



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BİTKİLERDEN ELDE EDİLEN
ESANSİYEL YAĞLARIN BİTKİ
PATOJENLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dilan YURTDAS

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Ocak-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BİTKİLERDEN ELDE EDİLEN
ESANSİYEL YAĞLARIN BİTKİ
PATOJENLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dilan YURTDAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sedat BOZARI

Ocak-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Dilan YURTDAS tarafından hazırlanan “**Farklı Bitkilerden Elde Edilen Esansiyel Yağların Bitki Patojenleri Üzerine Etkileri**” adlı tez çalışması .../.../2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA
Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

.....

Danışman

Doç. Dr. Sedat BOZARI
Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Harun ÖNLÜ
Muş Alparslan Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO,
Gıda İşleme Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Murat BAKIR
Bingöl Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi,
Spor Yöneticiliği Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa YAŞAR
Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi,
Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü

.....

Doç. Dr. Sedat BOZARI
FBE Müdürü

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Bu tez çalışması Muş Alparslan Üniversitesi BAP birimi tarafından BAP-20-FEF-4902-04 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Dilan YURTDAS
Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI BİTKİLERDEN ELDE EDİLEN ESANSİYEL YAĞLARIN BİTKİ PATOJENLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dilan YURTDAŞ

Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sedat BOZARI

Tarımsal arazilerde hasat öncesi dönemde bitki patojenleri hasar verimini olumsuz etkileyen en önemli etkenlerdendir. Bakteri veya mantar kaynaklı hastalıkların önüne geçmek için kullanılan kimyasal savunma yöntemlerinden, sentetik kimyasal kaynaklı olanların yan etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu kimyasallar yerine doğal bileşenlerin kullanımı sıkça önerilmektedir. Bundan yola çıkarak mevcut çalışmada *Lamiaceae* bitki familyasına ait *Satureja hortensis*, *Mentha longifolia* ve *Cupressaceae* familyasına ait *Thuja orientalis* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların altı farklı bitki patojenine karşı antimikrobiyal etkileri incelendi. *Satureja hortensis* türünün tüm organizmalara karşı önemli aktivite gösterdiği belirlenirken (MIC değeri 5 µL/mL) *Mentha longifolia* (MIC değeri 5-20 µL/mL) ve *Thuja orientalis* (MIC değeri 10-160 µL/mL) uçucu yağlarının düşük seviyede aktivite gösterdiği tespit edildi. Uçucu yağların biber fidelerinde oluşturulan bakteriyel aktiviteleri önleme ve giderme çalışmalarında yine *Satureja hortensis* türünün önemli etkileri tespit edildi. Fizyolojik olarak ölçülen klorofil a-b, total klorofil ile karotenoid içeriğinde ise önemli değişimler gözlenmedi. Sonuç olarak, uygulanan uçucu yağların biber fidelerinde bakteriyel yükü azalttığı, morfolojik değişimlere neden olabileceği ancak fotosentetik pigmentler üzerine önemli etkilerinin olmadığı belirlendi.

2023, 56 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Bitki patojenleri, Biyopestisit, Fitotoksiste, Fotosentetik pigment, Uçucu yağlar

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECTS OF ESSENTIAL OILS OBTAINED FROM DIFFERENT PLANTS AGAINST PLANT PATHOGENS

Dilan YURTDAS

Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Biology

Advisor: Assoc. Prof. Sedat BOZARI

The pre-harvest period of the agricultural lands, plant pathogens are one of the most important factors that negatively affect the yield. It is known that synthetic chemical-based the chemical defense methods used to prevent bacterial or fungal diseases have side effects. It is often recommended to use natural ingredients instead of these chemicals. Based on this knowledge, in the present study, the antimicrobial effects of essential oils obtained from *Satureja hortensis*, *Mentha longifolia* belongs to Lamiaceae and *Thuja orientalis* of the Cupressaceae family were investigated against six different plant pathogens. It was determined that the essential oils of *Satureja hortensis* (MIC value 5µL/mL) showed significant activity against all tested organisms, while the essential oils of *Mentha longifolia* (MIC value 5-20µL/mL) and *Thuja orientalis* (MIC value 10-160µL/mL) showed low activity. A significant effects of *Satureja hortensis* essential oil were detected in the prevention and elimination of bacterial activities of essential oils in pepper seedlings. No significant physiological changes were observed in the chlorophyll a-b, total chlorophyll, and carotenoid contents. As a result, it was determined that the applied essential oils decreased the bacterial load in pepper seedlings, and could cause morphological changes but did not have significant effects on photosynthetic pigments.

2023, 56 Page

Keywords: Biopesticide, Essential oils, Phytotoxicity, Photosynthetic pigment, Plant pathogens

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin başından sonuna kadar bilgi ve tecrübesinden faydalandığım, önerileriyle yol gösteren ve yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Sedat BOZARI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin laboratuvar kısmında yardımlarını eksik etmeyen Gıda Mühendisi Yüksek Lisans öğrencisi Şahriban KARDAŐ ve Yüksek Gıda Mühendisi Rukyete AYDENİZ 'e teşekkür ederim.

Destekleriyle hep yanımda olan sevgili arkadaşlarım Aylin KARAKAYA ve Mihrap MASAT'a teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca hep yanımda olan ve desteklerini eksik etmeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Dilan YURTDAŞ
MUŞ-2023



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1 Uçucu Yağlar	9
2.2 <i>Satureja hortensis</i>	11
2.2 <i>Mentha longifolia</i>	12
2.3. <i>Thuja orientalis</i>	13
2.4. Bitkilerde Sıkça Karşılaşılan Bakteriye Hastalıklar.....	14
2.4.1. <i>Clavibacter michiganensis</i> kaynaklı hastalıklar.....	14
2.4.2. <i>Pseudomonas corrugate</i> kaynaklı bitkisel hastalıklar	14
2.4.3. <i>Pseudomonas syringae</i> kaynaklı bitkisel hastalıklar	15
2.4.4. <i>Erwinia carotovora</i> kaynaklı bitkisel hastalıklar.....	15
2.4.5. <i>Xanthomonas axonopodis</i> kaynaklı bitkisel hastalıklar	16
2.4.6. <i>Xanthomonas vesicatoria</i> kaynaklı bitkisel hastalıklar.....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1 Materyal	17
3.1.1. Bitki materyali.....	17
3.1.2. Kullanılan mikroorganizmalar	17
3.1.3. Kullanılan ekipmanlar	17
3.3.4. Bitki besin solüsyonu	18
3.2 Yöntem.....	18
3.2.1 Uçucu yağların elde edilmesi	18
3.2.2 Antimikrobiyal aktivite tayini	19
3.2.3. Biber tohumlarının çimlendirilmesi	20
3.2.4. Uçucu yağların bitki örneklerine uygulanması	20
3.2.5. Fide uygulamalarında uçucu yağların bakteriler üzerine etkisinin tespiti.....	23
3.2.6. Fotosentetik pigment miktarı tayini	23
3.2.7. İstatistiksel analiz	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	25
4.1 Antimikrobiyal Aktivite Sonuçları.....	25
4.2 Uçucu Yağların Mikrobiyal Etkiye Önleme ve Giderme Sonuçları	31

4.3 Fotosentetik Pigment Miktarları	34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	40
5.1 Öneriler	44
KAYNAKLAR	45



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
°C	: Santigrat Derece
ρ	: Rho
α	: Alpha
β	: Beta
γ	: Gamma

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
C10	: Monoterpenler
C15	: Seskiterpenler
C20	: Diterpenler
C30	: Triterpenler
C40	: Tetraterpenler
C5	: Hemiterpenler
CelA	: Selülaz sentez geni
CFU/g	: Colony Forming Unit/gram
cm	: Santimetre
CMM	: <i>Clavibacter michiganensis</i>
DMSO	: Dimetilsülfoksit
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
Kl-a	: Klorofil a
Kl-b	: Klorofil b
Kl-T	: Total Klorofil
Kr	: Karotenoid
mg	: Miligram
MIC	: Minimum İnhibitör Konsantrasyonu
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
NaOCl	: Sodyum hipoklorat
nm	: Nanometre
Pat-1	: Serin proteaz geni
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
sp.	: Species
subsp.	: Subspecies
tRNA	: Taşıyıcı ribonükleik asit
TSA	: Tryptic soy agar
TSB	: Tryptic soy broth

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Domateste <i>Clavibacter</i> sp. (a) ve <i>Pseudomonas</i> sp. (b) kaynaklı hastalıklar (Wikipedia, 2022)	5
Şekil 1.2 Biberde <i>Clavibacter</i> sp. (a) ve <i>Pseudomonas</i> sp. (b) kaynaklı hastalıklar (Tarım Bakanlığı, 2023).....	6
Şekil 3.1 Clevenger hidrodistilasyon mekanizmasında <i>Thuja orientalis</i> uçucu yağlarının eldesi (solda)	18
Şekil 3.2 Biber tohumlarının gelişim süreci (a=1. gün, b=7.gün, c-d=21 gün).....	20
Şekil 3.3 MİC değeri üzerindeki <i>S. hortensis</i> uçucu yağlarının uygulandığı fide örneklerinin birinci günü (Üstte) ile yedinci gün (altta) görselleri	21
Şekil 3.4 <i>S. hortensis</i> uçucu yağının uygulandığı bitki örnekleri (Sırasıyla <i>E. caratovora</i> , <i>P. syringea</i> , <i>C. michiganensis</i> , <i>X. vesicatoria</i> , <i>X. axonopodis</i> , <i>P. corrugate</i> görselleri yukardan aşağıya doğru sıralanmıştır)	22
Şekil 4.1 <i>Saturaje hortensis</i> esansiyel yağının uygulandığı mikroorganizmalarda zon oluşumu (<i>E. caratovora</i> , <i>P. syringea</i> , <i>C. michiganensis</i> , <i>X. vesicatoria</i> , <i>X. axonopodis</i> , <i>P. corrugate</i> bakterileri soldan sağa görseldeki sıralamaya göre yazılmıştır)	27
Şekil 4.2 <i>Mentha longifolia</i> esansiyel yağının uygulandığı mikroorganizmalarda zon oluşumu (<i>E. caratovora</i> , <i>P. syringea</i> , <i>C. michiganensis</i> , <i>X. vesicatoria</i> , <i>X. axonopodis</i> , <i>P. corrugate</i> bakterileri soldan sağa görseldeki sıralamaya göre yazılmıştır)	29
Şekil 4.3 <i>Thuja orientalis</i> esansiyel yağının uygulandığı mikroorganizmalarda zon oluşumu (<i>E. caratovora</i> , <i>P. syringea</i> , <i>C. michiganensis</i> , <i>X. vesicatoria</i> , <i>X. axonopodis</i> , <i>P. corrugate</i> bakterileri soldan sağa görseldeki sıralamaya göre yazılmıştır)	31
Şekil 4.4 <i>S. hortensis</i> uçucu yağının uygulandığı fide yapraklarında meydana gelen deformasyonlar	36
Şekil 4.5 <i>M. longifolia</i> uçucu yağının uygulandığı fide yapraklarında meydana gelen deformasyonlar	36
Şekil 4.6 <i>Thuja orientalis</i> uçucu yağının uygulandığı fide yapraklarında meydana gelen deformasyonlar	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan bitki patojenleri ve kaynakları	17
Çizelge 3.2 Çalışmada kullanılan cihazlar	17
Çizelge 4.1 <i>Satureja hortensis</i> uçucu yağlarının farklı mikroorganizmalara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları (mm)	26
Çizelge 4.2 <i>Mentha longifolia</i> uçucu yağlarının farklı mikroorganizmalara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları (mm)	28
Çizelge 4.3 <i>Thuja orientalis</i> uçucu yağlarının farklı mikroorganizmalara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları (mm)	30
Çizelge 4.5 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Satureja hortensis</i> uçucu yağlarının önleyici ve giderici etkisi	32
Çizelge 4.6 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Thuja orientalis</i> uçucu yağlarının önleyici ve giderici etkisi.....	33
Çizelge 4.4 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Mentha longifolia</i> uçucu yağlarının önleyici ve giderici etkisi.....	33
Çizelge 4.7 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Satureja hortensis</i> uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (a).....	35
Çizelge 4.8 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Satureja hortensis</i> uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (b).....	35
Çizelge 4.9 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Mentha longifolia</i> uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (a).....	37
Çizelge 4.10 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Mentha longifolia</i> uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (b).....	37
Çizelge 4.11 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Thuja orientalis</i> uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (a).....	39
Çizelge 4.12 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında <i>Thuja orientalis</i> uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (b).....	39

1. GİRİŞ

Tarım, insanların bir kısmının istihdamını sağladığı, besin ihtiyaçlarını karşılayan, endüstriye hammadde sağlayan, milli gelirin bir kısmını oluşturan bir uğraşı alanıdır (Bayar, 2018). Endüstriyel tarım uygulamaları ile verim artarken yapılan bazı uygulamalar insan sağlığı ve çevre için pek çok olumsuz etkiyi de beraberinde getirmektedir. Bu durum çarpık kentleşme, tarım alanlarının tahribi, endüstriyel faaliyetlerin yok edilmesi, yerüstü ve yeraltı kaynakların aşırı tüketimiyle sonuçlanmaktadır. Bununla beraber biyoçeşitliliğin azalması, küresel ısınma, çevre kirliliği, ozon tabakasının delinmesi gibi geri dönüşümsüz sonuçlara da neden olabilmektedir (Güler ve Börüban, 2019). Öte yandan artan nüfusun bir sonucu olarak insanoğlunun tarım ürünlerinden elde edilen besine olan talebi de artış göstermektedir (Eryılmaz ve ark., 2019). Besin ihtiyacını karşılamak için mevcut tarım alanlarının veriminin artırılması makul bir seçenektir. Konvansiyonel (endüstriyel) tarım bu verimliliği arttırsa da çevre kirliliği ve insan sağlığı yönünden birçok olumsuz durumun da ortaya çıkmasına neden olmuştur (Güler ve Börüban, 2019). Dünyadaki ekilebilir arazilerin %99'unun bu yöntemlerle kullanıldığı (Demir, 2016) göz önüne alındığında üretilen ürünlerin toplum ve çevre sağlığı açısından önemi daha da artmaktadır. Tarımsal uygulamalarda kimyasalların kullanım amacının, ürünlerin yetiştiriciliğinde karşılaşılan hastalık ve zararlılara karşı mücadele olduğu görülmektedir. Kimyasalların kullanımından kaynaklı oluşan olumsuzluklar dikkate alındığında alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması veya mevcut mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi gereksinimi artmıştır (Topuz, 2005).

Çevre dostu bir yaklaşım olan organik tarım; hayvansal ve bitkisel üretimlerde, üretimin tüm evrelerinde yapay kimyasal gübrelerin, ilaç ve hormonların kullanılmasına izin vermeyen, üretimden ürünün tüketimine kadar her basamağı kontrol ederek sertifikasyona tabi tutan bir üretim anlayışıdır. İnsanların sandığının aksine organik tarım “ilaçsız ve gübresiz tarım” veya “doğal tarım” değildir. Organik tarım; ürünlerin hasadı, pazarlanması ve çiftliğin yönetilmesi gibi kendine has uygulamaları ve prensipleri olan sürdürülebilir bir tarım sistemi olarak düşünülebilir (Demiryurek, 1999; Börekçi ve Akıncı, 2019).

Organik tarım tanımlandığında genellikle sürdürülebilirlik kelimesi ön plandadır. Sürdürülebilir tarım denildiğinde, verimliliğin devamını sağlamak ve doğal kaynakları

korumakla birlikte sosyal, ekolojik ve ekonomik açıdan dengeli tarım akla gelmektedir (Francis ve ark., 1991). Organik tarım; insan, ekosistem ve toprak sağlığının sürdürüldüğü bir üretim biçimidir. Üretimi olumsuz yönde etkileyen bileşenlerin kullanımı yerine; yerel koşullara, ekolojik süreçlere ve biyolojik çeşitliğe uyum sağlayan süreçlerdir. Organik tarım, içinde yaşadığımız ekosistemdeki canlılara sağlıklı yaşam sağlamakla birlikte doğal çevrenin yararı için bilim, yenilikler ve gelenekleri buluşturur (Emir ve ark., 2012). Çevreyi koruma ve çevresel değişikliklere dayanıklılık, sosyal kapasiteyi geliştirme ve istihdam olanaklarını artırma gibi avantajların yanı sıra düşük verim, toprak besin içeriğinin zayıf kalması, üretilen ürünlerin sertifikalandırılması ve pazaryeri bulamama gibi dezavantajlara sahiptir (Jouzi ve ark., 2017). Tarımsal ve biyolojik çeşitliliğe önemli katkısı olan organik tarım bunu dış girdileri sınırlayarak sağlamıştır. Geleneksel tarımın aksine, kimyasal gübrelerin, böcek ve yabancı bitki ilaçlarıyla genetiği değiştirilmiş organizmaların kullanımını sınırlayarak doğal dengenin minimum düzeyde bozulmasını ve yüksek kalitede ürün geliştirilmesini hedefler (Mondelaers ve ark., 2009). Canlı habitatlarının tek tip ya da bozulmasına neden olabilen geleneksel tarım yöntemleri, biyoçeşitliliğin bozulmasına müteakip ekosistemde uzun vadede geri dönüşü olmayan bozulmalara neden olabilir (Fuller ve ark., 2005). Yaşanabilir bir dünya için ekosistemdeki tüm canlılığın yararına aksiyonların alınması organik tarım ile mümkün görünse de hızlı artan insan nüfusu geleneksel tarımı kaçınılmaz kılmıştır. Yüksek verim, hızlı üretim günümüzde kaçınılmaz iken tarımsal arazilerde bu hedeflere varmak için yeni yöntemlerin geliştirilmesi de bir o kadar elzemdir.

Örneğin; tarımsal alanlara zarar veren mikroorganizma, böcek ve yabancı otlar için geleneksel tarım sistemi bakterisit, fungusit, insektisit ve herbisit kullanırken organik tarım sisteminde bunun tersine kanatlıları, zarar veren böcekleri yok edecek bazı böcekleri kullanmayı, kimyasal madde kullanmak yerine haşerelerin çiftleşmelerini engellemeyi tercih etmektedirler (Muscănescu, 2013). Gözle görülebilen canlılarla mücadele, nispeten kolay iken mikroorganizma kaynaklı saldırılara karşı önlem almak çoğu zaman zorlayıcı olmuştur. Organik tarımda toprak kaynaklı hastalıkların çoğu doğal olarak bastırılırken, yaprak hastalıkları bazen problemlidir. Sadece ciddi bir hastalık salgını beklediğinde organik tarım için onaylanmış pestisitler kullanılır (van Bruggen ve ark., 2016). Genişletilmiş biyoçeşitlilik de doğal mücadele yöntemleri arasına alınabilir.

Bitki-bitki, bitki-hayvan veya bitki-mikroorganizma etkileşimleri başvurulabilecek yöntemler arasında olabilir (Bozarı, 2011).

Birçok bakteri grubunu ihtiva eden bitki ve gıdalardan kaynaklanan hastalıklar, gerek bitkinin kendisine gerekse onları tüketen canlılarda sorunlara neden olmaktadır (Shelef, 1984). Bu sorunlara karşı çözüm olarak birçok ülke genellikle yapay pestisitler, katkı maddeleri ve antibiyotikleri kullanmaktadır. Fakat bu yaklaşımlar neticesinde pestisitlere, katkı maddeleri ve antibiyotiklere dirençli bitki ve gıda patojenleri ortaya çıkmıştır. Buna ilave olarak çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerin görülmesi üzerine birçok ülke pestisitler, katkı maddeleri ve antibiyotikleri kullanmada yasal düzenlemeler getirmiştir. Çoğu Avrupa ülkesi ve Türkiye, bitki ve gıda patojenlerine karşı mücadelede konvansiyonel yöntemlerin dışında başka yöntemlere yönelmektedir. Her geçen gün önemli maddi kayıplara neden olan fungal (Shuping ve Eloff, 2017), bakteriyel bulaşlar ile eklembacaklılardan omurgalılara kadar (Wink, 1988) birçok predatörün saldırılarını önlemek için biyolojik ajanlardan bitki türevli bileşenlerin kullanıldığı ve önemli bir kısmının caydırıcı nitelikte olduğu görülmektedir.

Bitkilerce üretilen metabolitler temelde üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar bitki gelişiminde ve büyümesinde doğrudan rol alıp yapıya katılan primer (birincil) metabolitler (I), bitki ile bu bitkinin biyotik veya abiyotik çevresiyle ilişkilerini düzenlemeye yarayan sekonder (ikincil) metabolitler (II) ve gerek fizyolojik gerekse metabolik süreçlerde rol alan bitki hormonları veya diğer bir deyimle büyüme düzenleyicileri (III)'dir (Erb ve Kliebenstein, 2020). Bitki sekonder metabolitleri, ilk keşiflerinde bitki için her ne kadar faydasız bileşenler olarak tanımlansa da günümüzde bu bileşenlerin bitkilerin çevrelerine adaptasyonuna yardımcı olan, simbiyotik yaşamlarını düzenleyen, tohum çimlenmesinde görev alan, allelopatik etkileşimde bulunabilen çeşitli molekül gruplarıdır (Makkar ve ark., 2007). Genel olarak, literatürde bu bileşik grubuna atıfta bulunmak için ikincil bitki bileşikleri, fitokimyasallar, antinutrisyonel faktörler ve bitki ksenobiyotikleri terimleri de kullanılmıştır. Bu bileşenlerin de kendi aralarında poliketidler ve yağ asitleri, terpenoidler ve steroidler, fenolikler, alkaloidler, özelleşmiş amino asitler ve peptidler ile özelleşmiş karbonhidratlar şeklinde sınıflandırılmıştır (James, 2003). Bazı kaynaklarda ise aynı bileşenler alkaloidler, flavonoidler ve fenolik bileşenler şeklinde sınıflandırılmıştır (Tiring ve ark., 2020). Bu gruplardan en dikkat çeken grup terpenler olup, taşıdıkları oksijen gruplarına (terpenoit) ve hidrokarbonlara göre isimlendirilirler. Hemiterpenler (C₅), Monoterpenler

(C10), Seskiterpenler (C15), Diterpenler (C 20), Triterpenler (C 30) ve Tetraterpenler[Karotenoidler (C40)] şeklinde sınıflandırılırlar(Guimarães ve ark., 2019).

İzopren (2-metil-1,3-bütadien) halka içeren terpenler esansiyel yağ veya uçucu yağlar olarak da bilinmektedir. Uçucu yağların diğer sekonder bileşenlere göre daha yüksek oranda biyolojik aktivite gösterdikleri ve zararlıların kontrolünde kullanılabilirliği literatürde tartışılmaktadır (Dadaloğlu ve Evrendilek, 2004; Soylu ve ark., 2005). Daha çok et ve et mamullerin bozulmasını önlemek ve oluşan kötü kokuları gidermek için tercih edilen bu bileşenlerin kullanımı insanlık tarihinin başlarına dayanmaktadır. Fakat ilerleyen teknoloji ve gelişen gıda koruma yöntemleri bitkilerin bu amaçla kullanımını azaltmıştır. Günümüzde uçucu yağca zengin bitkiler genellikle, gıdaların lezzetini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Çon ve ark., 1998). Mikroorganizma gelişimi üzerine baskılayıcı etkisi bilinen uçucu yağların antimikrobiyal etkilerinin araştırılması 19. yüzyılın sonlarına doğru başlamış, 20. yüzyılda ise tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu yağları ve bitki ekstraktları hakkında farklı çalışmalar yapılmıştır (Coggins, 2001). Bu özelliklerinden yararlanmak suretiyle son zamanlarda bitkisel ekstraktlar ve bitkisel uçucu yağların tarımsal üretimde karşılaşılan hastalık ve zararlılara karşı mücadele için kullanımı üzerine yapılan çok sayıda araştırmadan umut verici sonuçlar elde edilmiştir (Bayındır ve Birgücü, 2020; Plata-Rueda ve ark., 2020; Alkan, 2020; Oyedeji ve ark., 2020; Werrie ve ark., 2020).

Sebzeler, sağlıklı ve dengeli beslenmede vazgeçilemez besin gurubundadır. Ancak çoğunlukla geleneksel yöntemlerle üretilen sebzeler, yetiştirilme aşamasında hastalıklarla mücadele ve zararlıları engelleme amacıyla oldukça fazla sentetik kimyasala maruz kalmaktadırlar. Bilinçsiz yapılmasının yanında yoğun kimyasal pestisit uygulanması, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemesi (karsinogen, teratojen ve mutajen), hayvan ve bitki çeşitlerinin yok etmesi ve yeraltı sularına karıştığında asıl olarak hedef zararlılar dışındaki organizmaları etkilemesi gibi sonuçları ortaya çıkarır. Ekolojik dengenin oluşmasında çok önemli görevleri olan canlıların zarar görmelerinin veya yok olmalarının yanı sıra önceleri bir sorun oluşturmayan canlıların, zararlı olarak ortaya çıkması kimyasalların kullanımından kaynaklanmaktadır (Ersoy ve ark., 2011). Temel besin maddelerinde çeşitli hastalıklara neden olabilecek zararlıların çoğalması toplumların hemen hepsini etkilemektedir.

Tahıl ürünleri başta olmak üzere domates, biber, patlıcan, patates gibi günlük tüketilen besinlerin hem üretimleri hem de tüketimleri diğer gıdalara oranla fazladır.

Örneğin, birçok bitki patojenine maruz kalabilen domates, ülkemizin ılıman kuşakta olması nedeniyle Karadeniz Bölgesi'nin çok yağışlı alanları dışında diğer bütün bölgelerde yetiştirilmektedir (Akat, 2008). Gıda sanayinde salça, dondurulmuş ürün, turşu, ketçap, konserve gibi birçok üretim ve tüketim çeşidinin olmasına ek olarak insanların vazgeçilemez bir besin kaynağı olmasından dünyadaki tarım ürünleri ticareti içindeki payı oldukça fazladır. 2018 yılında Çin'in 61,631,581 ton domates üretimi gerçekleştirmesiyle dünya domates üretimindeki payı %33,82 olarak hesaplanmıştır. Ülkemiz ise 12,150,000 ton domates üretimiyle dünya domates üretiminin %6,67'sini elinde tutmaktadır (FAO, 2022). Domatesin hasat öncesi ve sonrasında ortaya çıkan hastalık ve zararlılar, ürün kaybına ve ürünün kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır.

Domates bitkisinde görülen bakteri kaynaklı hastalıklar; gövde öz nekrozu, bakteriyel leke hastalığı, bakteriyel benek ve bakteriyel yaprak çürüklüğü ile bakteriyel kanser ve solgunluk hastalıkları akla ilk gelen hastalıklar olarak sıralanabilir (Akat, 2008) (Şekil 1.1). Bu hastalıklar içinde önemli derecede ekonomik kayba sebep olan bitkinin kanser ve solgunlukla karşı karşıya kalmasına neden olan *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*'nin neden olduğu hastalık oldukça fazla zarara neden olmaktadır (Çetinkaya Yıldız, 2007).



a

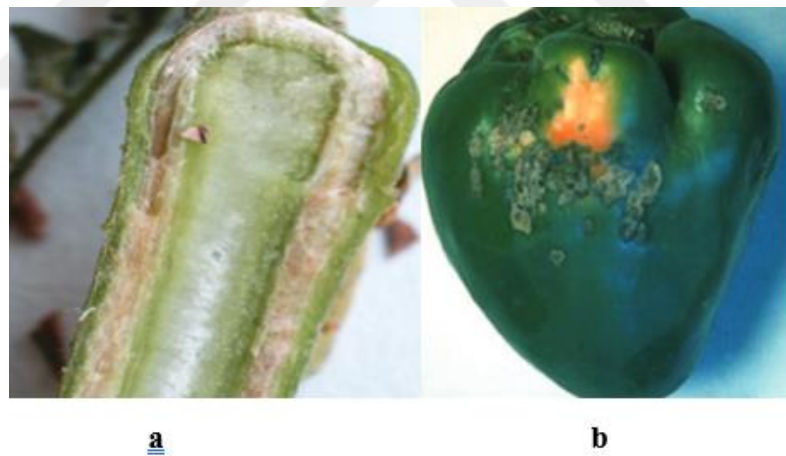
b

Şekil 1.1 Domateste *Clavibacter* sp. (a) ve *Pseudomonas* sp. (b) kaynaklı hastalıklar (Wikipedia, 2022)

Sebze olarak tüketilen bir diğer bitki olan biber (*Capsicum annuum* L.), Solanaceae familyasına mensup bir kültür bitkisidir. Tropikal Amerika'dan tüm dünyaya yayılan biberin en fazla Brezilya'da yetiştiriciliği yapılmaktadır. İlk olarak İspanya'ya giren biber İspanya'dan 1548 tarihinde İngiltere'ye ve oradan da kalan Avrupa ülkelerine yayılmıştır. Balkanlardan sonra ülkemize, Kuzey ve Orta Afrika'ya yayılmıştır (Şahin ve Küsrek, 2015; Anonim, 2022). Dünyada ve ülkemizde çeşitli şekillerde ve yoğun bir

şekilde tüketilen biber, dünyada birçok farklı iklim ve çevre koşullarında yetiştirilen çeşitlere sahiptir. Ülkemizde de her bölgede yetiştiriciliği yapılmaktadır. Biberin gıda sanayisinde biber tozu, közlenmiş biber, kurutulmuş biber, dondurulmuş biber, biber turşusu, biber salçası gibi birçok üretim ve tüketim şekli mevcuttur. Ekonomik olarak üretilen biber türü *Capsicum annum*'dir (Alveroğlu, 2014).

Biber üretimi ve verimi biyotik ve abiyotik birçok etmeden etkilenmektedir. Virüs kaynaklı hastalıklar biber yetiştirmedeki veriminin ve ürün kalitesinin azalmasına yol açan biyotik faktörlerden biri olarak görülmektedir. Virüs kaynaklı hastalıkların biber üzerindeki belirtileri mozaik, yapraklarda hafif beneklenme, halkalı lekeler, renk solması, çeşitli nekrozlar, damar bantlaşması, şekil bozuklukları, tüm bitkide şiddetli bodurlaşma olarak sıralanabilir. Bitkinin çiçeklerinin ve köklerinin de virüs kaynaklı hastalıklardan etkilendiği söylenebilir (Öztürk ve Baloğlu, 2019). Biberde bakteri kaynaklı olan leke hastalığının ortaya çıkmasında nemin etkili olduğu görülür (Şekil1.2). Toprak ve tohumdan kaynaklanan hastalık konuk bitkide, toprak ve hatta bitki kalıntılarında canlılığını devam ettirir (Mirik, 2005).



Şekil 1.2 Biberde *Clavibacter* sp. (a) ve *Pseudomonas* sp. (b) kaynaklı hastalıklar (Tarım Bakanlığı, 2023)

Domates ve biber ülkemizde tarımı yapılan temel gıdalar olup çoğunlukla üreticiler tarafından tercih edilmektedirler. Bu bitkilerin maruz kaldığı bitki patojenleri de çoğu zaman ortak patojenler olmuştur.

Sağlıklı bir yaşam için günlük tüketilmesi gereken gıdaların başında bitkisel kaynaklı gıdalar gelmektedir. Özellikle son yıllarda sağlıklı yaşam biçimleriyle beraber insanların yaşam standartlarını iyileştirmeye yönelik çalışmaların olduğu söylenebilir. Bu

çalışmaların büyük bir kısmının gıda güvenliğiyle alakalı olduğu söylenebilir. (Ju ve ark., 2019). Hızla artan insan popülasyonu ile uzun süreli iklimik değişimlere bağlı olarak dünyamızın geri dönüşümsüz bir şekilde gıda sıkıntısı çekeceği korkusu her geçen gün artmaktadır (Valdes, 2019). Bu tarz problemlerle başa çıkmak için özellikle insanoğlu tarafından uygulanan birçok yöntemin uzun vadede olumsuz sonuçlar doğurduğu bilinmektedir (Bridges, 2000; Hernández ve ark., 2013; Uwizeyimana ve ark., 2017). Geleneksel tarımda kısa sürede etki gösterdiği ve uygulama teknolojilerinin gelişmişliğinden dolayı tercih edilen sentetik kimyasallar; uygulandıkları mikroorganizmalarda dayanıklılık oluşturarak yeni problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Yiğit, 2005).

İnsan sağlığını doğrudan etkileyen organik tarımı destekleyen yeni yaklaşımlara her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Zararlılarla mücadele için kolay bir şekilde kompoze olabilen, birçok biyolojik aktiviteye sahip doğal bileşenleri kullanmak uzun vadede insan sağlığı için önem arz etmektedir. Özellikle biber (*Capsicum* sp.), domates gibi gıdalarda hastalık yaparak ürün ve hasat miktarında önemli sayılabilecek oranda azalmalara sebep olan birçok mikroorganizma mevcuttur. Mikroorganizma kaynaklı bu hasarlara karşı doğal bitki bileşenlerinin etkili olabileceği birçok çalışmada vurgulanmıştır. Bu bilgilerden yola çıkılarak mevcut çalışmada; *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Erwinia carotovora* subsp. *caratovora*, *Pseudomonas corrugate*, *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Xanthomonas axonopodis* patojenlerinin biber bitkisinde meydana getirebilecekleri hasarlara karşı, *Satureja hortensis*, *Thuja orientalis* ve *Mentha longifolia* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların koruyucu etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tarım ürünleri yetiştirilirken birçok hastalığa ve patojenlere maruz kalabilmektedirler. Gerek sera koşullarında gerek açık alanlarda yetiştirilen ürünlerde kalite ve verim kaybında biyotik ve abiyotik faktörlerin önemli ölçüde etkisi bulunmaktadır. Etkisi açısından en önemli biyotik etmenler virüsler, bakteriler, funguslar, nematodlar, kemirgenler ve böceklerdir (Elçi ve Ünlü, 2019). Gıda ürünlerinin içerdikleri besin farklılıklarına bağlı olarak farklı zararlılar tarafından tehdit edildiklerini söylemek mümkündür. Örneğin ülkemizde Konya ve çevresinde yetiştirilen buğday gibi tahıl ürünlerinde süne/kımlı canlısı tarafından yüksek oranda tahribat olduğu bunun yanı sıra mikrobiyal kaynaklı pas, septorya, kök çürüklüğü gibi hastalıklara da rastlandığı rapor edilmiştir (Özbek ve Fidan, 2015). İç Anadolu'da durum böyleyken ülkemizde kıyı kesimlerinde yetiştirilen kivi ve çay bitkilerinin de nemli bölgelerde önemli ölçüde gelişim gösteren *Pestalotiopsis* türlerinin etkisinde kaldığı söylenebilir (Ertaş ve Karakaya, 2018). Hastalık yapan bakteri ve fungus gibi organizmaların yanı sıra virüslere de rastlamak mümkündür (Şevik, 2015). Viral hastalık etmenlerinin beklenenin aksine sert kabuklu bitkilerde dahi hastalık oluşturduğu önceki çalışmalarda vurgulanmıştır (Sipahioğlu ve ark., 2004). Viral hastalıklara antibiyotik etken maddelerin etkili olmadığı söylenebilir ancak bakteriyel, fungal veya küçük böcekler tarafından verilen hasarlar antibiyotik uygulamalarla giderilebilir. Örneğin domateste küllenme hastalığına sebep olan *Leveillula taurica* adlı fungus (Sirel ve Maden, 2006), potasyum silikat gibi maddelerle muamele edilmesi önerilmiştir (Yanar ve ark., 2011). Oysa doğal olmayan yöntemlerin veya kimyasalların kısa ve uzun vadede sebep olabileceği çevresel kirlenmeler, canlılarda toksisite gibi olumsuz etmenler göz önünde bulundurulduğunda hem üreticinin hem de tüketicinin bu yöntemlerden kaçındığı gerçeğini önümüze koymaktadır.

Özellikle organik ürün yetiştirme ve tüketme amacı güden kişi ya da kuruluşlar, sentetik kimyasalların neden olduğu muhtemel toksik etkilerden sıyrılmak için doğal mekanizmalara ya da ürünlere yönelmektedir. Bu durum göz önüne alınarak doğal bileşenlerin sentetik kimyasallara alternatif olarak kullanılabilmesine dair çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin; *Rosa damascena* bitkisel uçucu yağının domates ve biberde hastalık oluşturan *Xanthomonas axonopodi* subsp. *vesicatoria* bakteriyel patojenine karşı potansiyel bir biyoajan olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Dadaşoğlu, 2016). Öte

yandan *Eucalyptus citriodora* , *Hypericum perforatum* L., *Dianthus caryophyllus* L., *Pimpinella anisum* L. ve *Brassica nigra* L. (Koch) bitkilerinden elde edilen esansiyel içeriklerin domatestede patojen kaynaklı kanser ve solgunluk hastalığı üzerine etkili olabileceği vurgulanmıştır (Elçi ve Ünlü, 2019). *Mentha piperita* L. (nane) uçucu yağlarının da benzer şekilde *Candida albicans*' a karşı inhibisyon zonları oluşturduğu gözlenmiştir. Bu zonları oluşturan maddenin mentol olabileceği vurgulanmıştır (Akkurt, 2011). Bazı çalışmalarda aynı türler kullanılmasına rağmen etki miktarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, söz konusu aromatik bileşenlerin mikrobiyal aktivitelerinin, metabolitin elde edildiği bitki türü dışında, ekstraksiyon şekli, bitkinin hasat edildiği zaman ve kullanılan kısmı, bitkinin yetiştiği çevresel şartlar, uygulanan test gibi faktörlerle değişebileceğinden kaynaklanmaktadır. Söz konusu patojenlerin etkisini tarımsal alanlarda minimize etmek için başvurulan pestisitlerin akümüasyonları sonucunda bu gıdalarla beslenen canlılarda farklı rahatsızlıkların tetiklenmesini sağladığı bilinmektedir. Bu nedenle organik tarım, iyi tarım uygulamaları gibi doğal uygulamaların geliştirilmesi önem kazanmıştır. (Yılmaz ve ark., 2014).

2.1. Uçucu Yağlar

Uçucu yağlar bitkinin kök, meyve, yaprak ve kabuk bölümlerinden elde edilen oda sıcaklığında akışkan halde bulunan, kolay bir şekilde kristalleşebilen genel olarak açık sarı veya renksiz, uçucu, keskin kokulu doğal ürünlerdir. Kokusunun güzel olması yağa, esans veya eterik denilmesine neden olmuştur. Yağlar gibi su ile karışmadıklarından yağ olarak tanımlanmış olsalar bile sabit yağlardan farklılıkları vardır (Kılıç, 2008). Uçucu yağlar doğada çabuk dekompoze olmaları, kalıntı oluşturmamaları nedeni ile özellikle organik yetiştiricilikte hastalık ve zararlı yönetiminde ön plana çıkmaktadırlar (Yılmaz ve ark., 2014). Uçucu yağca zengin bitkilerden elde edilen söz konusu içerikler ecza, parfümeri sektörleri yanında gıda sanayinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bununla birlikte uçucu yağlar biyoaktif maddeler olduklarından bu yağların elde edildiği bitkilerin sadece yemeklere aroma vermesinin yanı sıra halk hekimliğinde belirli hastalıklarla mücadelede de kullanılmıştır. Bir besin olmalarından çok insan sağlığı üzerine etkileri dikkate alındığında, önemi gün geçtikçe artan uçucu yağlar, içinde bulundukları bileşenlerin türleri ve oranları bu yağların kalitelerini belirleyen en önemli etmenlerdir. Bu bağlamda uçucu yağların kompozisyonuna etkide bulunan etmenler; uçucu yağın elde edildiği bitkinin yetiştirildiği bölgenin iklimi ve toprağın özelliği, yetiştirildiğinde uygulanan yöntemler ve bitkinin genotipi olarak

sıralanabilir (Baydar, 2013; Mammadov, 2014; Alizadeh, 2015). Uçucu yağların doğadaki çözülme hızları oldukça hızlı olması taşıdıkları izopren halkasıyla alakalıdır. İçerisinde bulunan birçok bileşenden dolayı bakteriyel etmenlerin bir savunma geliştirmeleri zayıftır (Yılmaz, 2014).

Esansiye yağlar yapılarındaki bileşenler sayesinde zararlılar ve hastalık yapan mikroorganizmalar üzerine çeşitli şekilde etki ederek gelişimlerini durdurabilmektedir. Bitkilerin sekonder metabolitleri sentezlenip nematod, fungus ve bakteri gibi mikroorganizmalara karşı barikat görevi oluşturarak bitkiye direnç vermektedir. Aynı zamanda içerdikleri allelokimyasallardan dolayı ürettikleri bitkiyi herbivorlara karşı korumuş olur. Dokularda bulunan esansiyel yağların hücreler arasında bilgi taşımada rol oynadığı da bilinmektedir. Yapısında esansiyel yağ bulunduran bitkilerin savunma sistemlerinin diğer bitkilere göre daha gelişmiş olduğu vurgulanmıştır (Nohutçu ve ark., 2021). İkincil metabolit olan uçucu yağlar bitkinin hücre çeperinin özel bir tabakasında, protoplazma, salgı kanallarında, salgı tüylerinde, salgı ceplerinde ve salgı hücrelerinde sentezlenir. Böceklerle karşı savunma uçucu yağların sentezlenmesinin başlıca nedenidir. Bunun dışında bitkinin su kaybını önleme, atıkların bitkiden uzaklaştırılması, tozlaşmanın gerçekleşmesi uçucu yağların sentezlenmesinin diğer nedenleri olarak sıralanabilir. Bitkinin kendine öz kokusunun ve lezzetinin kaynağıdır. Düzenli monoterpen, iridoidler ve düzensiz monoterpen gibi birçok kimyasal bileşen içerirler. Uzun zaman bekletildiğinde renklerinde koyulaşma, oksitlenme ve reçineleşme görülmektedir. Kimyasal yapıları ısı, ışık ve hava gibi dış etmenlerden olumsuz şekilde etkilenip özelliklerini kaybederler. Bu tür kimyasal bileşenlerin doldurulacağı kap alüminyum veya renkli cam olmalarının yanında kabı sıkıca kapalı ve ağzına kadar dolu olacak şekilde serin bir ortamda muhafaza edilmeleri gerekir (Başer, 2009).

Son yıllarda doğal koruyucu ajan olarak kullanılan uçucu yağların hastalık etmenleri üzerine etkileri incelenmiştir. Doğal olarak elde edilmeleri, doğaya zarar vermemesi ve insan sağlığını korumasından dolayı sentetik pestisitlere bir alternatif olacağı düşünülmektedir (Szczerbanik ve ark., 2007). Uçucu yağlar üzerine yapılan araştırmalarda bazı funguslar üzerine spor ve miselyum gelişimi engellendiği saptanmıştır (Tripathi ve ark., 2009). Örneğin, *Tybra spicata* var *spicata*'dan üretilen uçucu yağların, *Erwinia amylovora*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, (CMM) *Agrobacterium tumefaciens*, *E.caratovora* pv. *caratovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* gibi bitki patojenleri

üzerindeki etkisi incelenmek için denenmiş ve çalışmanın sonuçlarında uçucu yağların antibakteriyel etkisinin var olduğu ortaya çıkmıştır (Altundağ ve Aslım, 2005).

2.2. *Satureja hortensis*

Satureja cinsi *Lamiaceae* familyasına ait geyik otu, yalancı kekik gibi isimlerle bilinen aromatik içerikçe zengin bir cinstir. Plant List (2010)' göre *Satureja* cinsi için tür sıralamasına sahip 498 bilimsel bitki adı bulunup bunların 52'si kabul edilen tür adlarıdır. *Satureja* türlerine ait ekstraktlar ve bunlardan elde edilen uçucu yağlar antimikrobiyal etkilerinden dolayı ekonomik olarak önemlidir (Deans ve Svoboda, 1989; Regnault-Roger ve ark., 2004; Pavela, 2006).

Sturaje hortensis bitkisi günümüzde sarma, salata ve bazı etli yemeklerde çeşni ve baharat olarak çaya ve sabun çeşitlerine koku katmak amacıyla, ayrıca ilaç ve kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. *Satureja* bitkisi süs bitkisi olarak kullanılmasının yanı sıra, arılar içinde cezbedici bir bitki olduğundan polen kaynağıdır. Bundan dolayı kaliteli bal elde etmek için arıcılıkta yararlanılmaktadır. Diğer taraftan hayvanların bu bitkiyle otlatıldıklarında süt ürünlerinin kalitesinin arttığı kaydedilmektedir. *Satureja* bitkisinin balgam söktürücü, uyarıcı, gaz giderici, öksürük düşürücü, ateş düşürücü, ağrı kesici olup kramplar, bağırsak rahatsızlıkları, hazımsızlık, mide rahatsızlıkları diyabet ve kanser hastalıklarını tedavi etmede de kullanılmaktadır. Uçucu yağın antiparazitik antioksidan, antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu, eczacılık alanın yanı sıra gıda sanayisinde, içecek sanayisinde ve parfümeri endüstrisinde kullanılır (Fierascu ve ark., 2018). Son zamanlarda türün çiçekli halde veya çiçeklenmeden toplanması bitkinin populasyonunu tehdit etmektedir. Bu durum bitkinin verimini ve uçucu yağ kalitesini düşürüp tohum kalitesini de olumsuz etkilemektedir. *Satureja hortensis* uçucu yağının temel kimyasal bileşenlerinin (γ)-terpinene, karvacrol, α - terpinene, p-simen olduğu birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Ghannadi, 2002; Sefidkon ve ark., 2006; Gormez ve ark., 2015).

Satureja hortensis L. uçucu yağlarının mikrobiyal etkilerinin belirlenmesi için yapılan birçok çalışma mevcut olup bu bileşenlerin mantar, Gram (+) ve Gram (-) bakterilere karşı etkilerinin olduğu ve gıdaların korunmasına ek olarak bitkilerin hastalıklarına ve insanların tedavilerinde tıbbi olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır (Katar, 2015).

Satureja hortensis'e ait ekstraktlar, klinik bakterilerin yanı sıra bitki patojenlerinin de aralarında olduğu 55 adet bakteriye uygulanmış, uygulama sonuçlarında bitki ekstraktının klinik bakterilere karşı daha etkili olduğu, tedavi amaçlı ve ilaç üretimi için

kullanılabileceği saptanmıştır. Fakat bitki patojeni bakterilerden *Xanthomonas*, *Pseudomonas* ve *Clavibakter* türlerine karşı önemli bir sonuç alınmadığı vurgulanmıştır (Altundağ ve Aslım, 2005).

2.2. *Mentha longifolia*

Lamiaceae familyasına ait olan *Mentha* Türkiye’de 46 cins ve yaklaşık 600 türe sahiptir (Sönmez ve Köse, 2008). *Mentha* cinsi nane-yabani nane olarak bilinip yüksek oranda içerdiği limonen, menton ve mentol bileşikleri ile karakterizedir (Lawrence, 2006). Asya ülkelerinde birden fazla türle ifade edilen cinse ait birçok çalışma mevcuttur. Plant list (2010) verilerine göre cinse ait 1.086 bilimsel kayıt bulunup bunlardan 38 tanesi kabul edilen tür isimleridir. Bu türlerden biri de sulak alanlarda kolay yetişebilen *Mentha longifolia*’dır. *Mentha longifolia* türü soğuk algınlığından itihaplı rahatsızlıklara, sindirim sistemi rahatsızlıklarından adet bozuklukları gibi geniş yelpazedeki rahatsızlıklara karşı geleneksel tedavi amaçlı kullanılmıştır (Farzaei ve ark., 2017). İçerdiği piperitenon gibi bileşenlerin böcek kovucu, antilarvasidal etki gösterdiği rapor edilmiştir (Kavallieratos ve ark., 2022). Yüksek oranlarda uygulandıkları bitkilerde mantar misellerinin gelişimini %100 oranında inhibe edebilecekleri vurgulanmıştır (Ali ve ark., 2021). Kozmetik, gıda, hijyen ve ilaç gibi alanlardaki faydalarına ek olarak soğuk algınlığı, boğaz ağrısı, sakinleştirici, hazımsızlık ve mide bulantısına karşı da kullanıldığı belirtilmiştir (Biswas ve ark., 2014). Mentol yönünden zengin olan *M. longifolia*’nın uçucu yağı, bulantılarda ve mide rahatsızlığında hastanın rahatlamasını sağladığından nane şekeri ve nane sakızı üretiminde fazlaca tercih edilmektedir (Gedik ve ark., 2022). Türün uçucu yağ bileşimi, aroması ve kalitesi yetiştiği koşullarca belirlenmektedir (Kokkini, 1992; Özgüven ve Kırıcı, 1999).

Mentha longifolia uçucu yağ bileşenlerinin yoğunlukla; piperiton oksit, karyofilen, limonen, selinen, menthan, nepetalactone olduğu bildirilmiştir (Abbas ve ark., 2022; Shazdehahmadi ve ark., 2022; Kiliç ve ark., 2022). Bu içeriklerin sivrisinek kovucu aktivitelerinin (Abbas ve ark., 2022), karyojenik bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitelerinin (Shazdehahmadi ve ark., 2022), *Fusarium* cinsi mantarların misel gelişimini engellediği belirtilmiştir (Davari ve Ezazi, 2022).

2.3. *Thuja orientalis*

Mazı olarak da bilinen *Thuja* cinsi *Cupressaceae* familyasına ait olup odunu için veya süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Plant List (2010) verilerine göre Mazı cinsi için 60 adet bitki adı mevcut olup bunlardan 5 tanesi kabul edilen tür isimleridir.

Doğu mazısı olarak da bilinen *Thuja orientalis* L., *Platyclusus orientalis* adıyla da bilinip diğer *Thuja* sp. türlerine kıyasla oldukça küçüktür. 5 ile 12 m arası olup çok gövdelidir. Dalları dikey olarak yayılır. Kozalakları mazı türlerine göre oldukça büyük olup çapı 1 cm ile 1,5 cm arasında değişen geriye kıvrık ve mahmuzludur. *T. orientalis* bahçe bitkileri, ormancılık ve peyzaj için kullanılan çok değerli bir ağaçtır (Ahn ve ark., 2019). Sürekli yeşil olan ve dökülmeyen yaprakları sayesinde bahçe, park ve peyzajda kullanılması, hasadının budanarak yapılması yüksek ekolojik isteklerinin olmadığından kolay yetiştirilmesi gibi durumlar uçucu yağ elde edilmesinde avantaj sağlamıştır. Bitkiden elde edilen uçucu yağ verimliliğinin düşük olması dezavantaj olarak gösterilse de (Karsandıözü, 2019) uçucu yağ veriminin yüksek olduğu çalışmalar da mevcuttur (Seo ve ark., 2019).

T. orientalis'in meyve ve yapraklarının distilasyonunda farklı verim ve içerikte uçucu yağlar tespit edilmiştir. İçeriklerin yoğunlukla; α -pinen, karen, α -sedrol, β -phellandren, limonen, β -myrecene, terpinol, karyofilen, humulen olduğu gözlenmiştir (Guleria ve ark., 2008; Moawad ve Elham, 2019; Pradhan ve ark., 2021). Bitkinin; inşaat kazığı, müzik aleti, kano ve travers gibi ürünlerin yapılmasında kullanıldığı diğer taraftan tıbbi amaçlar için; bronşiyal nezle, sistit (idrar yolu enfeksiyonu), homeopati, sedef hastalığı, enürezis (alt ıslatma), romatizma, uterus nomaları gibi hastalıkları tedavi etmede ve geleneksel ilaçları elde etmek için kullanıldığı bilinmektedir (Biswas ve ark., 2011; Srivastava ve ark., 2012). Öte yandan yapraklarından elde edilen uçucu yağların zehirli olduğu bilinmektedir. Elde edilen bu uçucu yağlar ile ben, kanser, parazitik kurtlar, mantar enfeksiyonları gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Kamal ve ark., 2016). Gram pozitif bakterilere nazaran gram negatif bakterilere karşı aktivite gösterdiği ifade edilen söz konusu bitki bileşenlerinin (Khubeiz ve ark., 2016) her iki bakteri grubunda aynı etkiye neden olduğu da savunulmuştur (Shah ve Qadir, 2014).

2.4. Bitkilerde Sıkça Karşılaşılan Bakteriye Hastalıklar

2.4.1. *Clavibacter michiganensis* kaynaklı hastalıklar

Bitkilerin hastalanmasına sebep olan bakteriler çoğunlukla Gram (-) olan bakterilerdir. Buna karşın Gram (+) olan bakterilerde bitkiler için ciddi sonuçlar doğurabilecek hastalıklara yol açabilir. Bu bakterilerden biri olan bitkide kanser ve solgunluk hastalığına sebep olan *Clavibacter michiganensis* (Gartemann ve ark., 2003), ilk olarak 1909 yılında ABD'nin Michigan eyaletinde Grand Rapids'de keşfedildi. Bu hastalığı tespit eden Erwin F. Smith, hastalığa *Bacterium michiganense* ismini vermiştir. Hastalık bulunduğu bölgeden dolayı Grand Rapids olarak da anılmıştır. Sonra *Aplanobacter michiganense*, *Phytomonas michiganensis*, *Mycobacterium michiganensis* olarak isimlendirilen tür daha sonra *Corynebacterium michiganense* ismiyle anılmıştır. Tür; 1980 yıllarının sonlarında hücre duvarıyla ilgili çalışmalar neticesinde bugünkü adı olan *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* adını almış ve ülkemizde domates bakteriye kanser ve solgunluk hastalığı olarak adlandırılmıştır (Gleason ve ark., 1993). CMM'nin patojen olmayan formlarında bulunup bitkide hastalık yapabilmesi için iki farklı plazmit taşıması gerekmektedir. Plazmitlerde bulunan CelA (selülaz) ve Pat-1 (Serin proteazı) genlerinin her ikisinin bulunduğu durumlarda virülens aktivite görülmektedir (Gartemann ve ark., 2003). Domates bitkisinde hastalık yapmasıyla bilirse de biber (Oh ve ark., 2016), mısır, çalı fasulyesi, bakla, kolza ve bezelyenin (Van der Wolf ve ark., 2005) toprak üstü kısımlarından da izole edilmiştir.

2.4.2. *Pseudomonas corrugata* kaynaklı bitkisel hastalıklar

İlk defa İngiltere domates seralarında domates gövde nekrozunda tespit edilen *Pseudomonas corrugata* Scarlett ve ark. (1978) tarafından yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir. Hastalığa neden olan bakteri izole edilerek biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik özellikleri dikkate alınarak *Pseudomonas corrugata* olarak isimlendirilmiştir (Baki, 2014).

Ülkemizde de domates yetiştirme faaliyetlerinde oldukça sık karşılaşılan domates öz nekrozu hastalığına neden olan *Pseudomonas corrugata*'nın varlığı üzerine yapılan ilk çalışma Demir (1990) tarafından yapılmış olup, çalışmada kimyasal, morfolojik ve patojenistelere bakılarak hastalığa sebep olan organizmanın *Pseudomonas corrugata*'nın olduğu tespit edilmiştir (Baki, 2014). Antifungal bileşenlere sahip türün mısır yetiştirilen topraklardan izole edilebildiği (Pandey ve Palni, 1998), ürettiği antifungal bileşenlerin ise

uygulamalarda zon oluşturmada mantar gelişimini inhibe ettiği dolayısıyla uçucu karakterde bileşenlere sahip olduğu vurgulanmıştır (Trivedi ve ark., 2008). Domateste oluşturduğu hastalıkla bilinen bu gram (-) patojenin bunun dışında (Catara, 2007) biber (Lopez ve ark., 1994), mısır (Kumar ve ark., 2007) gibi bitkileri de enfekte edebileceği vurgulanmıştır.

2.4.3. *Pseudomonas syringae* kaynaklı bitkisel hastalıklar

Domates bakteriyel benek hastalığı etmeni *Pseudomonas syringae* gram negatif aerobik bir bakteridir. Bakteriyel benek hastalığının en uygun gelişme sıcaklığı 20 ile 25 °C olmakla birlikte maksimum 33 °C bulmaktadır. Bu sıcaklıklar, domatesin yetiştiği mevsim sıcaklıklarına yakın sıcaklıklardır. Hastalığa neden olan mikroorganizma sadece bitki bünyesinde kalmayıp toprağa karışan organik bitki atıkları ile toprağa geçip burada 1-2 yıl canlılığını koruyabilmektedir. Böylece sonraki yıl tekrar bitkiye bulaşabilmektedir. Çiçeklenme döneminde hastalığın meydana gelmesi meyve tutumunu etkileyeceğinden ürün kaybı önemli ölçüde olmaktadır (Altundağ ve Aslım, 2005). Bitkiye açık yaradan veya stomalardan girip epifit olarak yaşayabilen söz konusu bakterinin birçok bitkiyi etkilediği bilinmektedir. Bitki hücreindeki efektör transloke proteinleri etkileyen, hücre duvarını degrade eden enzimler sentezleyen ya da bitki hormonlarını bloke edebilen farklı virülens özelliklere sahip söz konusu organizma (Xin ve ark., 2018) domates dışında fasulye (Taylor ve ark., 1996), biber (Buonaurio ve Scortichini, 1994), börülce ve mısır gibi (Gross ve DeVay, 1977) bitkilerde de etkili olabilmektedir.

2.4.4. *Erwinia caratovora* kaynaklı bitkisel hastalıklar

Erwinia caratovora, patates bakteriyel yumuşak çürüklüğü hastalığına neden olan gram negatif fakültatif anaerob bir bakteridir. Söz konusu mikroorganizma kaynaklı hastalığın oluşma sıcaklığı 36 -42 °C arasındadır. Enterobacteriaceae familyasına ait tür, bitki hücre duvarını ve orta lameli parçalayan peptolitik enzimler salgılar. Böylece bitkinin toprakla birleştiği bölgede çürükler oluşturarak bitkinin kopmasına sebep olur. Hastalık bulaşmış yumruların sağlıklı olanlarla depolandığında ürün kaybına neden olur (Altundağ ve Aslım, 2005). T4 faj lizozimi olarak bilinen bazı bakteriyolitik enzim üretebilen transgenik bitkilerin söz konusu organizmaya karşı koruma sağlayabildiği vurgulanmıştır (Düring ve ark., 1993). Türün patates dışında biber (Hadas ve ark., 2001),

domates (Çetinkaya-Yıldız ve Aysan, 2004) ve yosun gibi bitkileri (Ponce de León ve ark., 2007) de enfekte ettiği bilinmektedir.

2.4.5. *Xanthomonas axonopodis* kaynaklı bitkisel hastalıklar

Gram (-) bir bakteri olan *X.axonopodis*'in çoğu ekonomik açıdan önemli tahıl grubu olmak üzere 400'den fazla bitkiyi konak olarak kullanıp hastalık yapabileceği ifade edilmiştir (Mhedbi-Hajri ve ark., 2013). Geliştiği optimum sıcaklık 29°C'dir. Bulaştığı tohumlarla topraktaki varlığını sürdürebilen tür, tohum dışında hastalık yaptığı bitki artıklarıyla toprağa geçebilmekte 2-3 yıl arasında canlılığını sürdürebilmektedir. Enfeksiyonlar fide ve bitkilerde kavruk bir hal oluşturup oluşan hastalık üründe verim kaybına neden olmaktadır (Aydemir, 2008).

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli*, tropik bölgelerden ılıman bölgelere kadar yetişen bitkilerde adi yaprak yanıklığı hastalığı olarak bilinen hastalığa sebep olur. Arazideki verimi düşürme kapasitesi ve tohum kaynaklı olması nedeniyle, dünya genelinde ekonomik bakımdan domates bitkisini olumsuz etkileyen bir mikroorganizmadır (Candemir, 2022). Domates dışında en etkili olduğu bitki türleri arasında fasulye (Mahuku ve ark., 2006), manyok (Restrepo ve ark., 2000) nar (Sharma ve ark., 2012) gibi bitkiler sayılabilir.

2.4.6. *Xanthomonas vesicatoria* kaynaklı bitkisel hastalıklar

Domates bakteriyel leke hastalığı gram (-) kaynaklı bakteriyel bir hastalıktır. Bu hastalığın en uygun gelişme sıcaklığı 29 °C'dir. Hastalık etmeni bakteri diğer örneklerde olduğu gibi bitkinin sadece tohumunda kalmamakta, bitkinin atıkları ile toprağa bulaşarak 2-3 yıl canlılığını koruyabilmektedir. Erken enfeksiyon belirtileri genç bitki ve fidelerde kavrulmuş gibi bir durum gözlenmektedir. (Altundağ ve Aslım, 2005). Domates, biber ve tütün bitkilerine uygulanan söz konusu mikroorganizmaya karşı her bir bitkinin duyarlı olduğu vurgulanmıştır (Cook ve Stall, 1969). Bakteriyi kontrol altına almak için oksitetrasiklin, bakır oksiklorid, hidrojen peroksit ve karanfil yağı gibi bileşenler uygulanmış bakırlı bileşenlerin önemli derecede antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (El-Fiki ve Eman, 2022). Biberde hastalık yapabilen türün bakır bileşenleriyle kontrolüne alternatif yöntemlerin bulunması da önerilmiştir (Hernández-Huerta ve ark., 2021).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Çalışmada kullanılan esansiyel yağların elde edildiği bitkilerden *Satureja hortensis*, Bingöl ili Genç ilçesi kırsalından toplanmıştır. *Thuja orientalis* ve *Mentha longifolia* ise Muş Alparslan üniversitesi kampüsünden toplanmıştır. Uçucu yağların uygulandığı biber tohumları (üçburun) ise ticari olarak satın alındı.

3.1.2. Kullanılan mikroorganizmalar

Çalışmada kullanılan bitki patojenleri, Erzurum Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümü laboratuvarından temin edildi. Kullanılan mikroorganizmaların detaylı bilgileri Çizelge 3.1’ de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan bitki patojenleri ve kaynakları

No	Mikroorganizma Adı	İzole edildiği bitki
1	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	Domates
2	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	Domates
3	<i>Pseudomonas corrugate</i>	Domates
4	<i>Pseudomonas syringae</i>	Domates
5	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	Domates
6	<i>Xanthomonas axonopodis</i>	Biber

3.1.3. Kullanılan ekipmanlar

Çalışma, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Laboratuvarı ile Teknik Bilimler MYO Gıda Laboratuvarlarının altyapıları kullanılarak gerçekleştirildi. Kullanılan ekipman listesi Çizelge 3.2’ de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan cihazlar

No	Kullanılan Cihazlar	Marka
1	Blender	Waring
2	Buzdolabı, Derin Dondurucu	Arçelik, Vestel
3	Clevenger	Borosil
4	Çalkalayıcı	Thermoshake
5	Steril Kabin	Mikrotest
6	Otoklav	Nüve
7	Hassas Terazı	And GR-200 Japon
8	İnkübatör	Nüve
9	Otomatik Pipetler	THERMO
10	Manyetik Karıştırıcı	Nüve
11	Mikrodalga Fırın	Arçelik
12	Saf Su Cihazı	Nüve
13	Santrifüj	Centrion
14	Soğutmalı Santrifüj	
15	Spektrofotometre	Shimadzu,

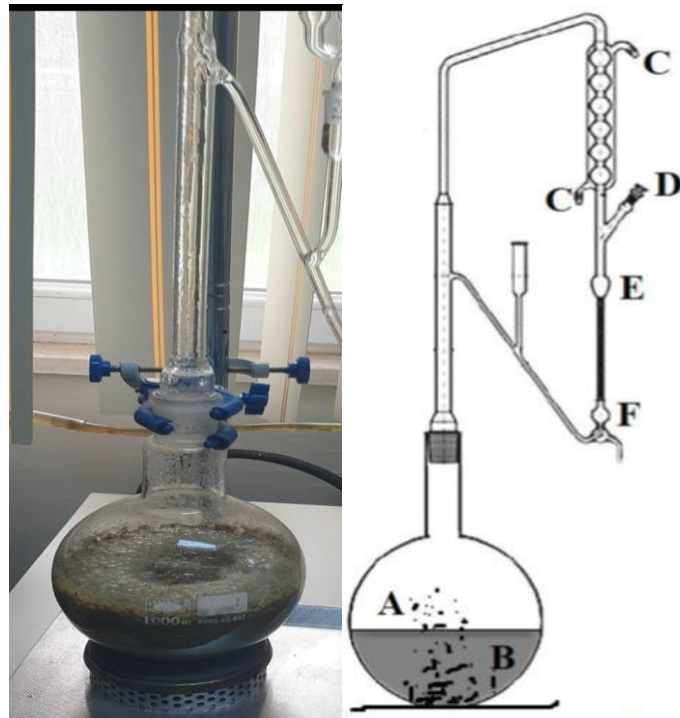
3.3.4. Bitki besin solüsyonu

Bitki gelişimi için ticari olarak satılan tartes bitki besinleri (A ve B) temin edildi. A solüsyonunun içeriğinde %1,6 amonyum azotu, %8,7 nitrat azotu, %7,5 potasyum oksit, %8,6 kalsiyum, %0,3 demir bulunurken B solüsyonunun içeriği ise %2,1 nitrat azotu, %6,4 fosforpentaoksit, %11,6 potasyumoksit, %0,1 çinko, %0,03 bor, %0,003 bakır, %0,004 molibdenden oluşmuştur. Besin solüsyonu steril edilmiş 1 litre saf suya 2 ml Solüsyon A, 2 ml Solüsyon B eklenerek hazırlandı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Uçucu yağların elde edilmesi

Satureja hortensis, *Thuja orientalis* ve *Mentha longifolia* bitkileri toplandıktan sonra gölgelik alanda kuruyuncaya kadar bekletildi. Kurutulan örnekler blender ile toz haline getirilip her bir örnekten yaklaşık 50 g tartılarak clevenger aparatına yerleştirildi (Şekil 3.1). Hidrodistilasyon yöntemiyle 12 saat boyunca elde edilen uçucu yağlar kullanılacağı zamana kadar +4 C’de bekletildi (Bozarı, 2011).



Şekil 3.1 Clevenger hidrodistilasyon mekanizmasında *Thuja orientalis* uçucu yağlarının eldesi (solda) (A) Örneği, (B) Suyu, (C) Soğuk su giriş ve çıkışlarını, (D) Yoğunlaşmamış gazlar için havalandırma deliğini, (E) Ekstrakt biriktirme ünitesini (F) Ayırma vanası (sağda)

3.2.2. Antimikrobiyal aktivite tayini

3.2.2.1. Mikroorganizmaların hazırlanması

Stok bakteri kültürlerinden Triptik Soy Agar (TSA)'a çizgi ekim şeklinde yayılan mikroorganizmalar 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakıldı. Daha sonra gelişen mikroorganizmalardan tek düşen koloni alınarak Triptik Soy Broth (TSB)'a aktarılıp 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakıldı. 24 saat sonunda gelişen mikroorganizmalar çalışmaya hazır hale getirildi.

3.2.2.2. MIC (Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) değerinin hesaplanması

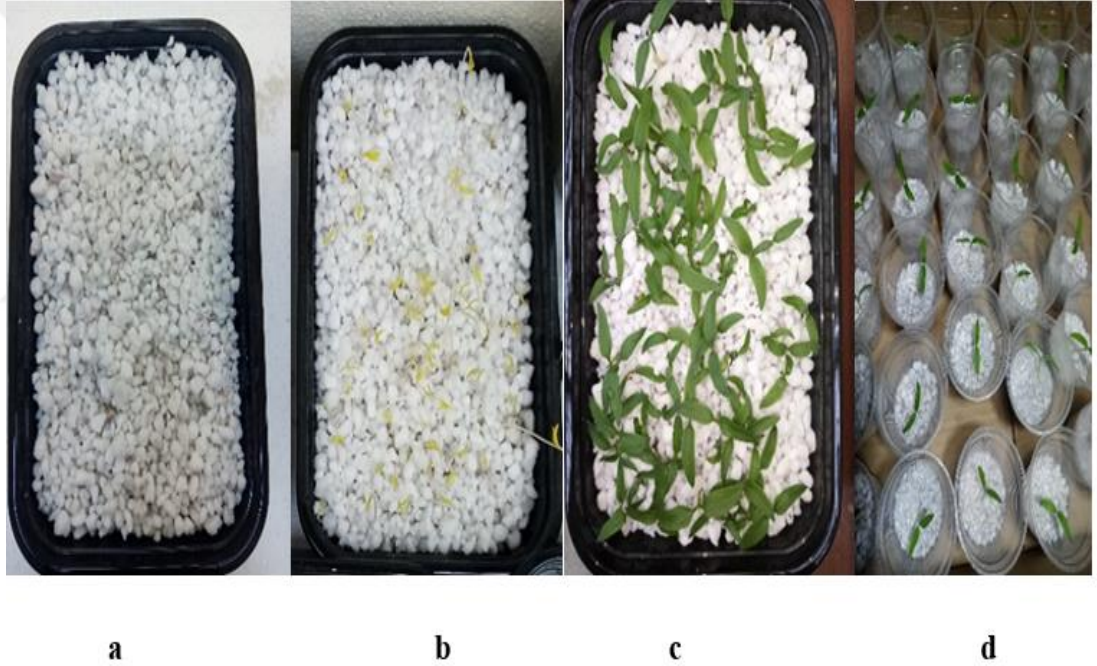
Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC) testi ile kullanılan uçucu yağların test mikroorganizmalarına karşı etkili olan en düşük miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Söz konusu test antimikrobiyal maddenin etkinliğini ölçmektedir (Akarca ve Tomar, 2018). Uçucu yağların etkili olduğu konsantrasyonları belirlemek için %10 (DMSO) çözeltisi ile başlangıç dilüsyonu 1/1 (v/v) hacim olacak şekilde seri dilüsyonlar şeklinde hazırlandı. Sıvı besiyerine 1/10 oranında ekilen mikroorganizmalara farklı dozlarda uçucu yağ içeren çözeltilerden 1/9 oranında solüsyon eklendi. Farklı dozlarda uçucu yağ içeren mikroorganizma kültürleri 37 °'de inkübe edildi. Mikroorganizmaların gelişim sürelerine göre 24-48 saat inkübe edilen örneklerde gelişimin görüldüğü ilk dozdan önceki doz MIC değeri olarak değerlendirildi (Dadaşoğlu, 2016).

3.2.2.3. Disk difüzyon yöntemi

Satureja hortensis, *Thuja orientalis* ve *Mentha longifolia*'dan elde edilen uçucu yağların antibakteriyel aktivitelerinin tayini için seçilen mikroorganizmalara (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, *Pseudomonas corrugate*, *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Xanthomonas axonopodis*) uygulama disk difüzyon yöntemiyle gerçekleştirildi. Uçucu yağlardan 640, 320, 160, 80, 40, 20, 10 µL/mL dozlarında stok çözeltiler hazırlandı. Daha önce canlandırılmış mikroorganizmalardan 100 µL sıvı bakteri kültürü alınarak uygun katı besiyerlerine yayıldı. Aynı besiyerlerine eklenen steril mm çapındaki disklere yukarıda belirtilen yedi farklı dozda 5 µL/disk olacak şekilde uçucu yağlar emdirildi. Negatif kontrol olarak Dimetilsülfoksit (DMSO), pozitif kontrol olarak ise Eritromisin, Kloramfenikol ve Tetrasiklin antibiyotikleri kullanıldı. Tüm denemeler 3 kez tekrarlandı. Çalışmalar steril kabinde gerçekleştirildi.

3.2.3. Biber tohumlarının çimlendirilmesi

Ticari olarak temin edilen biber tohumları %5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) ile 5 dakika boyunca 1000 rpm de çalkalandı. Daha sonra tohumlar süzgeç ile alınıp 3-4 kez saf sudan geçirilerek yüzeysel sterilizasyona tabi tutuldu. 121°C 15 dakika otoklavda steril edilmiş perlit çimlenme kaplarına (5x10x20cm) 500 ml olacak şekilde dolduruldu. Daha sonra yaklaşık 50 adet steril tohum pens yardımıyla ilk çimlenme için kaplara yerleştirildi. Tohumların üstü 250 ml perlitle örtüldü. 300 ml besin solüsyonu eklenen örnekler 25°C'ye ayarlanmış etüvde çimlenmeye bırakıldı. 72 saat aralıklarla tohum örneklerine 50 ml besin solüsyonu çimlenme gerçekleşinceye kadar eklendi. 21 günlük çimlenme sonrası gelişen biber fideleri 70 ml perlit içeren şeffaf pet bardaklara ekildi. Uygulama sonuna kadar ekimi yapılmış bitkiler florasan lamba altında oda sıcaklığında (23 ±2) tutuldu. 72 saatte bir her örneğe 10 ml besin solüsyonu eklendi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Biber tohumlarının gelişim süreci (a=1. gün, b=7.gün, c-d=21 gün)

3.2.4. Uçucu yağların bitki örneklerine uygulanması

Çimlenmiş ve en az dört yapraklı hale gelmiş biber fidelerine, uçucu yağların mikroorganizma gelişimini önleme ve gidermeye yönelik etkilerini test etmek için deney düzeneği aşağıdaki gibi düzenlendi. Pozitif kontrol olarak kullanılan bakteri örnekleri gençleştirilmiş stoklardan alındı (10^{-1}). Negatif kontrol için tween 20 içeren saf steril su kullanıldı. Uygulanan uçucu yağların konstrasyonları MIC değerlerine göre belirlendi. Mic değerlerinin üzerinde yapılan ön uygulamalarda uçucu yağların bitki fide

yapraklarında yanıklara neden olduğu ve belirli bir süre sonra bitki ölümlerinin meydana geldiği belirlendi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. MİC değeri üzerindeki *S. hortensis* uçucu yağlarının uygulandığı fide örneklerinin birinci günü (Üstte) ile yedinci gün (altta) görselleri

MİC değerlerine göre uygulamalar ise aşağıdaki gibi gerçekleştirildi.

- 1) Kontrol için en üsteki dört yaprağa 5 µl Tween+ steril su uygulanıp kurutuldu.
- 2) Önleme için en üsteki dört yaprağa 5 µl yağ içeren solüsyon uygulandı kuruduktan sonra 5µl bakteri uygulandı.
- 3) Giderme için en üsteki dört yaprağa önce 5µl bakteri uygulanıp kuruduktan sonra 5µl yağ içeren solüsyon uygulandı.
- 4) Sadece yağ uygulamaları için en üsteki dört yaprağa 5µl yağ uygulandı.
- 5) Sadece bakteri için en üstteki dört yaprağa 5 µl bakteri uygulandı.
- 6) Ugulanan solüsyonların herbiri steril çubuklu pamukla yaprak yüzeyine yayıldı.
- 7) Çalışmalar her bir bakteri ve yağ örnekleri için üç tekrarlı yapıldı.

- 8) Örnekler aralarında en az 20'şer cm'lik aralıklarla oda sıcaklığında ($23\pm 2C^{\circ}$) sürekli ışık altında bir haftalık gelişim periyoduna bırakıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.4. *S. hortensis* uçucu yağının uygulandığı bitki örnekleri (Sırasıyla *E. caratovora*, *P. syringea*, *C. michiganensis*, *X. vesicatoria*, *X. axonopodis*, *P. corrugate* görselleri yukardan aşağıya doğru sıralanmıştır)

3.2.5. Fide uygulamalarında uçucu yağların bakteriler üzerine etkisinin tespiti

Mikroorganizma ve uçucu yağ uygulanan örnekler, 1 haftalık gelişim sürecinden sonra parametrelerin belirlenmesi için hasat edildi. Süreç şu şekilde planlandı: Uçucu yağ ve mikroorganizma uygulanan örneklerin 1 haftalık periyottan sonra bakterilerin canlılıklarının test edilebilmesi için bitki örneklerinden ayrılması sağlandı. Bunun için uygulama yapılan en üsteki 4 yaprak steril makasla kesilip hassas terazide tartımları yapılarak deney tüplerine konuldu. Yaprak örneğinin ağırlığının 9 katı kadar deney tüplerine pepton (steril) eklendi. Daha sonra örneklerin bulunduğu tüpler 10 saniye vortexlendi. Böylece mikroorganizmaların solüsyona geçişi sağlandı. Sonraki süreçte bakteri içeren solüsyonların uygun besiyerlerinde çoğalmaları sağlanıp sayılacak kolonilerle bakteriyel yükler hesaplandı. Yapılan ön denemelerde, doğrudan yıkanan örneklerle yapılan ekimlerde *Thuja orientalis* ile *Mentha longifolia* uygulamalarında düşük antimikrobiyal aktivitelerinden dolayı dilüe (10^{-4}) edilme ihtiyacı hasıl oldu. *Satureja hortensis* uçucu yağlarının uygulandığı örneklerde ise dilüsyon yapılmadan en yoğun bakteri solüsyonuyla ekimler yapıldı. Bakteri içeren solüsyonlardan 100 µl ilgili besiyerine yayma şeklinde ekim yapıldı. Örnekler 24-48 saat 37°C'deki etüvde bekletildi. Ekimden 24-48 saat sonra koloni sayımı yapıldı. Pepton içindeki bitki örnekleri +4 °C'de klorofil tayini için kullanıldı.

3.2.6. Fotosentetik pigment miktarı tayini

Aynı bitki örnekleri fotosentetik pigment miktarının hesaplanması için kullanıldı. Örnekler 0,1 gram yaprak örneğine 4 ml aseton olacak şekilde çözücü eklenerek havanda ezilip homojen hale getirildi. Homojenize edilen örnekler 15°C'de 10 dakika 7000 rpm'de santrifüj edildi. Süpernatant kısmı spektrofotometrede 470, 645 ve 662 nm dalga boylarında ölçüldü.

Fotosentetik pigment miktarları;

Klorofil a için; $Kl-a \text{ mg/g} = [(12.25 \times A_{663.2}) - (2.79 \times A_{646.8})] \times V/W$,

Klorofil b için; $Kl-b = [(21.50 \times A_{646.8}) - (5.10 \times A_{663.2})] \times V/W$

Total Klorofil için; $Kl-T = [(7.15 \times A_{663.2}) + (18.71 \times A_{646.8})] \times V/W$ ve

Karotenoid miktarları için Karotenoid = $[(1000 \times A_{470}) - (1.82 \times Kl-a) - (85.02 \times Kl-b)] / 198 \times V/W$ formülleri kullanılarak gerçekleştirildi.

V= Kullanılan aseton hacmi (mL)

W= Kullanılan bitki ağırlığı (mg) (Şahin, 2020)

3.2.7. İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz için SPSS V22 paket programı kullanıldı. Örnekler arasındaki anlam dereceleri One Way ANOVA ile test edildi. Veri grupları arasındaki önemli düzeydeki ($P<0,05$) farklılıklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Antimikrobiyal Aktivite Sonuçları

Yedi farklı dozda altı farklı mikroorganizmaya uygulanan *Satureja hortensis* uçucu yağlarının pozitif kontrollere göre önemli derecede antimikrobiyal aktivite gösterdiği gözlemlendi. *Xanthomonas vesicatoria* dışındaki diğer mikroorganizmaların tümünde kontrole göre daha iyi aktivite gösteren uçucu yağların 5 µL/mL'nin üzerindeki tüm dozlarda aktivitesi tespit edildi. En yüksek aktivite *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*'ya karşı gözlenirken en düşük aktivite *Pseudomonas syringae*'ye karşı belirlendi (Çizelge 4.1, Şekil 4.1).

Bir bakteri (*Streptomyces spp*) tarafından üretilen tetrasiklin antibiyotiği aminoaçil-tRNA kompleksini inhibe ederek translasyonu önleyen bakteriyostatik aktiviteye sahip bir bileşiktir. Test edilen her mikroorganizmaya karşı, diğer antibiyotiklere göre daha etkili olduğu görülen tetrasiklin antibiyotiği ile karşılaştırıldığında 640 ve 320 µL/mL dozlarında uygulanan *S.hortensis* uçucu yağlarının istatistiksel olarak benzer etkilere neden olduğu belirlendi.

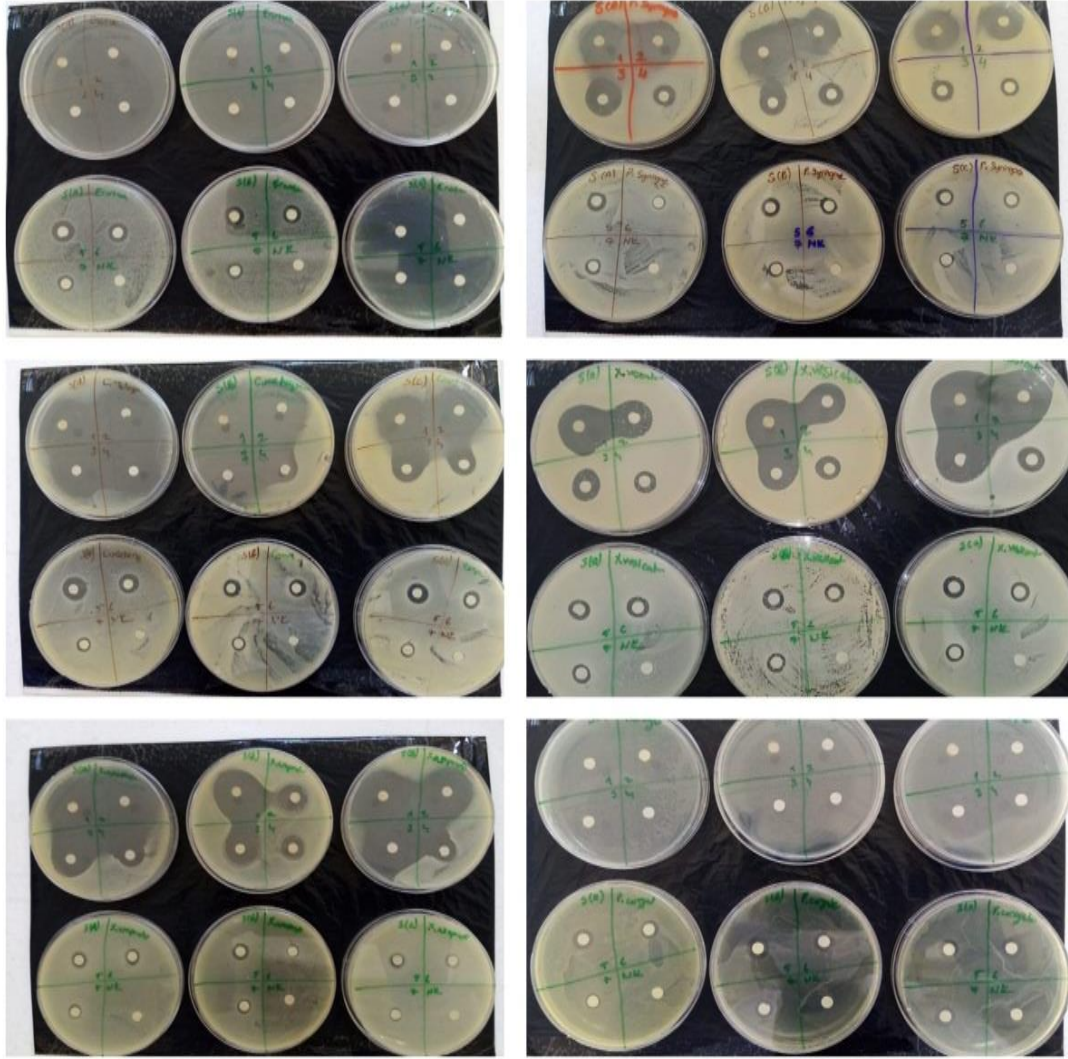
Yine bir *Streptomyces spp.* türünden elde edilen benzer şekilde ribozomun 50S alt birimine bağlanmak suretiyle translasyonu ihibe eden kloramfenikol ile uygulanan uçucu yağların yüksek dozlarının istatistiki açıdan benzer etkilere neden olduğu gözlemlendi (Çizelge 4.1).

Bir diğer *Streptomyces spp.* türünden izole edilen eritromisin de Tetrasiklin ve kloramfenikol antibiyotiklerinin etki mekanizmasına benzer etki sergilemektedir. Söz konusu antibiyotik, hem 50S alt birimin 30 S alt birimle kompleks kurmasını engeller hem de aminoaçil-tRNA kompleksinin translokasyonunu engelleyerek aktivite gösterir. *Xanthomonas* türleri ile *P. corrugate* 'ye uygulanan ilk uçucu yağ dozlarının bu antibiyotiğe göre daha fazla etki ettiği ve oluşan farkın istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlendi.

Çizelge 4.1 *Satureja hortensis* uçucu yağlarının farklı mikroorganizmalara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları (mm)

Bakteri	640 µL/mL	320 µL/mL	160 µL/mL	80 µL/mL	40 µL/mL	20 µL/mL	10 µL/mL	NK Tween 20(10%)	PK			MIC Kon
									ER	CL	TET	
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	13,00±1,52 _d	12,00±1,15 _d	10,00±3,05 _c	5,66±1,76 _b	3,66±0,33 _a	2,5±0,28 _a	1,33±0,16 _a	0 ^a	8,5±0,5 _c ^d	9,00±0 _c ^d	10,00±0,5 _c ^d	5 µL/mL
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	15,0±0 ^e	15,0±0 ^e	15,0±0 ^e	15,0±0 ^e	3,33±0,33 _d	2,5±0,28 ^c	1,5±0 ^b	0 ^a	2,7±0,25 ^c	0 ^a	16,25±0,25 ^f	5 µL/mL
<i>Pseudomonas corrugate</i>	14,33±0,66 ^b	14,00±1,0 ^b	14,33±1,2 ^b	12,33±3,17 _b	2,33±0,44 ^a	2,16±0,16 _a	1,5±0,28 ^a	0 ^a	3,25±0,25 _a	15,00±1,0 ^b	14,00±0 ^b	5 µL/mL
<i>Pseudomonas syringae</i>	10,00±0 ^d	9,00±0 ^d	5,00±1,52 ^c	2,66±0,33 _b	2,16±0,33 _b	1,00±0,28 _a	0,83±0,16 _a	0 ^a	9,00±0 ^d	6,5±0,5 ^c	9,5±0,5 ^d	5 µL/mL
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	11,73±0,33 _d ^e	7,66±1,20 ^c	6,00±1,52 ^c	2,83±0,16 ^b	2,16±0,16 _a	1,66±0,16 _a	1,33±0,16 _a	0 ^a	11,00±1,0 _d ^e	10,5±0,5 ^d	13,00±1,0 ^e	5 µL/mL
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	12,33±0,33 ^f	10,66±2,60 ^{ef}	9,00±1,15 ^d ^e	4,00±0 ^{bc}	1,83±0,6 ^a _b	0,70±0,3 ^a	0,53±0,26 _a	0 ^a	6,50±0,5 ^{cd}	6,25±0,25 ^{cd}	5,75±0,25 ^{cd}	5 µL/mL

Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
Kon:Konsantrasyon, NK: Negatif Kontrol, PK: Pozitif Kontrol, ER: Eritromisin, CL: Kloramfenikol, TET: Tetrasiklin



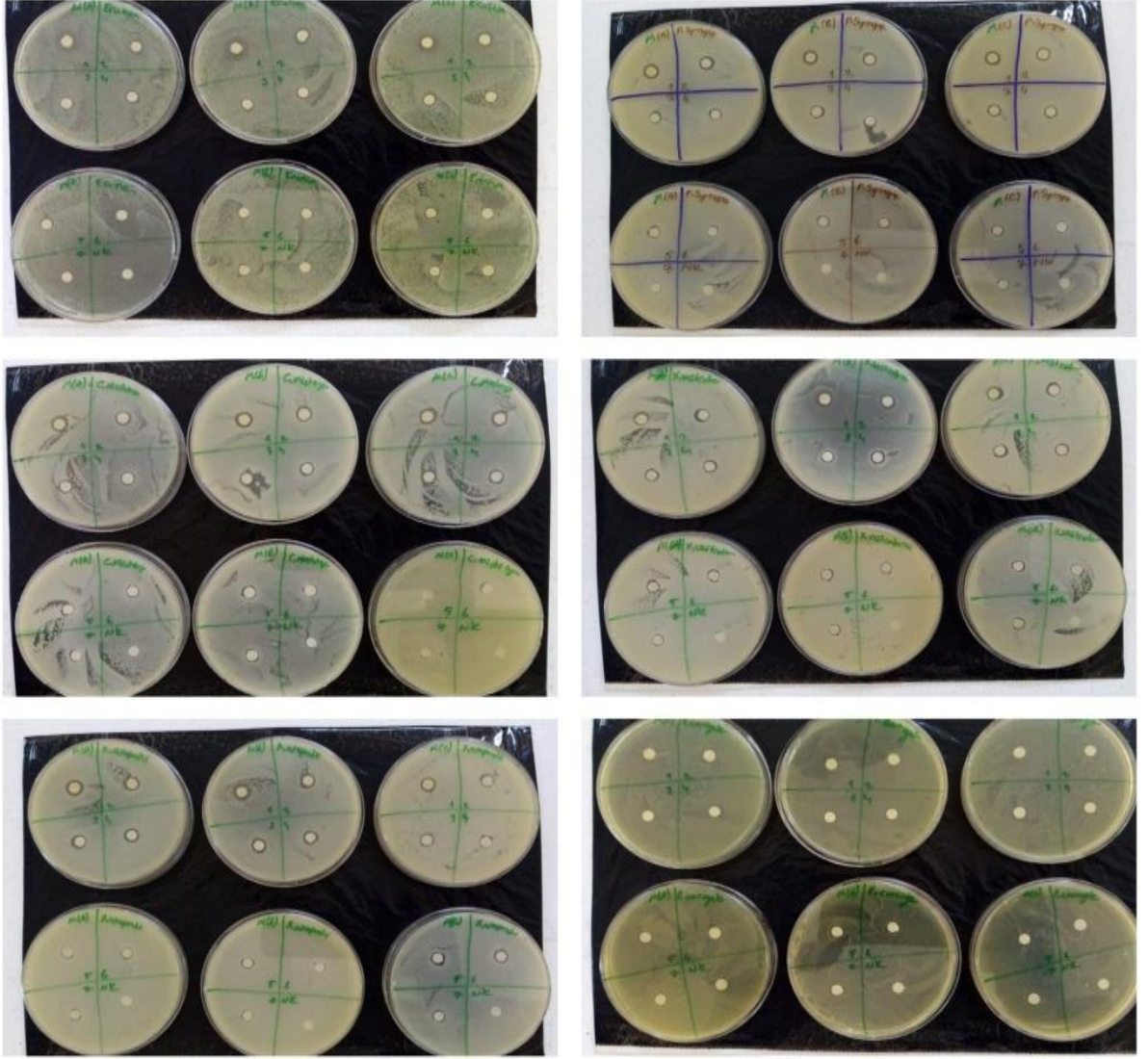
Şekil 4.1 *Satureja hortensis* esansiyel yağının uygulandığı mikroorganizmalarda zon oluşumu (*E. carotovora*, *P. syringae*, *C. michiganensis*, *X. vesicatoria*, *X. axonopodis*, *P. corrugate* bakterileri soldan sağa görseldeki sıralamaya göre yazılmıştır)

Satureja hortensis uçucu yağlarının gösterdiği etkinin çok altında aktivite gösteren *Mentha longifolia* uçucu yağları, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*'ya uygulanan 640 µL/mL dozunda Eritromisin antibiyotiğine göre daha fazla antimikrobiyal zon oluştururken bunun dışındaki tüm dozlarda pozitif kontrollere göre istatistiki olarak anlamlı ve düşük aktivite gösterdiği belirlendi. Uçucu yağ uygulanan en yüksek dozlar ile en düşük dozlar arasında çoğunlukla önemli farklar gözlenmedi. MIC (Minimum İnhibitör Konsantrasyonu) değerlerinin de farklı mikroorganizmalarda farklı değerlerde seyrettiği tespit edildi (Çizelge 4.2, Şekil 4.2).

Çizelge 4.2 *Mentha longifolia* uçucu yağlarının farklı mikroorganizmalara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları (mm)

Bakteri	640	320	160	80	40	20	10	NK Tween 20(10%)	PK			MIC Kon
	µL/mL	µL/mL	µL/mL	µL/mL	µL/mL	µL/mL	µL/mL		ER	CL	TET	
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp.michiganensis	1,5±0 ^c	1,0±0 ^{a b c}	1,0±0,5 ^{a b} _c	0,4±0,1 ^{a b}	0,1±0,05 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	8,5±0,5 ^d	9,0±0 ^d	10,0±0,5 ^e	20 µL/mL
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	3,33±0,88 ^d	1,83±0,16 ^{b c}	0,83±0,16 ^a _b	1,0±0 ^{a b}	0,66±0,16 _a	0,66±0,16 _a	0,5±0 ^a	0 ^a	2,75±0,25 ^c _d	16,25±0,25 ^f	14,00±0 ^e	5 µL/mL
<i>Pseudomonas corrugate</i>	1,00±0 ^b	1,16±0,16 ^b	1,00±0,28 _b	1,33±0,16 _b	0,83±0,16 _{a b}	0,53±0,26 _{a b}	0,5±0 ^{a b}	0 ^a	3,25±0,25 _c	15,0±1,0 ^e	14,0±0 ^d	5 µL/mL
<i>Pseudomonas syringae</i>	1,33±0,16 ^c	1,00±0 ^{b c}	0,83±0,16 _{b c}	0,53±0,26 ^a _b	0,5±0 ^{a b}	0,16±0,16 _a	0 ^a	0 ^a	9,00±0 ^e	6,5±0,5 ^d	9,5±0,5 ^e	10 µL/mL
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	1,5±0,28 ^d	1,33±0,16 ^c _d	1,0±0 ^{a b c d}	1,16±0,16 ^b _{d c}	0,5±0 ^{a b c d}	0,33±0,16 _{a b c}	0,16±0,16 _{a b}	0 ^a	11,0±1,0 ^e	10,5±0,5 ^e	13,0±1,0 ^f	10 µL/mL
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	1,4±0,30 ^c	1,0±0,28 ^{b c}	0,86±0,40 _{a b c}	0,66±0,33 _{a b c}	0,66±0,16 _{a b c}	0,5±0,28 ^a _{b c}	0,16±0,16 _{a b}	0 ^a	6,5±0,5 ^d	6,25±0,25 ^d	5,75±0,25 ^d	10 µL/mL

Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
Kon:Konsantrasyon, NK: Negatif Kontrol, PK: Pozitif Kontrol,ER: Eritromisin, CL: Kloramfenikol, TET: Tetrasiklin



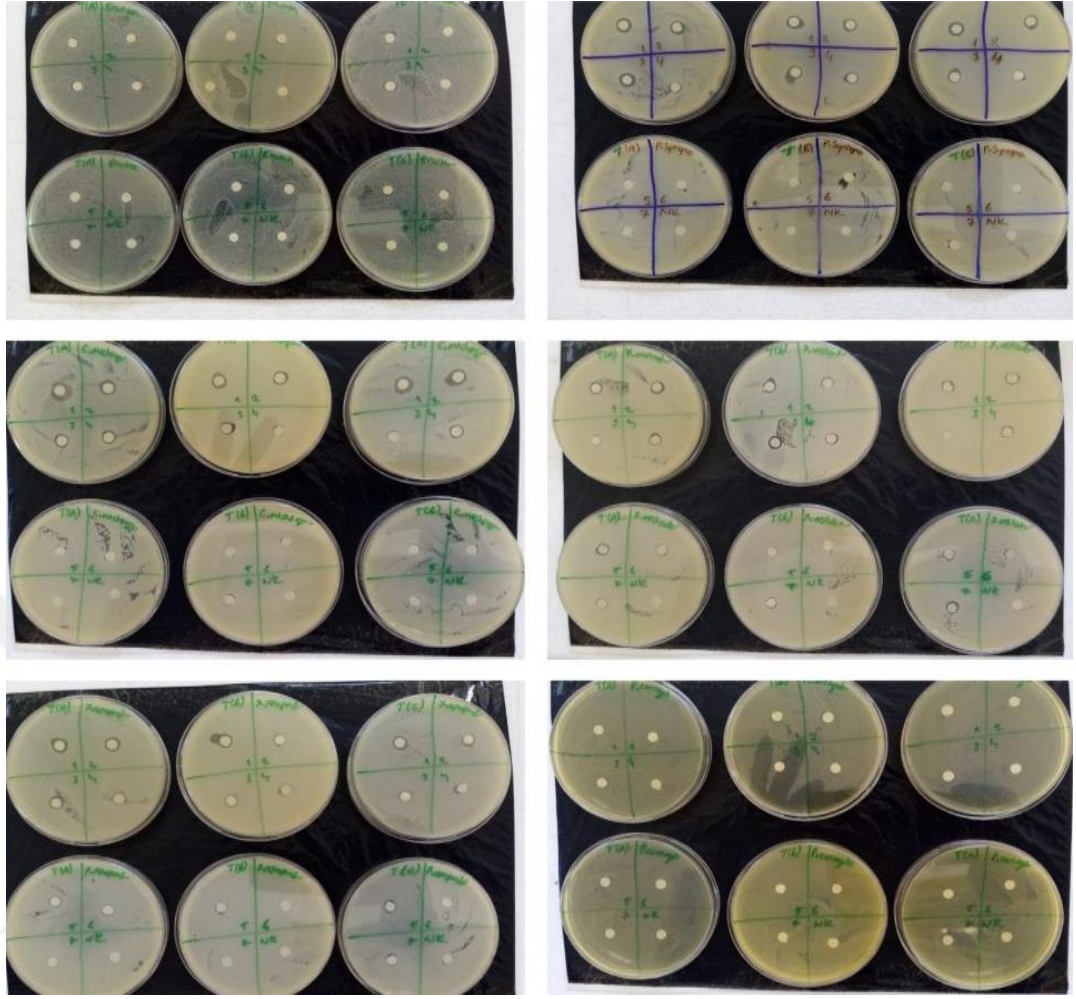
Şekil 4.2 *Mentha longifolia* esansiyel yağının uygulandığı mikroorganizmalarda zon oluşumu (*E. caratovora*, *P. syringae*, *C. michiganensis*, *X. vesicatoria*, *X. axonopodis*, *P. corrugate* bakterileri soldan sağa görseldeki sıralamaya göre yazılmıştır)

Thuja orientalis uçucu yağlarının uygulandığı dozların tümünde zayıf antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Uygulanan üç farklı uçucu yağ içeriğinden en düşük MİC 160 µL/mL değerile bu örnekte tespit edildi. Çoğu bakteride uygulanan dozlar arasındaki fark önemli olmayıp en yüksek aktivitenin *Clavibacter michiganensis* subsp.*michiganensis*'e karşı gösterildiği tespit edildi (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3).

Çizelge 4.3 *Thuja orientalis* uçucu yağlarının farklı mikroorganizmalara karşı oluşturduğu inhibisyon zonları (mm)

Bakteri	640 µL/mL	320 µL/mL	160 µL/mL	80 µL/mL	40 µL/mL	20 µL/mL	10 µL/mL	NK Tween 20(10%)	PK			MIC Kon
									ER	CL	TET	
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	2,16±0,44 _c	1,16±0,16 _b	0,53±0,26 ^{ab}	0,36±0,13 _a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	8,5±0,5 ^d	9,0±0 ^d	10,0±0,5 ^c	40 µL/mL
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	0,5±0 ^b	0,33±0,16 _{ab}	0,33±0,16 ^a _b	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	2,75±0,25 ^c	16,25±0,25 _e	14±0 ^d	80 µL/mL
<i>Pseudomonas corrugate</i>	0,36±0,31 _a	0,2±0,15 ^a	0,83±0,16 ^a	0,66±0,33 _a	0,2±0,15 ^a	0,16±0,16 _a	0 ^a	0 ^a	3,25±0,25 _b	15,0±1,0 ^d	14,0±0 ^c	20 µL/mL
<i>Pseudomonas syringae</i>	1,66±0,16 ^b	1,13±0,16 _b	1,16±0,16 ^b	0,16±0,16 _a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	9,0±0 ^d	6,5±0,5 ^c	9,5±0,5 ^d	40 µL/mL
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	1,0±0 ^a	1,0±0,28 ^a	0,4±0,3 ^a	0,66±0,16 _a	0,23±0,13 _a	0 ^a	0,16±0,16 _a	0 ^a	11,0±1,0 ^b	10,5±0,5 ^b	13,0±1,0 ^c	10 µL/mL
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	1,33±0,16 ^b	0,53±0,26 _a	0,23±0,13 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	6,5±0,5 ^d	6,25±0,25 ^d	5,75±0,25 ^c	160 µL/mL

Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
Kon:Konsantrasyon, NK: Negatif Kontrol, PK: Pozitif Kontrol,ER: Eritromisin, CL: Kloramfenikol, TET: Tetrasiklin



Şekil 4.3 *Thuja orientalis* esansiyel yağının uygulandığı mikroorganizmalarda zon oluşumu (*E. caratovora*, *P. syringae*, *C. michiganensis*, *X. vesicatoria*, *X. axonopodis*, *P. corrugate* bakterileri soldan sağa görseldeki sıralamaya göre yazılmıştır)

4.2. Uçucu Yağların Mikrobiyal Etkiye Önleme ve Giderme Sonuçları

Üç farklı aromatik bitkiden elde edilen uçucu yağlar *in vitro* ortamda bitki patojenlerine uygulanarak olası antibakteriyel aktiviteleri ile MIC değerleri belirlendi. Uçucu yağların uygulama koşullarındaki etkilerinin belirlenmesi için ise *in vivo* şartlarda uygulamalar gerçekleştirildi. Bunun için uçucu yağların test mikroorganizmalarına karşı aktivite gösteren en düşük dozları belirlendi. Tohumdan çimlendirilerek yetiştirilen biber fideleri *in vivo* çalışmalar için kullanıldı. Her biri üç tekerrürlü olacak şekilde hazırlanan düzeneğe şu uygulamalar yapıldı: En az dört yaprağı gelişmiş biber fide yapraklarına; i) negatif kontrol olarak Tween 20 içeren saf su, ii) pozitif kontrol olarak belirlenen uçucu yağ dozu, iii) sadece bakteri süspansiyonu, iv) giderme işlemi (önce belirlenen bakteri süspansiyonu yapraklara uygulanıp 5-10 dk kuruması beklendi. Daha sonra belirlenen

uçucu yağ konsantrasyonu aynı örneklere tatbik edildi), v) önleme işlemi (önce belirlenen uçucu yağ konsantrasyonu yapraklara uygulanıp 5-10 dk kuruması beklendi. Daha sonra belirlenen bakteri süspansiyonu aynı örneklere tatbik edildi) uygulandı. Uygulanan mikroorganizmaların zararlı etkilerini önleyici ve giderici etkileri gram başına düşen koloni sayısı ölçülerek gerçekleştirildi. Değerler kob/ml (Colony Forming Unit/gram) şeklinde hesaplandı (Çizelge 4.4).

Yapılan uygulamalar sonunda fidelerin gelişimlerine devam etmesi için belirli aralıklarda bir hafta boyunca besin içeren solüsyonla sulama gerçekleştirildi. Daha sonra uygulama yapılan örnekler peptonla yıkanıp olası bakterileri elde edilerek uygun besiyerlerine ekimleri gerçekleştirildi. 24-48 saat sonra gelişen koloniler sayıldı.

Satureja hortensis uçucu yağlarının giderme ve önleme açısından önemli farklara neden olmadığı gözlemlendi. Uygulama yapılan örneklerden sadece bakteri uygulaması, önleme uygulaması ile karşılaştırıldığında gelişen koloni sayısının *P. syringae* ve *X. vesicatoria*'nın önleme uygulamasında daha fazla olduğu görülmüş ancak bu fazlalığın *P. syringae* için anlamlı, *X. vesicatoria*' da ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Giderme çalışmalarında ise *E. Carotovora* ile *P. syringae* örnekleri arasında önemli fark bulunurken diğer uygulamalardaki fark önemsiz bulunmuştur. Giderme ve önleme çalışmaları karşılaştırıldığında *C. michiganensis*'e karşı uçucu yağların önleme faaliyetinin daha yüksek olduğu (daha az koloni gelişmesi görüldüğü) ve aradaki farkın istatistiksel olarak önemli sayılabileceği gözlemlendi. Diğer organizmalardaki giderme ve önleme faaliyetleri arasında istatistiki olarak bir fark tespit edilemedi (Çizelge 4.5). Uçucu yağ ve saf su uygulamalarında ise herhangi bir bakteriyel gelişme gözlenmemiştir. Söz konusu yağın CMM ve *E. caratovora* için muhtemel aktivite gösterebileceği belirlendi.

Çizelge 4.4 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Satureja hortensis* uçucu yağlarının önleyici ve giderici etkisi

Mikroorganizma	Önleme (log CFU/g)	<i>Satureja hortensis</i>			
		Giderme (log CFU/g)	Sadece bakteri (log CFU/g)	Sadece uçucu yağ (log CFU/g)	Saf su +DMSO (log CFU/g)
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	2,54±1,28 ^b	5,17±0,22 ^c	5,28±0,68 ^c	0 ^a	0 ^a
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	2,54±1,2 ^{ab}	1,2±1,2 ^a	4,33±0,28 ^b	0 ^a	0 ^a
<i>Pseudomonas corrugate</i>	2,35±1,18 ^{ab}	2,41±1,22 ^{ab}	3,73±0,13 ^b	0 ^a	0 ^a
<i>Pseudomonas syringae</i>	3,97±0,05 ^c	4,12±0,21 ^c	3,38±0,24 ^b	0 ^a	0 ^a
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	4,95±0,34 ^b	4,86±0,39 ^b	4,92±0,33 ^b	0 ^a	0 ^a
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	3,82±0,28 ^b	4,43±0,66 ^b	4,10±0,36 ^b	0 ^a	0 ^a

Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre p < 0,05 seviyesinde anlamlı fark yoktur

Thuja orientalis uçucu yağlarının etkisinin incelendiği örneklerde, sadece *C. michiganensis* ile *X. vesicatoria*'nın uygulandığı örneklerin giderme ve önleme uygulamasına göre daha fazla geliştiği ve aradaki farkın anlamlı olduğu gözlemlendi. *Pseudomonas spp.* örneklerinde ise önleme ve giderme uygulamasında daha fazla mikroorganizma geliştiği ve aradaki farkın yine anlamlı olduğu belirlendi. Diğer uygulamalar arasında anlamlı farklar tespit edilemezken sadece yağ uygulanan örneklerde bakteri gelişimi de gözlemlendi (Çizelge 4.6). *T. orientalis* uçucu yağlarının *C. michiganensis* ile *X. vesicatoria*'ya karşı kullanılabileceği gözlemlendi.

Çizelge 4.5 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Thuja orientalis* uçucu yağlarının önleyici ve giderici etkisi

Mikroorganizma	<i>Thuja orientalis</i>				
	Önleme (log CFU/g)	Giderme (log CFU/g)	Sadece bakteri (log CFU/g)	Sadece uçucu yağ (log CFU/g)	Saf su+DMSO (log CFU/g)
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	2,30±0,05 ^b	2,11±0,2 ^b	3,86±0,61 ^c	2,14±0,03 ^b	0 ^a
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	2,41±0,33 ^b	2,65±0,25 ^b	2,50±0,39 ^b	2,14±0,31 ^b	0 ^a
<i>Pseudomonas corrugate</i>	3,15±0,15 ^d	2,45±0,15 ^c	1,62±0,15 ^b	2,14±0,31 ^c	0 ^a
<i>Pseudomonas syringae</i>	2,69±0,15 ^d	2,45±0,15 ^{c d}	1,15±0,15 ^b	2,14±0,03 ^c	0 ^a
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	2,00±0,39 ^b	2,21±0,01 ^b	3,19±0,34 ^c	2,14±0,03 ^b	0 ^a
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	2,65±0,37 ^b	2,10±0,19 ^b	2,41±0,33 ^b	2,14±0,31 ^b	0 ^a

Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre p < 0,05 seviyesinde anlamlı fark yoktur

Mentha longifolia uçucu yağlarının uygulandığı *C. michiganensis*, *E. caratovora* ve *Xanthomonas* türlerine karşı giderme faaliyetlerinin uygulanabilir olduğu gözlemlendi. Bakteri ve giderme uygulamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlendi. Öte yandan sadece *Xanthomonas axonopodis* uygulamasında önleme faaliyetlerinin bakteri uygulamalarına nazaran daha az sayıda mikroorganizma gelişimine izin verdiği ve aralarındaki farkın da anlamlı olduğu belirlendi (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.6 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Mentha longifolia* uçucu yağlarının önleyici ve giderici etkisi

Mikroorganizma	<i>Mentha longifolia</i>				
	Önleme (log CFU/g)	Giderme (log CFU/g)	Sadece bakteri (log CFU/g)	Sadece uçucu yağ (log CFU/g)	Saf su +Tween 20 (log CFU/g)
<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	2,82±0,13 ^{b c}	1,55±0,77 ^b	3,28±0,68 ^c	0 ^a	0 ^a
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Caratovora</i>	1,41±0,85 ^{ab}	0,33±0,33 ^a	2,33±0,28 ^b	0 ^a	0 ^a
<i>Pseudomonas corrugate</i>	2,33±1,2 ^b	3,08±0,04 ^b	1,73±0,13 ^{a b}	0 ^a	0 ^a
<i>Pseudomonas syringae</i>	3,01±0,47 ^b	2,1±1,05 ^{a b}	1,38±0,24 ^{a b}	0 ^a	0 ^a
<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	2,64±0,34 ^c	1,72±0,42 ^b	2,92±0,33 ^c	0 ^a	0 ^a
<i>Xanthomonas axonopodis</i>	0,82±0,43 ^a	0,33±0,33 ^a	2,1±0,36 ^b	0 ^a	0 ^a

Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre p < 0,05 seviyesinde anlamlı fark yoktur

4.3. Fotosentetik Pigment Miktarları

Uçucu yağların uygulandığı biber fidelerinde ön değerlendirme sürecinde morfolojik değişimler gözlemlendi. Özellikle yüksek dozlarda uygulanan uçucu yağların biber fide yapraklarının solmasına ve zamanla fidenin ölümüne neden olduğu gözlemlendi (Şekil 3.3). Söz konusu morfolojik değişimlerin fizyolojik etkilerinin belirlenmesi için fotosentetik pigment miktarlarının ölçümü yapıldı. Uygulama yapılan bitki örneklerinin yapraklarından Klorofil a-b, Toplam klorofil ve karotenoid miktarları ölçüldü.

S. hortensis uçucu yağları ile *Pseudomonas syringae* organizmasının uygulandığı örneklerde klorofil a ile total klorofil miktarındaki değişimlerin önemsiz olduğu belirlendi. Klorofil b miktarının ise giderme ve yağ uygulamalarında, önleme ve bakteri uygulamalarına göre anlamlı sayılabilecek farklılıklara neden olduğu gözlemlendi. Uygulanan diğer bakteri türlerinde ise fotosentetik pigment oranlarında önemli değişimler gözlemlenmedi (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Şekil 4.4'te de belirtilen deformasyonların bir haftalık periyotta pigmentasyona etkisinin olmadığı gözlemlendi.

Çizelge 4.7 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Satureja hortensis* uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (a)

Mikroorganizma ^a	<i>Satureja hortensis</i>											
	<i>Pseudomonas syringae</i>				<i>Xanthomonas vesicatoria</i>				<i>Xanthomonas axonopodis</i>			
	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr
Saf su+DMSO	36±17 ^a	42±79 ^{ab}	82±90 ^a	174±312 ^{ab}	36±17 ^b	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a
Önleme	40±5 ^a	7±17 ^{ab}	56±7 ^a	98±33 ^{ab}	5±3 ^{ab}	14±40 ^a	19±30 ^a	41±138 ^a	26±14 ^a	106±43 ^a	124±56 ^a	409±156 ^a
Giderme	51±12 ^a	39±29 ^a	28±41 ^a	140±105 ^b	25±0,97 ^{ab}	72±8 ^a	94±8 ^a	264±50 ^a	14±16 ^a	18±71 ^a	34±42 ^a	85±264 ^a
Sadece bakteri	12±8 ^a	487±275 ^b	439±249 ^a	1871±1055 ^a	9±10 ^a	106±18 ^a	81±2 ^a	372±76 ^a	25±33 ^a	159±91 ^a	170±38 ^a	595±356 ^a
Sadece yağ	21±0,04 ^a	60±96 ^a	26±84 ^a	252±364 ^b	21±0,04 ^{ab}	60±96 ^a	26±84 ^a	252±364 ^a	21±0,04 ^a	60±96 ^a	26±84 ^a	252±364 ^a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
 Kl-a=Klorofil-a, Kl-b=Klorofil-b, T-Kl=Total Klorofil, Kr=Karotenoid miktarı

Çizelge 4.8 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Satureja hortensis* uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (b)

Mikroorganizma	<i>Satureja hortensis</i>											
	<i>Clavibacter michiganensis subsp.michiganensis</i>				<i>Erwinia carotovora subsp. carotovora</i>				<i>Pseudomonas corrugate</i>			
	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr
Saf su+DMSO	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±3112 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a
Önleme	31±16 ^a	4±10 ^a	34±10 ^a	0,16±54 ^a	23±0 ^a	48±109 ^a	70±95 ^a	183±414 ^a	28±1 ^a	25±46 ^a	12±41 ^a	99±166 ^a
Giderme	15±5 ^a	42±6 ^a	56±12 ^a	185±40 ^a	24±6 ^a	40±53 ^a	65±54 ^a	122±216 ^a	48±1 ^a	108±61 ^a	1540±51 ^a	413±240 ^a
Sadece bakteri	33±4 ^a	56±64 ^a	90±49 ^a	211±244 ^a	42±6 ^a	19±35 ^a	68±38 ^a	60±120 ^a	30±32 ^a	11±56 ^a	60±88 ^a	427±189 ^a
Sadece yağ	21±0,04 ^a	60±96 ^a	26±84 ^a	252±364 ^a	21±0,04 ^a	60±96 ^a	26±84 ^a	252±364 ^a	21±0,04 ^a	60±96 ^a	26±84 ^a	252±364 ^a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
 Kl-a=Klorofil-a, Kl-b=Klorofil-b, T-Kl=Total Klorofil, Kr=Karotenoid miktarı

Mentha longifolia uçucu yağları ile uygulanan altı farklı bitki patojeninin biber fidelerinde meydana getirdikleri fotosentetik pigment miktarındaki değişimlerin önemli olmadığı gözlemlendi (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Şekil 4.5'te de görüldüğü gibi morfolojik değişimlerin bu uçucu yağlar için oldukça düşük olduğu gözlemlendi.



Şekil 4.4. *S. hortensis* uçucu yağının uygulandığı fide yapraklarında meydana gelen deformasyonlar



Şekil 4.5. *M. longifolia* uçucu yağının uygulandığı fide yapraklarında meydana gelen deformasyonlar



Şekil 4.6. *Thuja orientalis* uçucu yağının uygulandığı fide yapraklarında meydana gelen deformasyonlar

Çizelge 4.9 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Mentha longifolia* uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (a)

<i>Mentha longifolia</i>												
Mikroorganizma	<i>Clavibacter michiganensis subsp.michiganensis</i>				<i>Erwinia carotovora subsp. carotovora</i>				<i>Pseudomonas corrugate</i>			
	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr
Saf su+DMSO	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a
Önleme	178±161 ^a	81±123 ^a	148±90 ^a	309±438 ^a	28±10 ^a	23±18 ^a	15±29 ^a	76±85 ^a	13±5 ^a	74±123 ^a	81±400 ^a	253±502 ^a
Giderme	178±30 ^a	34±214 ^a	7±223 ^a	130±833 ^a	58±4 ^a	23±11 ^a	91±4 ^a	100±63 ^a	8±6 ^a	4±0,94 ^a	6±7 ^a	27±11 ^a
<i>Sadece bakteri</i>	33±4 ^a	56±64 ^a	90±49 ^a	211±244 ^a	42±6 ^a	19±35 ^a	68±38 ^a	60±120 ^a	30±32 ^a	111±56 ^a	60±88 ^a	427±189 ^a
<i>Sadece yağ</i>	44±9 ^a	14±28 ^a	67±12 ^a	45±162 ^a	44±9 ^a	14±28 ^a	67±12 ^a	45±162 ^a	44±9 ^a	14±28 ^a	67±12 ^a	45±162 ^a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
 Kl-a=Klorofil-a, Kl-b=Klorofil-b, T-Kl=Total Klorofil, Kr=Karotenoid miktarı

Çizelge 4.10 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Mentha longifolia* uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (b)

<i>Mentha longifolia</i>												
Mikroorganizma	<i>Pseudomonas syringae</i>				<i>Xanthomonas vesicatoria</i>				<i>Xanthomonas axonopodis</i>			
	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr
Saf su+DMSO	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a
Önleme	43±15 ^a	132±68 ^a	169±40 ^a	495±267 ^a	4±20 ^a	17±3 ^a	20±21 ^a	70±9 ^a	28±14 ^a	87±0,09 ^a	111±17 ^a	336±20 ^a
Giderme	23±8 ^a	242±173 ^a	240±161 ^a	873±697 ^a	13±17 ^a	44±19 ^a	55±4 ^a	152±99 ^a	8±12 ^a	40±21 ^a	24±34 ^a	282±257 ^a
<i>Sadece bakteri</i>	12±8 ^a	487±275 ^a	439±249 ^a	1871±1055 ^a	10±90 ^a	96±7 ^a	96±17 ^a	332±36 ^a	25±33 ^a	159±91 ^a	170±38 ^a	595±356 ^a
<i>Sadece yağ</i>	44±9 ^a	14±28 ^a	67±12 ^a	45±162 ^a	44±9 ^a	14±28 ^a	67±12 ^a	45±162 ^a	44±9 ^a	14±28 ^a	67±12 ^a	45±162 ^a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
 Kl-a=Klorofil-a, Kl-b=Klorofil-b, T-Kl=Total Klorofil, Kr=Karotenoid miktarı

T. orientalis uçucu yağları ile CMM uygulamasında, sadece yağ uygulanan örnekler ile diğer uygulamalar arasında klorofil a pigmenti arasında istatistiki fark gözlemlendi. Aynı bitkide, *E. carotovora* organizmasına karşı yine klorofil a miktarının bakteri ve yağ uygulanan örneklerde farklılık gösterdiği bu farklılığın istatistiki olarak önemli sayılabileceği gözlemlendi. *Pseudomonas syringae* uygulamasında sadece yağ uygulamasının klorofil b, Total klorofil ve karotenoid pigmentlerinde diğer uygulamalara göre anlamlı farklılık gösterdiği gözlemlendi. (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12). Şekil 4.6'da da belirtilen deformasyonların bir haftalık periyotta pigmentasyona etkisinin olduğu gözlemlendi.



Çizelge 4.11 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Thuja orientalis* uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (a)

Mikroorganizma	<i>Thuja orientalis</i>											
	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>				<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>				<i>Pseudomonas corrugate</i>			
	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr
Saf su+DMSO	36±17 ^b	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^{a,b}	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a
Önleme	6±5 ^{a,b}	44±73 ^a	46±69 ^a	170±277 ^a	24±9 ^{a,b}	75±42 ^a	96±26 ^a	278±144 ^a	14±0,97 ^a	20±2 ^a	0,43±0,77 ^a	77±14 ^a
Giderme	40±1 ^b	15±13 ^a	63±9 ^a	49±48 ^a	23±9 ^{a,b}	47±11 ^a	11±21 ^a	186±57 ^a	10±3 ^a	55±58 ^a	35±55 ^a	208±214 ^a
<i>Sadece bakteri</i>	33±4 ^b	56±64 ^a	90±49 ^a	211±244 ^a	42±6 ^b	19±35 ^a	68±38 ^a	60±120 ^a	30±32 ^a	111±56 ^a	60±88 ^a	427±189 ^a
<i>Sadece yağ</i>	2±8 ^a	31±16 ^a	29±3 ^a	108±72 ^a	2±8 ^a	31±16 ^a	29±3 ^a	108±72 ^a	2±8 ^a	31±16 ^a	29±3 ^a	110±74 ^a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
 Kl-a=Klorofil-a, Kl-b=Klorofil-b, T-Kl=Total Klorofil, Kr=Karotenoid miktarı

Çizelge 4.12 Farklı mikroorganizmaların uygulandığı biber fide yapraklarında *Thuja orientalis* uçucu yağlarının fotosentetik pigment üzerine etkisi (b)

Mikroorganizma	<i>Thuja orientalis</i>											
	<i>Pseudomonas syringae</i>				<i>Xanthomonas vesicatoria</i>				<i>Xanthomonas axonopodis</i>			
	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr	Kl-a	Kl-b	T-Kl	Kr
Saf su+DMSO	36±17 ^a	42±79 ^{a,b}	82±90 ^{a,b}	174±312 ^{a,b}	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a	36±17 ^a	42±79 ^a	82±90 ^a	174±312 ^a
Önleme	15±36 ^a	1±7 ^a	17±37 ^{a,b}	2±23 ^b	1±6 ^a	96±15 ^a	85±21 ^a	374±67 ^a	16±17 ^a	21±48 ^a	1±63 ^a	93±181 ^a
Giderme	29±14 ^a	51±5 ^{a,b}	80±12 ^{a,b}	197±17 ^a	25±6 ^a	60±13 ^a	82±20 ^a	228±53 ^a	2±19 ^a	52±10 ^a	43±15 ^a	227±38 ^a
<i>Sadece bakteri</i>	12±8 ^a	487±275 ^b	439±249 ^b	1871±1055 ^a	10±9 ^a	96±7 ^a	96±17 ^a	332±36 ^a	25±33 ^a	159±91 ^a	170±38 ^a	595±356 ^a
<i>Sadece yağ</i>	2±8 ^a	31±16 ^a	29±3 ^a	408±72 ^b	2±8 ^a	31±16 ^a	29±3 ^a	108±72 ^a	2±8 ^a	31±16 ^a	29±3 ^a	108±72 ^a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan's multiple range testine göre $p < 0,05$ seviyesinde anlamlı fark yoktur
 Kl-a=Klorofil-a, Kl-b=Klorofil-b, T-Kl=Total Klorofil, Kr=Karotenoid miktarı

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yeşil kimya “kimyasal ürünlerin dizaynı, üretimi ve kullanım alanlarında insan ve çevre sağlığı için tehlike oluşturan materyallerin kullanımı ve ortaya çıkışını elimine eden veya azaltan prensipler” olarak tanımlanmıştır (URL-1, 2020). Bu tanımın dikkate alınarak yeni metot ve ürünlerin geliştirilmesi hem çevre hem de toplum sağlığı açısından önem arz etmektedir. Tarımsal ürünlerde hasat kaybına neden olan zararlıların tespiti ve bu zararlılarla doğal yollarla mücadele edilmesiyle ilgili oldukça değerli çalışmalar mevcuttur. Düşük girdili organik tarımla birleşince söz konusu yöntemlerin değeri bir kat daha artmaktadır. Uygulamadan uzak varsayımsal verilere dayalı yöntemlerin organik tarım için bir dezavantaj olduğu söylenebilir (Cacek ve Langner, 1986). Çünkü uygulama alanlarında beklenmeyen sorunlar, toprak yapısı, iklim, biyotik faktörler gibi farklı değişkenler varsayımsal hipotezlerin desteklediği verileri desteklemeyebilir. Bundan dolayı *in vitro* koşullarda gerçekleştirilen çalışmaların uygulamadaki etkinliğinin görülebilmesi için saha çalışmaları önem arz etmektedir.

Tarımsal arazilerdeki verim kaybına neden olan gerek biyotik gerekse abiyotik faktörlere karşı birçok model önerilmiştir. Tarım ürünlerini hastalıklardan korumak için geleneksel yöntemlerin, büyük ölçüde sentetik kimyasallara başvurduğu bilinmektedir. İnsektisit ve pestisitlerin yanı sıra fungusit ve fumigantların da kullanıldığı bilinmektedir. Tüketiciler ve doğal çevre için oldukça zararlı olabilen bu bileşikler atmosferi kirlettiği, toprakta kalıntılar bıraktığı ve tekrarlı kullanımlarda hedef organizmalar arasında dirençli suşların gelişmesine yol açabildiği için uzun vadede ekonomik değildir (Vinale ve ark., 2008). Kimyasal yöntemler yerine, sahip oldukları dezavantajlara rağmen doğal yöntemler uzun vadede daha kullanılabilir yöntemler olacaktır. Bu doğal yöntemlerin başında bitkilerden elde edilen organik ekstratlar gelmektedir. Konuyla ilgili literatürde oldukça fazla çalışma mevcuttur. Örneğin; *Dolichos kilimandscharicus* ile *Maerua subcordata* köklerinden ve *Phytolacca dodecandra* meyvelerinden elde edilen ekstratların sentetik kimyasallara erişimi sınırlı olan Etiyopya çiftçileri tarafından bazı mantarlara karşı kullanıldığı Tegegne ve Pretorius (2007) tarafından ifade edilmiş ve bu ekstratlarla yapılan gerek *in vivo* gerekse *in vitro* çalışmalarda test edilen altı mikroorganizmadan üçüne kadar antifungal aktivite gösterdikleri belirtilmiştir. Benzer şekilde *Sclerotinia sclerotiorum*, *Monilinia fructigena* ve *Alternaria solani*'ye karşı kullanılan farklı bitki ekstratlarının gerek *in vivo* gerekse *in vitro* koşullarda antifungal aktivite gösterdikleri belirlenmiştir (Onaran ve Yanar, 2016). Kullanılan doğal bitki ekstratlarından uçucu

karakterdekilerin organik ekstreler gere daha etkili oldukları gerek *in vivo* gerekse *in vitro* çalışmalarla ortaya konmuştur (Bajpai ve ark., 2010).

Bitki patojenleri buldukları canlılarda çeşitli hastalıklara neden olabilen virüs, viroid, bakteri, mantar ve nematod gibi canlılardır. Bitkide meydana gelen her fizyolojik değişiklik patojen kaynaklı olmayabilir. Bu değişimler besin eksiklikleri, mineral fazlalığına bağlı toksisite, toprak neminin eksikliği veya fazlalığı, aşırı sıcaklık, ışık, oksijen, hava kirliliği, toprak pH'sındaki değişikliklerden kaynaklı olabilir. Bulaşıcı olmayan bu değişimlerin aksine viral, bakteriyel ve fungal patojenlerin bulaşıcılığı oldukça yüksektir (Narayanasamy, 2001).

Tarımda kullanılan hemen her bitkiyi enfekte eden onlarca patojenin olduğu bilinmektedir. Sofralarımızda sıkça tükettiğimiz domates bitkisini enfekte eden 80 mantar, 11 bakteri, 16 virüs ve birkaç nematod tarafından enfekte edildiği bilinmektedir. Elma ve patates gibi gıdaların ise yaklaşık 200 patojen tarafından enfekte olduğu bildirilmiştir (Narayanasamy, 2001; Agrios, 2005). Tarımsal arazilerdeki bitkilerin bu kadar fazla sayıda patojene maruz kalmalarının sebepleri arasında nöbetleşe ekim, rüzgâr, sulama ve canlılar sayılabilir. Bu sebeple herhangi bir alanda bulunan mikroorganizmanın asıl konak dışında farklı bitkilerde görülmesi çoğu zaman kaçınılmaz olacaktır.

Anadolu mutfağının önemli ve vazgeçilmez sebzelerinden olan biber de birçok bitkiyle sıralı ya da yan yana üretilebilen bir sebzedir. Özellikle domatesle beraber gerek üretim gerekse tüketim aşamasında sıkça yan yana gelmektedir. Dolayısıyla birçok patojene açık olduğu da söylenebilir. Biberin tarla sürecinde karşı karşıya kaldığı patojen bakterilere karşı harici savunma sistemlerinin belirlenmesine yönelik çalışmamızda üç farklı bitkiden elde edilen uçucu yağların patojen enfeksiyonlarına karşı gösterdikleri aktiviteler ölçüldü. Çalışmada *in vivo* ortamda *Satureja hortensis*, *Thuja orientalis* ve *Mentha longifolia* bitkilerinden elde edilen uçucu yağlar 640, 320, 160, 80, 40, 20, 10 µL/mL dozlarında *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, *Pseudomonas corrugate*, *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Xanthomonas axonopodis* patojenlerine uygulandı.

Antimikrobiyal aktivite ölçümlerinde önemli sayılabilecek biyolojik aktivite gösteren *Satureja hortensis* uçucu yağlarının uygulandığı mikroorganizmaların gelişimini kontrole oranla önemli ölçüde azalttığı gözlemlendi. Bu bitkinin organik çözücülerinden elde edilen ekstrelerle 150'ye yakın mikroorganizma ile yapılan çalışmalarda klinik ve bitki patojenlerini de içeren %83'lük kısmına karşı antimikrobiyal aktivite göstermediği belirtilmiştir (Şahin ve ark., 2003). Aktivite gösteren içeriklerin ise karvacrol, terpinen ve

timol gibi saf olarak elde edilen bileşikler *Pseudomonas* ve *Erwinia* türlerinin de olduğu patojen mikroorganizmalarla beraber faydalı mikroorganizmaları da elemine edebileceği vurgulanmıştır (Mihajilov-Krstev ve ark., 2009; Kotan ve ark., 2013; Abou Baker ve ark., 2020). Fide uygulamalarında *C. michiganensis*'e karşı *S. hortensis* uçucu yağlarının önleme faaliyeti gözlemlendi. Literatürde de benzer *in vitro* çalışmalara rastlamak mümkündür (Kotan ve ark., 2013; Ichim ve ark., 2017). Özellikle *Xanthomonas campestris* dışında CMM, *P. syringae* ve *M. Phaseoli*'ye karşı önemli antimikrobiyal sonuçlar elde edilmiştir (Kizil ve Uyar, 2006). Total klorofil, karotenoid ve klorofil b miktarını etkilemeyen uçucu yağların klorofil b miktarını etkilediği gözlemlendi. Farklı türlerden elde edilen esansiyel yağların uygulandıkları bitkilerde klorofil miktarını düşürdükleri önceki çalışmalarda da mevcuttur (Benchaa ve ark., 2018). *S. hortensis* uçucu yağlarının uygulandığı yapraklarda meydana getirdikleri lezyonlar Şekil 4.4'te belirtildi. Yaprak yüzeyinde solmayla başlayan nekrotik yangıların, gaz formuna geçen uçucu yapıların stomalardan bitki dokusuna geçerek meydana geldiği söylenebilir. Fotosentetik pigmentlerin yoğun olduğu yapraklarda olası hücre ölümleri pigment miktarını da etkileyebilir. Uçucu yağların etki mekanizması incelendiğinde etkili olmalarının çoğunlukla hidrofobik özelliklerine dayandırılmıştır. Bu niteliğe sahip bileşenler hücre zarının geçirgenliğini artırarak hücre sıvısı başta olmak üzere diğer yapıların doku arasına sızmasına neden olur (Faleiro, 2011). Aktivite tespit edilen *S. hortensis* uçucu yağlarının da benzer bir aktivite gösterdiği söylenebilir.

Diğer taraftan *Mentha longifolia* uçucu yağlarının uygulandığı patojen mikroorganizmalara karşı düşük seviyede de olsa aktivite gösterdiği belirlenirken bu aktivitenin kontrole göre oldukça düşük olduğu gözlemlendi. İnsan ve hayvan patojenleriyle yapılan çalışmalarda bu türden elde edilen esansiyel yağların antimikrobiyal aktivite gösterdiği vurgulanmıştır (Hafedh ve ark., 2010). Uygulama dozları incelendiğinde söz konusu çalışmalarda aktivite gösteren dozun mevcut çalışmada kullanılan dozdan 1.5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. *In vitro* koşullarda uygulanan yüksek dozların *in vivo* çalışmalarda kullanılabilirliği düşük olduğundan söz konusu dozlar çalışmamızın uygulama aşamasında kullanılmamıştır. İçerisinde *Clavibacter*, *Pseudomonas* ve *Xanthomonas* türlerinin de olduğu mikroorganizma grubuna uygulanan *M. Longifolia* uçucu yağlarının benzer şekilde bu organizmalara karşı aktivite göstermediği önceki çalışmalarda da ifade edilmiştir (Gulluce ve ark., 2007). Bir diğer çalışmada da Al-Bayati (2009) insan patojenlerine karşı söz konusu bitkinin uçucu yağlarının oldukça yüksek oranlarda aktivite gösterdiğini ancak *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı herhangi bir

aktivite göstermediğini tespit etmiştir. Mikroorganizmaların sahip olduğu savunma mekanizmalarından veya kazandıkları dirençlerden dolayı uçucu yağların aktivite göstermediği söylenebilir. Antimikrobiyal aktivitesi düşük olan *M. longifolia*'nın *C. michiganensis*, *E. carratovora* ve *Xanthomonas* spp. patojenleriyle enfekte edilen bitki yapraklarından elemine edilmesi için MIC değerlerinde uygulanabileceği belirlenmiştir. Fotosentetik pigment miktarında anlamlı farklılıklara neden olmayan bu bileşenlerin organik tarım için uygulanabilirliği söz konusu olabilir. Uygun olmayan dozlarının tohum çimlenmesini ve genetik değişikliklere neden olduğu (Bozari ve ark., 2021) ifade edilen bu bileşenlerin düşük konsantrasyonlarda uygulanmadığında beklenmeyen sonuçlar doğurabileceği göz ardı edilmemelidir.

Çalışmamızda *Thuja orientalis* uçucu yağlarının diğer yağlardan daha az antimikrobiyal aktivite sergilediği gözlemlendi. 160 µL/mL olarak hesaplanan MIC değeri uçucu yağlar için oldukça yüksek bir oran olarak saptandı. Literatürde bu değer bakteriden bakteriye ve bölgeden bölgeye 1.32 ile 18 mg/mL arasında olabileceği vurgulanmıştır (Sharma ve Sharma, 2016). Bazı çalışmalarda da 500 mg/mL dozlarında aktivitenin olduğu görülmektedir (Elsharkawy ve Ali, 2019). *Alternaria alternata* türünün *Thuja* cinsinde hastalığa neden olduğunu belirten çalışmaların (Smagulova ve ark., 2022) yanısıra antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirtilen çalışmalar (Kumar ve Majid, 2018) da mevcuttur. Mevcut çalışmada tespit edilen düşük antimikrobiyal aktivitenin muhtemel sebebi bitkinin yağ içeriğine ve test edilen mikroorganizmaların farklılığına dayanmaktadır. Test edilen patojenlerin bitki patojeni olmaları bitkisel metabolitlere karşı direnç kazanmış olma ihtimallerini ortaya koymaktadır. Kullanılan uçucu yağların *in vitro* ortamda uygulandığı mikroorganizmalara karşı düşük aktivite göstermeleri *in vivo* ve saha çalışmalarında da yansımıştır. Fide uygulamalarında *C. michiganensis* ve *X. vesicatoria*'da giderme ve önleme uygulamasına göre sadece bakteri uygulamasının daha fazla geliştiği ve aradaki farkın anlamlı olduğu belirlendi. Fotosentetik pigment miktarında da sadece *E. carotovora* ile *P. syringae*'de önemli sayılabilecek farklılıkların oluştuğu belirlendi. Yapılan çalışmalarda bu bitkiden elde edilen uçucu yağların farklı yabancı bitkilere karşı tohumun çimlenme oranına ve fide gelişimine etkisi olduğu ve yabancı ot kontrolünde (Ismail ve ark., 2015) kullanılabileceği, *Tetranychus urticae* gibi akarların hem yumurtalarının gelişimini inhibe ettiği hem de yetişkin bireylerine karşı repellent aktivite gösterdiği vurgulanmıştır (Mozaffari ve ark., 2012).

Sonuç olarak her üç bitkiden elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal aktivite gösterdiği, en yüksek aktiviteyi *S. hortensis*'in en düşük aktiviteyi ise *T. orientalis*'in gösterdiği belirlendi. *In vitro* koşullarda görülen antimikrobiyal aktivitenin *in vivo* uygulamalarda tam karşılık bulmadığı gözlemlendi. Muhtemel sebebin, süreçte farklı değişkenlerin rol alması olduğu düşünülmektedir. Önleme giderme ile fotosentetik pigment miktarlarında değişimler olmakla beraber fideleri tam anlamıyla mikroorganizmalardan koruyan veya mikrop bulaşını engelleyen doz bulunamadı. Bunun sebebinin ise bitkilerin uygulanan uçucu yağlara uyguladığı tepkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şöyle ki kuvvetli antimikrobiyal aktivite gösteren dozlar ön denemelerde uygulandıkları fidelerin ölmesine neden olduğu görüldü. Uygulanabilir dozun ise MİC değeri veya bu değere yakın bir değer olabileceği sonucuna varıldı. Ancak bu dozun da tam anlamıyla koruma sağlamadığı belirlendi. Literatürde farklı sonuçların görülme sebebi ise bu ve benzer şekilde sekonder metabolit üreten bitkilerin metabolit içeriklerinin bitkinin bulunduğu coğrafyaya, toplama süresine, elde edildiği bitki kısmına, bitkinin fizyolojik ve stres durumuna, topraktaki biyotik ve abiyotik varlıklar şeklinde sıralanabilir.

5.1. Öneriler

Artan zararlılar ve hastalık ile mücadelede özellikle endüstriyel üretimde ilk aklı gelen mücadele kimyasal mücadeledir. Kimyasal mücadele, çevre kirliliği ve besin zincirinde artıkların birikmesine, bu atıkların canlılar üzerine toksik ve farklı olumsuz etkilere sebep olabilmesine neden olabilmektedir. Buna karşı kimyasal mücadelenin etkilerini minimuma indirmek için bitkisel üretimde alternatif mücadele metodları olmuştur. Bu metodlardan birisi esansiyel yağların tarımdaki zararlılara ve hastalıklara karşı kullanılması olacaktır. Her ne kadar diğer bitkisel metabolitlere göre yüksek oranda biyolojik aktiviteleri saptansa da uçucu yağların üretim miktarı kafalarda soru işareti bırakmaktadır. Doğal olmaları, kolay metabolize olmaları önemli avantajları arasındayken ekonomik ve sürdürülebilir olmamaları uçucu karakterde olmaları dezavantaj olarak görülmektedir. Mevcut çalışmamızda *in vivo* ve *in vitro* şartlarda farklı aktiviteler göstermeleri uygulandıkları ortama tutunmadan dağılımlarıyla açıklanabilir. En yüksek verimin %3'lerde olduğu düşünüldüğünde bu ürünlerin geniş tarım arazilerine uygulanmaları pek mümkün görünmemektedir. Bunun yerine organik tarıma destek amaçlı bitki metabolitleri yerine bu arazilere bitkilerin kendilerini ekip dikmek, ya da genetik manipülasyonlarla patojen dirençli tohumları üretmek daha olası görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, M.G., Haris, A., Binyameen, M., Nazir, A., Mozūratis, R., Azeem, M. 2022. Chemical Composition, Larvicidal and Repellent Activities of Wild Plant Essential Oils against *Aedes aegypti*, *Biology*, 12 (1), 8.
- Abou Baker, D., Al-Moghazy, M., ElSayed, A. 2020. The *in vitro* cytotoxicity, antioxidant and antibacterial potential of *Satureja hortensis* L. essential oil cultivated in Egypt, *Bioorganic chemistry*, 95, 103559.
- Agrios, G.N., 2005, Plant pathology, *Elsevier*,
- Ahn, C.H., Heo, K., Park, H.S., Choi, Y.E. 2019. *In vitro* propagation and cryopreservation of *Thuja koraiensis* Nakai via somatic embryogenesis, *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55 (5), 605-614.
- Akarca, G., Tomar, O. 2018. Siyah ve Yeşil Çay İle Üretilen Kombucha Çaylarının Antimikrobiyal ve Antioksidatif Özellikleri, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (14), 96-101.
- Akat, S. (2008), "Domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığıyla (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) biyolojik savaşta bakteriyel antagonistlerin etkinliğinin araştırılması ", Yüksek Lisans, *Bitki Koruma Ana Bilim Dalı*, Ege Üniversitesi, İzmir, 91.
- Akkurt, A. (2011), "Bazı centaurea L. türlerinin uçucu yağlarının kimyasal bileşimleri ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi Investigation of composition and antimicrobial activities of essential oils in some *Centaurea* L. Species", *Biyoloji Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*,
- Al-Bayati, F.A. 2009. Isolation and identification of antimicrobial compound from *Mentha longifolia* L. leaves grown wild in Iraq, *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, 8 (1), 1-6.
- Ali, H.M., Elgat, W.A.A., El-Hefny, M., Salem, M.Z., Taha, A.S., Al Farraj, D.A., Elshikh, M.S., Hatamleh, A.A., Abdel-Salam, E.M. 2021. New approach for using of *Mentha longifolia* L. and *Citrus reticulata* L. essential oils as wood-biofungicides: GC-MS, SEM, and MNDO quantum chemical studies, *Materials*, 14 (6), 1361.
- Alizadeh, A. 2015. Essential oil composition, phenolic content, antioxidant, and antimicrobial activity of cultivated *Satureja rechingeri* Jamzad at different phenological stages, *Zeitschrift für Naturforschung C*, 70 (3-4), 51-58.
- Alkan, M. 2020. Chemical composition of *Achillea millefolium* L.(Asteraceae) essential oil and insecticidal effect against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Plant Protection Bulletin*, 60 (1), 85-93.
- Altundağ, Ş., Aslım, B. 2005. Kekik'in bazı bitki patojeni bakteriler üzerine antimikrobiyal etkisi, *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3 (7), 12-14.
- Alveroğlu, V. (2014), "Bazı bakteri (*Serratia marcescens* ve *Stenotrophomonas maltophilia*) ve potasyum nitrat uygulamalarının biber bitkisinin tuza toleransı üzerine etkileri", Yüksek Lisans, *Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 133.

- Anonim, 2022, Biber, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Biber>[Erişim Tarihi: 01.01.2023].
- Aydemir, M., 2008, Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.
- Bajpai, V.K., Cho, M.J., Kang, S.C. 2010. Control of plant pathogenic bacteria of *Xanthomonas* spp. by the essential oil and extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu *in vitro* and *in vivo*, Journal of Phytopathology, 158 (7-8), 479-486.
- Baki, D. (2014), "Domates (*Solanum lycopersicum* L.) bakteriyel öz nekrozu hastalık etmenleri *Dickeya chrysanthemi*, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Pseudomonas cichorii*, *Pseudomonas corrugata*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas mediterranea* ve *Pseudomonas viridiflava*'nın LNA probe kullanılarak real-time PCR tanısı ve hastalıklı bitki dokularından tespiti", Yüksek Lisans, *Bitki Koruma Ana Bilim Dalı*, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mersin, 181.
- Başer, K.H.C. 2009. Uçucu yağlar ve aromaterapi, Fitomed, 7, 8-25.
- Bayar, R. 2018. Arazi kullanımı açısından Türkiye'de tarım alanlarının değişimi, Coğrafi Bilimler Dergisi, 16 (2), 187-200.
- Baydar, H., 2013, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 4. Baskı) Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51, *SDÜ Basımevi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta,
- Bayındır, A., Birgücü, A.K. 2020. Farklı bitki uçucu yağlarının *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) erginleri üzerindeki etkileri, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 7 (2), 143-149.
- Benchaa, S., Hazzit, M., Abdelkrim, H. 2018. Allelopathic effect of *Eucalyptus citriodora* essential oil and its potential use as bioherbicide, Chemistry & biodiversity, 15 (8), e1800202.
- Biswas, N.N., Saha, S., Ali, M.K. 2014. Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and analgesic activities of ethanolic extract of *Mentha arvensis* L, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 4 (10), 792-797.
- Biswas, R., Mandal, S.K., Dutta, S., Bhattacharyya, S.S., Boujedaini, N., Khuda-Bukhsh, A.R. 2011. Thujone-rich fraction of *Thuja occidentalis* demonstrates major anti-cancer potentials: evidences from *in vitro* studies on A375 cells, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2011.
- Bozarı, S. (2011), "Lamiaceae Familyasına ait Farklı Türlerden Elde Edilen Allelopatik Potansiyele Sahip Esansiyel Yağların Genotoksik Etkilerinin Belirlenmesi", Doktora, *Biyoloji*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 166.
- Bozarı, S., Güleray, A., Derya, E., Bingöl, Ö. 2021. An overview to the cytological, physiological, genetic and morphological effects of essential oils of *Mentha longifolia*, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9 (2), 891-897.
- Börekçi, Ö.M., Akıncı, İ.E. 2019. Kahramanmaraş Kırmızıbiber Tarım Alanlarının Organik Tarıma Uygunluğunun, Pestisit Kullanımı ve Kalıntı Düzeyleri Bakımından Araştırılması, Alatarım, 18 (1), 12-22.
- Bridges, C. 2000. Long-term effects of pesticide exposure at various life stages of the southern leopard frog (*Rana sphenoccephala*), Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 39 (1), 91-96.

- Buonaurio, R., Scortichini, M. 1994. *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on pepper seedlings in Italy, *Plant pathology*, 43 (1), 216-219.
- Cacek, T., Langner, L.L. 1986. The economic implications of organic farming, *American Journal of Alternative Agriculture*, 1 (1), 25-29.
- Candemir, Ö. (2022), "Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L) çeşitlerinin bakteriyel adi yaprak yanıklığı (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) hastalığına dayanıklılığının moleküler işaretleyiciler ve patojenite testleri kullanılarak belirlenmesi", Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı*, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 58.
- Catara, V. 2007. *Pseudomonas corrugata*: plant pathogen and/or biological resource?, *Molecular plant pathology*, 8 (3), 233-244.
- Coggins, P.C. 2001. Spices and flavorings for meat and meat products, *Meat Science and Applications*, 371-401.
- Cook, A., Stall, R. 1969. Differentiation of pathotypes among isolates of *Xanthomonas vesicatoria*, *Plant disease reporter*.
- Çetinkaya-Yıldız, R., Aysan, Y., 2004, A new seed-borne pathogen on tomato: *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and some seed treatments, *III Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes* 729, 449-452.
- Çetinkaya Yıldız, R. (2007), "Domates bakteriyel solgunluk hastalık etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)'nin tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı*, Çukurova Üniversitesi, Adana, 191.
- Çon, A.H., Ayar, A., Gökalp, H.Y. 1998. Bazı Baharat Uçucu Yağlarının Çeşitli Bakterilere Karşı Antimikrobiyal Etkisi, *Gıda*, 23 (3).
- Dadaloğlu, I., Evrendilek, G.A. 2004. Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minutiflorum*), bay laurel (*Laurus nobilis*), Spanish lavender (*Lavandula stoechas* L.), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common foodborne pathogens, *Journal of agricultural and food chemistry*, 52 (26), 8255-8260.
- Dadaşoğlu, F. 2016. Yumuşak Çürüklük Etmeni *Bacillus pumilus* İzolatlarına Karşı Çakşır Otu (*Ferula communis*) Uçucu Yağ ve Ekstrelerinin Antibakteriyel Etkisi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (4), 83-90.
- Davari, M., Ezazi, R. 2022. Mycelial inhibitory effects of antagonistic fungi, plant essential oils and propolis against five phytopathogenic *Fusarium* species, *Archives of Microbiology*, 204 (8), 1-11.
- Deans, S., Svoboda, K.P. 1989. Antibacterial activity of summer savory (*Satureja hortensis* L) essential oil and its constituents, *Journal of Horticultural Science*, 64 (2), 205-210.
- Demir, B.A.-Y. 2016. Organik tarım Türkiye'yi besler!, *Toplum ve Bilim*, 138, 139.
- Demiryurek, K. (1999), "The analysis of information systems for organic and conventional hazelnut producers in three villages of the Black Sea region, Turkey", University of Reading,

- Düring, K., Porsch, P., Fladung, M., Lörz, H. 1993. Transgenic potato plants resistant to the phytopathogenic bacterium *Erwinia carotovora*, *The Plant Journal*, 3 (4), 587-598.
- El-Fiki, I.A., Eman, H.O. 2022. Controlling The Bacterial Leaf Spot Disease in Pepper Caused by *Xanthomonas vesicatoria* Using Natural Bacteritoxicants, *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 14 (1), 229-245.
- Elçi, E., Ünlü, N. 2019a. Okaliptus ve bazı ticari uçucu yağlarının Domates bakteriyel kanser hastalığı (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) üzerine antibakteriyel etkileri, *Plant Protection Bulletin*, 59 (2), 39-47.
- Elçi, E., Ünlü, N. 2019b. Okaliptus ve bazı ticari uçucu yağlarının Domates bakteriyel kanser hastalığı (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) üzerine antibakteriyel etkileri, *Bitki Koruma Bülteni*, 59 (2), 39-47.
- Elsharkawy, E.R., Ali, A.M. 2019. Effect of Drought Condition of North Region of Saudi Arabia on Accumulation of Chemical Compounds, Antimicrobial and Larvicidal Activity of *Thuja orientalis*, *Oriental Journal of Chemistry*, 35 (2), 738.
- Emir, M., Demiryürek, K., Aydın, G., Salih, C., 2012, Avrupa Birliği Organik Tarım Mevzuatındaki Gelişmeler ve Türkiye'nin Uyumu, *10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*, 5-7 Eylül, Konya.
- Erb, M., Kliebenstein, D.J. 2020. Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and primary metabolites: the blurred functional trichotomy, *Plant physiology*, 184 (1), 39-52.
- Ersoy, N., Tatlı, Ö., Özcan, S., Evcil, E., Coşkun, L.Ş., Eedoğan, E. 2011. LC-MS/MS ve GC-MS'le bazı sebze türlerinde pestisit kalıntılarının tespiti, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25 (3), 79-85.
- Ertaş, M.N., Karakaya, A. 2018. Çay ve kivi bitkilerinde hastalık oluşturan *Pestalotiopsis* türleri, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22 (1), 152-168.
- Eryılmaz, G.A., Kılıç, O., Boz, İ. 2019. Türkiye'de organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 352-361.
- Faleiro, M.L. 2011. The mode of antibacterial action of essential oils, *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*, 2, 1143-1156.
- FAO, 2022, Crops and livestock products, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>[Erişim Tarihi: 31.12.2022].
- Farzaei, M.H., Bahramsoltani, R., Ghobadi, A., Farzaei, F., Najafi, F. 2017. Pharmacological activity of *Mentha longifolia* and its phytoconstituents, *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 37 (5), 710-720.
- Fierascu, I., Dinu-Pirvu, C.E., Fierascu, R.C., Velescu, B.S., Anuta, V., Ortan, A., Jinga, V. 2018. Phytochemical profile and biological activities of *Satureja hortensis* L.: A review of the last decade, *Molecules*, 23 (10), 2458.
- Francis, C.A., Flora, C.B., King, L.D., 1991, *Sustainable agriculture in temperate zones*, *John Wiley & Sons*,

- Fuller, R., Norton, L., Feber, R., Johnson, P., Chamberlain, D.E., Joys, A.C., Mathews, F., Stuart, R., Townsend, M., Manley, W. 2005. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa, *Biology letters*, 1 (4), 431-434.
- Gartemann, K.-H., Kirchner, O., Engemann, J., Gräfen, I., Eichenlaub, R., Burger, A. 2003. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*: first steps in the understanding of virulence of a Gram-positive phytopathogenic bacterium, *Journal of biotechnology*, 106 (2-3), 179-191.
- Gedik, O., Kocabaş, Y.Z., Çınar, O. 2022. *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* Alt Türüne Ait İki Farklı Varyetenin Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi, *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 12 (2), 131-137.
- Ghannadi, A. 2002. Composition of the essential oil of *Satureja hortensis* L. seeds from Iran, *Journal of Essential Oil Research*, 14 (1), 35-36.
- Gleason, M.L., Gitaitis, R.D., Ricker, M.D. 1993. Recent progress in understanding and controlling bacterial canker of tomato in eastern North America, *Plant Disease*, 77 (11), 1069-1076.
- Gormez, A., Bozari, S., Yanmis, D., Gulluce, M., Sahin, F., Agar, G. 2015. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of two species of Lamiaceae against phytopathogenic bacteria, *Polish journal of microbiology*, 64 (2), 5.
- Gross, D., DeVay, J. 1977. Population dynamics and pathogenesis of *Pseudomonas syringae* in maize and cowpea in relation to the *in vitro* production of syringomycin, *Phytopathology*, 67 (4), 475-483.
- Guimarães, A.C., Meireles, L.M., Lemos, M.F., Guimarães, M.C.C., Endringer, D.C., Fronza, M., Scherer, R. 2019. Antibacterial activity of terpenes and terpenoids present in essential oils, *Molecules*, 24 (13), 2471.
- Guleria, S., Kumar, A., Tiku, A.K. 2008. Chemical composition and fungitoxic activity of essential oil of *Thuja orientalis* L. grown in the north-western Himalaya, *Zeitschrift für Naturforschung C*, 63 (3-4), 211-214.
- Gulluce, M., Sahin, F., Sokmen, M., Ozer, H., Daferera, D., Sokmen, A., Polissiou, M., Adiguzel, A., Ozkan, H. 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*, *Food chemistry*, 103 (4), 1449-1456.
- Güler, E.Ö., Börüban, C. 2019. Tarımsal Üretimin ve Ölçek Etkisinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28 (3), 1-11.
- Hadas, R., Kritzman, G., Gefen, T., Manulis, S. 2001. Detection, quantification and characterization of *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* contaminating pepper seeds, *Plant pathology*, 50 (1), 117-123.
- Hafedh, H., Fethi, B.A., Mejdi, S., Emira, N., Amina, B. 2010. Effect of *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia* essential oil on the morphology of four pathogenic bacteria visualized by atomic force microscopy, *Afr. J. Microbiol. Res*, 4 (11), 1122-1127.
- Hernández-Huerta, J., Tamez-Guerra, P., Gomez-Flores, R., Delgado-Gardea, M.C.E., García-Madrid, M.S., Robles-Hernández, L., Infante-Ramirez, R. 2021. Prevalence of *Xanthomonas euvesicatoria* (formally *X. perforans*) associated with

- bacterial spot severity in *Capsicum annuum* crops in South Central Chihuahua, Mexico, *PeerJ*, 9, e10913.
- Hernández, A.F., Parrón, T., Tsatsakis, A.M., Requena, M., Alarcón, R., López-Guarnido, O. 2013. Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health, *Toxicology*, 307, 136-145.
- Ichim, E., Marutescu, L., Popa, M., Cristea, S. 2017. Antimicrobial efficacy of some plant extracts on bacterial ring rot pathogen, *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, *The EuroBiotech Journal*, 1 (1), 85-88.
- Ismail, A., Mohsen, H., Bassem, J., Lamia, H. 2015. Chemical composition of *Thuja orientalis* L. essential oils and study of their allelopathic potential on germination and seedling growth of weeds, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48 (1), 18-27.
- James, R.H., 2003, *Natural Products: The Secondary Metabolites*, *Royal Society of Chemistry*, University of Sussex, 149.
- Jouzi, Z., Azadi, H., Taheri, F., Zarafshani, K., Gebrehiwot, K., Van Passel, S., Lebailly, P. 2017. Organic farming and small-scale farmers: Main opportunities and challenges, *Ecological Economics*, 132, 144-154.
- Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., Yao, W.J.C.r.i.f.s., nutrition. 2019. The inhibitory effect of plant essential oils on foodborne pathogenic bacteria in food, 59 (20), 3281-3292.
- Kamal, H., Shahin, H., Mohamed-Yasseen, Y., El-Hela, A. 2016. Callus induction treatments influence antimicrobial effect of tissue culture-derived *Thuja orientalis* L, *Journal of Scientific and Innovative Research*, 5 (3), 79-82.
- Karsandıözü, S. (2019), "*Thuja orientalis* L. ve *Thuja occidentalis* L.'den Elde Edilen Uçucu Yağların GC-MS Analizi ve Antimikrobiyal Özellikleri", *Yüksek Lisans Tezi, Orman Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu*, 56.
- Katar, N. (2015), "Farklı azot dozlarının sater (*Satureja hortensis* L.) bitkisinde verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi", *Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir*, 70.
- Kavallieratos, N.G., Nika, E.P., Skourti, A., Xefteri, D.N., Cianfaglione, K., Perinelli, D.R., Spinozzi, E., Bonacucina, G., Canale, A., Benelli, G. 2022. Piperitenone oxide-rich *Mentha longifolia* essential oil and its nanoemulsion to manage different developmental stages of insect and mite pests attacking stored wheat, *Industrial Crops and Products*, 178, 114600.
- Khubeiz, M.J., Mansour, G., Zahraa, B. 2016. Antibacterial and phytochemical investigation of *Thuja orientalis* (L.) leaves essential oil from Syria, *Int. J. Curr. Pharmaceut. Rev. Res*, 7, 243-7.
- Kılıç, A. 2008. Uçucu yağ elde etme yöntemleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10 (13), 37-45.
- Kilinç, B.Ö., Gödelek, D., Süfer, Ö., Saygideğer Demir, B., Sezan, A., Saygideğer, Y., Bozok, F. 2022. Essential oils from some Lamiaceae plants: antioxidant and anticancer potentials besides thermal properties, *Chemistry & Biodiversity*, 19 (10), e202200418.

- Kizil, S., Uyar, F. 2006. Antimicrobial activities of some thyme (*Thymus*, *Staureja*, *Origanum* and *Thymbra*) species against important plant pathogens, *Asian Journal of Chemistry*, 18 (2), 1455.
- Kokkini, S. 1992. Essential oils as taxonomic markers in *Mentha*, *Advances in labiatae science*, 325-334.
- Kotan, R., Dadasoğlu, F., Karagoz, K., Cakir, A., Ozer, H., Kordali, S., Cakmakci, R., Dikbas, N. 2013. Antibacterial activity of the essential oil and extracts of *Satureja hortensis* against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants, *Scientia horticulturae*, 153, 34-41.
- Kumar, A., Majid, A. 2018. Comparative Evaluation of Antibacterial Efficacy of *Cannabis Sativa*, *Allium Sativum*, *Allium Cepa*, *Thuja orientalis* and *Psidium Guajava* against Drug Resistance Pathogens.
- Kumar, B., Trivedi, P., Pandey, A. 2007. *Pseudomonas corrugata*: A suitable bacterial inoculant for maize grown under rainfed conditions of Himalayan region, *Soil Biology and Biochemistry*, 39 (12), 3093-3100.
- Lawrence, B.M., 2006, *Mint: the genus Mentha*, *CRC press*,
- Lopez, M., Siverio, F., Albiach, M., Garcia, F., Rodriguez, R. 1994. Characterization of Spanish isolates of *Pseudomonas corrugata* from tomato and pepper, *Plant pathology*, 43 (1), 80-90.
- Mahuku, G.S., Jara, C., Henriquez, M., Castellanos, G., Cuasquer, J. 2006. Genotypic Characterization of the Common Bean Bacterial Blight Pathogens, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* by rep-PCR and PCR-RFLP of the Ribosomal Genes, *Journal of phytopathology*, 154 (1), 35-44.
- Makkar, H.P., Siddhuraju, P., Becker, K., 2007, *Plant secondary metabolites*, *Springer*,
- Mammadov, R. 2014. *Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Mhedbi-Hajri, N., Hajri, A., Boureau, T., Darrasse, A., Durand, K., Brin, C., Saux, M.F.-L., Manceau, C., Poussier, S., Pruvost, O. 2013. Evolutionary history of the plant pathogenic bacterium *Xanthomonas axonopodis*, *Plos one*, 8 (3), e58474.
- Mihajilov-Krstev, T., Radnovic, D., Kitic, D., Stojanovic-Radic, Z., Zlatkovic, B. 2009. Antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil against pathogenic microbial strains, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23 (4), 1492-1496.
- Mirik, M. (2005), "Biberde bakteriyel leke etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanakları", Doktora tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı*, Çukurova Üniversitesi,, Adana, 178.
- Moawad, A., Elham, A. 2019. Comparative antioxidant activity and volatile oil composition of leaves and fruits of *Thuja orientalis* growing in Egypt, *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 16 (11), 823-830.
- Mondelaers, K., Aertsens, J., Van Huylenbroeck, G. 2009. A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming, *British food journal*.

- Mozaffari, F., Abbasipour, H., Garjan, A.S., Saboori, A., Mahmoudvand, M. 2012. Efficacy of *Thuja orientalis* L.(Cupressaceae) essential oil on the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15 (4), 550-556.
- Muscănescu, A. 2013. Organic versus conventional: advantages and disadvantages of organic farming, *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 13 (1), 253-256.
- Narayanasamy, P., 2001, *Plant pathogen detection and disease diagnosis*, CRC press,
- Nohutçu, L., Şelem, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. 2021. Uçucu yağların tarımsal hastalık ve zararlılara karşı kullanımı, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (2), 499-523.
- Oh, E.-J., Bae, C., Lee, H.-B., Hwang, I.S., Lee, H.-I., Yea, M.C., Yim, K.-O., Lee, S., Heu, S., Cha, J.-S. 2016. *Clavibacter michiganensis* subsp. *capsici* subsp. nov., causing bacterial canker disease in pepper, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66 (10), 4065-4070.
- Onaran, A., Yanar, Y. 2016. In vivo and *in vitro* antifungal activities of five plant extracts against various plant pathogens, *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26 (2), 405.
- Oyediji, A., Okunowo, W., Osuntoki, A., Olabode, T., Ayo-Folorunso, F. 2020. Insecticidal and biochemical activity of essential oil from *Citrus sinensis* peel and constituents on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 168, 104643.
- Özbek, F.Ş., Fidan, H. 2015. Konya ilinde buğday üretiminde ürün kaybına ve/veya fiyat indirimine neden olan hastalık ve zararlıların incelenmesi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 92-97.
- Özgülven, M., Kırıcı, S. 1999. Farklı ekolojilerde nane (*Mentha*) türlerinin verim ile uçucu yağ oran ve bileşenlerinin araştırılması, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (5), 465-472.
- Öztürk, P.K., Baloğlu, S. 2019. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Açık Alanda Yetiştirilen Biberlerde Bazı Virüslerin Serolojik ve Moleküler Tanısı.
- Pandey, A., Palni, L. 1998. Isolation of *Pseudomonas corrugata* from Sikkim Himalaya, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14 (3), 411-413.
- Pavela, R. 2006. Insecticidal activity of essential oils against cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 9 (2), 99-106.
- Plant List, T., 2010, *Plant List*, <http://www.theplantlist.org/>[Erişim Tarihi: 01.01.2023].
- Plata-Rueda, A., Martínez, L.C., da Silva Rolim, G., Coelho, R.P., Santos, M.H., de Souza Tavares, W., Zanuncio, J.C., Serrão, J.E. 2020. Insecticidal and repellent activities of *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil and its terpenoids (citral and geranyl acetate) against *Uloides dermestoides*, *Crop protection*, 137, 105299.
- Ponce de León, I., Oliver, J.P., Castro, A., Gaggero, C., Bentancor, M., Vidal, S. 2007. *Erwinia carotovora* elicitors and *Botrytis cinerea* activate defense responses in *Physcomitrella patens*, *BMC Plant Biology*, 7 (1), 1-11.

- Pradhan, P., Sarangdevot, Y.S., Vyas, B. 2021. Quantitative estimation of total phenols and flavonoids content in *Thuja orientalis*, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 10 (1), 687-689.
- Regnault-Roger, C., Ribodeau, M., Hamraoui, A., Bateau, I., Blanchard, P., Gil-Munoz, M.-I., Barberan, F.T. 2004. Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say), Journal of Stored Products Research, 40 (4), 395-408.
- Restrepo, S., Vélez, C.M., Verdier, V. 2000. Measuring the genetic diversity of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* within different fields in Colombia, Phytopathology, 90 (7), 683-690.
- Scarlett, C.M., Fletcher, J., Roberts, P., Lelliott, R. 1978. Tomato pith necrosis caused by *Pseudomonas corrugata* n. sp, Annals of applied Biology, 88 (1), 105-114.
- Sefidkon, F., Abbasi, K., Khaniki, G.B. 2006. Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*, Food chemistry, 99 (1), 19-23.
- Seo, K.-S., Lee, B., Yun, K.W. 2019. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oils Extracted from Wild and Planted *Thuja orientalis* Leaves in Korea, Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22 (5), 1407-1415.
- Shah, W.A., Qadir, M. 2014. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of *Thuja orientalis* essential oil, World Journal of Pharmaceutical Sciences, 56-61.
- Sharma, S.K., Sharma, R. 2016. Essential oil constituents and antimicrobial potency of *Thuja orientalis* grown in Rajasthan, Int. J. of Environment, Science and Technology, 2 (2), 1-7.
- Sharma, V., Midha, S., Ranjan, M., Pinnaka, A.K., Patil, P.B. 2012. Genome sequence of *Xanthomonas axonopodis* pv. *punicae* strain LMG 859, Am Soc Microbiol.
- Shazdehahmadi, F., Pournajaf, A., Kazemi, S., Ghasempour, M. 2022. Determining the Antibacterial Effect of *Mentha longifolia* Essential Oil on Cariogenic Bacteria and Its Compounds: an *in vitro* Study, Journal of Dentistry.
- Shelef, L. 1984. Antimicrobial effects of spices, Journal of food safety, 6 (1), 29-44.
- Shuping, D., Eloff, J.N. 2017. The use of plants to protect plants and food against fungal pathogens: A review, African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 14 (4), 120-127.
- Sipahioğlu, H.M., Demir, S., Polat, B., Akköprü, A., Usta, M. 2004. Van ve civarında yetiştiriciliği yapılan sert çekirdekli meyve ağaçlarında tespit edilen viral ve fungal hastalık etmenleri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (2), 133-139.
- Sirel, O., Maden, S. 2006. Domateste Görülen Küllenme Hastalık Etmenleri, Selcuk Journal of Agriculture Food Sciences, 20 (38), 126-135.
- Smagulova, A., Uakhit, R., Kiyani, V. 2022. First Record of *Alternaria alternata* causing necrosis of *Thuja* (*Thuja occidentalis*) in Kazakhstan, Plant Disease, 106 (11), 2987.

- Soylu, E., Tok, F., Soylu, S., Kaya, A., Evrendilek, G. 2005. Antifungal activities of the essential oils on post-harvest disease agent *Penicillium digitatum*, Pak. J. Biol. Sci, 8 (1), 25-29.
- Sönmez, E., Köse, Y.B. 2008. Morpho-anatomical investigations on *Ajuga reptans* Briq and *Ajuga reptans* PH Davis, Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma, 10 (1), 39-48.
- Srivastava, P., Kumar, P., Singh, D., Singh, V. 2012. Biological properties of *Thuja orientalis* Linn, Adv Life Sci, 2 (2), 17-20.
- Szczerbanik, M., Jobling, J., Morris, S., Holford, P. 2007. Essential oil vapours control some common postharvest fungal pathogens, Australian Journal of Experimental Agriculture, 47 (1), 103-109.
- Şahin, A., Kösrek, M. 2015. Kahramanmaraş İlinde Yetiştirilen Biberlerde Biber Bakteriye Leke Hastalığı Etmeninin Belirlenmesi, KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 18 (3), 37-43.
- Şahin, F., Karaman, I., Güllüce, M., Ögütçü, H., Şengül, M., Adıgüzel, A., Öztürk, S., Kotan, R. 2003. Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L, Journal of ethnopharmacology, 87 (1), 61-65.
- Şahin, H. (2020), "Yeşilirmak deltasındaki sulak alanlardan toplanan serbest yüzen yapraklı makrofitlerin biyolojik özelliklerinin ve antimikrobiyal etkilerinin araştırılması", Yüksek Lisans, *Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü*, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 91.
- Şevik, M.A. 2015. Viroidler ve Türkiye'de Saptanan Viroid Hastalık Etmenleri, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2 (1), 63-68.
- Tarım Bakanlığı, T.v.O., 2023, Biber: Hastalık ve zararlılarla mücadele, Ankara, https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici_Bilgi_Kosesi/Dokumanlar/biber_hastalik_ve_zararilari_ile_mucadele.pdf[Erişim Tarihi: 02.01.2023].
- Taylor, J., Teverson, D.M., Davis, J.H. 1996. Sources of resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* races in *Phaseolus vulgaris*, Plant Pathology, 45 (3), 479-485.
- Tegegne, G., Pretorius, J.C. 2007. *In vitro* and in vivo antifungal activity of crude extracts and powdered dry material from Ethiopian wild plants against economically important plant pathogens, BioControl, 52 (6), 877-888.
- Tiring, G., Satar, S., Özkaya, O. 2020. Sekonder metabolitler, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35 (1), 203-215.
- Topuz, E. 2005. Tarımsal Zararlılarla Mücadelede Kimyasal Pestisitlere Alternatif Bazı Yöntemler, Derim, 22 (2), 53-59.
- Tripathi, A., Sharma, N., Sharma, V. 2009. *In vitro* efficacy of Hyptis suaveolens L.(Poit.) essential oil on growth and morphogenesis of *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* (Massey) Snyder & Hansen, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 25 (3), 503-512.
- Trivedi, P., Pandey, A., Palni, L.M.S. 2008. *In vitro* evaluation of antagonistic properties of *Pseudomonas corrugata*, Microbiological Research, 163 (3), 329-336.
- URL-1, 2020, Yeşil Kimya Nedir?, <https://inovatifkimyadergisi.com/kimya-dunyasina-temiz-bir-soluk-yesil-kimya>[Erişim Tarihi: 28.02.2020].

- Uwizeyimana, H., Wang, M., Chen, W., Khan, K. 2017. The eco-toxic effects of pesticide and heavy metal mixtures towards earthworms in soil, *Environmental Toxicology Pharmacology & Therapeutics*, 55, 20-29.
- Valdes, A., 2019, Food security for developing countries, *Routledge*, New York,
- van Bruggen, A.H., Gamliel, A., Finckh, M.R. 2016. Plant disease management in organic farming systems, *Pest Management Science*, 72 (1), 30-44.
- Van der Wolf, J., Van Beckhoven, J., Hukkanen, A., Karjalainen, R., Müller, P. 2005. Fate of *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus*, the causal organism of bacterial ring rot of potato, in weeds and field crops, *Journal of Phytopathology*, 153 (6), 358-365.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L., Lorito, M. 2008. Trichoderma-plant-pathogen interactions, *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (1), 1-10.
- Werrie, P.-Y., Durenne, B., Delaplace, P., Fauconnier, M.-L. 2020. Phytotoxicity of essential oils: Opportunities and constraints for the development of biopesticides. A review, *Foods*, 9 (9), 1291.
- Wikipedia, 2022, *Clavibacter michiganensis* and *Pseudomonas* tomato, https://nl.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_tomato, https://en.wikipedia.org/wiki/Clavibacter_michiganensis[Erişim Tarihi: 02.01.2023].
- Wink, M. 1988. Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores, *Theoretical and applied genetics*, 75 (2), 225-233.
- Xin, X.-F., Kvitko, B., He, S.Y. 2018. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen, *Nature Reviews Microbiology*, 16 (5), 316-328.
- Yanar, Y., Yanar, D., Gebologlu, N. 2011. Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on tomato by foliar sprays of liquid potassium silicate (K₂ SiO₃), *African Journal of Biotechnology*, 10 (16), 3121-3123.
- Yiğit, F. 2005. Bitki Patojenlerinin Kontrolünde Kullanılan Biyokontrol Ürünler Ve Özellikleri, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 19 (36), 70-77.
- Yılmaz, M. 2014. Bazı uçucu yağların domates bakteriyel kanser ve solgunluk (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) etmeninin kontrolündeki etkinliğinin belirlenmesi ve bu yağların film kaplamada kullanımı.
- Yılmaz, M., Kavak, S., Baysal, Ö. 2014. Bazı ticari sabit ve uçucu yağların domates bakteriyel kanser ve solgunluk etmeni üzerine antibakteriyel etkileri, *Derim*, 31 (1), 50-60.

