

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI ÇEVRE SAĞLIĞI ANABİLİM DALI



REZENE (*Foeniculum vulgare* Mill.) BİTKİSİNİN FARKLI
ORGANLARININ UÇUCU YAĞLARININ KİMYASAL
KOMPOZİSYONU BİYOLOJİK AKTİVİTESİ VE ÇEVRESEL
FAKTÖRLERDEN ETKİLENMİŞLİK DÜZEYİ

ÖZGE TELHÜNER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖMER ELKIRAN

SİNOP - 2024

TEZ KABUL

ÖZGE TELHÜNER tarafından hazırlanan “**REZENE (*Foeniculum vulgare* Mill.) BİTKİSİNİN FARKLI ORGANLARININ UÇUCU YAĞLARININ KİMYASAL KOMPOZİSYONU BİYOLOJİK AKTİVİTESİ VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERDEN ETKİLENMİŞLİK DÜZEYİ**” başlıklı bu çalışma, 31.01.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç. Dr. Azize DEMİRPOLAT

Bingöl Üniversitesi / Gıda, Tarım ve Hayvancılık MYO

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ELKIRAN

(Danışman)

Sinop Üniversitesi / Sağlık Hizmetleri MYO

İmza

Üye

Doç. Dr. Aysel VEYİSOĞLU

Sinop Üniversitesi / Sağlık Hizmetleri MYO

İmza

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Fadime DİRİK

.....

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Özge TELHÜNER



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

REZENE (*Foeniculum vulgare* Mill.) BİTKİSİNİN FARKLI ORGANLARININ UÇUCU YAĞLARININ KİMYASAL KOMPOZİSYONU BİYOLOJİK AKTİVİTESİ VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERDEN ETKİLENMİŞLİK DÜZEYİ

ÖZGE TELHÜNER
SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI ÇEVRE SAĞLIĞI ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖMER ELKIRAN

Bu çalışmada Sinop ilinde doğal olarak yetişen rezene (*Foeniculum vulgare*) bitkisinin dört farklı organından (gövde, yaprak, çiçek ve tohum) elde edilen uçucu yağların, GC/MS analizi ile kimyasal kompozisyonu belirlenip karşılaştırılarak (morfogenetik varyabilite), elde edilen uçucu yağların disk difüzyon yöntemiyle test mikroorganizmaları üzerindeki biyolojik aktivitesi çalışılmış ve çevresel faktörlerden etkilenmişlik düzeyi araştırılmıştır. Bu amaçla toplanan rezene bitkilerinin hidrodistilasyon yöntemiyle uçucu yağları çıkarılarak kimyasal kompozisyonları belirlenmiştir. Buna göre tohum, çiçek ve yaprak uçucu yağlarında ana bileşen estragole (methyl chavicol) (sırasıyla %53,3; 38,9; 51,4) olurken gövde uçucu yağında ana bileşen fenchyl acetate (%35,2) olarak tespit edilmiştir. Çalışmada disk difüzyon ve MİK sonuçlarına göre rezenenin uçucu yağlarının elde edilen bölgeye ve uygulanan mikroorganizmalara göre farklı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Uçucu yağların Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerde, funguslara göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. En iyi aktivitenin tüm mikroorganizmalarda rezene tohum uçucu yağında olduğu tespit edilmiştir. *E. faecalis* suşunun dirençli olduğu funguslarda ise *A. niger* suşunda hiç üreme olmadığı belirlenmiştir. MİK sonuçlarına bakıldığında ise rezene uçucu yağlarında yine en yüksek inhibisyon aktivitesinin tohum uçucu yağında ve Gram pozitif bakterilerde olduğu, uçucu yağların *E. faecalis* ve *A. niger* suşlarında hiç inhibe etkisi göstermediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar; rezene bitkisinin farklı organlarının uçucu yağ kimyasal kompozisyonlarının değişiklik gösterdiği ve antimikrobiyal etkilerinin organlarda farklılık göstermekle birlikte yüksek olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELE: *Foeniculum vulgare*; Uçucu yağ; GC-MS; Biyolojik aktivite

Ocak 2024, 70 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

CHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OILS OF DIFFERENT ORGANS OF FENNEL (*Foeniculum vulgare* Mill.) PLANT, BIOLOGICAL ACTIVITY AND LEVEL OF INFLUENCE BY ENVIRONMENTAL FACTORS

ÖZGE TELHÜNER

SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS

DEPARMENT OF INTERDISCIPLINARY ENVIRONMENTAL HEALTH

SUPERVISOR:ASSIST. PROF. ÖMER ELKIRAN

In this study, the chemical composition of the essential oils obtained from four different organs (stem, leaf, flower and seed) of the fennel (*Foeniculum vulgare*) plant, which grows naturally in Sinop province, was determined and compared by GC/MS analysis (morphogenetic variability), and the disc diffusion of the obtained essential oils was performed. Its biological activity on test microorganisms was studied using the method and its level of influence from environmental factors was investigated. For this purpose, the essential oils of fennel plants collected were extracted by hydrodistillation method and their chemical compositions were determined. Accordingly, the main component in seed, flower and leaf essential oils was estragole (methyl chavicol) (53,3%; 38,9; 51,4%, respectively), while the main component in stem essential oil was fenchyl acetate (35,2%). According to the disc diffusion and MIC results in the study, it was observed that the essential oils of fennel had different antimicrobial activities depending on the area obtained and the microorganisms applied. It has been determined that essential oils are more effective on Gram-positive and Gram-negative bacteria than on fungi. It has been determined that the best activity is in fennel seed essential oil in all microorganisms. It was determined that there was no growth in the *A. niger* strain among fungi to which the *E. faecalis* strain was resistant. When the MIC results were examined, it was determined that the highest inhibitory activity in fennel essential oils was in the seed essential oil and Gram-positive bacteria, and that the essential oils did not show any inhibitory effects on *E. faecalis* and *A. niger* strains. Obtained results; It has been observed that the essential oil chemical compositions of different organs of the fennel plant vary and their antimicrobial effects are high, although they vary among the organs.

KEYWORDS: *Foeniculum vulgare*; Essantial oil; GC-MS; Biological activity

January 2024, 70 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda tez konusunun belirlenmesi, yürütülmesi ve sonuçlanması süreçlerinde yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, eğitimimin her aşamasında beni motive eden ve yönlendiren, bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren başta çok değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer ELKIRAN'a çok teşekkür ederim.

Tez kapsamında mikrobiyoloji laboratuvarı çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam sayın Doç. Dr. Aysel VEYİSOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Bu süreçte yardım ve desteklerini hep hissettiğim Gürel ÖZTÜRK ve Yağmur SAĞLAM'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim her zaman yanımda olan ve beni her konuda destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Özge TELHÜNER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Türkiye Florası.....	2
1.2. Apiaceae Familyası.....	2
1.3. Rezene Bitkisi (<i>Foeniculum vulgare</i>).....	4
1.4. Uçucu Yağlar	6
1.4.1. Uçucu yağların genel özellikleri	6
1.4.2. Uçucu yağların elde edilme yöntemleri	7
1.4.2.1. Distilasyon yöntemleri	7
1.4.2.2. Ekstraksiyon yöntemleri	9
1.4.2.3. Mekanik yöntem (Presleme)	12
1.4.3. Uçucu yağların kullanım alanları.....	12
1.4.3.1. Uçucu yağların aromaterapide kullanımları	12
1.4.3.2. Uçucu yağların gıda sanayide kullanımları	12
1.4.3.3. Uçucu yağların parfümeri ve kozmetik sanayisinde kullanımları	13
1.5. Biyolojik Aktivite	13
1.6. Literatür Özeti.....	15
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
2.1. Materyal	25
2.1.1. Bitki materyali	25
2.1.2. Test mikroorganizmaları.....	26
2.2. Yöntem.....	26

2.2.1. Uçucu yağların elde edilmesi.....	26
2.2.2. Uçucu yağların kimyasal bileşenlerinin belirlenmesi.....	27
2.2.3. Biyolojik aktivite testleri	28
2.2.3.1. Bitki uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi.....	28
2.2.3.2. Bitki uçucu yağının minimum inhibisyon konsantrasyonunun (mik) belirlenmesi.....	29
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	31
3.1. Rezene Uçucu Yağlarının Kimyasal Analizi	31
3.1.1. Rezene yaprak uçucu yağ analizi.....	31
3.1.2. Rezene gövde uçucu yağ analizi	33
3.1.3. Rezene çiçek uçucu yağ analizi	34
3.1.4. Rezene tohum uçucu yağ analizi	36
3.2. Rezene Uçucu Yağlarının Biyolojik Aktivitesi	38
3.2.1. Rezene uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitesi.....	38
3.2.2. Rezene uçucu yağlarının minimum inhibisyon konsantrasyonu (mik)	45
4. ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Rezene bitkisinin yaprak uçucu yağının kimyasal bileşenleri.....	32
Tablo 3.2 Rezene bitkisinin gövde uçucu yağının kimyasal bileşenleri.....	33
Tablo 3.3 Rezene bitkisinin çiçek uçucu yağının kimyasal bileşenleri	35
Tablo 3.4 Rezene bitkisinin tohum uçucu yağının kimyasal bileşenleri	36
Tablo 3.5 Disk difüzyon metodu kullanılarak rezene bitkisinin dört farklı organından (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin test edilen patojen mikroorganizmalara karşı oluşturdukları inhibisyon zonları (mm) .	39
Table 3.6 Rezene bitkisinin dört farklı bölgelerinden (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin bazı patojenik mikroorganizmalara karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MIC, $\mu\text{g ml}^{-1}$)	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 <i>Foeniculum vulgare</i> kısımları.....	4
Şekil 1.2 Su distilasyonu ünitesi	8
Şekil 1.3 Su distilasyonu düzeneği	9
Şekil 1.4 Gram (+) ve Gram (-) bakterilerin hücre duvarları.....	15
Şekil 1.5 Rezene uçucu yağının önemli bileşenlerinin kimyasal formülleri	16
Şekil 2.1 Rezene bitkisinin organ kısımları	25
Şekil 2.2 Clevenger cihazı ile hidrodistilasyon ve biriken uçucu yağ	27
Şekil 2.3 Disk difüzyon yöntemi için petrilerin isimlendirilmesi.....	29
Şekil 2.4 Disklerin petriye yerleştirilmiş görüntüsü	29
Şekil 2.5 İnkübasyon sonrası her kuyucuktan petrilere ekim görüntüsü	30
Şekil 3.1 Rezene bitkisinin yaprak uçucu yağının GC-MS kromatogramı.....	32
Şekil 3.2 Rezene bitkisinin gövde uçucu yağının GC-MS kromatogramı.....	34
Şekil 3.3 Rezene bitkisinin çiçek uçucu yağının GC-MS kromatogramı	35
Şekil 3.4 Rezene bitkisinin tohum uçucu yağının GC-MS kromatogramı	37
Şekil 3.5 Disk difüzyon metodu ile yedi test bakterisi ve iki test fungusuna karşı rezene bitkisinin dört farklı organından (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin inhibisyon zonları	43
Şekil 3.6 Uçucu yağ örneklerinin 96 oyuklu mikro plakalarda inokülasyonu yapılmış görüntüsü	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
CO ₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
pH	: Power of hydrogen
kob	: Koloni oluşturan birim
mm	: Milimetre
ml	: Mililitre

Kısaltmalar

ATP	: Adenozin trifosfat
ATTC	: Amerikan tip kültür koleksiyonu
DMSO	: Dimetil sülfoksit
GC	: Gaz kromatografisi
GC-MS	: Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi
kPa	: Kilopascal
MIC	: Minimum inhibitör konsantrasyonu
MTCC	: Mikrobiyal tip kültür koleksiyonu
NCIM	: Ulusal endüstriyel mikroorganizmalar koleksiyonu
psi	: İnç kare başına pound
v/v	:Hacimce yüzde

1. GİRİŞ

Yüzyıllardır insanlar, beslenmek ve barınmak için, karbonhidrat, protein ve yağ kaynağı olarak bitkilere bağımlı olarak yaşamışlardır. Bununla beraber bitkiler farmasötikler, zirai kimyasallar, aromalar, kokular, renkler, biyopestisitler ve gıda katkı maddeleri gibi çok çeşitli sekonder metabolitlerinde önemli bir kaynağıdır. Hemen hemen 30 000 doğal üründen %80' inden fazlası bitki temellidir (Ramachandra ve Ravishankar, 2002).

Bugün dünyada, tarım ve ticaret bakımından önemi olan bitkilerin kullanım amacı sadece geleneksel gıda yemi ve lifli mahsuller değildir. Bununla birlikte ikincil metabolitleri, karakteristik aromatikleri, iyileştirici özellikleri veya çoğalan parfümeri ve kimya endüstrileri için de bitkiler kullanılmaktadırlar (Khorshidi vd., 2009).

Sekonder metabolitler; bitkilerde temel yapı ve besin maddelerini oluşturan nükleik asitler, proteinler, yağlar ve karbonhidratlar gibi primer metabolitlerin dışında, bitkilerin yaşamlarını sürdürmeleri açısından zorunlu olmayan ve miktarları kimi zaman çok düşük seviyede olan alkaloidler, uçucu yağlar, glikozitler, fenoller, steroidler, saponinler, flavonoidler, tanenler, reçineler ve renk maddeleri vb. küçük moleküllü metabolitlerdir. Daha önceden atık madde olarak görülen ve hiçbir bir fonksiyonu olmadığı düşünülen sekonder metabolitlerin önemli görevlere ve işlevlere sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Baydar, 2013).

Sekonder metabolitler, bitkiler için büyüme ve gelişmede yaşamsal değildir ve bitkilerde bazen ölçülemeyecek seviyede az miktarda bulunurlar. Ancak tıbbi ve aromatik bitkilerde bulunan tedavi edici özellik, içeriklerindeki bu sekonder metabolitlerden kaynaklanmaktadır. Bitkilerde, yaşamlarını sürdürdükleri çevrede bulunan biyotik ve abiyotik stres faktörlerine yönelik savunma sistemini sekonder metabolitler oluştururlar. Yapılan çalışmalarda, bitkilerde sentezlenen sekonder metabolitlerin 30.000'den fazla olduğu belirlenmiştir (Batı, 2011).

Günümüzde tıbbi bitkiler ile bu bitkilere ait olan uçucu yağların saf olarak ve özellikle ana etken maddelerinin elde edilip değerlendirilmesi hem bilimsel hem de ekonomik açıdan oldukça önemlidir (Kırbağ ve Bağcı, 2000).

Bu çalışmada Sinop ilinde doğal olarak yetişen Rezene bitkisinin (*Foeniculum vulgare*) farklı organlarının (yaprak, gövde, tohum ve çiçek) hidrodistilasyon yöntemiyle uçucu yağları çıkarılarak GC-MS ile kimyasal kompozisyonları, disk difüzyon ve minimum

inhibisyon konsantrasyonu (MİK) yöntemleriyle de biyolojik aktiviteleri incelenerek ve diğer çalışmalarla karşılaştırılarak rezene bitkisinin çevresel etkenlerden etkilenme düzeyi araştırılacaktır.

1.1. Türkiye Florası

Türkiye’de bitki örtüsü “Flora of Turkey and The East Aegean Islands” göre, 174 familyaya bağlı 1 251 cins ve 12 000’den fazla tür ve tür altı taksona sahip olmasıyla bitki çeşitliliği bakımından çok zengindir. Bu taksonlar içinde 234 tanesinin kaynağı yabancı olup kültür bitkisidir. Bunun dışındaki türler ise ülkede doğal olarak yayılış gösteren bitkilerdir (Akgöz, 2013).

Bu bitki türlerinin içinde, Türkiye’ye özgü olan taksonların sayısı 3 649’dur ve endemizm oranı %32 olarak belirlenmiştir. Ülkemiz, diğer Avrupa ülkeleriyle kıyaslandığında oldukça yüksek bir endemizm oranına sahiptir. Bunun sebepleri olarak; Türkiye’nin 3 fitocoğrafik bölgenin kesiştiği yerde olması, jeolojik yapısı, farklı toprak yapılarına sahip olması, çeşitli iklim koşullarının olması ve jeolojik devirlerde geçirmiş olduğu değişimler gösterilebilir (Polat, 2020).

Ülkemiz florasında yer alan ve sayısı net olmamakla birlikte 1 000 - 2 000 arasında olduğu düşünülen tıbbi ve aromatik bitkilerin, tedavi, baharat, gıda ve içecek olarak ayrıca parfümeri, kozmetik, insektisit amaçlı da kullanımı bulunmaktadır. Yapılmış kapsamlı bir çalışmaya göre, Türkiye’de iç ve dış ticareti yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin bitki türünün sayısı 347 olup bunlardan dış satımı yapılan tür sayısı 139’dur (Gürbüz, 2002).

1.2. Apiaceae Familyası

Apiaceae önceki ismiyle Umbelliferae dünyada bulunan en büyük bitki ailelerindendir. Dünyada bu familya ait yaklaşık 450 cins ve 3 700 tür bulunmaktadır (Amiri ve Joharchi, 2016). Genellikle kuzey ılıman bölgeler ile tropik bölgelerin yüksek rakımları olmak üzere tüm dünyada yayılış göstermiştir. Apiaceae türlerinin başlıca ortak özelliklerinde aromatik otsu bir yapısının olması, kılıf tabanlı alternatif yaprakları bulunması, içi boş gövdeler, küçük çiçekler, basit veya bileşik umbel’de belirlenen çiçek salkımları ve yağ kanallarının olması, sönmeyen meyve veya tohumları vardır (Christensen ve Brandt, 2006). Bu familya meyve, gövde, yaprak ve köklerinde bulunan ve içeriğinde reçine, yağ veya müsilaj bulunan şizojen yağ kanallarından oluşan salgı

boşluklarından ötürü kendilerine özgü tatları ile bilinmektedir (Sayed-Ahmad vd., 2017). Bu familyada, *Anthriscus cerefolium* (chervil), *Anethum graveolens* (dereotu), *Apium graveolence* (kereviz), *Carum carvi* (kimyon), *Coriandrum sativum* (kişniş), *Angelica* spp. (angelica), *Cuminum cyminum* (kimyon), *Ferula gummosa* (galbanum), *Foeniculum vulgare* (rezene) ve *Pimpinella anisum* (anason) vb. üyeler bulunmaktadır. Bu familyaya ait bitkilerin keskin veya aromatik olarak karakteristik bir kokuya sahip olmalarının nedeni genel olarak uçucu yağ veya oleoresin varlığındandır (Singh ve Jain, 2007).

Apiaceae üyeleri, birçok biyolojik aktiviteye sahip çeşitli bileşiklere sahiptir. Ana özelliklerinden bazıları; apoptoz, antibakteriyel, hepatoprotektif, vazodilatör, siklooksijenaz inhibe edici ve antitümör aktiviteleri indüklemeye yeteneğidir (Pae vd., 2002).

Apiaceae familyasında beslenme, ilaç, içecek, baharat, kovucu, renklendirici, kozmetik, koku ve endüstriyel kullanımlar gibi farklı amaçlarla kullanılan çok sayıda bitki bulunmaktadır. Etnomedikal olarak bu familyaya ait birkaç bitki, sindirim, endokrin, üreme ve solunum sistemleri ile ilgili çeşitli hastalıkları tedavi etmek için ev ilaçları olarak kullanılmaktadır (Aćimović ve Kostadinović, 2015). Bu aile, terpenoidler, triterpenoid saponinler, flavonoidler, kumarinler, poliasetilenler ve steroidler gibi potansiyel ilaç kaynağı olan fitokimyasallar ve ikincil metabolitler açısından zengindir. Ayrıca, bu ailenin çeşitli türleri mükemmel bir uçucu yağ kaynağıdır. Bu aile içindeki uçucu yağlarda farmasötik açıdan yüksek ilgiye sahip farklı kimyasal sınıflardan 760'tan fazla farklı bileşen tespit edilmiştir (Sayed-Ahmad vd., 2017).

Apiaceae türlerinde flavonoidler, tanenler ve fenolik asitler gibi polifenolik bileşikler yaygın olarak bulunduğu için bu bileşikler içeren kozmetik formülasyonların topikal uygulamaları, cilt yaşlanması, cilt hastalıkları, yaralar ve yanıklar gibi hasarların nedenlerini ve etkilerini azaltabilmektedir (Działo vd., 2016). Ağrılı bölgelerde anestetik ve analjezik kombinasyonları olarak flavonoid bazlı sprey içeren fenollerin etkili rolü daha önce doğrulanmıştır (Farrer, 2012).

Apiaceae türleri günlük beslenmede yaygın olarak kullanılmaktadır. İçecek olarak ve gıda yoluyla, özellikle baharat gibi çeşitli formülasyonlarda kullanılmaktadır (Tunçtürk ve Özgökçe, 2015). Tohumları aktif bileşiklerin kaynaklarıdır, düşük kalorili ve sabit yağ, proteinler, lifler, karbonhidratlar ve uçucu yağ açısından zengin mükemmel bir

besin takviyesi olarak kabul edilir. Bununla birlikte, tohumlarda genetik kaynaklara ve çevre koşullarına bağlı olarak önemli bir kimyasal bileşim çeşitliliği tespit edilmiştir (Jia vd., 2015).

1.3. Rezene Bitkisi (*Foeniculum vulgare*)

Foeniculum cinsi içerisinde yer alan türler arasında uygulama alanı açısından en yaygın kullanılan türün *F. vulgare* olduğu görülmektedir. Literatürde bildirildiği üzere yaygın olarak tohum, yaprak, sap, meyve ve bitkinin tamamı kullanılmaktadır (Koçer vd., 2023).

Apiaceae familyasına ait olan rezene, Akdeniz iklimi görülen ülkelerde kültürü yapılan çok önemli tıbbi ve hoş kokulu bir bitkidir. Rezene meyveleri ASTA (Amerikan Baharat Ticaret Birliği) standartlarına göre %6-9 arasında kül, %10 nem ve en fazla %1 asitte çözünmeyen kül içermelidir (Şanlı vd., 2008).

Türkiye’de rezeneye (*Foeniculum vulgare* Mill.) bölgelere göre “Arapsacı, Mayana, İrzian, Tatlı Rezene ve Raziyan” gibi isimler de verilmektedir (Balkan, 2015).



Şekil 1.1 *Foeniculum vulgare* kısımları (Balkan, 2015)

Rezene; yaprak, kök, çiçek tomurcuğu, sap, çiçek ve farklı gelişim aşamalarındaki meyveler gibi farklı organları ile ticarete konu olan önemli tıbbi aromatik bir bitkidir (Şekil 1.1) (Stefanini vd., 2006). Bundan dolayı bitkinin farklı organlarında bulunan

sekonder metabolitlerin içeriğinin oranlarının ve bileşenlerinin belirlenmesi bu organların ticari değeri yönünden büyük önem taşımaktadır (Khan ve Musharaf, 2014; Açıkgöz ve Kara, 2020). Bitkinin farklı organları ister ham madde olarak kullanılsın isterse de bu organlardan elde edilmiş olan uçucu yağlar kullanılacak olsun, içeriğindeki maddenin oranı ile kompozisyonu ürünün kullanım alanını ve dolayısıyla fiyatını belirlemede kullanılan en önemli faktördür (Açıkgöz ve Kara, 2020).

Halk hekimliğinde farklı rahatsızlıkların tedavisi için bitkinin bulunan kök, gövde kabukları, çiçek, tohum ve yaprak gibi değişik organlarından yararlanılmaktadır (Shubham, 2019). Bitkinin kökleri idrar söktürücü olarak ve yaprakları da yara iyileştirici olarak kullanılmaktadır (Çalışkan vd., 2010). Tohumlarından yapılan %2'lik infüzyonunun gaz söktürücü ve süt artırıcı olması ile birlikte, antispazmodik ve sekretolitik etkilerinde olduğu bilinmektedir (Carvalho 2005).

Bitki meyvelerinden yapılan çalışmalarda karaciğer koruyucu, ağrı kesici, spazm çözücü, iltihap kurutucu, antioksidan, kabızlık giderici, idrar söktürücü, balgam söktürücü, kıl dökücü, antikoagülan, hipotansif, antiplatelet, repellent, antitromboz, diyabet ve tümör önleyici, östrojenik, sindirim sistemini düzenleyici, kolesterol düşürücü, süt arttırıcı, nörolojik hastalıkları tedavi edici etkilerinin olduğu görülmüştür (Moura vd., 2005; Khorshidi vd., 2009; Çalışkan vd., 2010; Shubham, 2019). Bununla birlikte meyvelerinden elde edilen uçucu yağ kozmetik, parfümeri ve ilaç endüstrisinde kullanılan önemli bir ham maddedir (Rather vd., 2016; Punetha vd., 2019).

Rezene bitkisinin meyveleri aynı zamanda mutfaklarda çorbalarda, soslarda, turşularda, ekmek ve kek gibi hamur işlerini lezzetlendirmek için kullanılabileceği gibi gıdalara lezzet katmak amacıyla hazır gıdalarda baharat olarak ya da raf ömrünü uzatmak amacıyla da kullanımı olmaktadır. Bitkinin toprak üstü kısmından da sebze olarak farklı şekillerde yararlanılmaktadır (Khorshidi vd., 2009; Çoban vd., 2018; Giachino ve Avcı, 2020).

Apiaceae familyasına ait bitkiler uçucu yağlar bakımından zengindirler. Çalışma konumuz olan rezene bitkisi de uçucu yağları bakımından önemli bir bitkidir. Yapılan çalışmalarda bu bitkinin farklı organlarından uçucu yağlar elde edildiği görülmüştür (Barros vd., 2010). Çalışma sonuçlarına göre en yüksek uçucu yağın bitkinin tohumlarında bulunduğu rapor edilmiştir (Kim vd., 2011; Neffati ve Marzouk, 2008).

Bu yağ, kimyasal içeriğinden ötürü başta mevcut aldehitler olmak üzere tohumların karakteristik kokusundan sorumludur (Sardoei vd., 2014).

1.4. Uçucu Yağlar

Uçucu yağlar, bitkiler ile bitkisel kaynakların yaprak, kök, kabuk, meyve, çiçek, gövde gibi organlarından birçok farklı yöntemle elde edilebilen, oda ısısında sıvı yapıda bulunan, bazen donabilen, kolay bir şekilde kristalleşebilen genel olarak renksiz ya da açık sarı renkte, kuvvetli kokusu olan, uçucu ve yağimsı karışımlardır. Açıkta bırakıldıkları zaman oda ısısında buharlaşabildikleri için "uçucu yağ", eter gibi uçtuklarından "eterik yağ", güzel kokmaları ve parfümeri sektöründe kullanılmalarından ötürü "esansiyel yağ" gibi isimlerle de anılırlar (Çalikoğlu vd., 2006).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin kültürlerinin yapılma nedenleri içeriklerinde bulunan biyoaktif maddelerden kaynaklanmaktadır. Biyoaktif maddeler, bitkinin organlarına (morfojenetik varyabilite) bitkinin gelişme dönemine (ontogenetik varyabilite) ve bitkinin gün içindeki toplanma veya biçilme zamanına (diurnal varyabilite) göre önemli ölçülerde değişiklik göstermektedirler (Köse, 2021).

1.4.1. Uçucu yağların genel özellikleri

Yağ olarak isimlendirilseler bile su ile karışmadıkları için sabit yağlar ile ayrılırlar (Biçer vd., 2003). Genel olarak sudan daha hafif oldukları için suyla karışmayıp sürüklenirler. Kırılma indeksleri genel olarak yüksektir optikçe aktif özellik gösterirler. Filtre kâğıdında leke yapmazlar. Hava ve ışıkla oksitlenerek ve reçineleşerek bozulmalarını önlemek ve uzun süre saklayabilmek için ağzı kapalı biçimde koyu renk şişelerde saklanmalıdırlar. Etanol'ün sulu çözeltisinde çözünebilmeleri de sabit yağlarla farklı özellikte olduklarını gösteren nedenlerdendir (Bosnalı ve Ocak, 2019).

Uçucu yağların kalite özelliğini belirlemede uçucu yağ bileşimleri en önemli faktördür. Uçucu yağ bileşimleri başta bitkinin türü, daha sonra bitkinin yetiştirilmesinde kullanılan yöntemler, hasat edildiği dönem, hasat şekli, hasattan sonra bitkiye uygulanan kurutma işlemi ve uçucu yağ elde etme metodu gibi birden fazla etmene bağlı değişiklik gösterebilmektedir (Franz ve Novak, 2020).

Şimdiye dek uçucu yağlarda 2 000' den fazla kimyasal bileşenlerin bulunduğu ve bu bileşenlerden en önemlilerinin terpen ve fenilpropan olduğu görülmüştür (Çelik ve Çelik, 2007).

Uçucu yağ ve tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilmiş olan ekstraktlar, antioksidan aktivite açısından zengin fenolik bileşikler, vitaminler, nitrojen bileşikler, terpenoidler ve bazı endojen metabolitler vb. çok çeşitli serbest radikal süpürücü moleküller içerebilir (Elkiran vd., 2018).

Uçucu yağların doğal antioksidan kaynağı olarak aromaterapik ve fitoterapik sağlık ürünlerinde kullanılması gün geçtikçe önemli hale gelmektedir. Bitkilerdeki antioksidan kapasitesi ile serbest radikal tutma aktivitesinin oranı içeriğindeki fenolik madde miktarı ve kompozisyonu ile ilgilidir (Dimitrios, 2006).

Uçucu yağların aktivitesi bitkilerin etkisiyle karıştırılmamalıdır. Uçucu yağların; antiseptik, antioksidan, antifungal, sindirim uyarıcı, antitoksijenik, insektisidal, antiviral, antiparazitik, antienflamatuvar, antibakteriyel vb. özellikleri vardır (Beyaz, 2014).

1.4.2. Uçucu yağların elde edilme yöntemleri

Uçucu yağların elde edilmeleri, bitkinin cinsine ve organlarına, bitkideki uçucu yağ miktarına göre çeşitli yöntemlerle gerçekleşir (Coelho vd., 2012).

1.4.2.1. Distilasyon yöntemleri

Distilasyon, sıvıların kaynama noktalarında meydana gelen farklardan yararlanarak yapılan bir ayırma işlemidir. Bu yöntemle elde edilen uçucu yağlar:

- Fazla miktarda kaynama noktası düşük olan bileşikler,
- Az miktarda ise kaynama noktası yüksek olan ve suda çözünen bileşikler içerir (Kılıç, 2008).

Distilasyon yöntemleri; su distilasyonu, buhar distilasyonu ve vakum distilasyonu olarak 3'e ayrılır:

Su distilasyonu

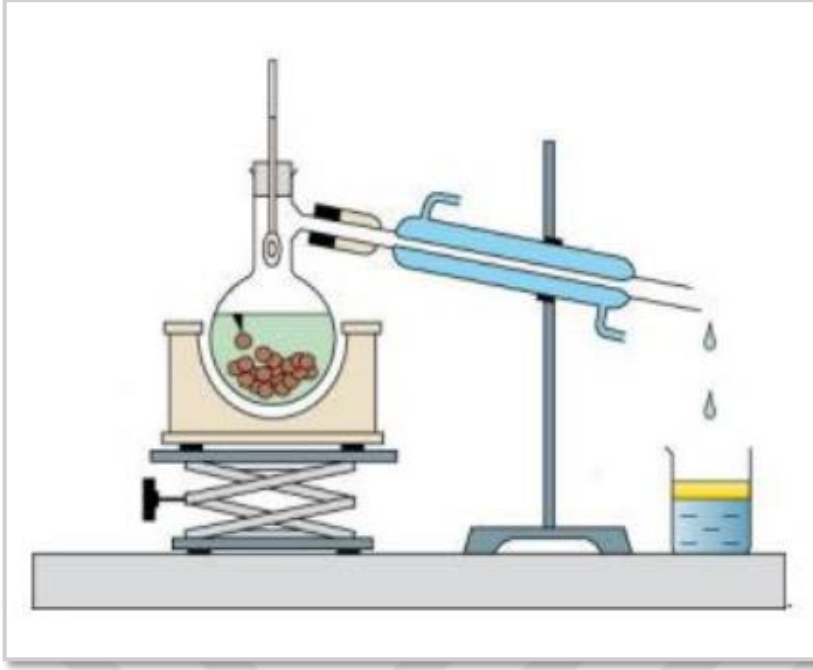
Uçucu bileşikler elde edilmesinde kullanılan geleneksel ve yaygın bir yöntem şeklindedir. Distilasyon işlemi az miktarlarda üretimlerde Clevenger tipi bir aparatla yapılırken endüstriyel uygulamalarda büyük distilasyon kazanlarında gerçekleştirilmektedir (Şekil 1.2 ve Şekil 1.3) (Kılıç, 2008).

Yöntemin esasında; soğutucuyla bağlantı kurulan bir cam balonda bulunan su ve bitki materyali 2 ila 8 saat süreyle kaynatılır, su buharıyla beraber hareket eden yağ molekülleri soğutucuda yoğunlaştırılıp sudan ayrıştırılır. Elde edilen uçucu yağ miktarı volumetrik olarak ifade edilir. Su distilasyonunda en iyi sonuç kök veya odunu gibi toz halinde olan materyaller vermektir (Linskens ve Jackson, 1997).

Uçucu yağların bileşimi pH'a bağlıdır ancak su distilasyonu yönteminde genellikle sıvının pH'ı kontrol edilmemektedir (Fakhari vd., 2005).



Şekil 1.2 Su distilasyonu ünitesi (Başer, 2010)



Şekil 1.3 Su distilasyonu düzeneği (Türer, 2019)

Buhar distilasyonu

Buhar distilasyonu yöntemine göre; cam bir kap içine konulan taze bitkiye basınçla uygulanan buhar, yağ damlacıklarını beraberinde sürükleyip toplama kabına getirir ve yağ burada yoğunlaşarak sudan ayrıştırılır (Kılıç, 2008).

Vakum distilasyonu

Bazı bileşiklerde kaynama noktaları çok yüksek olduğu için bu tarz bileşiklerin elde edilmesi için sıcaklığını artırmak yerine basıncını düşürmek daha etkili bir yöntemdir. Böylelikle basınç bir defa bileşikteki buhar basıncının altına indiği zaman, kaynama ve distilasyonu başlar (Kılıç, 2008).

1.4.2.2. Ekstraksiyon yöntemleri

Başka bir ayrıştırma yöntemi ise ekstraksiyondur. Etkili bir ekstraksiyonda en önemli faktör sıcaklıktır. Uçucu ve yarı uçucu bileşiklerin oluşması için gerekli sıcaklık değerleri sırasıyla 40-60 °C ve 80-100 °C arasındadır (Kılıç, 2008).

Çözücü ekstraksiyon (Solvent ekstraksiyon)

Geleneksel ekstraksiyon yöntemidir. Bitki materyali, oda sıcaklığında doğrudan çözücü içine batırılabilir gibi bir soxhlet cihazında organik bir çözücü ile kaynatılabilir. Ekstraksiyonun sonunda ise, organik çözücü distilasyonla ortamdan uzaklaştırılıp geri kazanılır. Kalan yağsı kısmın içindeyse uçucu bileşikler bulunur.

Bu yöntemin buhar distilasyonuna göre avantajı, ekstraksiyon esnasında düşük sıcaklık kullanılmasıdır. Genel olarak sıcaklık, daldırma yönteminde 5-25 °C arasında, soxhlet cihazında ise 60 °C'den azdır. Elde edilen uçucu yağın buhar distilasyonuna göre daha doğal bir içeriğe sahip olmasını düşük sıcaklık sağlamaktadır (Linskens ve Jackson, 1997).

Çözücü ekstraksiyonunda iki dezavantaj vardır. Bunlardan ilki ekstraksiyon sonrasında yoğunlaştırma işleminde molekül ağırlığı düşük olan uçucu bileşiklerin kaybı ve artefak oluşumu ikincisi ise ekstraksiyon sonrasında geriye kalan çözücüdür. Bu hem ekonomik bakımdan hem de çevre kirliliği bakımından önemlidir. Saf ve kaliteli olan çözücüler pahalı olduğundan fazla kullanıldığında maddi bir yüke neden olmaktadır (Kılıç, 2008).

Süperkritik sıvı ekstraksiyon (SFE)

Çevre ve sağlık bakımından organik çözücüler ile doğal ürünlerin işlem görmesi son zamanlarda fazla istenmeyen bir durum haline gelmeye başlamıştır. Bu nedenle ekstraksiyon süresi daha kısa olan, daha az miktarda çözücü kullanan ve normal şartlarda yüksek sıcaklıkta çözünen bileşikleri ayrıştırma özelliği ile süperkritik sıvı ekstraksiyonu gün geçtikçe büyük önem görmektedir (Yamani vd., 2008).

Süperkritik sıvı ekstraksiyonu için kullanılan çözücülerin arasında maliyetinin az olması, saflığının yüksek olması, rahat bulunabilmesi, kullanım şeklinin kolay ve çevreye etkisinin çok az olmasından dolayı karbondioksit (CO₂) başta tercih edilmektedir (Della Porta, 1999).

Süperkritik CO₂, bitki ekstraksiyonunda normal şartlarda 200-300 bar ve 40-50 °C'de kullanılmaktadır (Pourmortazavi, 2004).

Mikrodalgayla ekstraksiyon

Mikrodalga yoluyla ekstraksiyon iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. En çok kullanılan yöntem, kapalı bir kap içinde yapılan sıcaklık ve basınç kontrolü yapılabilen kapalı sistem ekstraksiyonudur. Diğer yöntem olarak açık kap içinde atmosferik basınç altında gerçekleştirilmektedir. Ekstraksiyon süresinin kısa ve kullanılan çözücü miktarının büyük oranda az olması bu yöntemin avantajıdır (Beejmohun vd., 2007).

Sıkıştırılmış çözücü ekstraksiyon

Ekstraksiyon süresi, verim, kullanılan çözücü miktarı ve tekrarlanabilirlik gibi avantajları ile klasik ekstraksiyona alternatif olarak geliştirilmiştir. Yöntemin aktivitesini artırmak için yüksek basınç ve sıcaklıkta organik çözücüler kullanılmaktadır.

Bu yöntemde, katı veya yarı-katı örneğin çözücüyle beraber bir fırında 50-200 °C arasındaki sıcaklıklarda çelik bir kap içinde ısıtılması ile başlar ve ısıtma sırasında fırına 500-3000 psi değerleri arasında basınç uygulanır. Ekstraksiyonun 5-10. dakikalarında ortama yeni çözücü verilerek örnek ve kabın yıkanması sağlanır. Nitrojen gazı kullanılarak sistemdeki çözücünün genel olarak bir şişede toplanması sağlanır (Kaufmann ve Christen, 2002).

Katı-Faz mikroekstraksiyon (SPME)

SPME, örnek hazırlama, ekstraksiyon ve yoğunlaştırma aşamaları çözücü içermeyen tek bir aşamada birleştirmiştir.

SPME’de ekstraksiyonu süresi 1-20 dakika arasındadır. Hekzenal gibi uçucu olan bileşiklerde sürenin kısa olması yeterlidir fakat daha az uçucu bileşikler kullanıldığında daha uzun sürelere ihtiyaç duyulur. Basit, maliyetinin düşük, temiz ve konsantre ekstrakt elde edilmesiyle kütle spektrometre uygulamaları için ideal bir yöntemdir (Araújo vd., 2007).

Çok yönlü ekstraksiyon (SDE)

Bu yöntemde göre, aparatın sol tarafındaki su dolu cam balonun içine örnek konulup kaynatılır. Ekstraksiyon işlemi aparatın üstünde bulunan soğutucunun cidarlarındaki su ve çözücü buharının yoğunlaşmasıyla gerçekleşir. Yoğunlaşan su ve çözücü tekrar

bulundukları cam balonlara dönerken, su ve çözücü kısmının ayrı ayrı yoğunlaştırılmasıyla uçucu bileşikler elde edilmiş olur (Chaintreau, 2001).

1.4.2.3. Mekanik yöntem (Presleme)

Portakal ve limon gibi turunçgillerin kabuklarında bulunan uçucu bileşikler, distilasyonu yöntemiyle elde edildiğinde bozulmaya uğrayabilir. Böyle meyvelerin kabukları bez bir torbaya konularak soğuk hidrolik preslerde sıkılıp uçucu yağlar elde edilir (Kılıç, 2008).

1.4.3. Uçucu yağların kullanım alanları

Günümüze kadar bitkilerin farklı bölümlerinden elde edilmiş olan ham maddeler; gıda, baharat ve tıbbi amaçlı olarak kullanılmıştır. Bitkilerin kullanımları zamanla ve teknoloji ilerledikçe çoğalmış ve farklı sanayi kollarında da kullanılmaya başlanmıştır (Göktaş ve Gıdık, 2019).

1.4.3.1. Uçucu yağların aromaterapide kullanımları

Aromaterapi, insanların beden ve ruh sağlığını korumak ve tedavi etmek amacıyla uçucu yağların kullanım yöntemlerini araştıran bir tedavi biçimidir. Çoğunlukla cilde sürülerek veya püskürtülerek uygulanır. Özellikle deride oluşan yaralar, ezikler, çürükler, enfeksiyonlar ve alerjilerin tedavisinde etki gösterirler.

Uçucu yağlarda en hızlı etki koklama yoluyla ortaya çıkar. Koklandıkları zaman çok kısa zamanda koku sinirleri tarafından algılanıp bazı nörokimyasal maddelerin salgılanmasına neden olurlar (Baydar, 2013).

1.4.3.2. Uçucu yağların gıda sanayide kullanımları

Günümüzde bitki ekstraktları, gıda sanayinde raf ömrü uzatabilmek için kullanılmaya başlanmıştır. Uçucu yağ içeriği zengin olan bitkiler veya bu bitkilerin uçucu yağları, doğal olmalarından dolayı organik gıdada üretim ve pazarlamada özellikle antimikrobiyal olarak kullanılmaktadır (Cerit, 2008). Bu tarz bitkiler, içeriklerindeki antimikrobiyal özellikleriyle yiyeceklerin bozulma sürelerini uzatabilmektedir (Frag vd., 2016).

1.4.3.3. Uçucu yağların parfümeri ve kozmetik sanayisinde kullanımları

Parfüm, tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağların belli oranlarda karıştırılıp alkolle beraber kalıcı hale getirilmesiyle oluşturulur. İnsanlar petrol türevleri içeren ve zararlı etkileri olan parfümlerden uzaklaşarak doğal olanlarına yönelmeye başlamışlardır. Bitkilerin çeşitli kısımları parfüm elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bu kısımlar; bitkinin odunları, meyve kabukları, meyveleri, gövde ve kök kabukları, kök, rizom ve soğanları, çiçekleri, yaprakları, tohumları ve reçineleridir (Göktaş ve Gıdık, 2019).

1.5. Biyolojik Aktivite

Son zamanlarda çok sayıda hastalığın temelinde mikroorganizmaların olduğu bildirilmiştir (Baba vd., 2020). Günümüzde ise antibiyotiklerin bilinçsiz kullanımının çoğalmasıyla dirençli mikroorganizmaların sayıları artarak, antimikrobiyal olarak kullanılan ilaçların etkilerini yetersizleştirmeye başlamıştır (Mohammed vd., 2023). Sentetik ilaçların olumsuz etkilerinden ötürü insanlar daha çok doğal antimikrobiyal ürünlere yönelmeye başlamıştır (Bal vd., 2017; Islek vd., 2021).

Bitkiler çeşitli biyolojik aktivitelere sahip doğal ürünlerdir. Yapılan çalışmalar bitkilerin yüksek biyolojik aktivitelerini olduğunu göstermiştir (Pehlivan vd., 2018).

19. yüzyılın sonlarında uçucu yağların antimikrobiyal özellikleri merak edilip araştırılmaya başlanmıştır. 20. yüzyılda başta tıbbi aromatik bitki olarak bilinen bitkilerin ekstraktları ile uçucu yağları üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır (Rogers, 2001).

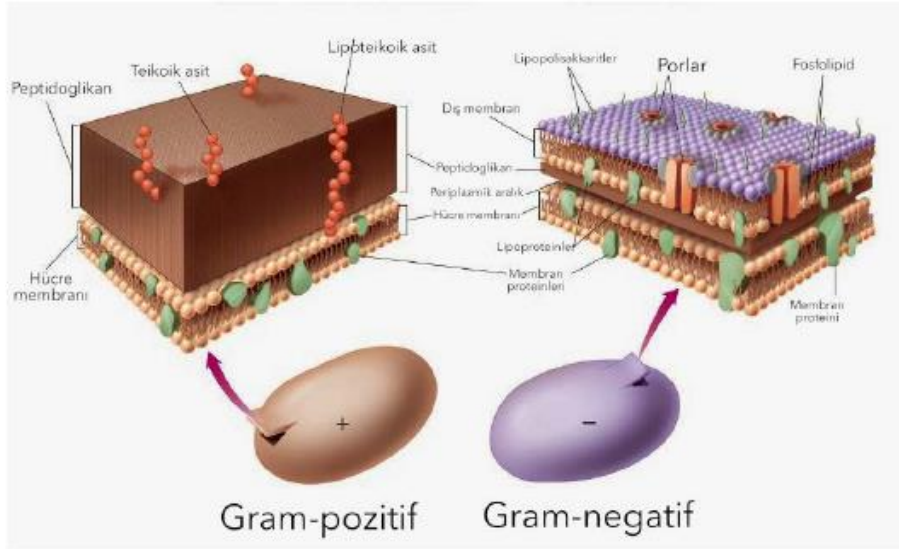
Uçucu yağların göstermiş olduğu antimikrobiyal etkinin kaynağı yapılarında çok fazla sayıda ve miktarda farklı bileşenleri bulundurmalarıdır. Uçucu yağlar bakterinin hücre duvarının stabilitesini bozarak hücre içi geçirgenliğinin artmasına neden olur. Böylece hücre için hayati önemi olan enerji üretimini ve zar geçirgenliğini etkileyerek hücrenin yaşamsal faaliyetlerini engeller. Lipofilik yapıda olmalarından dolayı bakteri hücre duvarından kolaylıkla hücreye nüfuz eder böylelikle hücreden bazı maddelerin ve iyonların sızmasına neden olurlar. Diğer bir zararlı etkileri ise proton pompasını değiştirerek hücrede var olan ATP'yi tüketmeleri ve bu değişim sonucunda diğer organellerin de zarar görmesine neden olmalarıdır (Chouhan vd., 2017).

Uçucu yağların içeriğinde bulunan terpenik maddeler, hücre zarında bulunan enzimlerin işlevlerini etkileyen lipitte çözünen bir ajandır. Fenolik alkoller veya aldehitler gibi fonksiyonel gruplar, özel terpenoidler, zardaki üretim ile ilgili faaliyetleri örneğin; ATP sentezi ile ilgili enzim proteinlerini bozar. Bu özelliği ile hücre solunumunu da etkiler (Cutter, 2000).

Uçucu yağların etki şekli ve antimikrobiyal aktiviteleri uçucu yağdaki bileşenlerin kimyasal yapısı ile ilgili olmakla birlikte antimikrobiyal ajanların etkisi de mikroorganizmaların türlerine göre farklılık göstermektedir. Bu farklılık mikroorganizmaların hücre duvarının yapısı ve dış membranın yapısıyla alakalıdır (Sayın, 2019).

Timol, mentol ve linalil asetat gibi uçucu yağ bileşenlerinin antibakteriyel etkisi hücre membranına etki etmeleri ile gerçekleşirken, karvakrol yağ asidi bileşimini değiştirerek membran geçirgenliğini etkiler. Trans-sinnamealdehit ise hücre plazmasına girerek hücresel fonksiyonları bozar (Costaa vd., 2019).

Gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmalara ve hastalık yapıcı patojenlere karşı uçucu yağların etkisinin incelendiği birçok araştırma, uçucu yağların gram pozitif bakteriler üzerindeki etkisinin gram negatif bakterilere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Gram negatif bakterilerin hücre duvarı lipopolisakkaritler ile çevrelenmiştir ve bu yapı antibakteriyel etkiye engel oluşturmaktadır. Gram negatif bakterilerin dış membranının yüzeyi hidrofilik ve lipopolisakkarit molekülleri bakımından zengin olduğundan uçucu yağlara karşı farklı bir iç direnç göstermekle birlikte toksik ajanlara karşı da iyi bir geçirgenlik tamponu oluştururlar. Küçük hidrofilik moleküller bol miktarda porin proteinlerine sahip olmalarından ötürü dış zarı geçmeye engel oluşturmazlar. Bir antibakteriyel ajanın hücre zarı üzerindeki etkinliğinin artmasının lipofilik özellikleri ile ilgili olduğu kanıtlanmıştır (Sayın, 2019). Şekil 1.4'te Gram (-) ve Gram (+) bakterilerin hücre duvarlarının yapıları verilmiştir.



Şekil 1.4 Gram (+) ve Gram (-) bakterilerin hücre duvarları (Sayın, 2019)

Uçucu yağların birçok farklı molekülden oluşması ve bakterilerin bu moleküllerin oluşturduğu etkilere karşı mutasyon geliştirememesi uçucu yağların bu amaçla çok fazla çalışmaya konu olmasını sağlamaktadır. Uçucu yağların inhibe etme etkisi yalnızca bakteriler de değil mantarlarda da etkili olmakla beraber antiviral özelliklerinin de olduğu yapılan çalışmalar da mevcuttur (Trombetta vd., 2005; Nazzaro vd., 2013; Raut ve Karuppayil, 2014; Swamy vd., 2016).

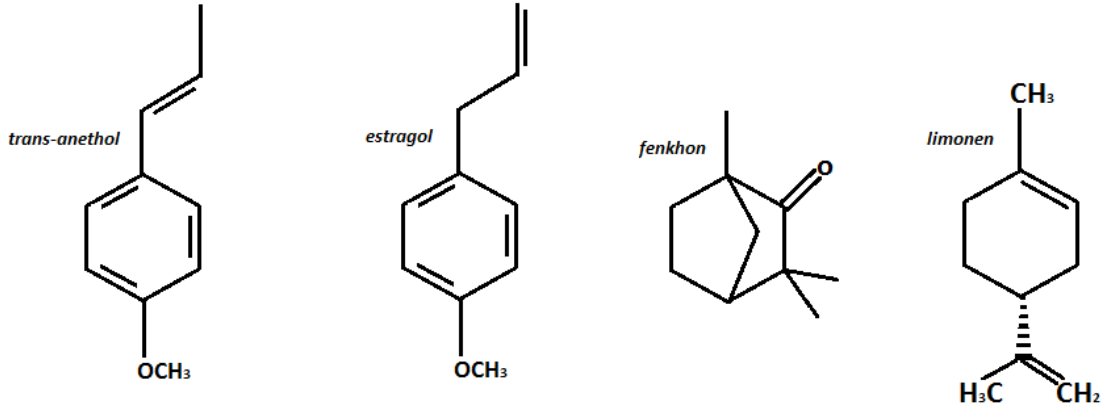
Tıbbi aromatik bitkilerin, gıdalar üzerindeki antimikrobiyal etkisi, besiyeri üzerinde gösterdiği antimikrobiyal etkiye kıyasla daha düşük olmaktadır. Bundan ötürü de antimikrobiyal etkiler gıdanın bileşimi ile kullanılan uçucu yağca zengin bitkinin miktarına bağlı olarak değişir (Özen, 2008).

1.6. Literatür Özeti

Rezene bitkisinin uçucu yağının kimyasal kompozisyonundaki bileşenlerin çeşitliliği ve bu bileşenlerin uçucu yağın içinde bulunma miktarı bitkinin tıbbi, aromatik ve farmakolojik özelliklerini belirler (Bhardwaj vd., 2019).

Uçucu yağ bileşenleri %90 terpenler olmak üzere, geriye kalan kısımda basit fenoller ve eterler, fenilkarbonik asitler ile kükürt ve azot içeren bileşikler içerir (Batı, 2011). Rezene uçucu yağındaki ana bileşenler, trans-anethole, estragole (methyl chavicol), fenchone, α -phellandrene, limonene ve α -pinene'dir (Şekil 1.5) (Rather vd., 2016).

Bu bitkiden elde edilen uçucu yağın çeşitli bileşenleri önemli uygulamalara sahiptir; yani fenchone tahrişe karşı kullanılır; limonene solvent, reçine, ısıtıcı ve dispersiyon ajanı olarak kullanılır; trans-anethole parfümeride, kozmetikte, sabunda, farmasötik yardımcıda (lezzet); methyl chavicol veya estragole parfümerilerde, yiyecek ve likörlerde aroma olarak kullanılır; α -pinene kafur, böcek öldürücüler, çözücüler, parfüm bazlarının üretiminde kullanılır (Stefanini vd., 2006).



Şekil 1.5 Rezene uçucu yağının önemli bileşenlerinin kimyasal formülleri (Balkan, 2015)

Bitkinin bir kısmı, olgunluk aşaması, coğrafi köken dâhil olmak üzere çeşitli iç ve dış faktörler rezene uçucu yağının içeriğini, kimyasal bileşimini ve biyoaktif özelliklerini etkiler (Açıkgöz ve Kara, 2020). Aromatik bitkilerin farklı organlarında bulunan uçucu yağların düzey ve bileşenleri farklılık gösterir (Wahba vd., 2018).

Marotti vd. (1992), yaptıkları çalışmada farklı hidrodistilasyon koşullarının etkisi, yağ verimi ve üç çeşit *Foeniculum vulgare* Mill.'in tohumlarından elde edilmiş olan uçucu yağların bileşimini incelemişlerdir. Çalışmada uçucu yağların kimyasal bileşimini GC ve GC-MS yöntemiyle belirlemişlerdir. Uçucu yağ analiz sonuçlarına göre, ana bileşenin trans-anethole (%81,8-%91,1) olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuç hem damıtma yönteminin hem de tohumların öğütme derecesinin, uçucu yağlarda verim ve kantitatif bileşim üzerinde önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir.

Toroğlu vd. (2005), yaptıkları çalışmada rezene uçucu yağının antibakteriyal ve antifungal aktivitelerini disk difüzyon metodu kullanarak *Micrococcus luteus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus brevis*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas pyocyaneus*, *Mycobacterium smegmatis*, *Escherichia coli*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, bakterileri ile

Saccharomyces cerevisiae ve *Kluyveromyces fragilis* mayaları üzerinde araştırmışlardır. Araştırma sonucunda rezene uçucu yağının test mikroorganizmaları üzerinde farklı değerlerde antibakteriyal ve antifungal aktivitelerinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Singh vd. (2006), rezene uçucu yağının ana bileşeninin trans-anethole (%70,1) olduğunu bildirmiş ve uçucu yağın *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium graminearum* ve *Fusarium moniliforme* üzerinde %100 antifungal aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Soylu vd. (2006), rezene tohumlarından (*Foeniculum vulgare* Mill) elde ettikleri uçucu yağın gıda patojenlerinden *Salmonella thyphimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella enteritidis*'e bitki patojenlerinden ise *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*, *Erwinia caratovora*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ve *Agrobacterium tumefaciens*'e karşı olan antibakteriyel etkilerini disk infüzyon yöntemiyle incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, rezene uçucu yağında en yüksek aktivitenin *S. aureus* ve *E. coli* O157:H7'ye karşı olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer bakterilere karşı ise antibakteriyal etkinin değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir.

Stefanini vd. (2006), yaptıkları çalışmada bir yıl boyunca tam olgunluğa ulaşana kadar 14 günde bir hasat edilen rezene bitkisinin uçucu yağ miktarını ve içeriğini incelemişlerdir. Sonuçlara göre, uçucu yağ oranı en düşük %0,1 ile gövdede, en yüksek oranın ise %3,7 ile yeşil tohumlarda olduğunu ve tohumların olgunlaşmasıyla birlikte uçucu yağ miktarında azalma olduğunu raporlamışlardır. Uçucu yağ içeriğinde ise yazın kuru tohumlarda en yüksek bileşen trans-anethole (%78,2), ilkbaharda gövdelerde ve yapraklardaki limonene (%42,3) ve sonbaharda yeşil tohumlardaki fenchone (%16,9) değerlerini gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Kan vd. (2006), tarafından yürütülen çalışmaya bakıldığında farklı şartlarda yetiştirilmiş rezene meyvesine uygulanan gübre dozlarına bağlı olarak uçucu yağ veriminin %2,9-%3,2 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Rezene meyvelerinden çıkarılan uçucu yağın ana bileşenini trans-anethole (%60,6-%87,0) olarak belirlemişlerdir.

Singh vd. (2006), tarafından yapılan çalışmada, Gorakhpur'un yerel pazarından satın aldıkları *Foeniculum vulgare*'nin uçucu yağının içeriğini belirlemek için GC ve GC-MS analizini yapmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, toplam miktarın %96,4'ünü içeren 35

bileşenin varlığını tespit etmişlerdir. Uçucu yağdaki ana bileşenin trans-anethole (%70,1) olduğunu görmüşlerdir.

Şanlı vd. (2008), Isparta’da doğal olarak yetişen rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) üzerinde yapılan çalışmada, yeşil olum dönemleri boyunca rezene meyvelerinin uçucu yağ oranlarını incelemişler ve tohumlarda bulunan uçucu yağ içeriğinin %2,3–%4,9 arasında değiştiğini, saplarda bulunan uçucu yağ içeriğinin %0,08–%0,1 arasında olduğunu ve yapraklardaki uçucu yağ içeriğinin ise %0,1–%0,5 aralıklarında değiştiğini görmüşlerdir. Rezene uçucu yağında bulunan ana bileşenin trans-anethole (%18,9–%76,0) olduğunu tespit etmişlerdir. Bitkide bulunan trans-anethole içeriğinin ilerleyen vejetatif büyüme dönemlerinde genellikle artış gösterdiğini ve buna rağmen tohumlardaki trans-anethole içeriğinin ise en yüksek sarı olum döneminde (%76,0) olduğunu belirlemişlerdir.

Gulfraz vd. (2008), tarafından yürütülen çalışmada *Foeniculum vulgare* tohumundan elde etmiş oldukları uçucu yağın GC-MS analizini yaparak, toplam miktarın %95,2’sini içeren 31 bileşenin varlığını tespit etmişlerdir. Uçucu yağın ana bileşenini trans-anethole (%70,1) olarak belirlemişlerdir. Rezene uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesini disk difüzyon yöntemi kullanarak *Bacillus cereus*, *Bacillus magaterium*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas syringae* ve *Candida albicans*’a karşı değerlendirmiştir. Rezene uçucu yağının en düşük MİK değerlerinin *C. albicans* ve *E. coli*’de olduğunu ve rezene uçucu yağının uygulanan dozlara bağlı olarak farklı derecelerde antimikrobiyal aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anwar vd. (2009a), yaptıkları çalışmada Pakistan’a özgü *Foeniculum vulgare* Mill. tohumlarının uçucu yağını çıkararak, GC ve GC-MS analiziyle rezene uçucu yağının içeriğini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre, rezene tohumlarından elde edilen tohum uçucu yağının ana bileşenin trans-anethole (%69,8) olduğunu ve uçucu yağın *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, *Fusarium solani* ve *Rhizopus solani* mikroorganizmalarına karşı sırasıyla 14, 29, 28, 26 ve 19 mm inhibisyon zon çaplarıyla yüksek aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Anwar vd. (2009b), yaptıkları çalışmada rezene meyvesinden (*Foeniculum vulgare* Mill.) hidrodistilasyon yöntemiyle elde ettikleri uçucu yağların kimyasal bileşimini GC-MS analizi ile üç olgunluk aşamasında (olgunlaşmamış, orta ve olgun) incelemişlerdir.

Çalışmanın sonucunda en yüksek uçucu yağ içeriği (%3,5) olgun meyvede, en düşük yağ içeriğini ise (%2,8) olgunlaşmamış meyvede gözlemlemişlerdir. Uçucu yağ içeriğini, olgunlaşmamış aşamada ana bileşen olarak trans-anethole (%65,2; %69,7; %72,6) belirlerken, orta ve olgun aşamalarda ise ana bileşen olarak limonene (%7,8; %4,7; %3,5) tespit etmişlerdir.

Miguel vd. (2010), *Foeniculum vulgare*'nin ticari toprak üstü kısımlarından ve meyvelerinden farklı damıtma süreleriyle (30 dakika, 1 saat, 2 saat ve 3 saat) hidrodistilasyon yöntemiyle elde etmiş oldukları uçucu yağları, GC ve GC-MS ile analiz etmişlerdir. Rezene'nin toprak üstü kısımlarından elde ettikleri uçucu yağda ana bileşen olarak trans-anethole (%31–%36) bildirmişlerdir.

Aprotosoie vd. (2010), yaptıkları çalışmada üç farklı yılda (2001-2003) toplanan taze olgun rezene meyvelerinden hidrodistilasyon ile elde edilen uçucu yağlar, GC-MS analizi kullanılarak iklim koşullarına bağlı kimyasal içeriklerini değerlendirmek için incelemişlerdir. Tüm rezene uçucu yağlarındaki ana bileşen olarak trans-anethole (sırasıyla %60,4; %75,8; %77,6) olarak belirlemişlerdir.

Batı (2011), tarafından yapılan çalışmada materyal olarak rezene tohumları dört farklı aktardan alınmış ve rezene uçucu yağında 22 bileşen tespit etmiştir. Araştırmanın sonucuna göre, rezene bitkisinin ortalama uçucu yağ oranını %1,2 ve rezenenin uçucu yağında bulunan ana bileşen trans-anethole (%82,0) olarak belirlemiştir.

Raal vd. (2012), yaptıkları çalışmada *Foeniculum vulgare* Mill.'in uçucu yağ bileşimindeki farklılıkları araştırmışlardır. Norveç, Estonya, Moldova ve Avusturya'da bulunan eczaneler ile Türkiye'deki bir baharatçıdan temin edilen ticari meyveler GC teknikleri kullanmışlardır. Uçucu yağlarda toplam 34 bileşik tanımlamış olup, ana bileşeni trans-anethole (%34,8-%82,0) olarak tespit etmişlerdir.

Şanlı vd. (2012), Burdur'da yaptıkları çalışmada tarımı yapılan rezenede (*Foeniculum vulgare* Mill.) bulunan uçucu yağ oranlarını ve bileşenlerini saptayarak uluslararası kodekslere uygun olup olmadığını araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, rezene meyvesinin %2,7 oranında uçucu yağ içerdiğini ve ana bileşenin trans-anethole (%85,2) olduğunu belirlemişlerdir.

Senatore vd. (2013), çalışmalarına göre İtalya'dan toplanan rezene uçucu yağının *Bacillus subtilis*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus*

aureus, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerine karşı etkili olduğu bulunmuştur.

Roby vd. (2013), rezene uçucu yağının *Escherichia coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Candida albicans* ve *Aspergillus flavus* test mikroorganizmalarına karşı disk difüzyon yöntemiyle antimikrobiyal aktivitesini araştırmışlardır. Araştırma sonucunun sırasıyla 7-19 mm/12,5-17,5 µg/mL, 6-20 mm/12,5-17,5 µg/mL, 7-21 mm/10-15 µg/mL, 6-23 mm/10-15 µg/mL, 8-23 mm/10-15 µg/mL, 6-22 mm/10-17,5 µg/mL olduğunu bildirmişlerdir.

Diao vd. (2014), rezene tohumlarından hidrodistilasyon yoluyla elde ettikleri uçucu yağı GC-MS ile analiz ederek toplam miktarın %95,8'ini içeren 28 bileşen tanımlamışlardır ve ana bileşenleri trans-anethole (% 68,5) ve estragole (% 10,4) olarak bulmuşlardır. Ayrıca rezene uçucu yağının *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus albus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella dysenteriae* ve *Escherichia coli* bakterilerine karşı antibakteriyal aktivitesini de araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarının sırasına göre 11,5 mm/>10 mg/mL, 17,4 mm/0,25 mg/mL, 15,8 mm/0,25 mg/mL, 20,2 mm/0,25 mg/mL, 12,3 mm/>10 mg/mL, 17,8 mm/0,125 mg/mL, 19,1 mm/0,25 mg/mL olduğunu ve test bakterilerinin rezene tohumlarının uçucu yağına karşı farklı hassasiyetlere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Balkan (2015), yaptığı çalışmada Burdur ilinin Gölhisar ilçesinde yetişen tatlı rezene (*Foeniculum dulce* Miller) tohumlarının öğütülmesiyle elde edilen 5 değişik boyuttaki partiküllerinin, uçucu yağdaki verim ve bileşimine etkisini araştırmıştır. Uçucu yağda ana bileşenin trans-anethole (%88,1-%89,5) olduğunu ve partikül boyutunun uçucu yağ bileşimindeki etkisinin en fazla trans-anethole'de olduğunu ancak diğer bileşen oranlarını istatistiksel olarak partikül büyüklüğünün etkilemediğini belirlemiştir.

Haşimi vd., (2015), yaptıkları çalışmada rezene bitkisinden elde ettikleri uçucu yağda disk difüzyon yöntemi ile gram negatif *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 ve gram pozitif *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615 bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivitesini test etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda rezene uçucu yağı *P. aeruginosa* dışında test edilen bakteriler üzerinde orta düzeyde (inhibisyon zonu < 20-12 mm) *P. aeruginosa* üzerinde ise düşük düzeyde (inhibisyon zonu < 12 mm) gösterdiğini bildirmişlerdir.

Upadhyay (2015), Hindistan'da yaptığı bir çalışmada rezenenin uçucu yağının *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Lactobacillus acidophilus* ATCC 53103, *Micrococcus luteus* ATCC 9341, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 15380 ve *Streptococcus pneumoniae* ATCC 12755 bakteri suşları ile *Aspergillus niger* MTCC 1344, *Candida albicans* MTCC 227, *Rhizopus stolonifer* MTCC 3789 mantar suşlarına karşı antimikrobiyal aktivitesini araştırmış ve rezene uçucu yağının test edilen on suşun tümünde $19,4 \pm 0,07$ ve $26,4 \pm 0,09$ mm arasında değişen inhibisyon zonu oluşturduğunu ve minimum inhibitör konsantrasyonunun (MİK) 7,0-56 µg/ml aralığında olduğunu bildirmiştir.

Foroughi vd. (2016), İran'da yaptıkları bir çalışmada, *Foeniculum vulgare*'nin uçucu yağında ana bileşenin trans-anethole olduğunu ve uçucu yağın 0,007 g/mL konsantrasyonunda *Escherichia coli*'ye ve 0,003 g/mL konsantrasyonunda *Staphylococcus aureus*'a karşı etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Bano vd. (2016), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, rezene bitkisinin metanol ekstraktının *Escherichia coli* NCIM 2065, *Bacillus pumilus* NCIM 9369, *Staphylococcus aureus* NCIM 5021 ve *Listeria monocytogenes* NCIM 5279. *Enteropathogenic E. coli* E 2347 test mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktivitesini araştırmışlardır. Araştırma bulgularına göre en yüksek aktivitenin 20 mm inhibisyon zonu ile *S. aureus*'a karşı olduğunu bildirmişlerdir.

Khammassi vd. (2018), tarafından yapılan çalışmada 16 yabani yenilebilir Tunus *Foeniculum vulgare*'den elde edilen uçucu yağların kimyasal içeriğini değerlendirmişlerdir. Rezene tohumlarının uçucu yağ verimleri %1,2 ile %5,0 arasında değişmiştir. GC-MS analizi ile 20 bileşiğin varlığını ortaya çıkarmışlardır. Bir örnek haricinde, farklı lokasyonlardan elde edilen uçucu yağlar ağırlıklı olarak fenilpropanoidden oluşmuştur ve ana bileşik olarak estragole (methyl chavicol) (%66–%85) tespit etmişlerdir.

Karayel (2019), Kütahya ilinin Gediz ilçesinde yetişen rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) bitkisinde bulunan uçucu yağ bileşenlerini bu bileşenlerin oranını belirlemek için yaptığı çalışmada, yıl boyunca iki kez biçim yapılmış olan *Foeniculum vulgare* Mill.'in toprak üstü kısımlarındaki uçucu yağları analiz etmiştir. Rezene uçucu yağının oranlarını birinci ve ikinci biçimde sırasıyla %1,8–%1,5 olarak tespit etmiştir. Birinci

biçimde uçucu yağın ana bileşenini trans-anethole (%85,8) olarak, ikinci biçimde ise trans-anethole (%91,1) olarak bildirmiştir.

Telci vd. (2019), Tokat'ta yetişen 37 tam olgunlaşmış rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) meyvelerinden alınan örnekleri ile yaptıkları çalışmada uçucu yağ bileşimlerindeki değişimleri GC-MS analizi yaparak incelemiştir. Analizlerin sonucunda 17 bileşen belirlemişler ve tüm örneklerde %72,9–%93,6 ile en fazla bulunan bileşenin estragole (methyl chavicol) olduğunu bildirmiştir.

Belabdelli vd. (2020), Cezayir'de yapılan bir çalışmada, rezeneden elde edilen uçucu yağın temel bileşenlerinin estragole (%84,8), limonene (%7,8), fenchone (%3,1) ve α -pinen (%1,3) olduğunu tespit etmişlerdir ve uçucu yağın *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus* sp., *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton violaceum*, *Microsporumgypseum*, *Microsporumcanis* ve *Rhodotorula* sp. üzerindeki antimikrobiyal aktivitesini araştırmışlardır. Araştırma bulgularına göre rezene uçucu yağının 0,16-0,2 mg/mL MİK değerleri ile *C. albicans* ve *Aspergillus* türlerine karşı yüksek aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Açıkgöz ve Kara (2020), yaptıkları çalışmada, rezene uçucu yağında içerik ve bileşenlerinde morfojenetik, ontogenetik ve diurnal varyabilitenin belirlemeyi amaçlamışlardır. Çiçeklenme öncesinde, tam çiçeklenme döneminde ve çiçeklenme sonrasında ve gün içinde farklı saatlerde (09:00, 13:00 ve 17:00) hasat edilmiş bitki organlarının uçucu yağlarını hidrodistilasyon yöntemiyle çıkararak, GC-MS ile analiz etmişlerdir. Uçucu yağ içeriği yaprak<çiçek<tohum sıralamasına göre artış gösterdiğini bu artışın bitkinin organı ve büyüme dönemine bağlı olarak da önemli değişiklik gösterdiğini ve tohumdaki uçucu yağ içeriğinin yaprağa göre neredeyse 7 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Trans-anethole, tohum>çiçek>kök-yumru-sap>yaprak sıralamasıyla azalırken bütün uçucu yağlarda en önemli bileşen olarak tespit etmişlerdir.

Katar vd. (2021), 2018 ve 2019 yıllarında yaptıkları çalışmada Eskişehir'in ekolojik koşullarında yetişen rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) bitkisinin dört değişik organında (çiçek, yaprak, sap ve meyve) bulunan uçucu yağ oranlarını ve bileşenlerini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre; sap, çiçek ve meyvelerin uçucu yağlarında ana bileşen olarak estragole (methyl chavicol) (sırasıyla %40,1; %71,0; %71,6), yapraklardaki uçucu yağda ise ana bileşeni limonene (%41,3) olarak tespit etmişlerdir.

Bu verilere göre, uçucu yağ oranları ile kimyasal kompozisyonun bitkinin farklı organlarına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ben Abdesslem vd. (2021), rezenenin organik ve geleneksel olarak yetiştirilen yedi çeşidinin tohumlarının uçucu yağları ve etanolik özleri, kimyasal bileşenleri, antioksidan ve antibakteriyel aktiviteleri açısından incelemişlerdir. *Foeniculum vulgare* tohumlarından elde edilen uçucu yağlarının iki yetiştirme modu için kimyasal bileşimi incelendiğinde ana bileşenleri trans-anethole (%81,2), estragole (methyl chavicol) (%76,2) ve fenchone (%24,4) olarak bildirmişlerdir.

Djamila vd. (2021), Cezayir'de hasat edilen rezeneden (*Foeniculum vulgare*) hidrodistilasyonla elde edilen uçucu yağının kimyasal bileşimlerini ve *Aspergillus niger* ve *Aspergillus flavus*'un antifungal aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucuna göre, rezene uçucu yağında 11 bileşenin varlığını bularak ana bileşenin α phellandrene (%29,4) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca uçucu yağın, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus flavus* mantarları üzerinde antifungal olarak önemli sonuçları olduğunu bildirmişlerdir.

Kara vd. (2022), yaptıkları çalışmada, rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ve defne (*Laurus nobilis* L.) bitkilerinin farklı oranlarda harmanlanarak çıkarılan uçucu yağ karışımlarının kimyasal içeriklerini araştırmışlardır. Uçucu yağların kimyasal içeriği, GC-MS analizi ile incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda rezenede bulunan uçucu yağda toplamda 14 farklı kimyasal içerik olduğunu ve ana bileşenin trans-anethole (%81,5) olduğunu tespit etmişlerdir.

Şanlı ve Ok (2023), yaptıkları çalışmada kültür koşullarında yetiştirilen çok yıllık rezene bitkilerinde vejetatif gelişim (1. ve 2. vejetatif dönem), çiçeklenme öncesi dönem ve tam çiçeklenme dönemi olmak üzere 20 gün arayla 4 farklı dönemde hasat ederek uçucu yağları hidrodistilasyon sistemi ile elde etmişlerdir. Estragole (Methyl chavicol), rezene uçucu yağının tüm büyüme dönemlerinde ana bileşen olduğunu ve uçucu yağ bileşenlerinin aşamalara bağlı olarak sayı ve oran bakımından farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda kültürlü çok yıllık rezene bitkilerinde uçucu yağ ve estragole (methyl chavicol) verimi açısından en uygun hasat döneminin çiçeklenme öncesi dönem olduğunu bildirmişlerdir.

Khammassi vd. (2023), yaptıkları çalışmada Tunus'da yabani olarak yetişen 12 *Foeniculum vulgare*'nin yapraklarından elde ettikleri uçucu yağların GC-MS ile

analizini yapmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, tüm uçucu yağlarda ana bileşeni estragole (methyl chavicol) (%35,8-%54,2) olarak bildirmişlerdir.



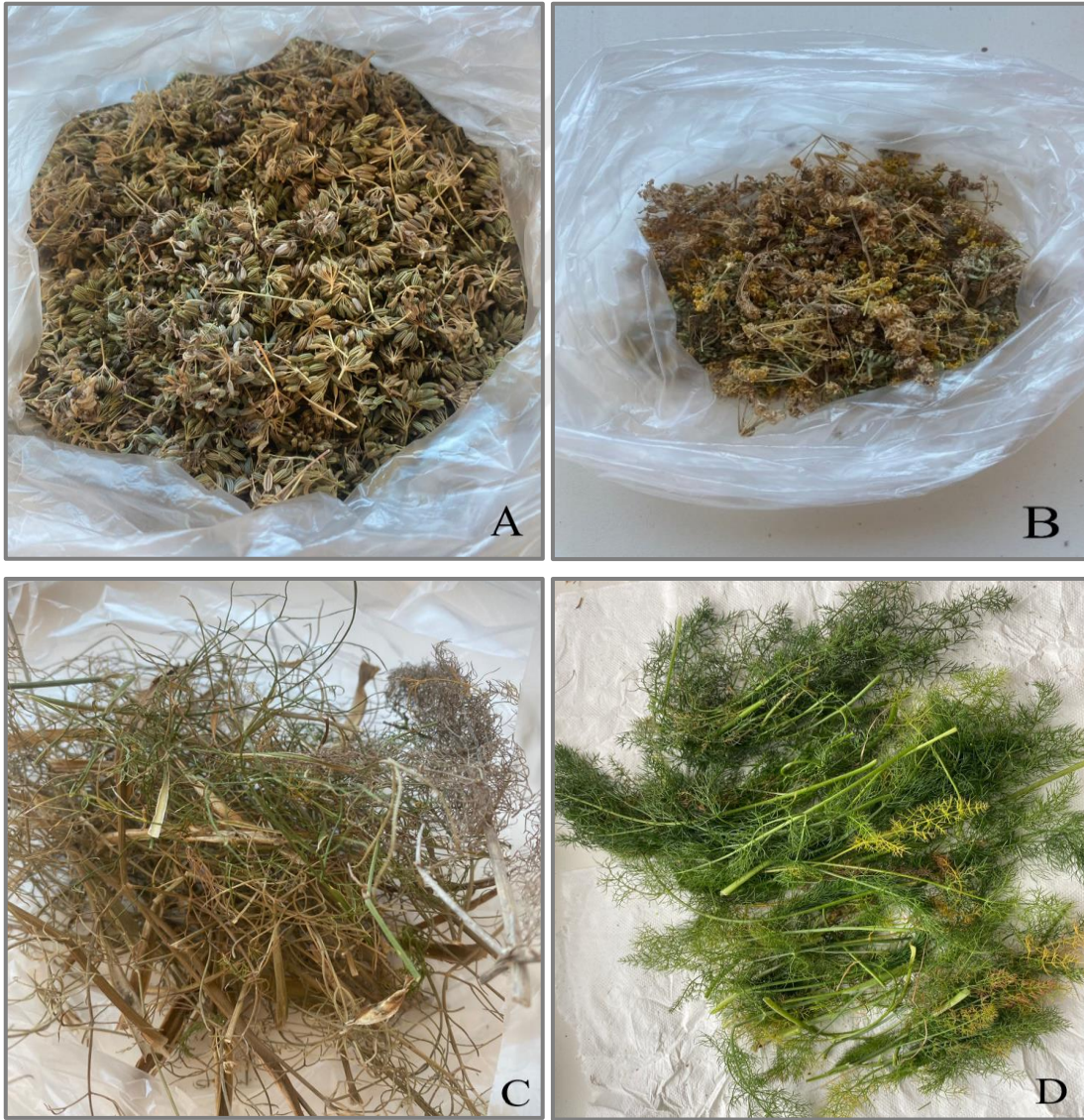
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında; rezene bitkisi doğal ortamından toplanarak, laboratuvar ortamında uçucu yağları çıkarılıp, analizleri yapılarak biyolojik aktiviteleri çalışılmıştır.

2.1. Materyal

2.1.1. Bitki materyali

Çalışmada Sinop ilinde doğal olarak yetişen rezene bitkisi toplanarak farklı organları (yaprak, gövde, çiçek ve tohum) bitkisel materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Rezene bitkisinin organ kısımları; **A:** Rezene tohum, **B:** Rezene çiçek, **C:** Rezene gövde, **D:** Rezene yaprak

Çalışma örneklerimiz Sinop merkezden, 42°00'57"N 35°11'25"E konumundan toplanmıştır.

2.1.2. Test mikroorganizmaları

Gram-pozitif bakterilerden *Bacillus cereus* ATCC 10987, *Bacillus subtilis* ATCC 6623, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, Gram negatif bakterilerden *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70060, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, funguslardan *Candida albicans* ATCC 10231 ve *Aspergillus niger* ATCC 16404 antimikrobiyal aktivite çalışmasında kullanıldı. Tüm test tip türleri ATCC (American Type Culture Collection) kültür koleksiyonundan elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Uçucu yağların elde edilmesi

Rezene örneklerinin uçucu yağ eldesi Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar ve Uygulama Merkezi'nde Clevenger cihazı kullanılarak su distilasyonu yöntemiyle yapılmıştır (Şekil 2.2). Bunun için toplanan bitki materyalinin organları yaprak, gövde, çiçek ve tohum olarak ayrılıp oda sıcaklığında kurutulduktan sonra her örnek için ayrı ayrı ortalama 150 gram tartılarak 1 litre su ile birlikte cam bir balonda 3 saat süreyle kaynatılarak distilasyon işlemi yapıp Clevenger aparatının dereceli yan kolunda uçucu yağın toplanması sağlanmıştır. Daha sonra büretin musluğu yavaş bir şekilde açılarak biriken suyun dikkatlice boşalması sağlanmıştır ve geriye kalan uçucu yağ hava almayan kahverengi cam şişelere alınarak +4 °C'de analizler yapılincaya kadar muhafaza edilmiştir.



Şekil 2.2 Clevenger cihazı ile hidrodistilasyon ve biriken uçucu yağ

2.2.2. Uçucu yağların kimyasal bileşenlerinin belirlenmesi

Rezene bitkisinin farklı organlarından elde edilen uçucu yağların kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde GC-MS (Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi) yöntemiyle hizmet alımı yoluyla yaptırılmıştır.

Uçucu yağ bileşenlerinin analizinde, Shimadzu GCMS QP 2010 ULTRA cihazı kullanılmıştır. Analizlerde RXİ-5MS Kapiler kolon (30m; 0,25 mm; 0,25 μ m) kullanılmıştır. Çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Taşıyıcı gaz: Helyum (1 ml/dk. akış)

Kolon fırını sıcaklığı: 40 °C

Enjeksiyon sıcaklığı: 250 °C

Basınç: 100 kPa

Enjeksiyon modu: split

Split oranı: 25

Enjeksiyon hacmi: 1 μ l

Fırın sıcaklık programı: 40 °C'de 3 dk., 40 °C'den 240 °C'ye 4 °C/dk. artışla, 240 °C, Toplam 53 dk.

İnterface sıcaklığı: 250 °C

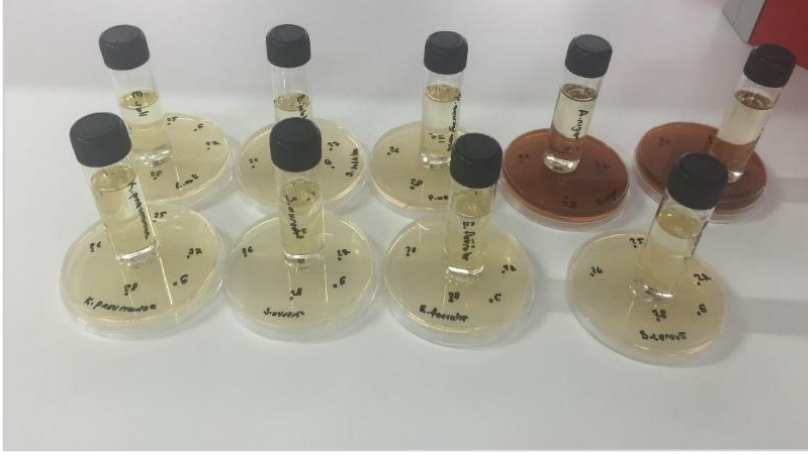
İyon kaynağı sıcaklığı: 200 °C

GC-MS analizleri yapılan bileşenlerin karakterizasyonu W9N11 (Wiley9 ve Nist11) elektronik kütüphaneleri kullanılarak yapılmıştır.

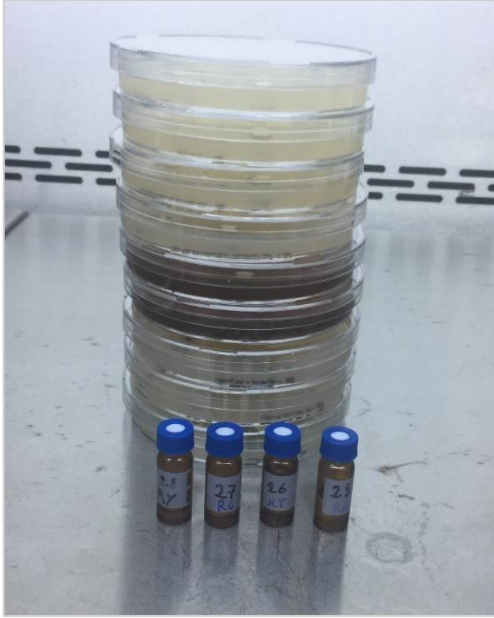
2.2.3. Biyolojik aktivite testleri

2.2.3.1. Bitki uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi

Rezene (*Foeniculum vulgare*) bitkisinin dört farklı organından elde edilen uçucu yağ örneklerinin antibakteriyel ve antifungal aktivitesi disk difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir (Bauer vd., 1966; Elkiran ve Avşar, 2020). Tüm mikroorganizmalar, %25 (v/v) gliserol içeren stok tüplerinde çalışılincaya kadar - 80 °C'de tutulmuştur. Bakteri kültürlerini aktifleştirmek için Muller Hinton Agar (MHA) ve mantarlar için Sabouraud Dextrose Agar (SDA) (Difco) kullanılmıştır (Şekil 2.3). Testten önce mikroorganizmalar, bakteriler için Muller Hinton Broth'a (MHB) ve funguslar (Difco) için Sabouraud Dextrose Broth'a (SDB) aktarılarak gece boyunca 37 °C'de (mantar için 28 °C) gelişmeye bırakılmıştır. Test suşlarının hazırlanan süspansiyonlarının bulanıklığı 0.5 McFarland standardına eşdeğer ($1,5 \times 10^8$ kob/ml) ayarlanmıştır. Daha sonra agar plakasının yüzeyine 100 µl mikroorganizma steril eküvyonlarla yayılmıştır. Filtre kâğıdı disklerine (6 mm), 50 µl uçucu yağ örnekleri yüklenerek tamamen kuruması için Laminar Flow'da bekletilmiştir (Şekil 2.4). Kuruduktan sonra bakteri bulunan petriler gece boyunca 37 °C'de, fungus ekimi yapılan petriler 28 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Negatif kontrol için saf su, pozitif kontrol için Gentamisin (G10), Amfisilin (AM10) kullanılmıştır.



Şekil 2.3 Disk difüzyon yöntemi için petrilerin isimlendirilmesi



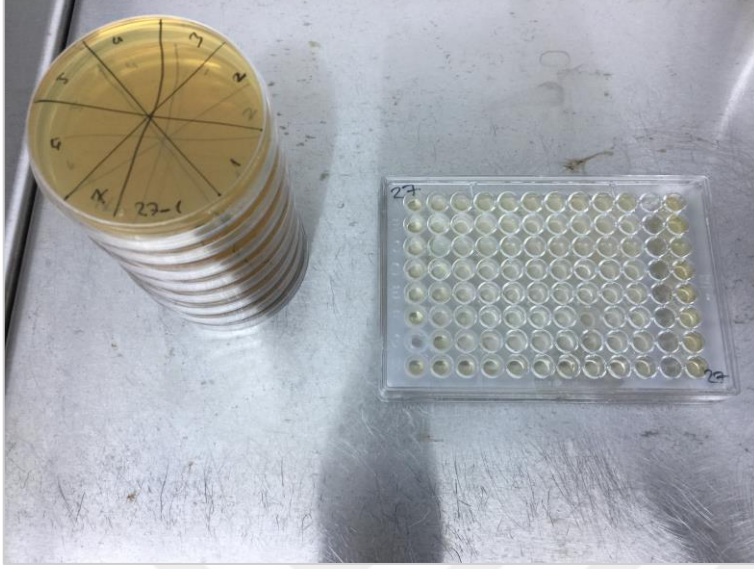
Şekil 2.4 Disklerin petriye yerleştirilmiş görüntüsü

2.2.3.2. Bitki uçucu yağının minimum inhibisyon konsantrasyonunun (mik) belirlenmesi

Minimum İnhibitör Konsantrasyonu (MIC), Ulusal Klinik Laboratuvar Standartları Komitesi'nde (Wayne, 2007) açıklandığı üzere 96 oyuklu mikroplakalarda broth mikrodilüsyon metodu kullanılarak belirlenmiştir. Uçucu yağların stok çözeltileri (100-3.125 $\mu\text{L/mL}$) farklı konsantrasyonlarda cam tüplerde MHB (bakteri için) ve SDB (mantar için) içerisine seyreltilmiştir.

Kontrol kuyucukları olarak DMSO, saf mikroorganizmalar ve saf ortam kullanılmıştır. Her bir mikroorganizmanın 100 μL süspansiyonu ve test edilen bileşiğin 100 μL

süspansiyonu kuyucuklara eklenmiştir. Mikroplakada mikroorganizma üremesinin görülmediği, $\mu\text{g/mL}$ cinsinden ifade edilen MIC'yi temsil edecek şekilde kaydedilmiştir. Deney iki kopya halinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 İnkübasyon sonrası her kuyucuktan petrilere ekim görüntüsü

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Rezene Uçucu Yağlarının Kimyasal Analizi

Çalışmada rezenenin farklı organlarından (yaprak, gövde, çiçek ve tohum) ortalama 1-1,5 ml uçucu yağ çıkmıştır. Elde edilen uçucu yağların kimyasal içeriklerinin ve oranlarının her organda farklılık gösterdiği görülmüştür. Rezenenin yaprağından elde edilen uçucu yağda estragole (Methyl chavicol) (%51,7), limonene (%11,5), terpinolene (%10,5) ve fenchyl acetate (%6,6); gövdesinden elde edilen uçucu yağda fenchyl acetate (%35,3), limonene (%26,8) 3,5-Dimethylanisole (%8,5) ve fenchol (%4,6); çiçeğinden elde edilen uçucu yağda estragole (methyl chavicol) (%38,9), L-fenchone (%19,4), γ -terpinene (%9,0) ve 2-Amino-5,6,7,8-tetrahydroquinoline (%8,8); tohumundan elde edilen uçucu yağda ise estragole (methyl chavicol) (%53,3), L-fenchone (%24,5), β -terpinyl acetate (%5,1) ve α -pinene (%3,3) ana bileşenler olarak tespit edilmiştir.

Çalışmamızda rezenenin farklı organlarında bulunan uçucu yağlar incelendiğinde yaprak, çiçek ve tohumda ana bileşenin estragole (methyl chavicol) (sırasıyla %51,7; %38,9; %53,3) olduğu, gövdede ise ana bileşenin fenchyl acetate (%35,3) olduğu belirlenmiştir. Rezene bitkisinin yaprak, çiçek ve tohum uçucu yağının kimyasal içeriklerine bakıldığında ana bileşenin aynı olduğu görülürken, gövdede ana bileşenin değiştiği görülmektedir. Bunun yanında farklı yetiştirme bölgelerindeki rezene bitkilerinde, tüm bitkide veya ayrı ayrı organlarında yapılan bazı araştırmalarda rezenenin uçucu yağında bulunan en büyük orana sahip olan bileşenin trans-anethole olduğu öne sürülmektedir (Stefanini vd., 2006; Kan vd., 2006; Singh vd., 2006; Şanlı vd., 2008; Miguel vd., 2010; Şanlı vd., 2012; Karayel 2019; Açıkgöz ve Kara 2020).

Yapılan literatür taramalarında rezenenin toprak üstü organlarıyla (bütün halinde) yapılan birçok çalışma mevcutken, bizim çalışmamızda yaptığımız gibi organ bazında yapılan uçucu yağ çalışmaları kısıtlıdır. Mevcut çalışmalarla (organ bazındaki) sonuçlarımız tartışılmıştır.

3.1.1. Rezene yaprak uçucu yağ analizi

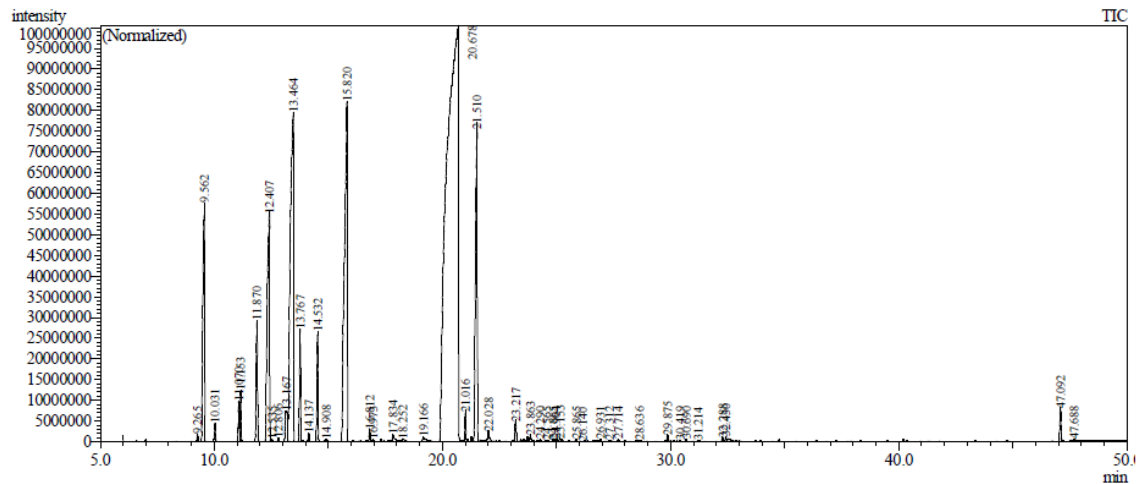
Çalışmamızda rezene bitkisinin yaprağından elde edilen uçucu yağın GC-MS ile analizi yapılarak 13 bileşen tespit edilmiştir ($\geq 0,25$) (Tablo 3.1). Bu tanımlanan bileşenler

uçucu yağın %96,9'unu oluşturmaktadır. Rezenenin yaprak uçucu yağında; estragole (methyl chavicol) (%51,7), limonene (%11,5), terpinolene (%10,5) ve fenchyl acetate (%6,6) ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. Rezene bitkisine ait yaprak uçucu yağının GC-MS kromatogramı Şekil 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Rezene bitkisinin yaprak uçucu yağının kimyasal bileşenleri

No	RT	RI	Kimyasal Bileşenler	%
1	9.562	1066	α -Terpinene	4,4
2	11.070	1093	Sabinene	0,4
3	11.153	1094	β -Pinene	0,4
4	11.870	1110	Myrcene	1,7
5	12.407	1122	α -Phellandrene	6,1
6	13.167	1139	o-Cymene	0,8
7	13.464	1145	Limonene	11,5
8	13.767	1152	Allo-Ocimene	1,2
9	14.532	1169	γ -Terpinene	1,2
10	15.820	1197	Terpinolene	10,5
11	20.678	1304	Estragole (Methyl chavicol)	51,7
12	21.510	1322	Fenchyl acetate	6,6
13	47.092	1884	Phytol	0,4
Toplam				96,9

RT: Alıkonma zamanı (dk.), RI: Alıkonma indeksi, % $\geq 0,25$



Şekil 3.1 Rezene bitkisinin yaprak uçucu yağının GC-MS kromatogramı

Stefanini vd. (2006), yaptıkları çalışmada rezene bitkisinin yaprağında bulunan uçucu yağ içeriğinde en yüksek bileşeni limonene (%42,3) olarak tespit etmişlerdir. Katar vd. (2021), yine rezene yaprağının uçucu yağının ana bileşenini limonene (%41,3) olarak bildirmişlerdir. Şanlı vd. (2008), rezenenin farklı kısımlarından elde ettikleri uçucu yağ bileşenlerinin gelişme dönemleri boyunca farklılıklar gösterdiğini tespit ederek rezene

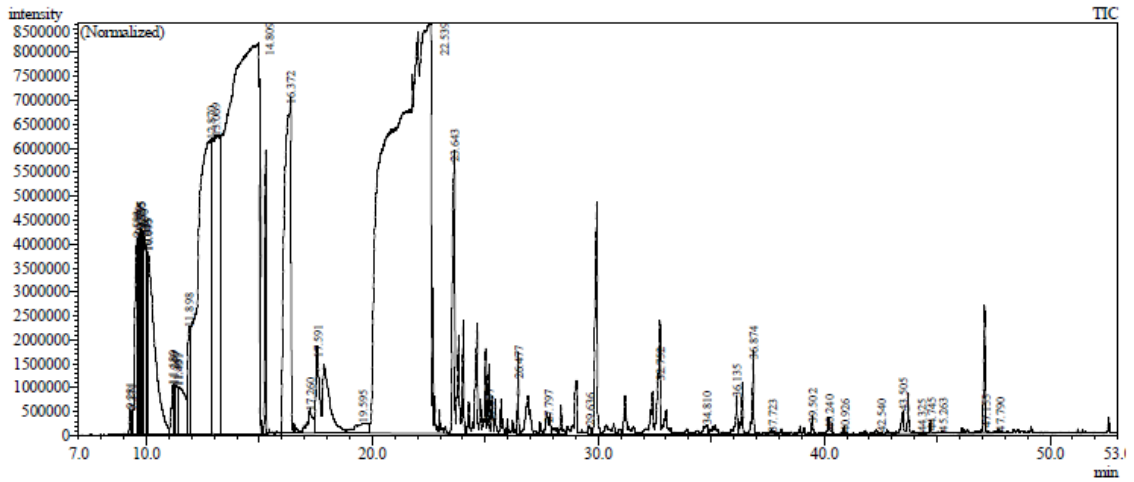
yaprağında bulunan uçucu yağın ana bileşeninin trans-anethole (%29,6-%38,5) olduğunu ve diğer önemli bileşenlerin α -pinene (%18,6-%19,1), α -phellandrene (%17,6-%22,5), limonene (%6,2-%8,3) olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da rezene yaprağının uçucu yağında ana bileşenler arasında limonene (%11,5) olması literatür bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

3.1.2. Rezene gövde uçucu yağ analizi

Çalışmamızda rezene bitkisinin gövdesinden elde edilen uçucu yağın GC-MS ile analizi yapılarak 24 bileşen tespit edilmiştir ($\geq 0,25$) (Tablo 3.2). Bu tanımlanan bileşenler uçucu yağın %97,7'sini oluşturmaktadır. Rezenenin gövde uçucu yağının kimyasal içeriğindeki ana bileşenler fenchyl acetate (%35,3) limonene (%26,8) 3,5-Dimethylanisole (%8,5) fenchol (%4,6) olarak tespit edilmiştir. Rezene bitkisine ait gövde uçucu yağının GC-MS kromatogramı Şekil 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Rezene bitkisinin gövde uçucu yağının kimyasal bileşenleri

No	RT	RI	Kimyasal Bileşenler	%
1	9.583	1060	3-Carene	1,0
2	9.725	1063	Tricyclene	0,5
3	9.755	1064	Cyclopentene, 3-isopropenyl-5,5-dimethyl-	0,2
4	9.795	1065	Terpinolene	0,9
5	10.075	1071	α -Pinene	3,3
6	11.431	1101	Sabinene	0,9
7	11.898	1111	Myrcene	0,4
8	12.870	1132	3,5-Dimethylanisole	8,5
9	13.069	1136	Geraniol	4,6
10	14.809	1175	Limonene	26,8
11	16.372	1209	Fenchol	4,6
12	17.260	1229	Menth-2-en-1-ol <trans-, para->	0,2
13	17.591	1236	Allo-Ocimene	1,6
14	19.595	1280	cis-Decalin, 2-syn-methyl-	0,3
15	22.539	1345	Fenchyl acetate	35,3
16	23.643	1369	Bornyl acetate	2
17	25.197	1403	Ascaridole	1,4
18	26.477	1431	α -Copaene	0,5
19	27.797	1460	Piperitone	0,3
20	29.636	1501	9-Decen-2-one, 5-methylene-	2,3
21	36.135	1643	Caryophyllene oxide	0,2
22	36.874	1660	β -Sinensal	0,3
23	43.505	1805	Hexadecanoic acid	0,2
24	47.155	1886	Phytol	0,4
Toplam				97,7



Şekil 3.2 Rezene bitkisinin gövde uçucu yağının GC-MS kromatogramı

Açıkgöz ve Kara (2020), rezene bitkisinin kök-yumru-sapıyla farklı gelişme dönemlerinde uçucu yağlarında yaptıkları çalışmada ana bileşenleri trans-anethole (%41,8-%48,5), fenchone (%6,0-%7,5), α -pinene (%11,2-%14,5) ve α -phellandrene (%7,0-%10,7) olarak belirlemişlerdir. Katar vd. (2021), yaptıkları çalışmada rezenenin sap kısmından elde ettikleri uçucu yağın ana bileşenini estragole (methyl chavicol) (%40,1) olarak bulmuşlardır. Stefanini vd. (2006), rezene bitkisinin sap ve yaprağıyla birlikte yaptıkları çalışmada uçucu yağ içeriğinde en yüksek bileşen olarak limonene (%42,3) tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızın sonuçlarında ana bileşenlerin içinde limonene (%26,8) olması Stefanini vd. (2006)'nin çalışması ile uyumluluk göstermektedir.

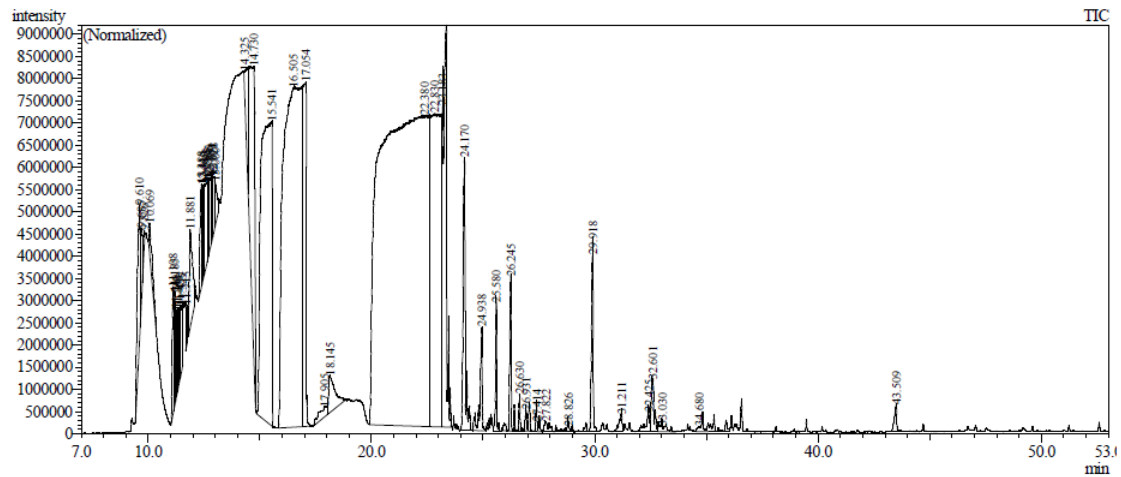
3.1.3. Rezene çiçek uçucu yağ analizi

Çalışmamızda rezene bitkisinin çiçeğinden elde edilen uçucu yağın GC-MS ile analizi yapılarak 20 bileşen tespit edilmiştir ($\geq 0,25$) (Tablo 3.3). Bu tanımlanan bileşenler uçucu yağın %95,1'ini oluşturmaktadır. Rezenenin çiçeğinden elde edilen uçucu yağda ana bileşenler estragole (methyl chavicol) (%38,9) L-fenchone (%19,4), γ -terpinene (%9,0) ve 2-amino-5,6,7,8-tetrahydroquinoline (%8,8) olarak belirlenmiştir. Rezene bitkisine ait çiçek uçucu yağının GC-MS kromatogramı Şekil 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Rezene bitkisinin çiçek uçucu yağının kimyasal bileşenleri

No	RT	RI	Kimyasal Bileşenler	%
1	9.610	1060	3-Carene	1,0
2	9.826	1065	α -Pinene	0,3
3	10.069	1070	Camphene	0,2
4	11.185	1095	β -Pinene	0,7
5	11.353	1099	Sabinene	0,8
6	11.881	1110	Myrcene	1,0
7	12.388	1121	α -Phellandrene	0,5
8	12.595	1126	Cyclofenchene	0,5
9	14.730	1173	D-limonene	4,2
10	15.541	1191	γ -Terpinene	9,0
11	17.054	1224	L-Fenchone	19,4
12	18.145	1248	Camphor	0,6
13	22.380	1341	Estragole (Methyl chavicol)	38,9
14	22.830	1351	2-Amino-5,6,7,8-tetrahydroquinoline	8,8
15	23.183	1359	Fenchyl acetate	4,6
16	24.170	1381	Trans-anethole	1,6
17	24.938	1397	1,8-Cineole	0,6
18	26.245	1426	Dodecanal	0,8
18	29.918	1507	Germacrene D	0,9
19	32.601	1566	1-Methoxy-4-methylbenzene	0,4
20	34.680	1612	Caryophyllene oxide	0,3
Toplam				95,1

RT: Alıkonma zamanı (dk.), RI: Alıkonma indeksi, % $\geq 0,25$

**Şekil 3.3** Rezene bitkisinin çiçek uçucu yağının GC-MS kromatogramı

Açıkgöz ve Kara (2020), rezenede çiçekten elde ettikleri uçucu yağın ana bileşenlerini trans-anethole (%54,7) başta olmak üzere, α -pinene (%11,7), limonene (%10,2) ve fenchone (%7,5) olarak bildirmişlerdir. Katar vd. (2021), yaptıkları başka bir çalışmada

ise rezene çiçeğine ait uçucu yağda en önemli bileşenin estragole (methyl chavicol) (%71,0) olduğunu saptamışlardır. Bizim çalışmamızda ise rezenenin çiçeğinden elde edilen uçucu yağın en önemli ana bileşenin estragole (methyl chavicol) (%38,9) olması, Katar vd. (2021)'nin çalışması ile benzerlik gösterirken çalışmamızdaki ana bileşenlerden birinin de L-fenchone (%16,6) olması Açıkgöz ve Kara (2020) ile de benzerlik göstermektedir.

3.1.4. Rezene tohum uçucu yağ analizi

Çalışmamızda rezene bitkisinin tohumundan elde edilen uçucu yağın GC-MS ile analizi yapılarak 14 bileşen tespit edilmiştir ($\geq 0,25$) (Tablo 3.4). Bu tanımlanan bileşenler uçucu yağın %96,8'ini oluşturmaktadır. Rezenenin tohumundan elde edilen uçucu yağda ana bileşenler olarak estragole (methyl chavicol) (%53,3), L-fenchone (%24,5), β -terpinyl acetate (%5,1) ve α -pinene (%3,3) belirlenmiştir. Rezene bitkisine ait tohum uçucu yağının GC-MS kromatogramı Şekil 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Rezene bitkisinin tohum uçucu yağının kimyasal bileşenleri

No	RT	RI	Kimyasal Bileşenler	%
1	9.605	1060	α-Pinene	3,3
2	10.065	1070	Camphene	1,7
3	11.091	1093	Sabinene	0,2
4	11.872	1110	Myrcene	0,7
5	12.339	1120	α -Phellandrene	1,8
6	13.654	1149	β-Terpinyl acetate	5,1
7	14.649	1171	D-limonene	1,5
8	15.187	1183	γ -Terpinene	1,7
9	17.228	1228	L-Fenchone	24,5
10	18.263	1251	Camphor	0,6
11	23.433	1364	Estragole (Methyl chavicol)	53,3
12	24.385	1385	trans-Anethole	1,3
13	32.635	1566	1-Methoxy-4-methylbenzene	0,7
14	36.630	1654	Caryophyllene oxide	0,4
Toplam				96,8

RT: Alıkonma zamanı (dk.), RI: Alıkonma indeksi, % $\geq 0,25$

kaynaklanabileceği gibi yeşil olum döneminde hasat edilmiş olabileceği ile de açıklanabilir (Stefanini vd., 2006; Telci vd., 2019; Açıkgöz ve Kara, 2020).

3.2. Rezene Uçucu Yağlarının Biyolojik Aktivitesi

3.2.1. Rezene uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitesi

Çalışmada rezene bitkisinin dört farklı organından (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin dört gram pozitif bakteri, üç gram negatif bakteri ve iki fungus'a karşı antimikrobiyal aktivitesi disk difüzyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Uçucu yağların mikroorganizmalara karşı petrilerde oluşturdukları zon çapları ölçülmüştür. Rezenenin farklı organlarından elde edilen uçucu yağların test edilen mikroorganizmalar üzerinde önemli düzeyde antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ve bakteriler üzerinde funguslara kıyasla daha etkili olduğu görülmüştür. Uçucu yağların antimikrobiyal etkisi kullanılan suşlara göre değişiklik göstermektedir. Uçucu yağlar ile ticari antibiyotiklere ait zon çapları tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 Disk difüzyon metodu kullanılarak rezene bitkisinin dört farklı organından (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin test edilen patojen mikroorganizmalara karşı oluşturdukları inhibisyon zonları (mm)

Yağ Örnekleri	Disk Difüzyon (mm)								
	Gram-pozitif bakteri				Gram-negatif bakteri			Fungus	
	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>	<i>C. albicans</i>
Rezene gövde	10	10	10	-	8	14	10	-	-
Rezene tohum	20	20	30	7	15	10	10	-	14
Rezene çiçek	20	20	20	-	12	12	10	-	8
Rezene yaprak	20	15	24	-	10	12	10	-	10
Amfisilin	35	35	28	10	15	40	-	*	*
Gentamisin	20	20	40	4	20	26	15	*	*

Çalışmada rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağların Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerin neredeyse hepsinde aktivite gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşunun uçucu yağlara karşı en dirençli bakteri olduğu belirlenmiştir. *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşuna karşı rezene tohum uçucu yağı hariç diğer uçucu yağların hiç aktivite göstermediği tespit edilmiştir.

Gram pozitif bakterilerde en yüksek antimikrobiyal aktivitenin *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 suşuna karşı 30 mm zon çapı ile rezene tohum uçucu yağında daha sonra 24 mm zon çapı ile rezene yaprak uçucu yağında olduğu belirlenmiştir. Rezenenin gövdesinden elde edilen uçucu yağın Gram pozitif bakterilerde en düşük aktiviteyi gösterdiği görülmüştür.

Gram negatif bakterilerde en yüksek aktivitenin *Escherichia coli* ATCC 25922 suşuna karşı 15 mm zon çapı ile rezene tohum uçucu yağıyla *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70060 suşuna karşı 14 mm zon çapı ile rezene gövde uçucu yağında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte en düşük aktivitenin ise bütün uçucu yağlarda 10 mm zon çapı ile *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 suşunda olduğu belirlenmiştir.

Rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağların Gram pozitif bakterilerde gram negatif bakterilere göre daha etkili aktivite gösterdiği görülmüştür. Uçucu yağların Gram negatif bakteriler üzerinde daha az etkili olduğu saptanmıştır. Literatüre göre bunun sebebi; Gram negatif bakterilerin hücre duvarının hem çok tabakalı hemde daha az geçirgen olmasından ötürü çeşitli bitki özütlerinin ve başka antimikrobik maddelerin Gram negatif bakteriler üzerindeki etkisinin Gram pozitif bakterilere göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan Gram pozitif bakterilerin hücre duvarının tek tabakalı ve daha geçirgen olması, bu bakterileri çeşitli antimikrobik maddelere karşı daha hassas yapmaktadır (Ali-Shtayeh vd. 1998; Urzua vd. 1998; Kara, 2016). Çalışmamızda kullanılan rezene uçucu yağlarının, Gram negatif bakterileri de inhibe etmesi, bu uçucu yağın güçlü antimikrobiyal maddelere sahip olduğunu düşündürmektedir.

Rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağlarda en az aktivitenin funguslar üzerinde olduğu görülmüştür. *Aspergillus niger* ATCC 16404 suşunun rezene uçucu yağlarına dirençli olduğu ve bu suş üzerinde rezene uçucu yağlarının hiç antifungal aktivite göstermediği tespit edilmiştir. *Candida albicans* ATCC 10231 üzerinde ise

rezene gövde uçucu yağı hariç rezenenin diğer organlarından elde edilen uçucu yağların aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Ali-Shtayeh vd. (1998)'e göre hücrelerdeki yapısal farklılıklardan kaynaklı bitki özlerinin antifungal etkilerinin antibakteriyal etkilerinden daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmada antimikrobiyal ajanların hücre membranında bulunan sterollere bağlanarak ökaryotik mantar hücrelerini inhibe edebildiğini ancak böyle bir bağlanmanın sterol taşımadıkları için prokaryotik bakteri hücrelerinde gerekli olmadığını ifade etmişlerdir (Kara, 2016, s. 138).

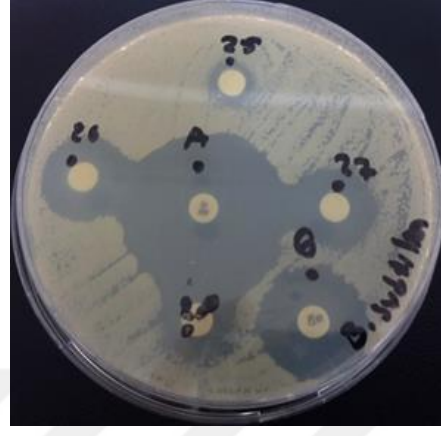
Çalışmada test mikroorganizmalarına karşı pozitif olarak iki farklı ticari antibiyotik, disk difüzyon yöntemiyle test edilmiştir. Test edilen bakterilerin neredeyse hepsine karşı iki antibiyotiğinde etkili olduğu görülmüştür. *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşu iki antibiyotiğe de direnç gösterirken *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 suşuna karşı amfisilin'in hiç aktivite göstermediği belirlenmiştir. Gram pozitif bakterilerde rezene tohum ve çiçek uçucu yağının *Bacillus cereus* ATCC 10987 ile *Bacillus subtilis* ATCC 6623 suşlarına karşı, rezene yaprak uçucu yağının da *Bacillus cereus* ATCC 10987 suşuna karşı gentamisin ile aynı aktiviteyi gösterdiği tespit edilmiştir. Rezene tohum uçucu yağının ise *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 suşuna karşı amfisilinden daha yüksek aktivite gösterdiği görülmüştür. Gram negatif bakterilerde ise rezene tohum uçucu yağının *Escherichia coli* ATCC 25922 suşuna karşı amfisilin ile aynı aktiviteyi gösterdiği belirlenmiştir. Rezene uçucu yağlarının *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 suşuna karşı amfisiline kıyasla daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Negatif kontrol olarak kullanılan saf suyun test mikroorganizmaları üzerinde herhangi bir aktivitesi olmadığı görülmüştür.

Rezenenin dört farklı bölgesinden alınan uçucu yağların içinde en iyi antimikrobiyal aktivitenin tohumdan alınan uçucu yağda olduğu daha sonra ise yapraktan alınan uçucu yağda olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, rezenenin farklı bölgelerindeki uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivite sıralaması rezene tohum > rezene yaprak > rezene çiçek > rezene gövde olarak belirlenmiştir. Bunun nedeninin tohum, yaprak ve çiçek bölgelerinde rezene uçucu yağının ana bileşeninin estragole olması ancak gövde kısmında bu ana bileşene ratlanılmaması ve diğer üç organda bulunan estragole miktarlarının farklı oranlarda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan literatür taramalarında da uçucu yağların ana bileşenlerinin biyolojik aktivite çalışmalarında etkili olduğu rapor edilmiştir (Haşimi vd., 2015).

Yukarıda tablo 3.5'e ait yapılan analiz açıklamalarının laboratuvar sonuçları ayrıca aşağıda şekil 3.5'te verilmiştir. Daha sonra çalışmadan elde edilen test sonuçlarının literatürde yer alan benzer çalışmalardan farkına ve literatüre olan katkısına tartışma kısmında değinilmiştir.



(a)



(b)



(b)



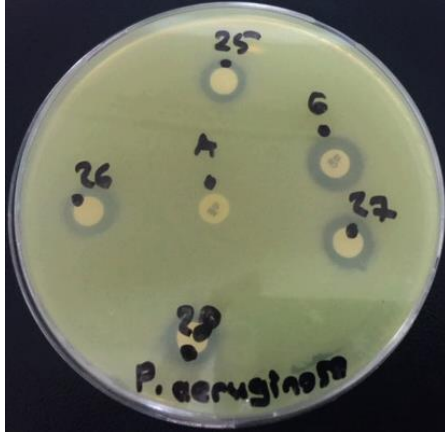
(d)



(e)



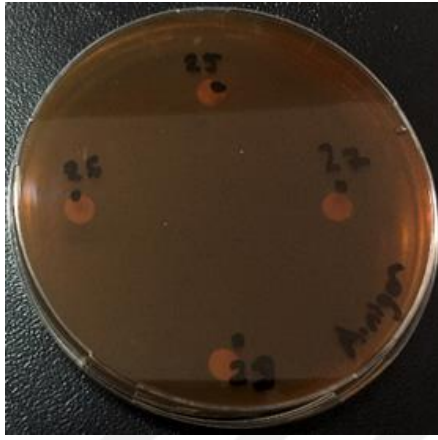
(f)



(g)



(h)



(i)

Şekil 3.5 Disk difüzyon metodu ile yedi test bakterisi ve iki test fungusuna karşı rezene bitkisinin dört farklı organından (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin inhibisyon zonları ((**a**) *Bacillus cereus* ATCC 10987, (**b**) *Bacillus subtilis* ATCC 6623, (**c**) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, (**d**) *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, (**e**) *Escherichia coli* ATCC 25922, (**f**) *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70060, (**g**) *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, (**h**) *Candida albicans* ATCC 10231, (**i**) *Aspergillus niger* ATCC 16404; 25: Gövde uçucu yağı; 26: Tohum uçucu yağı; 27: Çiçek uçucu yağı; 28: Yaprak uçucu yağı)

*Pozitif kontrol için Amfisilin (A-10µg) ve Gentamisin (G-10 µg) kullanıldı.

Diao vd. (2014), rezenenin tohumundan elde ettikleri uçucu yağın *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *S. aureus* üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada tohumdan elde edilen uçucu yağın ilgili bakteriler üzerinde etkili olduğu bulunmuştur.

Yine Soylu vd. (2006), rezene tohumlarıyla yaptıkları çalışmada elde ettikleri rezene uçucu yağında en yüksek aktivitenin *S. aureus* ve *E. coli*'ye karşı olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada da tohum uçucu yağı ilgili bakterilere karşı yüksek aktivite göstermiştir.

Senatore vd. (2013), İtalya'dan toplanan rezene uçucu yağının *B. subtilis*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *E. coli* ve *P. aeruginosa* bakterilerine karşı etkili olduğunu bildirmiştir. Yine Roby vd. (2013), yaptıkları çalışmada rezene uçucu yağının *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus*, *C. albicans* test mikroorganizmalarına karşı aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada rezenenin gövde uçucu yağının *C. albicans* üzerinde hiç etkisi bulunmadığı, rezenenin diğer organlarından elde edilen uçucu yağların aktivite gösterdiği ve *P. aeruginosa*'nın da rezene uçucu yağına karşı düşük aktivite gösterdiği saptanmıştır.

Haşimi vd. (2015), yaptıkları çalışmada rezene bitkisinden elde ettikleri uçucu yağın *E. coli* ve *S. aureus* bakterileri üzerinde orta düzeyde, *P. aeruginosa* üzerinde ise düşük düzeyde aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada da *P. aeruginosa*'nın düşük düzeyde etki göstermesi literatürle uyumlu olduğunu göstermiştir.

Toroğlu vd. (2005), çalışmasında rezene uçucu yağının *E. faecalis*, *E. coli* ve *S. aureus* üzerinde aktivitesinin olduğunu belirlemiştir. Çalışmamızda rezenenin uçucu yağlarının *E. coli* ve *S. aureus* üzerinde etkili olduğu görülürken *E. faecalis*'in uçucu yağlara karşı dirençli olduğu saptanmıştır.

Singh vd. (2006), rezene uçucu yağının ana bileşeninin trans-anethole (%70,1) olduğunu bildirmiş ve uçucu yağın *A. niger* üzerinde %100 antifungal aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yine Djamila vd. (2021), Cezayir'de hasat edilen rezenenin uçucu yağının ana bileşeninin α -phellandrene (%29,4) olduğunu bildirerek, *A. niger*'e karşı önemli antifungal aktivitesi olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte Anwar vd. (2009a), yaptıkları çalışmada ise rezene uçucu yağının *E. coli*, *B. subtilis*, *A. niger* mikroorganizmalarına karşı sırasıyla 14, 29 ve 28 mm zon çaplarıyla yüksek aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağların *E. coli* ve *B. subtilis*'e karşı aktivite gösterdiği ancak *A. niger* üzerinde hiç aktivite göstermediği saptanmıştır.

3.2.2. Rezene uçucu yağlarının minimum inhibisyon konsantrasyonu (mik)

Çalışmada rezene bitkisinin dört farklı organından (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) elde edilen uçucu yağ örneklerinin dört gram pozitif bakteri, üç gram negatif bakteri ve iki fungus'a karşı inhibe etkileri MİK yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Uçucu yağların MİK değeri büyüme göstermeyen en düşük konsantrasyon olarak alınmıştır ve bu değerler tablo 3.6'da verilmiştir.



Table 3.6 Rezene bitkisinin dört farklı bölgelerinden (gövde, tohum, çiçek ve yaprak) alınan uçucu yağ örneklerinin bazı patojenik mikroorganizmalara karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MIC, $\mu\text{g ml}^{-1}$)

Yağ Örnekleri	Minimum İnhibitör Konsantrasyonu (MIC, $\mu\text{g ml}^{-1}$)								
	Gram-pozitif bakteri				Gram-negatif bakteri			Fungus	
	<i>B. cereus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>	<i>C. albicans</i>
Rezene gövde	100	100	100	-	100	100	100	-	-
Rezene tohum	50	50	50	-	100	100	100	-	200
Rezene çiçek	50	50	50	-	100	100	100	-	400
Rezene yaprak	50	100	50	-	100	100	100	-	200

Rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağların test mikroorganizmalarına karşı MİK değerleri 50 ile 400 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında değişmektedir. Tablo 3.6'ya bakıldığında rezene uçucu yağlarının Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerin neredeyse hepsinde inhibe edici özelliği olduğu görülmüştür. Bununla birlikte Gram pozitif bakterilerde *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşunun dirençli olduğu ve dört farklı organdan elde edilen uçucu yağların hiçbirinin bu suşu inhibe edemediği tespit edilmiştir.

Rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağların inhibisyon etkisinin Gram pozitif bakterilerde gram negatif bakterilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Gram pozitif bakterilerde en düşük konsantrasyon değeri 50 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ile *Bacillus cereus* ATCC 10987 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı en yüksek inhibisyon aktivitesinin rezenenin tohum, çiçek ve yaprak uçucu yağlarında olduğu belirlenmiştir. *Bacillus subtilis* ATCC 6623 suşuna karşı ise yine en yüksek inhibisyon aktivitesinin 50 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ile rezene tohum ve çiçek uçucu yağlarında olduğu görülmüştür.

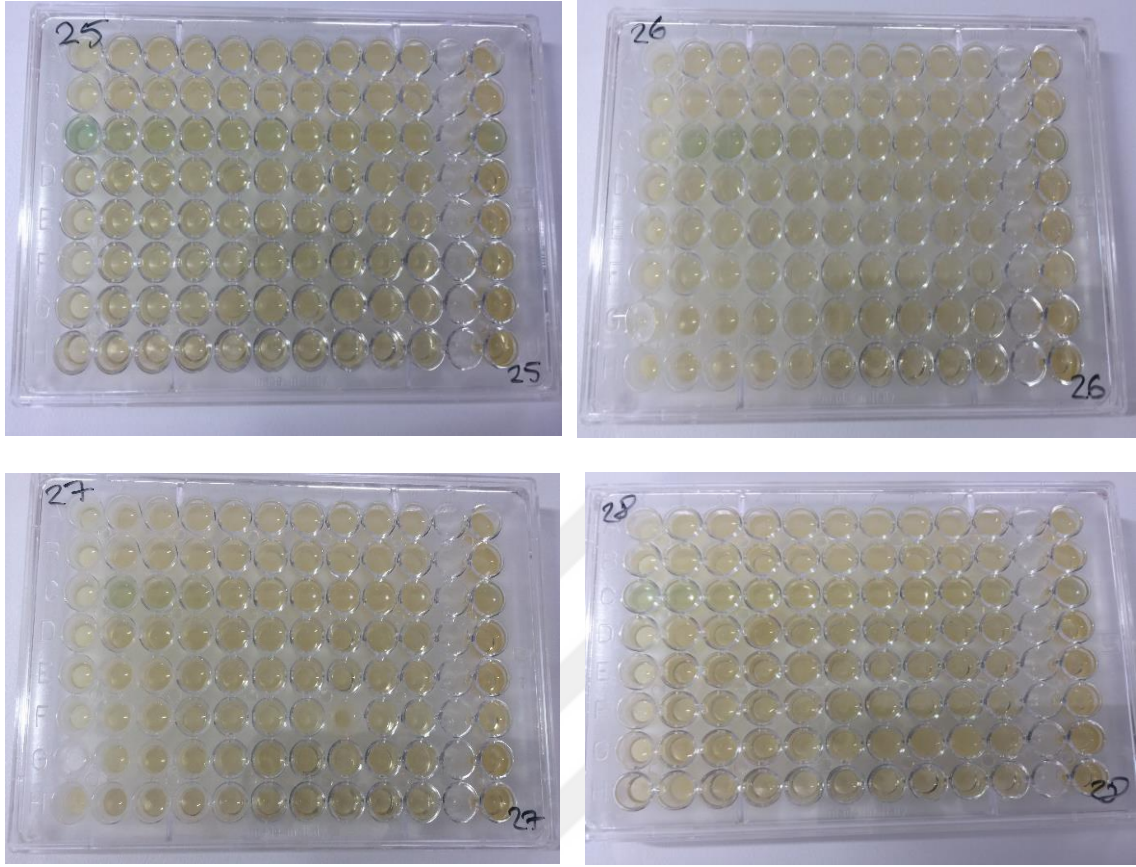
Gram negatif bakterilerde ise rezenenin dört organından da elde edilen uçucu yağların hepsinin bütün bakterilerde 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ile aynı inhibisyon aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir.

Rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağlarda inhibisyon aktivitesinin funguslar üzerinde zayıf olduğu görülmüştür. *Aspergillus niger* ATCC 16404 suşunun dirençli olduğu ve üzerinde rezene uçucu yağlarının hiç inhibe etkisi göstermediği tespit edilmiştir. *Candida albicans* ATCC 10231 suşunda ise rezenenin gövde uçucu yağı hariç diğer organlarından elde edilen uçucu yağların etki ettiği tespit edilmiştir. Bu uçucu yağlardan *Candida albicans* ATCC 10231 suşunda en iyi inhibe edici özelliğin rezene tohum uçucu yağı ile rezene yaprak uçucu yağında olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağlarda mikroorganizmalar üzerinde en yüksek inhibe aktivitesinin rezene tohum uçucu yağında olduğu tespit edilmiştir. Rezenenin dört farklı organından elde edilen uçucu yağların özellikle Gram pozitif bakterilerde *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşu haricinde çok güçlü bir antimikrobiyal özellik gösterdiği görülmüştür.

Yukarıda tablo 3.6'ya ait yapılan analiz açıklamalarının laboratuvar sonuçları ayrıca aşağıda şekil 3.6'da verilmiştir. Daha sonra çalışmadan elde edilen test sonuçlarının

literatürde yer alan benzer çalışmalardan farkına ve literatüre olan katkısına tartışma kısmında değinilmiştir.



Şekil 3.6 Uçucu yağ örneklerinin 96 oyuklu mikro plakalarda inokülasyonu yapılmış görüntüsü (25: Gövde uçucu yağı; 26: Tohum uçucu yağı; 27: Çiçek uçucu yağı; 28: Yaprak uçucu yağı)

Belabdelli vd. (2020), Cezayir'de rezene uçucu yağının ana bileşeninin estragole (%84,8) olduğunu bildirmiş ve test mikroorganizmaları içinde özellikle 0,16-0,2 mg/mL MİK değerleri ile *C. albicans* ve *A. niger* türlerinin yüksek aktivite gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada *A. niger* türünün hiç aktivite göstermediği görülmüştür.

Gulfray vd. (2008), rezene uçucu yağının *B. cereus*, *B. subtilis*, *K. pneumoniae*, *E. coli* ve *C. albicans* üzerinde inhibe etkisinin olduğunu ve rezene uçucu yağının uygulanan dozlara bağlı olarak farklı derecelerde antimikrobiyal aktivite gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Yine Upadhyay (2015), çalışmasında rezene uçucu yağının test mikroorganizmalarına karşı MİK değerlerini bakteri suşlarına karşı *E. coli* 6,0 µg/ml, *B. cereus* 12 µg/ml, *S. aureus* 48 µg/ml, *K. pneumoniae* 48 µg/ml ile mantar suşlarından *A. niger* 24 µg/ml ve *C. albicans* 6,0 µg/ml olduğunu bildirerek, *Foeniculum vulgare*'nin

E. coli, *Bacillus cereus*, *S. pneumoniae* ve *C. albicans*'a karşı çok yüksek inhibe edici özelliği olduğunu söylemiştir. Bu çalışmada rezene uçucu yağlarının funguslarda inhibe aktivitesinin zayıf olduğu, bakterilerde ise *E. faecalis* hariç hepsinin yüksek inhibisyon aktiviteye sahip olduğu görülmüştür.



4. ÖNERİLER

Bitkilerdeki uçucu yağların (sekonder metabolitlerin) miktar ve kimyasal kompozisyonları genetik faktörlerle beraber, bitkinin yetiştiği çevresel şartlardan, bitkinin yetiştirme tekniklerinden, hasatın yapılma zamanından, kullanılan bitki organından ve uçucu yağ eldesinde kullanılan yöntemlerden önemli ölçüde etkilenmektedir (Batı, 2011).

Bu çalışmada Sinop ilinde doğal olarak yetişen rezene (*Foeniculum vulgare*) bitkisinin farklı organlarından (yaprak, gövde, çiçek ve tohum) hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağların GC-MS ile analizi yapılarak kimyasal kompozisyonu belirlenmesi ve uçucu yağların biyolojik aktiviteleri ile rezene bitkisinin çevresel faktörlerden etkilenme düzeyi çalışılmıştır.

Bu sonuçlar, uçucu yağların kimyasal bileşenlerinin bitkinin farklı organlarına bağlı olarak veya çevresel faktörlerin değişmesiyle birlikte değişiklik gösterdiğini ve rezene bitkisinin muhtemelen başka bir kemotipi olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızın sonuçları rezenenin organlarından elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Antimikrobiyal aktivitenin, uçucu yağın içeriğinde bulunan bileşenlerle ilgili olduğu ve uçucu yağın farklı kimyasal kompozisyonlarında bu aktivitenin farklılık gösterebileceği düşünülebilir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, *Foeniculum vulgare*'nin doğal antimikrobiyal madde olarak kullanılabileceğini ve mikroorganizmaların neden olduğu çeşitli bulaşıcı hastalıkların tedavisinde sentetik antibiyotiklere karşı alternatif olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle rezene uçucu yağında daha geniş kapsamlı çalışmalar yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aćimović, M. G., Kostadinović, L. M., Popović, S. J., & Dojčinović, N. S. (2015). Apiaceae seeds as functional food. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 60(3), 237-246. <https://doi.org/10.2298/JAS1503237A>
- Açıkgöz, M. A., & Kara, Ş. (2020). Acı rezene (*Foeniculum vulgare* Miller var. *vulgare*) uçucu yağının içeriği ve bileşenlerinde morfogenetik, ontogenetik ve günlük değişkenlik. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1), 127-134. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.596542>
- Akgöz, Y. (2013). Türkiye florası'na ait *Hypericum* L. cinsinin tehlike kategorileri ve bulunan yeni türleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1-2), 62-69
- Ali-Shtayeh, M. S., Yaghmour, R. M. R., Faidi, Y. R., Salem, K., & Al-Nuri, M. A. (1998). Antimicrobial activity of 20 plants used in folkloric medicine in the Palestinian area. *Journal of Ethnopharmacology*, 60(3), 265-271. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(97\)00153-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(97)00153-0)
- Amiri, M. S. & Joharchi, M. R. (2016). İran'daki Apiaceae familyasının etnobotanik bilgisi: Bir inceleme. *Avicenna Fitomedikal Dergisi*, 6(6), 621
- Anwar, F., Ali, M., Hussain, A. I., & Shahid, M. (2009a). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan. *Flavour and Fragrance Journal*, 24(4), 170-176. <https://doi.org/10.1002/ffj.1929>
- Anwar, F., Hussain, A. I., Sherazi, S. T. H., & Bhanger, M. I. (2009b). Changes in composition and antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) fruit at different stages of maturity. *Journal Of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 15(2), 187-202. <https://doi.org/10.1080/10496470903139488>
- Aprotosoiaie, A. C., Spac, A., Hancianu, M., Miron, A., Tanasescu, V. F., Dorneanu, V., & Stanescu, U. (2010). The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Farmacia*, 58(1), 46-53
- Araújo, H. C., Lacerda, M. E. G., Lopes, D., Bizzo, H. R., & Kaplan, M. A. C. (2007). Studies on the aroma of maté (*Ilex paraguariensis* st. hil.) using headspace solid-phase microextraction. *Phytochemical Analysis: An International Journal Of Plant Chemical And Biochemical Techniques*, 18(6), 469-474. <https://doi.org/10.1002/pca.1002>
- Baba, H., Sevindik, M., Dogan, M., & Akgül, H. (2020). Antioxidant, antimicrobial activities and heavy metal contents of some Myxomycetes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(09), 7840-7846
- Bal, C., Akgul, H., Sevindik, M., Akata, I., & Yumrutas, O. (2017). Determination of the anti-oxidative activities of six mushrooms. *Fresenius Envir Bull*, 26(10), 6246-6252
- Balkan, C. (2015). Rezene (*Foeniculum dulce* Miller) uçucu yağının verimine ve bileşimine partikül boyutunun etkisi. Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 35 s.
- Bano, S., Ahmad, N. & Sharma, A. K. (2016). Phytochemical investigation and evaluation of anti-microbial and anti-oxidant activity of *Foeniculum vulgare* (fennel). *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 7(7), 310- 314
- Barros, L., Carvalho, A.M. & Ferreira, I.C.F.R. (2010). The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): Shoots, leaves, stems and inflorescences. *LWT–Food Sci. Technol.* 43, 814-818. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.010>

- Başer, K. H. C. (2010). Tıbbi Ve Aromatik Bitkisel Ürünlerin Üretimi Ve Kalite Kontrolü. Anadolu Üniversitesi Yayın, 2109
- Batı, E. (2011). Ordu aktarlarında satılan bazı bitkisel drogların uçucu yağ içerikleri ve bileşenlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 45 s.
- Bauer, A.W. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method. Am. J. Clin. Pathol. 45(4): 149-158.35
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: Antimikrobiyal, antioksidan ve antitümör aktivite. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53
- Baydar, H. (2013). Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi (Genişletilmiş 4. baskı) Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51
- Beejmohun, V., Fliniaux, O., Grand, É., Lamblin, F., Bensaddek, L., Christen, P. & Mesnard, F. (2007). Microwave-assisted extraction of the main phenolic compounds in flaxseed. *Phytochemical Analysis: An International Journal Of Plant Chemical And Biochemical Techniques*, 18(4), 275-282. <https://doi.org/10.1002/pca.973>
- Belabdelli, F., Piras, A., Bekhti, N., Falconieri, D., Belmokhtar, Z., Merad, Y. (2020). Chemical composition and antifungal activity of *Foeniculum vulgare* Mill. *Chemistry Africa*, 3(2), 323-328
- Ben Abdesslem, S., Boulares, M., Elbaz, M., Ben Moussa, O., St-Gelais, A., Hassouna, M., & Aider, M. (2021). Chemical composition and biological activities of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oils and ethanolic extracts of conventional and organic seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15034. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15034>
- Bhardwaj, S., Rashmi ve Parcha, V. (2019). Mevsimsel değişimin *Hedychium spicatum* rizomları esansiyel yağının kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi. *Uçucu Yağ Taşıyan Bitkiler Dergisi*, 22(6), 1593-1600
- Biçer, A., Özkan, G., & Ergen, A. (2003). Lavanta bitkisi çiçeklerinden süperkritik CO₂ ile uçucu yağların ekstraksiyonuna basıncın etkisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(4), 717-723
- Bosnalı, S., & Ocak, Ö. Ö. (2019). Gıda sanayiinde kullanılan uçucu yağların mikroenkapsülasyon uygulamaları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7), 846-853. <https://doi.org/10.5505/pajes.2018.45336>
- Carvalho, A. M. (2005). Etnobotánica del Parque Natural de Montesinho plantas, tradición y saber popular en un territorio del Nordeste de Portugal [Ph.D. thesis], Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Spain, 2005
- Cerit, L. S. (2008). Bazı baharat uçucu yağlarının antimikrobiyal özellikleri. Master's Thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Chaintreau, A. (2001). Simultaneous distillation-extraction: Birth to maturity-review. *Flavour And Fragrance J*, 16, 136-148. <https://doi.org/10.1002/ffj.967>
- Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017). Antimicrobial activity of some essential oils present status and future perspectives. *Medicines*, 4(3), 58. <https://doi.org/10.3390/medicines4030058>
- Christensen, L. P., & Brandt, K. (2006). Apiaceae familyasının gıda bitkilerinde biyoaktif poliasetilenler: oluşum, biyoaktivite ve analiz. *Farmasötik Ve Biyomedikal Analiz Dergisi*, 41(3), 683-693
- Coelho, Jp., Cristino, Af., Matos, Pg., Rauter, Ap., Nobre, Bp., Mendes, Rl, Barroso, Cg., Mainar A, Urieta, Cs., Fareleira, Jmna., Sovová, H., & Palavra, A.f. (2012). Extraction

- of volatile oil from aromatic plants with supercritical carbon dioxide: experiments and modeling, *molecule*, 17(9), 10550-10573. <https://doi.org/10.3390/molecules170910550>
- Costa, M. F., Durço, A. O., Rabelo, T. K., Barreto, R. D. S. S., & Guimarães, A. G. (2019). Effects of carvacrol, thymol and essential oils containing such monoterpenes on wound healing: A systematic review. *Journal Of Pharmacy And Pharmacology*, 71(2), 141-155. <https://doi.org/10.1111/jphp.13054>
- Cutter, C. N. (2000). Antimicrobial effect of herb extracts against *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella typhimurium* associated with beef. *Journal of Food Protection*, 63(5), 601-607. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-63.5.601>
- Çalıkoğlu, E., Kıralan, M., & Bayrak, A. (2006). Uçucu yağ nedir, nasıl üretilir ve Türkiye'deki durumuna genel bir bakış. *Türkiye*, 9, 24-26
- Çalışkan, U.K., Özçelik, B., Sazlı, A., & Sezik, E. (2010). *Foeniculum vulgare* Mill. aktar ve kültür örneklerinin uçucu yağlarının Avrupa Farmakopesine uygunluğu ve antimikrobiyal aktivite yönünden karşılaştırılması. *J Faculty of Pharm Ankara University*, 39(3)
- Çelik, E., & Çelik, G. Y. (2007). Bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal özellikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 5(2), 1-6
- Çoban, F., Özer, H., Örs, S., Şahin, U., Yıldız, G., & Çakmakçı, T. (2018). Kısıtlı sulamanın, yüksek rakımlı bir ortamda rezenenin (*Foeniculum vulgare* Mill) uçucu yağ bileşimi ve verimi üzerindeki etkileri. *Journal of Essential Oil Research*, 30(6), 457-463. <https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1496156>
- Della Porta, G., Porcedda, S., Marongiu, B., & Reverchon, E. (1999). Isolation of eucalyptus oil by supercritical fluid extraction. *Flavour And Fragrance Journal*, 14(4), 214-218. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(199907/08\)14:4<214::AID-FFJ814>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199907/08)14:4<214::AID-FFJ814>3.0.CO;2-H)
- Diao, W. R., Hu, Q. P., Zhang, H., & Xu, J. G. (2014). Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Food Control*, 35(1), 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.06.056>
- Dimitrios, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(9), 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.004>
- Djamila, H., Bekri, R., Medjahid, A., Kamaci, R., Belkhalifa, H., Salhi, N., & Ladjel, S. (2021). Biological control with essential oil of *Foeniculum vulgare* Mill. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 52-55. <https://doi.org/10.31590/ejosat.981759>
- Działo, M., Mierziak, J., Korzun, U., Preisner, M., Szopa, J., & Kulma, A., (2016). The potential of plant phenolics in prevention and therapy of skin disorders. *Int. J. Mol. Sci.* 17, 160. <https://doi.org/10.3390/ijms17020160>
- Elkiran, O., & Avşar, C. (2020). Chemical composition and biological activities of the essential oil from the leaves of *Vaccinium myrtillus* L. *Bangladesh J. Bot.* 49(1), 91-96
- Elkiran, O., Akbaba, E., & Bağcı, E. (2018). Constituents of essential oils from leaves and seeds of *Laurus nobilis* L.: A chemotaxonomic approach. *Bangladesh Journal of Botany*, 47(4), 893-901
- Fakhari, A. R., Salehi, P., Heydari, R., Ebrahimi, S. N., & Haddad, P. R. (2005). Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the essential oil components of *Lavandula angustifolia* Mill. *Journal of Chromatography A*, 1098(1-2), 14-18

- Farag, R. S., Daw, Z. Y., Hewedı, F. M., & El-Baroty, G. S. A. (2016). "Antimicrobial activity of some egyptian spice essential oils," *J. Food Prot.*, 52(9), Pp.665-667. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-52.9.665>
- Farrer, F., (2012). Sprays and lozenges for sore throats. *South African Fam. Pract.* 54, 120-122
- Foroughi, A., Pournaghi, P., Zhaleh, M., Zangeneh, A., Zangeneh, M. M., Moradi, R. (2016). Antibacterial activity and phytochemical screening of essential oil of *Foeniculum vulgare*. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(11), 1505-1509
- Franz, C., & Novak, J. (2020). Sources of essential oils. In *Handbook Of Essential Oils* (Pp. 41-83). Crc Press
- Giachino, R., & Avcı, B. (2020). ISSR-based molecular variation of some fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(1), 140-146. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.678277>
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 145-151. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/746104>
- Gulfraz, M., Mehmood, S., Minhas, N., Jabeen, N., Kausar, R., Jabeen, K., & Arshad, G. (2008). Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare*. *African Journal of Biotechnology*, 7(24). <https://www.researchgate.net/publication/237442238>
- Gürbüz, B. (2002). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ve değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı*, Yüksek Lisans Ders Notları, Ankara
- Haşimi, N., Kızıl, S., & Tolan, V. (2015). Rezene ve adaçayı uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitesi üzerine bir araştırma. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 5(2), 227-235
- Islek, C., Saridogan, B. G. O., Sevindik, M., & Akata, I. (2021). Biological activities and heavy metal contents of some Pholiota species. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(6), 6109-6114
- Jia, X. L., Wang, G. L., Xiong, F., Yu, X. R., Xu, Z. S., Wang, F., & Xiong, A. S. (2015). De novo assembly, transcriptome characterization, lignin accumulation and anatomic characteristics: novel insights into lignin biosynthesis during celery leaf development. *Scientific Reports*, 5(1), 8259
- Kan, Y. (2006). Composition of essential oil of fennel fruits cultivated at different conditions. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 35(2), 95-101. https://doi.org/10.1501/Eczfak_00000000053
- Kara, A. A., Algur, Ö. F., & Köseoğlu, M. Ş. (2016). Bazı şifalı bitkilerin helicobacter pylori üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 37(2), 129-140. <https://doi.org/10.17776/csj.32537>
- Kara, M., Türkmen, M., & Soylu, S. (2022). Rezene ve defne uçucu yağ karışımlarının kimyasal bileşenlerinin ve *Pestalotiopsis funerea*'ya karşı antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1), 113-126
- Karayel, H. B. (2019). Kütahya-Gediz koşullarında yetiştirilen rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) bitkisinin uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 131-135. <https://doi.org/10.31590/ejosat.536951>
- Katar, N., Katar, D., & Can, M. (2021). Eskişehir ekolojik koşullarında rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) uçucu yağının morfojenetik varyabilitesinin belirlenmesi.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24(5), 1021-1028.
<https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.773567>

- Kaufmann, B., & Christen, P. (2002). Recent extraction techniques for natural products: Microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction. *Phytochemical Analysis*, 13, 105-113. <https://doi.org/10.1002/pca.631>
- Khammassi, M., Ayed, R. B., Loupasaki, S., Amri, I., Hanana, M., Hamrouni, L., & Khaldi, A. (2023). Chemical diversity of wild fennel essential oils (*Foeniculum vulgare* Mill.): A source of antimicrobial and antioxidant activities. *South African Journal of Botany*, 153, 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.12.022>
- Khammassi, M., Loupassaki, S., Tazarki, H., Mezni, F., Slama, A., Tlili, N., Zaouali Y., Miğri H., Jamoussi B. & Khaldi, A. (2018). Variation in essential oil composition and biological activities of *Foeniculum vulgare* Mill. populations growing widely in Tunisia. *Journal of Food Biochemistry*, 42(3), e12532. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12532>
- Khan, M. & Musharaf, S. (2014). *Foeniculum vulgare* Mill. Şifalı bir bitki. *Şifalı Bitki Araştırmaları*, 4
- Khorshidi, J., Tabatabaei, M. F., Omidbaigi, R., & Sefidkon, F. (2009). The effect of different densities of planting on morphological characters, yield, and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill cv. Soroksary). *Journal of Agricultural Science*, 1(2), 66
- Kılıç, A. (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 37-45
- Kırbağ, S., & Bağcı, E. (2000). *Picea Abies* (L.) Karst. Ve *Picea Orientalis* (L.) Link uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitesi üzerine bir araştırma. *Journal Of Qafqaz University*, 3(1), 183-190
- Kim, I.S., Yang, M.R., Lee, O.H., & Kang, S.N. (2011). Antioxidant activities of hot water extracts from various spices. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 4120–4131
- Koçer, O., Uysal, İ., Mohammed, F. S., Sevindik, M., & Akgül, H. (2023). Usage areas, chemical contents, mineral and nutritional contents and biological activities of fennel. *International Studies In Science And Mathematics*, 91
- Köse F. (2021). Yozgat ekolojisinde yetiştirilen misk adaçayı (*Salvia sclarea* L.)’nda morfojenetik ve diurnal varyabilitenin incelenmesi. Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. 40 syf.
- Linskens, Hf. & Jackson, Jf. (1997). Modern methods of plant analysis, vol. 12: Essential oils and waxes. *Springer*, Germany
- Marotti, M., & Piccaglia, R. (1992). The Influence of Distillation Conditions on the Essential Oil Composition of Three Varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. *Journal of Essential Oil Research*, 4(6), 569-576. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698137>
- Miguel, M. G., Cruz, C., Faleiro, L., Simões, M. T., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., & Pedro, L. G. (2010). *Foeniculum vulgare* essential oils: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Natural Product Communications*, 5(2), 1934578X1000500231. <https://doi.org/10.1177/1934578X1000500231>
- Mohammed, F. S., Uysal, I., & Sevindik, M. (2023). A review on antiviral plants effective against different virus types. *Prospects in Pharmaceutical Sciences*, 21(2), 1-21. <https://doi.org/10.56782/pps.128>
- Moura, L.S., Carvalho Jr, R.N., Stefanini, M.B., Ming, L.C. ve Meireles, M.A.A. (2005). Rezeneden (*Foeniculum vulgare*) süperkritik sıvı ekstraksiyonu: küresel verim, bileşim ve kinetik veriler. *Süperkritik Akışkanlar Dergisi*, 35(3), 212-219

- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451-1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
- Neffati, M., & Marzouk, B. (2008). Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Ind. Crops Prod.* 28, 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.02.005>
- Özen, F. (2008). Bitkisel ekstrakt kullanımının Tekirdağ köftesinin mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, 41s.
- Pae, H. O., Oh, H., Yun, Y. .G, Oh, G. S., Jang, S. I., & Hwang, K. M. (2002). Imperatorin, a furanocoumarin from *Angelica dahurica* (Umbelliferae), induces cytochrome cdependent apoptosis in human promyelocytic leukaemia, HL-60 cells. *Pharmacol Toxicol*, 91, 40-48. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0773.2002.910107.x>
- Pehlivan, M., Mohammed, F. S., Sevindik, M., & Akgul, H. (2018). Antioxidant and oxidant potential of *Rosa canina*. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(4), 22-25. <https://doi.org/10.31195/ejefjs.475286>
- Polat, R. (2020). Balıkesir Florasının Peyzaj Açısından Değerlendirilme Olanakları. *Türk Doğa Ve Fen Dergisi*, 9(2), 134-145. <https://doi.org/10.46810/tdfd.831144>
- Pourmortazavi, S. M., Baghaee, P., & Mirhosseini, M. A. (2004). Extraction of volatile compounds from *juniperus communis* l. leaves with supercritical fluid carbon dioxide: Comparison With Hydrodistillation. *Flavour And Fragrance Journal*, 19(5), 417-420. <https://doi.org/10.1002/ffj.1327>
- Punetha, D., Tewari. G., Pande. C., & Bhatt. S. (2019). Effect of Climatic Conditions on the Volatile Compounds of the Aerial Parts of *Foeniculum vulgare* Mill., *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 1093-1103
- Raal, A., Orav, A., & Arak, E. (2012). Essential oil composition of *Foeniculum vulgare* Mill. fruits from pharmacies in different countries. *Natural Product Research*, 26(13), 1173-1178. <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.535154>
- Ramachandra, R., & Ravishankar, G.A. (2002). Plant cell cultures: Chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 2, 101-153. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(02\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(02)00007-1)
- Rather, M. A., Dar, B. A., Sofi, S. N., Bhat, B. A., & Qurishi, M. A. (2016). *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S1574-S1583. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.011>
- Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops And Products*, 62, 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>
- Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A. H., & Khalel, K. I. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops And Products*, 44, 437-445. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.012>
- Rogers, R. (2001). Spices and flavourings for meat and meat products, in *Meat Science and Applications*. New York, USA
- Sardoei, A.S., Shahdadneghad, M., Arsalani, A., & Sadeghi, T., (2014). The effect of solopotasse fertilizer on yield and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.* 2(9), 2529–2533

- Sayed-Ahmad, B., Talou, T., Saad, Z., Hijazi, A., & Merah, O. (2017). Apiaceae: Endüstriyel kullanımlar için kaynak olarak etnomedikal aile. *Endüstriyel Ürünler ve Ürünler*, 109, 661-671
- Sayın, A.Ü. (2019). *Bazı bitki uçucu yağlarının antibakteriyel etkilerinin incelenmesi*. Nevşehir üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s.
- Senatore, F., Oliviero, F., Scandolera, E., Tagliatela-Scafati, O., Roscigno, G., Zaccardelli, M., & De Falco, E. (2013). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of anethole-rich oil from leaves of selected varieties of fennel [*Foeniculum vulgare* Mill. ssp. *vulgare* var. *azoricum* (Mill.) Thell]. *Fitoterapia*, 90, 214-219. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.07.021>
- Shubham, P. S. (2019). A Comprehensive Review on Pharmacological Activity of *Foeniculum vulgare*. *Global Journal of Pharmacy/Pharmaceutical Sciences* 7(1): 1-5
- Singh, V., & Jain, D. K. (2007). Taxonomy of angiosperms. 6th ed. India: Rastogi Publications, p. 298
- Singh, G., Maurya, S., De Lampasona, M. P., & Catalan, C. (2006). Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. *Food Control*, 17(9), 745-752. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.03.010>
- Singh, S. P. (2019). A comprehensive review on pharmacological activity of *Foeniculum vulgare*. *Global Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 7(1), 23-27
- Soylu, S., Soylu, E. M., & Akdemir Evrendilek, G. (2006). Dereotu (*Anethum graveolens* L.) ve rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) uçucu yağlarının gıda ve bitki kaynaklı patojen bakteriler üzerine antibakteriyel etkilerinin incelenmesi. *Türkiye*, 9, 24-26
- Stefanini, M. B., Ming, L. C., Marques, M. O. M., Facanali, R., Meireles, M. A. A., Moura, L. S., Marchese, J.A. & Sousa, L. A. (2006). Essential oil constituents of different organs of fennel (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare*). *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, 8, 193-198
- Swamy, M. K., Akhtar, M. S., & Sinniah, U. R. (2016). Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. *Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3012462>
- Şanlı, A., & Ok, F. Z. (2023). Determination of optimal harvesting time for essential oil and estragole yield in bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) growing in culture conditions. *South African Journal of Botany*, 155, 98-102. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.02.012>
- Şanlı, A., Karadoğan, T. & Baydar, H. (2008). Doğal olarak yetişen tatlı rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*)'nin farklı büyüme ve gelişme dönemlerinde uçucu yağ miktarı ile bileşenlerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 17-22. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/50301/317602>
- Şanlı, A., Karadoğan, T. & Daldal, H. (2012). Burdur'da tarımı yapılan bazı umbelliferae türlerinin uçucu yağ oranı ve bileşenlerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1), 27-31. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/29594/317511>
- Şanlı, A., Karadoğan, T., & Baydar, H. (2008). Doğal Olarak Yetişen Tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*)'nin Farklı Büyüme ve Gelişme Dönemlerinde Uçucu Yağ Miktarı ile Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 17-22. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/308820>
- Telci, İ., Dirican, A., Elmastas, M., Akşit, H., & Demirtas, I. (2019). Chemical diversity of wild fennel populations from Turkey. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 13, 100201. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.02.002>

- Toroğlu, S., Dıǵrak, M., & Kocabaş, Y. Z. (2005). Çay veya baharat olarak tüketilen *teucrium polium* l., *thymbra spicata* l. var. *spicata*, *ocimum basilicum* l. ve *foeniculum vulgare* Miller'in uçucu yağlarının in-vitro antimikrobiyal aktivitesi ve bazı antibiyotiklerle etkileşimleri. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 36-42
- Trombetta, D., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Venuti, V., Cristani, M., Daniele, C., & Bisignano, G. (2005). Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. *Antimicrobial Agents And Chemotherapy*, 49(6), 2474-2478. <https://doi.org/10.1128/aac.49.6.2474-2478.2005>
- Tunçtürk, M. & Özgökçe, F. (2015). Doğu Anadolu'da otlu peynir yapımında yaygın olarak kullanılan bazı Apiaceae bitkilerinin kimyasal bileşimleri. *Türk Tarım ve Orman Dergisi*, 39(1), 55-62
- Türer, G. (2019). *Pelargonium Gravolens* L'her. bitkisi yapraklarından uçucu yağlarının izolasyonu, analizi ve antimikrobiyal aktivitesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. 60 s.
- Upadhyay, R. K. (2015). GC-MS analysis and in vitro antimicrobial susceptibility of *Foeniculum vulgare* seed essential oil. *American Journal of Plant Sciences*, 6(07), 1058
- Urzua, A., Caroli, M., Vasquez, L., Mendoza, L., Wilkens, M. & Tojo, E. (1998). Antimicrobial study of the resinous exudate and of diterpenoids isolated from *Eupatorium salvia* (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 62(3), 251-254. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00068-3)
- Wahba, H. E., Ibrahim, M. E., & Mohamed, M. A. (2018). Comparative studies of the constituents of fennel essential oils extracted from leaves and seeds with those extracted from waste plants after harvest. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9(7), 2174-2179
- Wayne, P. A. (2007). NCCLS Standarts. Clinical and Laboratory Standards Institute, Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard, 7th edition, CLSI document M7-A7, *Clinical Laboratory Standards Institute*
- Yamani, Y., Khajeh, M., Ghasemi, E., Mirza, M., Javidnia, K. (2007). Comparison Of Essential Oil Compositions Of *Salvia mirzayanii* Obtained By Supercritical Carbondioxide Extraction And Hydrodistillation Methods. *Food Chemistry*, 108, 341-346. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.036>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Özge TELHÜNER

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bekir Gökdağ Lisesi, 2005

Lisans : Gazi Üniversitesi, 2010

Yüksek Lisans : Sinop Üniversitesi, 2024

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Sağlık Bakanlığı, Sinop Halk Sağlığı Laboratuvarı, 2014-Halen