., Wang, Y. & Fan, Y. (2021). Mathematical modeling and experimental study on solid-liquid suspension separation in ultrasonic standing wave field: 0(0), 1–9. doi:10.1177/14613484211022984
- Wu, H., Zhu, J., Wang, X. & Li, Y. (2021). Design of ultrasonic standing wave levitation support for three-dimensional printed filaments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 149(4), 2848. doi:10.1121/10.0003922
- Yaghoubi, H. (2013). The most important maglev applications. *Journal of Engineering (United Kingdom)*, 2013. doi:10.1155/2013/537986

- Yaman, T. & Kuleaşan, Ş. (2016). Uçucu Yağ Elde Etmede Gelişmiş Ekstraksiyon Yöntemleri. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 7(Özel (Special) 1), 78–83.
- Yarın, A.L., Pfaffenlehner, M. & Tropea, C. (1998). On the acoustic levitation of droplets. *Journal of Fluid Mechanics*, 356, 65–91. doi:10.1017/S0022112097007829
- Yaylı, N. (2013). *Uçucu Yağlar ve Tıbbi Kullanımları 1*. İlaç kimyası, Üretimi, Teknolojisi, Standardizasyonu Kongresi, Antalya.
- Yumurtacı, M. & Yabanova, İ. (2018). Sıvı Seviye Sensörlerinin İncelenmesi ve Su Seviyesi Ölçümü Uygulaması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(1), 201–207. doi:10.5578/fmbd.66798



ÖZGEÇMİŞ

