



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BİTKİ UÇUCU YAĞ ve ISOTHIOCYANATE'LARIN DOMATES
FUNGAL HASTALIK ETMENİ *Neoscytalidium dimidiatum*'a KARŞI *in vitro*
KOŞULLARDA ANTİFUNGAL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

FİRDEVS DEMİRKOL

**BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY
MAYIS-2021**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BİTKİ UÇUCU YAĞ ve ISOTHIOCYANATE’LARIN DOMATES
FUNGAL HASTALIK ETMENİ *Neoscytalidium dimidiatum*’a KARŞI *in vitro*
KOŞULLARDA ANTİFUNGAL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

FİRDEVS DEMİRKOL
ORCID:0000-0001-9378-4593

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. Soner SOYLU
ORCID:0000-0003-1002-8958

HATAY
MAYIS-2021

26/05/2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Firdevs DEMİRKOL

ÖZET

FARKLI BİTKİ UÇUCU YAĞ ve ISOTHIOCYANATE’LARIN DOMATES FUNGAL HASTALIK ETMENİ *Neoscytalidium dimidiatum*’a KARŞI *in vitro* KOŞULLARDA ANTİFUNGAL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Domates [*Solanum lycopersicum* L.], Türkiye’de en çok tüketilen sebzelerin başında gelmektedir. Bu çalışmada, Lamiaceae, Lauraceae ve Apiaceae bitki familyasına ait 13 farklı bitki türünden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşenleri, uçucu yağlar ile farklı isothiocyanate (ITC) bileşiklerinin domatesta sorun fungal hastalık etmeni *Neoscytalidium dimidiatum*’un *in vitro* koşullarda misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan etkileri belirlenmiştir.

GC-MS analizler sonucunda, carvacrol bileşeni *Thymbra spicata* var. *spicata* (Tss), *Origanum syriacum* (Os), *Origanum onites* (Oo), thymol bileşeni *Thymus serpyllum* (Tsr), terpinen-4-ol bileşeni *Origanum majorana* (Om), eucalyptol bileşeni *Eucalytus camadulensis* (Ec), *Laurus nobilis* (Ln) ve *Rosmarinus officinalis* (Ro), trans-caryophyllene bileşeni *Salvia officinalis* (So), trans-anethole bileşeni *Foeniculum vulgare* (Fv), α -pinene bileşeni *Juniperus communis* (Jc), linalyl acetate bileşeni *Lavandula intermedia* (Li), limonene bileşeni ise *Lippia citridora* (Lc) uçucu yağlarının ana bileşenleri olarak belirlenmiştir. Test edilen uygulamalar arasında Tss, Os, Oo, Lc ve Fv uçucu yağları 1.0-4.0 μ l/petri dozlarında fungal etmenin misel gelişimini %100 engellemek suretiyle en yüksek antifungal etkinlik gösteren uçucu yağlar olarak belirlenmiştir. Ln ve Jc uçucu yağları diğer yağlara kıyasla nispeten düşük antifungal etkinlik göstermiştir (50 > μ l/petri dozlarında). Test edilen ITC’lerin tamamı [methyl (MITC), allyl (AITC), ethyl (EITC) ve phenyl ethyl (PEITC) ITC] düşük dozlarda fungal etmenin gelişimini tamamen engellemiştir. ITC’ler arasında en yüksek antifungal etkinlik 10.0 μ l/petri dozunda MITC tarafından gösterilmiş olup, bunu sırasıyla AITC (14.0 μ l/petri), EITC (20.0 μ l/petri) ve PEITC (24.0 μ l/petri) uygulamaları takip etmiştir. Uçucu yağların minimum fungisidal engelleme dozlarına maruz bırakılmış fungus hiflerindeki morfolojik değişiklikler ışık mikroskopu ile belirlenmiştir. Yapılan ışık mikroskop gözlemlerinde, *T.spicata* var. *spicata*, *F. vulgare* ve *L. citridora* uçucu yağlarının fungisidal dozlarına maruz bırakılan fungal hiflerinde boğumlaşma, şişme, sitoplazmik koagülasyon, hücre içeriğinin dışarı boşalması ve hiflerde erime şeklinde karakterize edilen morfolojik deformasyonlar tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bitki uçucu yağları ve ITC bileşiklerinin *Neoscytalidium dimidiatum*’a karşı yüksek düzeyde antifungal etkinlik gösterdiği ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar uçucu yağlar ve ITC’lerin hastalık etmenine karşı antifungal biyofungisit olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

2021, 69 sayfa

Anahtar kelimeler: Domates, *Neoscytalidium dimidiatum*, Bitki uçucu yağlar, Antifungal, Isothiocyanate (ITC)

ABSTRACT

DETERMINATION of *in vitro* ANTIFUNGAL EFFICIENCIES of DIFFERENT PLANT ESSENTIAL OILS and ISOTHIOCYANATE's AGAINST TOMATO FUNGAL DISEASE AGENT *Neoscytalidium dimidiatum*

Tomatoes [*Solanum lycopersicum* L.], one of the most consumed vegetables in Turkey. In this study, chemical composition of essential oils from different plant species belonging to Lamiaceae, Lauraceae and Apiaceae families and antifungal activities of essential oils and isothiocyanate (ITC) were determined against fungal disease agent of tomato *Neoscytalidium dimidiatum* *in vitro* conditions.

As a results of GC-MS analysis, the major constituents of the essential oils were determined as carvacrol in *Thymbra spicata* var. *spicata* (Tss), *Origanum syriacum* (Os), *Origanum onites* (Oo), thymol in *Thymus serpyllum* (Tsr), terpinen-4-ol in *Origanum majorana* (Om), eucalyptol in *Eucalytus camadulensis* (Ec), *Laurus nobilis* (Ln) and *Rosmarinus officinalis* (Ro), *trans*-caryophyllene in *Salvia officinalis* (So), *trans*-anethole in *Foeniculum vulgare* (Fv), α -pinene in *Juniperus communis* (Jc), linalyl acetate in *Lavandula intermedia* (Li) and limonene in *Lippia citridora* (Lc) essential oils respectively. Among the tested essential oils, Tss, Os, Oo, Lc and Fv essential oils were determined as the most effective essential oils by completely inhibiting mycelial growth at the concentrations of 1.0-4.0 μ l/petri. Ln and Jc essential oils were determined as the least effective essential oils comparison to all essential oils (antifungal at >50 μ l/petri concentrations). All ITC compounds [methyl (MITC), allyl (AITC), ethyl (EITC) and phenyl ethyl (PEITC)] were significantly inhibited mycelial growth of fungal agent at the considerably low concentrations. Among the ITC's tested, the highest inhibitory effect was shown by MITC (at 10.0 μ l/petri) followed by AITC (14.0 μ l/petri), EITC (20.0 μ l/petri) and PEITC (24.0 μ l/petri) respectively. The observations of the morphological changes in the fungal hyphae exposed to minimum inhibition fungicidal concentrations of essential oils were carried out by using light microscope. Morphological deformities characterized by knotting, swelling, cytoplasmic coagulation, ejaculation of cell contents and lyses were detected in fungal hyphae exposed to fungicidal concentrations of essential oils of *T. spicata* var. *spicata*, *O. syriacum*, *F. vulgare* and *L. citridora* following light microscopic observations.

In conclusion, this is the first report of antifungal activities of plant essential oils and ITC compounds against *Neoscytalidium dimidiatum* *in vitro* conditions. The findings of the present study suggest that essential oils and ITC have a potential to be used as antifungal agents against fungal disease agents.

2021, 69 pages

Keywords: Tomato, *Neoscytalidium dimidiatum*, Plant Essential Oils, Antifungal, Isothiocyanate (ITC)

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimde ders döneminden itibaren, ondan öğrenmekten keyif aldığım, tez sürecimde başından sonuna kadar ilgiyle ve özenle beni destekleyen eğitim hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir model oluşturan, gerek tez konumunun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam, Prof. Dr. Soner SOYLU'ya her daim minnettarım. Araştırmanın her aşamasında bana yol gösteren, eleştirileriyle ufku genişleten, hep daha iyisini yapmam için beni motive eden değerli bölümde yer alan deneyimlerini paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. E. Mine SOYLU, Prof. Dr. Şener KURT sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında tüm bölüm imkânlarından yararlanmamı sağlayan HMKÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren HMKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne ve HMKÜ Fen Bilimleri Enstitüsüne teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmamın her aşamasında birçok konuda bana yardımcı olan Ar. Gör. Dr. Merve KARA ve Öğr.Gör.Dr. Aysun UYSAL'a, GC-MS analizlerde yapmış olduğu değerli katkılarından dolayı Dr.Öğr.Üyesi Musa TÜRKMEN'e, çalışmalarımda büyük yardımları dokunan Yüksek Lisans öğrencisi Yusuf GÜMÜŞ'e teşekkür ederim

Hepimizin hayat yolculuğunda bize eşlik eden ve iyisiyle kötüsüyle bizi biz yapan yaşantıların oluşumuna katkı sunan insanlara bana kattıklarından dolayı müteşekkirim. Beni dünyaya getiren; doğduğum günden bu yana sevgisini, ilgisini, maddi ve manevi tüm desteğini üzerimde tutan, bana güç veren, sevgisini ve desteğini derinden hissettiren başarılı olmamın yolunun çalışmaktan geçtiğini bana öğreten, daha başarılı işler yapmam için beni destekleyen her zaman en iyisini yapabileceğime inandıran, bugünlere gelmemi sağlayan sevgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen hayatımdaki en değerli varlıklara, sevgili babama, annem Ayşegül DEMİRKOL'a sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.Kendilerinden güç aldığım kardeşlerim Büşra, Şevval ve Elif Ebrar iyi ki varsınız.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca, her aşamasında, bilgi ve deneyimlerine başvurduğum, yardımlarını benden esirgemeyen daima en iyisi için eleştiri ve katkılarıyla yolumu aydınlatan, fungal izolat ve hastalık resimlerini benimle paylaşan değerli hocam, Zir.Yük. Müh. Şahimerdan TÜRKÖLMEZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Hastalık Etmeni, Uçucu Yağlar, ITC Bileşenleri, Kimyasallar ve Aletler	27
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Bitki Uçucu Yağların Ekstraksiyonu	28
3.2.2. Uçucu Yağların Kimyasal Bileşenlerin Belirlenmesi.....	29
3.2.3. Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine Bitki Uçucu Yağlar ve ITC Bileşiklerin <i>in vitro</i> Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi.....	29
3.2.3.1 Bitki Uçucu Yağları ve ITC Bileşenlerinin Fungal Etmenin Misel Gelişimini Engelleyen Minimum Engelleme Konsantrasyonlarının (MIC) Fungisidal ve Fungistatik Özelliklerinin Belirlenmesi	30
3.2.3.2 Bitki Uçucu Yağlarının Misel Gelişimini Engelleyen Etkili Konsantrasyon Değerlerinin Belirlenmesi	31
3.2.3.3 Bitki Uçucu Yağlarının Fungus Misellerinde Neden Olduğu Morfoljik Değişiklerin Belirlenmesi	31
3.2.4. Deneme Deseni ve İstatistik Analizler	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	33
4.1. Bitki Uçucu Yağlarındaki Kimyasal Bileşenler	33
4.2. Bitki Uçucu Yağlarının Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine <i>in vitro</i> Antifungal Etkilerinin ve Minimum İnhibe Edici Konsantrasyonlar	37
4.3. Bitki Uçucu Yağlarının MIC Değerlerinde Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine Antifungal Özelliğinin Belirlenmesi	40
4.4. Bitki Uçucu Yağlarının Misel Gelişimini Engelleyen Etkili Konsantrasyon Değerlerinin Belirlenmesi.....	41
4.5. Farklı Kimyasal Yapıdaki ITC Bileşiklerinin Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine <i>in vitro</i> Antifungal Etkileri.....	45
4.6. Bitki Uçucu Yağlarının Fungus Misel ve Hif Yapılarında Meydana Getirdiği Morfoljik Değişikler	50
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Antifungal etkinlikleri belirlenen bitki uçucu yağlar ve ana bileşenleri.....	34
Çizelge 4.2. Antifungal etkinlikleri belirlenen bitki uçucu yağlarda GC-MS analizler sonucu belirlenen kimyasal bileşenler (%).	35
Çizelge 4.3. Farklı uçucu yağ konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni <i>N. dimiatum</i> 'un misel gelişimi (mm) üzerine <i>in vitro</i> koşullarda olan antifungal etkinliği*	42
Çizelge 4.4. Farklı uçucu yağ konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni <i>N. dimiatum</i> 'un misel gelişiminin % engellenmesi üzerine <i>in vitro</i> koşullarda olan antifungal etkinliği*	43
Çizelge 4.5. Farklı uçucu yağ konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni <i>N. dimiatum</i> 'un misel gelişimi (mm) üzerine <i>in vitro</i> koşullarda olan antifungal etkinliği*	43
Çizelge 4.6. Farklı kimyasal yapıdaki ITC konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni <i>N. dimiatum</i> 'un misel gelişimi üzerine <i>in vitro</i> koşullarda olan antifungal etkinliği*	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünya domates üretiminin ülkelere göre sıralaması.....	2
Şekil 1.2. (A-C) Şanlıurfa ilinde şiddetli enfeksiyonların gözleendiği domates tarlalarında <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> tarafından enfekteli bitkilerde şiddetli kuruma ve ölümler. (D ve F) Hastalık etmeni tarafından enfekteli bitkilerin gövde, dal ve meyvelerinde neden olduğu (ok) tipik hastalık belirtileri (Türkölmez, Ş, 2019)	5
Şekil 3.1. Uçucu yağların çıkartılmasında kullanılan Clevenger tipi yağ çıkarma aleti (İldam, Ankara, Türkiye) ve petri çalışmaları. Ok ile gösterilen yer bitki uçucu yağının toplandığı kısmı göstermektedir.	28
Şekil 3.2. Rezene (<i>F.vulgare</i>) uçucu yağının buhar fazında <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> 'un misel gelişimini tamamen durduran dozlardaki antifungal etkinliği. (A) Uçucu yağın 6.0 µl/petri dozda fungisidal (yeniden misel gelişiminin görölmediği), (B) 4.0 µl/petri dozda fungistatik (yeniden misel gelişmenin görölmediği) etkinlik (ok).....	31
Şekil 4.1. Farklı uçucu yağların buhar fazında <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> 'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri. (A) <i>O. onites</i> , (B) <i>F. vulgare</i> , (C) <i>E. camandulensis</i> , (D) <i>L. nobilis</i> uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilere misel gelişiminin (ok) engellenmesi şeklinde tespit edilen antifungal etkinlikler.	38
Şekil 4.2. Farklı uçucu yağların buhar fazında <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> 'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri. (A) <i>L.citridora</i> , (B) <i>O. syriacum</i> , (C) <i>L. nobilis</i> , (D) <i>S.officinalis</i> , (E) <i>L.intermedia</i> , (F) <i>O. majorana</i> uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilere misel gelişiminin (ok) engellenmesi şeklinde tespit edilen antifungal etkinlikler.	39
Şekil 4.3. Rezene (<i>F.vulgare</i>) uçucu yağının buhar fazında <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> 'un misel gelişimini tamamen durduran dozlardaki antifungal etkinliği. (A) Uçucu yağın 6.0 µl/petri dozda fungisidal (yeniden misel gelişiminin görölmediği), (B) 4.0 µl/petri dozda fungistatik (yeniden misel gelişmenin görölmediği) etkinlik (ok).....	41
Şekil 4.4. Farklı kimyasal yapıdaki ITC bileşiklerinin buhar fazında <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> 'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri. (A) MITC, (B) AITC, (C) EITC, (D) PEITC farklı dozlarda misel gelişiminin engellenmesi şeklinde göstermiş olduğu antifungal etkinlikleri (ok).....	47
Şekil 4.5. Uçucu yağ bulunmayan (kontrol) besi yerleri üzerinde <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> 'un tipik sağlıklı misel gelişimi.....	51
Şekil 4.6. (A-C) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> hiflerinin <i>Foeniculum vulgare</i> uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (6.0 µl/petri) maruz bırakıldıktan 3 gün sonra ortaya çıkan boğumlaşma ve küçük çıkıntılar şeklinde gözlenen morfolojik değişiklikler (ok). (D-F) <i>Lippia citriodora</i> uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (4.0 µl/petri) maruz bırakılmış hiflerde kıvrılma, koagölasyon, hiflerin uç kısımlarında görölen sitoplazmik boşalmalar (ok) şeklindeki şiddetli yapısal deformasyonlar.	52
Şekil 4.7. (A-D) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> hiflerinin <i>O. syriacum</i> uçucu yağının fungisidal	

konsantrasyonuna (2.0 µl/petri) maruz bırakıldıktan 3 gün sonra ortaya çıkan boğumlaşma ve sitoplazmik koagülasyon şeklinde gözlenen morfolojik değişiklikler (ok). (E-H) *Thymbra spicata* uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (1.0 µl/petri) maruz bırakılmış hifleri üzerinde yaptığı deformasyonlar, boğumlaşma, sitoplazmik koagülasyon ve hiflerde sitoplazmik boşalmalar (ok) şeklinde gözlenen morfolojik deformasyonlar.
.....53



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
ha	: hektar
da	: dekar
µg	: mikrogram
mg	: miligram
g	: gram
kg	: kilogram
mL	: mililitre
µm	: mikrometre
min.	: Dakika
ppm	: part per million (milyon birimde bir birim)
rpm	: rotation per minute (dakikadaki dönme sayısı)

KISALTMALAR

AITC	: Allyl Isothiocyanate
EC	: Etkili Konsantrasyon
EITC	: Ethyl Isothiocyanate
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu
GC-MS	: Gaz Kromatografi ve Kütle Spektroskopisi
ITC	: Isothiocyanate
MIC	: Minimum Engellemeyi Sağlayan Konsantrasyon değeri
MITC	: Methyl Isothiocyanate
PDA	: Patates Dekstroz Agar besi yeri
PEITC	: Phenyl Ethyl Isothiocyanate
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

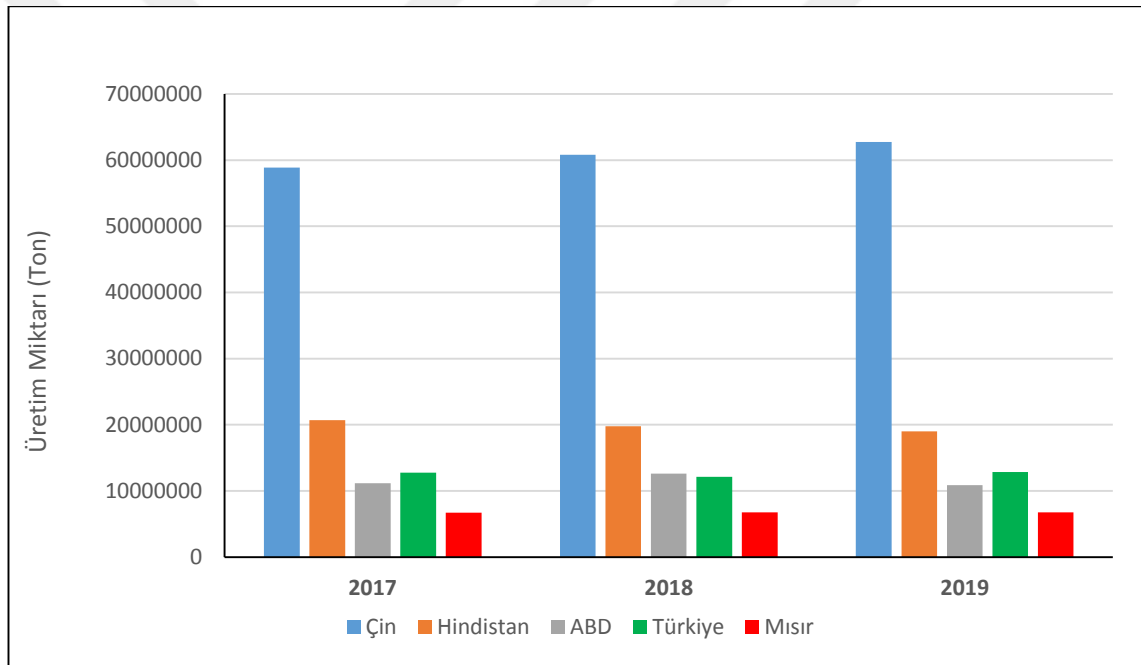
İnsan beslenmesinde önemli bir yeri olan domates (*Solanum lycopersicum* L.)'in anavatanı Güney ve Orta Amerika'da yer alan Meksika'dır. Meksika'dan Avrupa'ya oradan da Osmanlı'ya uzanan domates, patlıcangiller (Solanaceae) ailesinden, meyvesi yenebilen tek yıllık otsu bir kültür bitkisidir. Ilık ve sıcak iklimlerin hüküm sürdüğü bölgeler domates yetiştiriciliği için en uygun yerler olarak kabul edilir. Domates çimlenme ve sonrası erken dönemlerde soğuklara karşı dayanıklı olmaması nedeniyle vejetasyon döneminde -2 ve -3 °C sıcaklıklar bitkinin ölümüne neden olmaktadır. Vejetasyon dönemindeki uygun iklim koşullarının 4 aydan kısa süreli olması verimi olumsuz etkilemektedir. Domates bitkisi optimum gelişme için en az 16- 19 °C sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Meyve bağlama 15 °C' nin altında ve 32 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda azalmaktadır. Çimlenme, çıkış, çiçeklenme ve meyve olma dönemleri bitkinin nem eksikliğine en duyarlı olduğu dönemlerdir.

Sağlık açısından Domatesin önemine gelecek olursak vücudumuz için gerekli C, A, E, K, B1, B2, B3, B5, B6 vitaminlerinin yanı sıra potasyum, magnezyum, demir ve fosfor mineral içeriği ile yüksek besin değeri taşımaktadır. C vitamini bakımında çok zengin olan 1 adet domates günlük C vitamini ihtiyacımızın %25'ini, A vitamini gereksiniminin %20'sini günlük lif ihtiyacının %5'ini karşılamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı dünyanın her yerinde yetiştirilen ve insan beslenmesinde önemli yeri olan üretimi tohumla yapılan sebzelerden biri olup lezzetinin yanında insan sağlığı açısından da önemli yararları bulunmaktadır.

Domates çeşitli karotenoidler, vitaminler ve fenolik bileşikler açısından zengin bir meyveye sahip olduğundan hastalıklara karşı koruyucu özelliği bulunmaktadır (Nasir ve ark., 2015). İçerdiği likopen, β -karoten ve lutein gibi karotenoidler prostat, göğüs, akciğer, pankreas gibi çeşitli kanser türlerinin önlenmesine, kalp krizi riskinin azaltılmasına ve DNA onarımında artışlara neden olmaktadır. İçermiş olduğu E, C ve B9 vitaminleri sayesinde ise domates hücrede çeşitli stresler sırasında oluşan lipid peroksidasyonunun önlenmesine ve/veya azalmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda bu vitaminler, kolesterol seviyesinin düşürülmesinde ve Tip II diyabetin önlenmesinde de önemli olan vitaminlerdir. Ayrıca içermiş olduğu flavonoidler, fenolik asitler ve taninler gibi fenolik bileşiklerin antibakteriyel ve antiviral etkilerinin bulunduğu ve aynı zamanda

bu bileşiklerin gastrit kanser riskinin azaltılmasında da etkili oldukları düşünülmektedir (Dorais ve ark., 2007; Burton-Freeman ve Reimers, 2010; Raiola ve ark., 2014).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, Dünya genelinde 2019 yılında toplam 5.030.545 da alanda 180.766.329 ton üretim gerçekleştirilmiştir. Toplam domates üretiminin %61.3 Asya, %14.3 Amerika, %12.8 Avrupa, %11.4 Afrika ülkelerinde gerçekleştirilmiştir. Dünya domates üretiminde 2019 yılı itibarıyla 62.764.671 tonluk üretim ile Çin ilk sırada, 19 milyon tonluk üretimi ile Hindistan ikinci, Türkiye 12.841.990 ton ile üçüncü ve 10.858.990 tonluk üretimi ile ABD dördüncü sırada yer almaktadır (Anonymous, 2019). Dünyada lider konumda olan Çin, toplam dünya domates üretiminin %32'lik kısmını karşılamaktadır.



Şekil 1.1. Dünya domates üretiminin ülkelere göre sıralaması

Bitkisel protein ve çeşitli vitaminler bakımından oldukça zengin olan domates meyvesi genelde taze, konserve ve sanayi ürünleri (salça, suyu vb.) olarak dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de en fazla tüketilen sebzelerin başında gelmektedir. Ülkemizde 2019 yılında 1.191.772 da alanda sofralık, 542.442 da alanda salçalık olmak üzere toplam 1.734.214 da alanda 8.836.055 ton sofralık, 4.005.935 ton ise salçalık olmak üzere toplam 12.841.990 ton domates yetiştiriciliği yapılmıştır. Ülkemiz genelinde 2019 yılı itibarı 2.528.905 ton domates üretim ile Antalya ili en fazla domates yetiştiriciliğinin

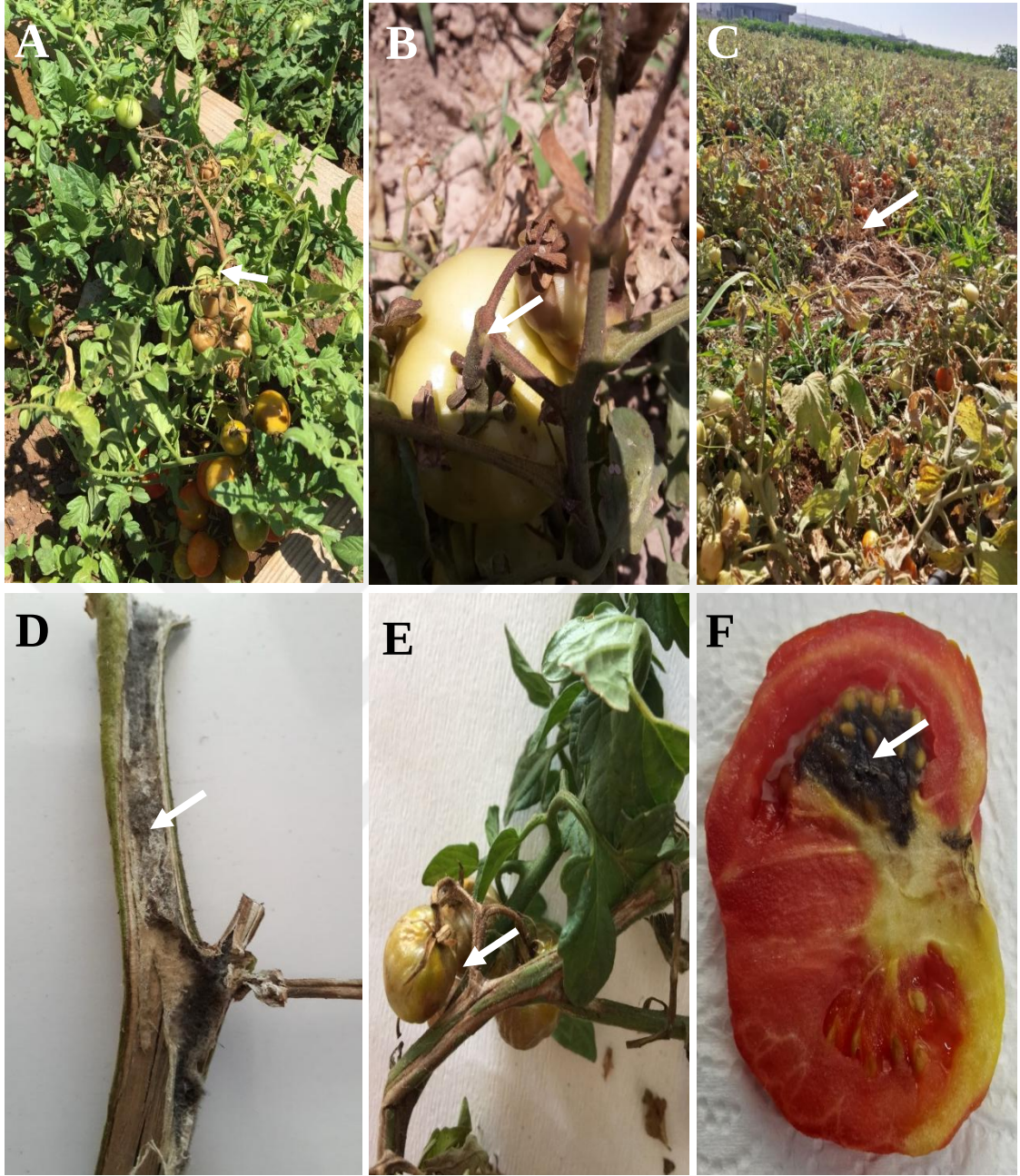
yapıldığı il olup, Bursa 1.492.223 ton ile ikinci, Mersin 1.039.286 ton ile üçüncü, İzmir 1.013.775 ton ile dördüncü, Manisa ise 922.357 ton ile beşinci sırada yer almıştır. Türkiye’de en yüksek verim, iklim avantajının ve seracılık bölgesi olmasının doğal sonucu olarak Akdeniz Bölgesi’nde alınmaktadır (Anonim, 2019). TÜİK bitkisel üretim istatistiklerine göre 2019 yılında domates üretimi bir önceki yıla göre %5.7 artarak 12.841.990 ton olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2019).

Ülkemizde domates yetiştiriciliği Akdeniz Bölgesinden Karadeniz Bölgesine, Ege Bölgesinden Doğu Anadolu Bölgesine kadar açık alan veya seralarda olmak üzere hemen hemen her bölgede geniş alanlarda ekimi ve üretimi yapılmaktadır. Türkiye genelinde Akdeniz bölgesinde genelde seralarda ve açık alanlarda yapılan domates yetiştiriciliği yapılırken, diğer bölgelerde kısmen örtü altında ama çoğunlukla açık alanlarda yapılmaktadır. Sofralık domates üretimi Akdeniz bölgesinde, sanayi tipi domates üretimi ise daha çok Marmara ve Ege Bölgelerinde (Bursa, Manisa ve İzmir) yoğunlaşmıştır.

Ülkemiz ekonomisi için önemli bir yere sahip olan domates bitkisinin verim ve kalitesi bakteriyel, fungal ve viral hastalık etmenleri gibi birçok biyotik, makro-mikro besin elementleri, kuraklık, tuzluluk, don gibi abiyotik faktörler tarafından etkilenir (Koike, 2007; Anonim, 2020). Domates yetiştiriciliğini ve verimini sınırlayan faktörlerin başında toprak, tohum ve yaprak kökenli fungal hastalıklar gelir. Söz konusu toprak kökenli hastalık etmenleri domates bitkilerinin gerek fide döneminde gerekse vejetasyonun ileri aşamada ortaya çıkarak ürün verimi ve kalitesi üzerine önemli etkide bulunur. Toprak kökenli hastalık etmenlerinden *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* ve *Verticillium dahliae* domates bitkilerinde solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü gibi hastalıklara sebep olan, bitkinin fide döneminde olduğu kadar ileri dönemlerinde de ortaya çıkan ve erken enfeksiyonlarda bitki ölümlerine neden olan önemli fungal hastalık etmenleridir (Dixon, 1984; Jones ve ark., 1991). Ülkemizde domates hastalıkları üzerine yapılan araştırmalar sonucunda domates bitkilerinde *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Oidium neolycopersici*, *Ulocladium* spp. *Fusarium solani*, *Verticillium dahliae*, *Alternaria alternata*, *Fulvia fulva*, *Leveillula taurica*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora infestans*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Cladosporium fulvum* gibi fungal hastalık etmenleri belirlenmiştir. Yaprak ve meyvelerde enfeksiyonlara sebep olan fungal hastalık

etmenlerinden *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans* ve *Leveillula taurica* domateste erken yanıklık, gri küf, mildiyö ve külleme hastalıklarına sebep olan, fide döneminde olduğu kadar bitkinin ileri vejetasyon döneminde de ortaya çıkarak gerek yaprak gerekse meyve dökümlerine ve çürümelerine neden olurlar (Smith ve ark., 1988; Jones ve ark., 1991). Domateste sorun olan fungal hastalık etmenleri dünyada olduğu gibi Türkiye'nin farklı bölge ve illerinde de sorun olduğu yapılan birçok sörvey çalışmaları ile ortaya konulmuştur (Eroğlu ve Soran, 1992; Yücel, 1994; Kıran ve Ertunç, 1998; Yanar ve ark., 2002; Yıldız ve Döken, 2002; Ozan ve Maden, 2004; Soylu ve ark., 2005; Ozan ve Aşkın, 2006; Yıldız ve ark., 2007; Çolak ve Biçici, 2011; Duran ve Özkaya, 2016; Mutlu ve Üstüner, 2017; Türkölmez ve ark., 2019).

Domates yetiştiriciliğinde son yıllarda farklı/yeni hastalık etmenleri ortaya çıkmıştır. Ülkemizde ilk kez 2016 yılında Doğu Anadolu Bölgeleri'nde Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illerinde yetiştiriciliği yapılan domateslerde daha önceden bildirilmemiş bir hastalık belirtisi ortaya çıkmış bölgedeki üreticileri zor durumda bırakmıştır. Bölgede yapılan sörvey çalışmalarında tarlada yetişen domates bitkilerinde yaprak yanıklığı ve kök çürüklüğü şeklinde hastalık belirtilerine neden olan fungal etmenin yapılan moleküler ve morfolojik tanılama çalışmaları sonucunda *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) Crous & Slippers olduğu bildirilmiştir (Türkölmez ve ark., 2019). Hastalık etmeninin enfekteli bitkilerin gövde, dal, yaprak, petiol, çiçek ve meyvelerinde yanıklık sonucu yaprak, çiçek ve meyvelerinde dökümlerine, kök çürüklüğüne, gövde içlerinde nekroz oluşumlarına neden olduğu, hastalığın şiddetli olduğu tarlalarda bu tür belirti gösteren bitkilerde kuruma ve ölümlere neden olduğu bildirilmiştir (Şekil 1.2). Hastalığın Doğu Anadolu'da sörvey yapılan illerde yaygınlığının %13.9 olduğu, hastalığın görüldüğü tarlalarda rastlama sıklığının %3 ile %75 arasında değiştiği bildirilmiştir (Türkölmez ve ark., 2019).



Şekil 1.2. (A-C) Şanlıurfa ilinde şiddetli enfeksiyonların gözlemlendiği domates tarlalarında *Neoscytalidium dimidiatum* tarafından enfekteli bitkilerde şiddetli kuruma ve ölümler. (D ve F) Hastalık etmeni tarafından enfekteli bitkilerin gövde, dal ve meyvelerinde neden olduğu (ok) tipik hastalık belirtileri (Türkölmez, Ş, 2019)

Botryosphaerales takımına dahil bir fungal hastalık etmeni olan *Neoscytalidium dimidiatum* domates dışında yapılan birçok çalışmada toprakta serbest olarak, orman ağaçlarında ve odunsu bitkilerin çürümüş gövdelerinden olduğu gibi, insanların tırnak, deri ve sinüslerinden izole edilmiş ve tanılanmıştır (Punithalingam ve Waterston, 1970;

Johnson ve ark., 2002; Bakhshizadeh ve ark., 2014; Crous ve ark., 2006; da Silva ve ark., 2016). Hastalık etmenin yaygınlığı ve tanınması ile ilgili yapılan çalışmalarda Turunçgiller, incir, söğüt, tatlı patates, ceviz, fıstık, nar ve asma gibi oldukça geniş konukçu dizilimine sahip olduğu bildirilmiştir (Von Arx, 1987; Farr ve Rossman, 2019). Ülkemizde yapılan survey çalışmalarında ise hastalık etmenin domates dışında, Antepfıstığı, asma, incir, ceviz, şeftali ve çam ağaçlarında da hastalığa neden olduğu tespit edilmiştir (Derviş ve ark., 2019ab; Türkölmez ve ark., 2019; Oksal ve ark., 2019).

Yapılan literatür araştırmasında ülkemizde olduğu kadar hastalığın bildirildiği diğer ülkelerde de söz konusu etmenin domates üzerindeki zararının önlenmesi (mücadelesi) üzerine yapılmış çalışmaya rastlanılmamıştır. Hastalık etmeninin Irak'da yetiştiriciliği yapılan orman ağaçlarında sorun olduğu ve mücadelesinde bazı fungusitlerin etkinliği üzerine yapılmış oldukça kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanılmıştır (Murad ve Al-Dabagh, 2014; Al-Tememe ve ark., 2019).

Bitkilerde sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenleri ile mücadelede genelde kimyasal mücadele yoluna gidilmekte olup son yıllarda pestisitlerin kullanıldığı kimyasal mücadelenin insan sağlığı ile çevre üzerine olan olumsuz etkileri, hastalık etmenlerinin kullanılan kimyasallara karşı direnç kazanmaları ve pestisitlerin kullanılan ürünlerdeki kalıntıları nedenleri hastalıklarla mücadelede bilim insanlarını alternatif mücadele yollarının araştırılmasına yönlendirmiştir. Ülkemizde ve dünyada bitkilerde sorun olan fungal ve bakteriyel hastalıklarla, (i) bakteriyel ve fungal biyokontrol etmenlerinin kullanıldığı biyolojik mücadele; (ii) biyotik ve abiyotik uyarıcıların kullanıldığı teşvik edilmiş dayanıklılık; (iii) bitkisel (bitki ekstrakt ve uçucu yağlar) ve hayvansal kökenli (propolis vb) antimikrobiyal bileşenler hastalıklarla mücadelede pestisitlere alternatif mücadele yöntemleri olarak kullanılmakta olan temel mücadele yöntemleridir. Bu bağlamda doğal bitki uçucu yağ ve ekstraktların yanısıra Brassica (lahanagiller) bitki türlerinden elde edilen “isothiocyanate (ITC)” gibi doğal uçucu bileşenlerin gıda, insan ve hayvan patojeni bir çok fungal, bakteriyel ve viral hastalık etmenlerine karşı antimikrobiyal etkinliği yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Jones ve Dangl, 2006; Kordali ve Demirci, 1998; Askun ve ark., 2008; Tyagi ve Malik, 2011; Bisht ve ark., 2011; Kurt ve ark., 2011; Nguefacka ve ark., 2012; da Silva ve ark., 2012; Nega, 2014; Otoni ve ark., 2014; Bomfim ve ark., 2015; Kara, 2015; López-

Meneses ve ark., 2015; Hossain ve ark., 2016; Tracz ve ark., 2017; Nazareth ve ark., 2018; Aktan, 2019; Atay, 2019; Kara ve Soylu, 2020).

Bu uygulamalar arasında son yıllarda çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyecek, kalıntı süresi uzun olmayan, kolay elde edilebilen, tıbbi ve baharat niteliği taşıyan bitkilerdeki antimikrobiyal, insektisidal ve herbisidal aktiviteye sahip uçucu yağ ve bitki ekstraktlarının bitki hastalık, zararlı ve yabancı otları ile mücadelede kullanım potansiyellerinin belirlemeye yönelik çalışmalara ağırlık verilmiştir (Benjlali ve ark., 1984; Balandrin, 1985; Locke ve ark., 1993; Isman, 2000; Burt, 2004; Shahi ve ark., 2003; Köse, 2007; Bakkali ve ark., 2008; Kordali ve ark., 2008; Viuda-Martos ve ark., 2008; Soylu ve ark., 2010; Feng ve ark., 2011; Kara ve ark., 2020; Bozkurt ve ark., 2020).

Hastalık etmenin Turunçgiller, incir, söğüt, tatlı patates, ceviz, fıstık, nar ve asma gibi oldukça geniş konukçu dizilimine sahip bildirilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında ülkemizde olduğu kadar hastalığın bildirildiği diğer ülkelerde de söz konusu etmenin domates bitkisindeki izolatu ile mücadelesi üzerine yapılmış çalışmaya rastlanılmamıştır. Uçucu yağ ve bitki ekstraktların antifungal etkinliği birçok toprak, yaprak, tohum kökenli bitki hastalık etmenlerine karşı çalışılmış olup, *Neoscytalidium dimidiatum* üzerine antifungal etkinliği konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yapılan bu çalışma ile ülkemizin farklı bölgeleri ile Hatay ili florasında doğal olarak yetişen karabaş kekik (*Thymbra spicata* var. *spicata* L.), kaba kekik (*Thymus serpyllum* L.), İzmir kekiği (*Origanum onites* L.), Suriye Kekiği (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii*), mercanköşk (*Origanum majorana* L.), lavander (*Lavandula x intermedia*), adaçayı (*Salvia officinalis* L.), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) limon otu (*Lippia citriodora* L.) okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.), defne (*Laurus nobilis* L.) ve ardıç (*Juniperus communis* L.) gibi tıbbi ve aromatik bitkilerinden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşenleri Gaz Kromatografisi ve Kütle Spektroskopisi (GC-MS) yöntemiyle tespit edilmiş, uçucu yağlar ile uçucu özelliğe sahip Brassica (lahanagiller) bitki türlerinden elde edilen farklı isothiocyanate (ITC) bileşenlerinin *Neoscytalidium dimidiatum*'un *in vitro* koşullarda misel gelişiminin engellenmesi üzerine antifungal etkinlikleri ilk kez bu çalışma ile belirlenmiştir. Uçucu yağların misel gelişimini engelleyen minimum fungisidal konsantrasyonlarda fungus

hiflerinin morfolojileri üzerinde neden oldukları yapısal değişiklikler ışık mikroskobu altında karakterize edilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son 20 yılda geliştirilen uçucu yağ formülasyonları, bitki patojeni fungal hastalık etmenleri ile mücadelede yüksek antifungal etkinlik göstererek, çevreye, insana zarar vermemeleri nedeniyle gıda ürünlerini fungus kontaminasyon oluşumundan korumak için, başarılı bir şekilde sentetik koruyucuların yerini alabileceği düşünülmektedir. Bitki uçucu yağların etken madde olarak kullanıldığı Sporan™, Promax™, ‘DMC Base Natural’, EcoPCOR, EcoTrol gibi ticari formülasyonların birçok ülkede ‘*genelde güvenilir olarak tanımlanmış*’ (GRS, Generally Recognized as Safe) kategorisinde yer fungusitler olduğu bildirilmiştir (Dwivedy ve ark. 2016).

Yapılan literatür araştırmalarında bitki uçucu yağlar ve bazı önemli ITC bileşiklerinin toprak kökenli ve depolanmış ürünlerde sorun olan fitopatojen fungal hastalık etmenlerine karşı antifungal etkinliklerinin araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmamızda kullanılan domateslerde sorun *N. dimidiatum*’a karşı uçucu yağ ve ITC bileşiklerinin antifungal etkinliği konusu yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda kullanılan uçucu yağ ve ITC bileşikleri farklı patojenlere karşı yapılmış antifungal etkinliklerinin araştırıldığı önceki çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Arras ve Usai (2001), Tıbbi bitkilerden elde ettikleri 12 uçucu yağın *Alternaria citri*, *B. cinerea*, *P. italicum* ve *P. digitatum*’a karşı antifungal etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları *in vitro* çalışmada, *T. capitatus* (kekik)’un 250 ppm gibi oldukça düşük konsantrasyonda dört fungal etmenin gelişimini engellediğini belirlemişlerdir. Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan gözlemlerinde, kekik uçucu yağının buhar etkisinin *P. digitatum* hif ve konidininin morfolojisinde değişikliğe sebep olduğunu gözlemlemişlerdir. Carvacrol’un, kekik uçucu yağ bileşenleri arasında en yüksek antifungal bileşik olduğu belirlenmiştir.

Singh ve ark. (2006), GC-MS analiz yöntemiyle *Foeniculum vulgare* (rezene) uçucu yağının ana bileşeninin %70.1 oranında bulunan *trans*-anethole bileşiğinin olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan *in vitro* antifungal etkinlik çalışmasında, rezene uçucu yağının 6 ml/petri konsantrasyonunda *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme* ve *Fusarium graminearum* etmenlerin misel gelişimlerini tümüyle engellendiği tespit edilmiştir.

Soylu ve ark. (2006), Hatay ili genelinde doğal olarak yetişen origanum (*Origanum syriacum*), kekik (*Thymbra spicata* subsp. *spicata*), lavanta (*Lavandula stoechas*), biberiye (*Rosmarinus officinalis*), rezene (*Foeniculum vulgare*) ve defne (*Laurus nobilis*) gibi tıbbi ve aromatik bitkilerden elde ettikleri uçucu yağların GC-MS ile ana bileşenlerini belirledikleri çalışmalarında aynı zamanda uçucu yağların antifungal etkinliklerini domates mildiyö hastalık etmeni *Phytophthora infestans*'a karşı araştırmışlardır. Antifungal etkinliğinin belirlendiği çalışmalarında test edilen origanum (*Origanum syriacum*), kekik (*Thymbra spicata* subsp. *spicata*), lavanta (*Lavandula stoechas*), biberiye (*Rosmarinus officinalis*), rezene (*Foeniculum vulgare*) ve defne (*Laurus nobilis*) uçucu yağların ana bileşenlerinin sırayla carvacrol (%37.9), carvacrol (%79.8), borneol (%20.4), camphor (%20.2), anethole (%82.8) ve 1,8-cineole (%35.5) olduğu belirlemişlerdir. Test edilen uçucu yağların doza bağlı şekilde *P. infestans*'ın misel gelişimini engellediği bildirmişlerdir. Uçucu yağlar ile yapılan antifungal etkinlik çalışmasında, kekik ve origanum uçucu yağları 0.3 µg/ml dozunda *P. infestans* 'ın misel gelişiminin tamamen engelleyen en etkili uygulamalar olmuştur. Rezene, biberiye, lavanta ve defne uçucu yağları da hastalık etmenin misel gelişimini 0.4-2.0 µg/ml dozunda, biberiye, lavanta ve defne uçucu yağlarına nispeten daha yüksek (sırasıyla, 12.8, 25.6, 51.2 µg/ml) konsantrasyonlarında gözlemlenmiştir. Işık ve taramalı elektron mikroskop (SEM) gözlemleri sonucunda, uçucu yağların buhar ve kontakt fazına maruz kalan hifler üzerinde sitoplazmik pıhtılaşma, büzülme ve protoplast sızıntısı gibi önemli morfolojik değişikliklerin olduğu bildirilmiştir.

Faria ve ark. (2006), yabani fesleğen (*Ocimum gratissimum*) uçucu yağı ve ethanol ekstraktının fitopatojen etmenlerden *Botryosphaeria rhodina*, *Rhizoctonia* sp. ve *Alternaria* sp. karşı antifungal etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, uçucu yağın ana bileşenin GC-MS analizler sonucu eugenol'ün olduğunu, uçucu yağın önemli düzeyde antifungal etkinliğe sahip iken, ethanol ekstraktının bu türlere karşı antifungal etkinlik gösteremediğini belirlemişlerdir. Ana bileşen eugenol'ün ise domateslerden izole edilmiş hastalık etmenlerinden *Alternaria* sp. ve *Penicillium chrysogenum*'a karşı antifungal etkinlik gösterdiğini, bu etmenlere karşı minimum engelleme konsantrasyonların sırasıyla 0.16 ve 0.31 mg/disk olduğu belirlenmiştir.

Feng ve Zheng (2007), kekik, adaçayı, hindistan cevizi ve sinameki bitki uçucu yağların antifungal etkinliklerini fungal hastalık etmeni *Alternaria alternata*'a karşı

değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda sinameki ve kekik uçucu yağlarının *A. alternata*'ya karşı antifungal etki gösterdikleri, sinemaki uçucu yağı 300 ppm dozda fungus gelişmesini büyük oranda durdururken, kekik uçucu yağının fungus gelişimini 500 ppm'de kısmen (%62) engellediğini belirlemişlerdir.

Oh ve ark. (2008), *E. darlympleana*, *E. globules*, *E. gunnii* ve *E. unigera* uçucu yağların kivilerde hasat sonrası fungal hastalık etmenlerinden *Botrytis cinerea*, *Botryosphaeria dothidea* ve *Diaporthe actinidiae* ile kimyasal fungusitlere alternatif olarak antifungal etkinliklerini araştırdıkları çalışmalarında, test edilen uçucu yağların hastalık etmenine karşı güçlü antifungal aktiviteye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Uçucu yağlar arasında *E. unigera* ve *E. darlympleana*'nın hastalık etmenlerin misel gelişimin etkili bir şekilde engellediğini bildirmişlerdir. *B. cinerea*'nın miselyal gelişiminde sadece gallik asidin etkili olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, gallik asidin, hasat sonrası depolama sırasında kivinin yumuşak çürümesini kontrol eden mevcut sentetik fungusitlere göre daha güvenli ve daha kabul edilebilir bir alternatif olabileceğini göstermektedirler.

Askun ve ark. (2008), *Thymbra spicata* L. *Satureja hortensis* L., *Origanum onites* L., *O. vulgare* L. subsp. *hirtum*, *O. vulgare* L. subsp. *vulgare*, *O. minutiflorum* uçucu yağlarının *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus* ve *Fusarium proliferatum* etmenlerine karşı antifungal etkinliğini belirledikleri çalışmalarında, *O. vulgare subsp. hirtum*, *O. minutiflorum* ve *T. spicata*'nin metanol ekstraktlarının, çalışmalarda kullanılan fungal hastalık etmenlerine karşı, en düşük doz olarak kullanılan 1.6 mg/ml konsantrasyonunda dahi fungal etmenlerin misel gelişimini önemli düzeyde durdurduklarını bildirilmişlerdir.

Chang ve ark. (2008), su sedirinden elde edilen uçucu yağın bitki hastalık etmenlerine karşı önemli bir antifungal potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan GC-MS kimyasal analizi sonucunda, α -pinen (% 44.2), limonen (% 21.6), β -mirsen (% 8.9), β -karyofilen (% 8.2), karyofilen oksit (% 2.4), α -cadinol (% 1.6), β -pinen (% 1.2) ve T-murolol (% 1.1)'un su sediri bitki uçucu yağının ana bileşenleri olduğu belirlenmiştir. Uçucu yağın *in vitro* antifungal etkinlik çalışmalarında başta *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium oxysporum* etmenleri olmak üzere *Colletotrichum gloeosporioides*, *Ganoderma australe*, *F. solani* ve *P. funerea*'nın misel gelişimini etkili bir şekilde engellediğini bildirmişlerdir.

Regnier ve ark. (2008), *Lippia scaberrima* uçucu yağının antifungal etkinliğini mango meyvesinden izole edilen fungal hastalık etmenlerinden *Botryosphaeria parva* ve *Colletotrichum gloeosporioides*'e karşı *in vitro* ve *in vivo* koşullarda araştırdıkları çalışmalarında, uçucu yağın buhar fazına 2- 4 gün süreyle maruz bırakılan her iki izolatin misel gelişiminin etkili bir şekilde engellendiğini gözlemlemişlerdir. Bitki uçucu yağında ana bileşenler olarak tanımlanan üç terpenoidden limonen, *R*-carvone ve 1,8-cineol'ün yanı sıra *S*-carvone'nun *in-vitro* antifungal etkinliğinin olduğu bildirilmiştir. *L. scaberrima* yağı ile birlikte carvone'un iki farklı bileşen tipini en yüksek fungistatik aktiviteye sahip bileşenler olduğunu belirlenmiştir.

Vilela ve ark. (2009), *Eucalyptus globulus* yapraklarından elde edilen uçucu yağın ana bileşiği 1,8-cineole'in olduğunu belirledikleri çalışmalarında, uçucu yağın antifungal etkisini hasat sonrası hastalık etmeni funguslardan *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*'a karşı araştırmışlardır. Her iki fungal etmenin misel gelişimlerinin engellemesi uçucu yağın değme ve buhar fazlarında tespit edilmiştir. Uçucu yağın ana bileşen olarak belirlenen 1,8-cineole ancak yüksek dozda (1.35 ml/L) kısmi antifungal etkinlik göstermiştir. Fungal etmenler tarafından konukçusunda oluşturulan aflatoxin B1 isimli mikotoksin üretimi uçucu yağ uygulamalarıyla önemli düzeyde azalmış olup, fungus misel gelişiminin uçucu yağın 200 ml/L dozunda kısmi olarak engellenebildiği bildirilmiştir.

Abdolahi ve ark. (2010), domates meyvelerinde hasat sonrası verim ve kalite kayıplarına neden olan hastalık etmenlerinden *Alternaria alternata* ve *Penicillium digitatum*'a karşı anason, rezene ve kimyon uçucu yağlarının antifungal aktivitesini *in vitro* ve *in vivo* koşullarda araştırmışlardır. Anason ve rezene yağları *A.alternata* ve *P.digitatum* etmenlerine karşı antifungal aktivite sergilemiştir. Test edilen uçucu yağlar arasında kimyon uçucu yağı her iki fungus türüne karşı zayıf antifungal aktivitesi sergilemiştir. Anason, rezene ve kimyonun ana bileşenleri gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) analizi sonucu, sırasıyla thymol (%63), *trans*-anethole (%64) ve 2-caren-10-al (%34)' in olduğunu ortaya koymuşlardır. Elde edilen sonuçlar, uçucu yağların hasat sonrası fitopatojenik fungal türlerle mücadelenin yanısıra gıdaların raf ömrünü uzatmak için sentetik kimyasallara alternatif olarak kullanılabileceğini ortaya konmuştur.

Morcia ve ark. (2012), doğal uçucu yağlardan elde edilen beş farklı doğal bileşiğin antifungal etkinliğini, *Fusarium subglutinans*, *Fusarium cerealis*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sporotrichioides*, *Aspergillus tubingensis*, *Aspergillus carbonarius*, *Alternaria alternata* ve *Penicillium* sp. gibi çeşitli bitkilerde hastalıklara neden olan 10 farklı mikotoksijenik fungus türü üzerinde araştırmışlardır. Test edilen doğal bileşikler, tüm fungus türlerinin misel gelişiminin engellenmesi üzerinde farklı EC₅₀ değerlerinde antifungal etkiler göstermişlerdir. Sonuçlar, bu uçucu yağ bileşenlerinin bitki antifungal aktivitelerinin daha fazla araştırılması için cesaret verici olduğunu yapılan çalışmalarla gözlemlemişlerdir.

Amri ve ark. (2012), *Pinus pinea* Linn ağaçlarının iğne yapraklarından hidrodistilasyon ile izole ettikleri uçucu yağların kimyasal bileşenlerini GC-MS ile analiz etmişler sonuçta uçucu yağın %98.5'ini temsil eden altmışaltı farklı bileşik tanımlanmıştır. Yapılan GC-MS analizler uçucu yağın genelde monoterpen hidrokarbon (%73.1) yapısındaki bileşenlerden oluştuğu, uçucu yağın ana bileşenlerinin ise limonene (%54.1), alfa-pinen (%7.7) ve beta-pinen (%3.4) olduğu belirlenmiştir. Uçucu yağın antifungal etkinliklerin araştırıldığı *in vitro* çalışmalar sonuçları, *P. pinea* yağının, on farklı bitki fungal hastalık etmeninin misel gelişimini önemli ölçüde engellemiştir. Uçucu yağın antifungal etkinliklerinin yanı sıra, önemli yabancı ot türlerinden *Sinapis arvensis* L., *Lolium* ve *Raphanus raphanistrum* üzerinde herbisidal özellik gösterdiğini, uçucu yağın yüksek konsantrasyonda yabancı otların tohum çimlenmesini tamamen engellediğini, düşük dozlarda ise herbisitten farklı olarak test edilen tüm yabancı otların çimlenmesini azaltarak, geciktirerek ve fide büyümesini baskılayarak etkinlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar *P. pinea* uçucu yağının yabancı ot ve fungal hastalıklarının biyolojik mücadelesinde biyokontrol ürünü olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur.

Lopez ve ark. (2013), tarafından yapılan çalışmada, bitkisel uçucu yağların antifungal etkinliği sert çekirdekli meyvelerde *Monilinia laxa* ve *Botrytis cinerea*'nın neden olduğu kahverengi çürüklük ve gri küf hastalığına karşı “hasat sonrası” muamelesi olarak araştırılmıştır. Fesleğen (*Ocimum basilicum*), rezene (*Foeniculum sativum*), lavanta (*Lavandula officinalis*), mercanköşk (*Origanum majorana*), kekik (*Origanum vulgare*), nane (*Mentha piperita*), biberiye (*Rosmarinus officinalis*), adaçayı (*Salvia*

bolero sater (*Satureja montana*), kekik (*Thymus vulgaris*) ve yabani nane (*Mentha arvensis*) uçucu yağları kayısı, nektarin ve erik meyveleri üzerinde iki farklı konsantrasyonda test edilmiştir. Test edilen uçucu yağların uçucu ana bileşenleri, GC-MS analizi ile belirlenmiştir. Uçucu yağların %1 uygulama dozunda erik meyvelerinde *B. cinerea* ve *M. laxa*'nın hastalık gelişimini kontrol ederken, aynı muamelelerin nektarin meyvelerinin dış yüzeylerinde fitotoksik etki göstermiştir. Uçucu yağların %10 uygulama dozlarında, test edilen hastalık etmenlerine karşı yüksek etkinliklerine rağmen oldukça fitotoksik etki görülmüştür. Ana bileşenleri olan α -pinen, para-cymen, carvacrol ve thymol, sert çekirdekli meyvelerde benzer fitotoksik etki göstermiş olması, bu bileşenlerin antimikrobiyal aktivitesi ve ortaya çıkan fitotoksitenin ana bileşiklerinin konsantrasyonuna ve birbirleri ile olan sinerjik aktivitelerine bağlı olabileceğini göstermiştir. Uçucu yağ muamelelerinin hasat sonrası fungal hastalık etmeninin kontrolü üzerindeki etkinliği, meyve çeşidine, uygulanan uçucu yağın bileşimi ve konsantrasyonunun yanısıra ve depolama süresine bağlı olduğunu yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur.

Koç ve Kara (2014), yaptıkları çalışmada kekik (*Thymus vulgaris* L.), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve defne (*Laurus nobilis* L.) uçucu yağlarının antifungal etkinliklerini, gıda maddelerinde bozulmalara ve mikotoksin birikimine sebep olan fungal türlerden *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*'a karşı araştırmışlardır. Uçucu yağların antifungal etkinliklerinin belirlenmesinde agar seyreltme yöntemi kullanılmıştır. Antifungal etkinlikleri araştırılan uçucu yağlar, test edildikleri her iki fungus türünde de engelleyici etkiler göstermiştir. Fungal etmenlerin gelişimi üzerinde en yüksek antifungal etkinlik kekik uçucu yağı tarafından gösterilmiş olup, bu yağı sırasıyla biberiye ve defne uçucu yağları izlemiştir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre, kekik uçucu yağının depolanmış mahsüllerde zarara yol açan funguslara karşı sahip oldukları antifungal etkinliklerinden dolayı, uçucu yağların gıdalarda yaygın olarak kullanılan koruyucu katkı maddelerinden potasyum sorbat'a alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Türkölmez ve Soylu (2014), yapmış oldukları çalışmalarında Hatay ilinde doğal olarak yetişen tıbbi bitkilerden Suriye kekiği (*Origanum syriacum*), rezene (*Foeniculum vulgare*) ve defne (*Laurus nobilis*) bitkilerinden elde edilen uçucu yağların ana bileşenlerinin (carvacrol, trans-anethole ve 1,8-cineole) fasulye bakteriyel hastalık etmenleri *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* ve *Curtobacterium flaccumfaciens* pv.

flaccumfaciens ile toprak kökenli fungal hastalık etmelerinden *Sclerotum rolfsii*, *Rhizoctonia solani* ve *Macrophomina phaseolina*'ya karşı antimikrobiyal etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırmışlardır. Bitkilerden elde edilen uçucu yağların kontakt ve buhar fazları fungal etmenlerin misel gelişimlerinin konsantrasyonlarına bağlı olarak değişik oranlarda engellediğini bildirmişlerdir. *O. syriacum* ve *F. vulgare* uçucu yağları 160 ile 320 µg/ml kontakt konsantrasyonlarda fungal etmenlerin misel gelişimini tamamen engellerken, *L. nobilis* uçucu yağı nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda (1440-2880 µg/ml) antifungal etkinlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Uçucu yağların buhar etkinliğine bakıldığında 20 ile 200 µg/ml hava konsantrasyonlarda fungusların misel gelişiminin tamamen engellendiği belirlenmiştir. *O. syriacum* ve *F. vulgare* uçucu yağlarının ana bileşenlerinden carvacrol ve *trans*-anethole fungal etmenleri 130 ile 440 µg/ml konsantrasyonda tamamen engellerken, *L. nobilis* uçucu yağının ana bileşeni olan 1,8-cineole fungal etmenler içinde sadece *M. phaseolina* karşı kullanılan en yüksek konsantrasyonda (3000 µg/ml) antifungal etkinlik göstermiştir. Bitki uçucu yağ ve ana bileşenlerin göstermiş olduğu antimikrobiyal etkinlikler, bu tür doğal bileşiklerin ekonomik öneme sahip bitkilerin fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerine karşı kimyasal mücadeleye alternatif yeni mücadele yöntemleri olarak kullanılabilme potansiyellerine sahip olduğunu göstermişlerdir.

Bomfim ve ark. (2015), *Rosmarinus officinalis* L. uçucu yağının antifungal etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, *Fusarium verticillioides*'in misel gelişiminin uçucu yağın 150 mg/mL dozunda önemli ölçüde azaldığını, 300 mg/mL doz uygulanmasıyla, fungusun hücre duvarının bozulması ve sitoplazmik sızıntılar gibi belirgin mikroskopik ve morfolojik değişikliklere neden olduğunu bildirmişlerdir. Uçucu yağın 300 mg/mL' deki konsantrasyonları fumonosin ve ergosterol üretimini etkilemek suretiyle antifungal etkinlik göstermiştir. Sonuç olarak uçucu yağın, hücre duvarının yapısını bozarak, hücre bileşenlerde zarara yol açtığı böylece fumonisin ve ergosterol üretimini engelleyerek ederek *F. verticillioides*'e karşı etkin olduğu bildirilmiştir.

López-Meneses ve ark. (2015), okaliptüs (*Eucalyptus globulus* L.), kekik (*Thymus capitatus* L.), yalancı karabiber (*Schinus molle* L.) uçucu yağlarının *Aspergillus parasiticus* ve *Fusarium moniliforme*'nin misel gelişimini engellemeleri üzerine olan potansiyellerinin yanı sıra uçucu yağların funguslar tarafından mikotoksin üretme yeteneklerini kontrol etme potansiyelleri yönünden de değerlendirmişlerdir. Uçucu

yağların yarı maksimum engelleme konsantrasyonunu elde etmek için kinetik yarıçap büyüme verileri kullanılmıştır. Tüm uçucu yağlar, her iki türün misel yarıçap büyümesi üzerinde önemli düzeyde etki göstermiştir. Fungal etmenlerin 96 saatlik inkübasyondan sonra kekik uçucu yağı, 1000 ve 2500 µL/L konsantrasyonlarında sırasıyla, *F. moniliforme* ve *A. parasiticus*'un gelişimini tamamen engellemiştir. Okaliptüs ve kekik uçucu yağları, *A. parasiticus*'un spor çimlenmesini önemli ölçüde azaltmıştır. *F. moniliforme*'nin spor çimlenmesi okaliptüs, yalancı karabiber ve kekik uçucu yağlarına maruz kaldığında %84.6, %34.0 ve % 30.6 oranlarında engellendiği saptanmıştır. Kekik ve okaliptüs uçucu yağları ürünlerde aflatoxin oluşumunu %4 fumonis birikimini ise %31 oranlarında azaltmıştır. Uçucu yağ konsantrasyonlarının artırılması ile fungal etmenlerin spor canlılığı önemli oranda etkilenmiş, kekik uçucu yağı her iki fungusun spor çimlenmesini baskılamıştır. Kekik uçucu yağı *F. moniliforme* ve *A. parasiticus*'un gelişimini ve mikotoksin üretimini ciddi oranda etkilediği bildirilmiştir.

Perina ve ark. (2015), *Thymus vulgaris* uçucu yağının *A. alternata*'ya karşı ticari fungusitin etkinliğine eşdeğer bir oranda antifungal etkinliğe sahip olduğunu belirledikleri çalışmalarında, uçucu yağın misel gelişimini engelleyen MIC değerinin 500 µg/ml, ana bileşeni olan thymol'un ise 250 µg/ml olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan mikroskop çalışmasında fenolik yapıdaki ana bileşen thymol'un fungus gelişimini engelleme mekanizmasının fungusun hif sitoplazmasındaki organellerde ve hücre mebranında ciddi bozulmalardan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Hem uçucu yağ hem de ana bileşeni thymol'un, *Alternaria alternata*'nın neden olduğu *Alternaria* kahverengi leke hastalığının engellenmesinde rol oynayan etken olduğu, thymol'un hastalığın kontrolünde rol oynayacak yeni fenolik bileşiklerin geliştirilmesinde rol oynayabilecek potansiyele sahip bir bileşik olduğunu bildirmişlerdir.

de Lima ve ark. (2016), yapmış oldukları çalışmalarında sarımsak, biber ve kişniş bitki ekstraktının yanı sıra tespah ağacı ve portakal kabuğu uçucu yağlarının *Alternaria alternata* ve *Alternaria dauci*'nin kontrol edilmesindeki antifungal aktiviteleri ile havuç tohumlarının çimlenmesine olan etkilerini araştırmışlardır. Sarımsak ekstresi ve portakal uçucu yağları fungus misel gelişimini oldukça düşük konsantrasyonlarda etkili şekilde engellemelerinin yanı sıra, havuç tohumlarının çimlenmesini ve ekim sonrası çıkışlarını etkilemediklerini, bu nedenlerden dolayı söz konusu uçucu yağların havuç bitkisinde *A. dauci* ve *A. alternata* ile mücadelede kullanılma potansiyelinin bulunduğu belirtilmiştir.

Farah ve ark. (2016), fesleğen, tarçın, okaliptüs, mandalina, origanum, nane, çay ve kekik gibi bitkilerden elde edilen sekiz farklı uçucu yağın antifungal aktivitelerini *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Penicillium chrysogenum*'a karşı araştırmışlardır. Test edilen uçucu yağlardan en yüksek antifungal etkinlik, test edilen tüm funguslara karşı en düşük engelleme dozu sergileyen kekik ve origanum uçucu yağlarında görülmüştür. Diğer uçucu yağların antifungal aktivitesi ise azalan şekilde tarçın, nane, çay ve fesleğen bitkilerinden elde edilen yağlar olarak sıralanmıştır. Yağlar arasında okaliptüs ve mandarin uçucu yağları 10.000 ppm gibi yüksek dozda dahi fungus gelişimini herhangi bir şekilde engelleyemediklerinden en düşük etkili uçucu yağlar olarak kaydedilmiştir. Söz konusu bu iki uçucu yağın karışımı da test edilen türler üzerinde antifungal etki göstermemiştir. Kekik ve kekik otu karışımı *A. flavus*, *A. parasiticus* ve *P. chrysogenum*'a karşı, nane ve çay karışımları ise *A. niger*'e karşı yüksek sinerjik etki gösterdiği bildirilmiştir.

Cisarova ve ark. (2016), yaptıkları çalışmalarında 15 uçucu yağın antifungal ve anti-toksinogenik aktivitesini *Aspergillus* cinsine dahil üç fungus izolatına (*A. parasiticus*, *A. parasiticus* ve *A. flavus*) karşı araştırmışlardır. Test edilen uçucu yağların en düşük engelleme konsantrasyonu (MIC) mikro atmosfer yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Antifungal etkinlik çalışmalarında *Jasminum officinale* L., *Thymus vulgaris* L., *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry, *Rosmarinus officinalis* L., *Ocimum basilicum* L., *Eucalyptus globulus* Labill., *Salvia officinalis* L., *Citrus limon* (L.) Burm, *Origanum vulgare* L., *Lavandula angustifolia* Mill., *Carum carvi* L., *Citrus sinensis* (L.) Osbeck., *Zingiber officinalis* Rosc., *Mentha piperita* L. ve *Cinnamomum zeylanicum* Nees. (syn. *C. verum* J.S.Presl.) bitkilerinden elde edilen ticari uçucu yağlar kullanılmıştır. Bütün uçucu yağlar, test edilen tüm fungus türlerine karşı antifungal aktivite göstermişlerdir. İnkübasyondan 14 gün sonra *A. flavus* (KMİ-202-LR) misel gelişimi *C. limon* tarafından %18.70, *C. sinensis* tarafından %5.92 oranlarında engellenirken, *A. parasiticus* (KMİ-220-LR) izolatı *R. officinalis* tarafından % 20.56 oranında engellenmiştir. Mikro-atmosfer yöntemi kullanarak test edilen tüm funguslara karşı en iyi antifungal aktivite sırasıyla *S. aromaticum*, *T. vulgaris* ve *O. vulgare* tarafından gösterilmiştir. Uçucu yağlardan *C. carvi*, *R. officinalis*, *S. officinalis*, *Eucalyptus globulus* ve *O. basilicum* uygulamalarından sonra AFB1 ve AFG1 mikotoksinlerinin üretimlerinin engellendiği belirtilmiştir.

Yılmaz ve ark. (2016), Adaçayı (*Salvia officinalis*), biberiye (*Rosmarinus officinalis*), kekik (*Origanum vulgare*), okaliptüs sp. ve rezene (*Foeniculum vulgare*), uçucu yağlarının kimyasal bileşenleri GC-MS ile, *in vitro* ve *in vivo* antifungal etkinlikleri ise elma meyvelerinde sorun olan *Penicillium expansum*, *Colletotrichum gloeosporioides* ve *Botrytis cinerea*'ya karşı gold elma çeşitinde araştırmışlardır. Biberiye, adaçayı, rezene, okaliptüs ve kekik yağlarında ana bileşenleri sırasıyla camphor (%26.25), α -thujone (%14.95) ve 1.8-cineole (%13.40), *trans* anethole (%80.73), cymene (%24.90) ve carvacrol (%81.25) olarak belirlenmiştir. Yapılan *in vitro* ve *in vivo* antifungal denemeleri sonucunda fungus türlerine karşı kekik uçucu yağının en etkili uçucu yağ olduğu bildirilmiştir. Okaliptüs, rezene, adaçayı ve biberiye uçucu yağları antifungal etkinlik açısından etkili diğer uçucu yağlar olarak sıralanmıştır. Kekik uçucu yağı fungus gelişimlerini tamamen durdurmadığı, *B. cinerea*, *P. expansum* ve *C. gloeosporioides* için *in vitro* antifungal denemelerde fungistatik etkinlik gösterdiği, misel gelişimini sırasıyla 80-15 mm, 19-4 mm ve 50-9 mm engellendiğini belirlemişlerdir.

Hafie ve ark. (2016), Tunus'ta yetişen *Schinus terebinthifolius*'un (yabani kara biber ağacı) meyvelerinden ve yapraklarından elde edilen üç uçucu yağın kimyasal bileşimini, GC-MS ile incelemişlerdir. Terpen, α -pinen, α -phellandrene ve d-limonen'nin söz konusu uçucu yağların ana bileşenlerinden olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda uçucu yağların hem antibakteriyel hemde antifungal aktiviteleri incelenmiştir. Uçucu yağların antibakteriyel etkinliği, üç Gram-pozitif bakteri izolatlarına (*Bacillus megaterium*, *Bacillus mojavensis* ve *Clavibacter michiganensis*) ve dört Gram-negatif bakteri izolatlarına (*Escherichia coli*, *Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas savastanoi* ve *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) karşı, antifungal etkinliği ise fungal etmenlerden *C. acutatum* ve *B. cinerea*'ya karşı değerlendirilmiştir. Araştırılan uçucu yağların tümü, kullandıkları düşük konsantrasyonlarda *C. acutatum* (250-1000 ppm) ve *B. cinerea*'ya (2000-8000 ppm) misel gelişimini başarılı bir şekilde engellemiştir. Test edilen uçucu yağlar bakterilerin gelişiminde önemli ölçüde engellemiştir. Bakteriler arasında *E. coli* uçucu yağlara karşı düşük bir direnç sergilerken test edilen diğer iki uçucu yağlara karşı yüksek bir direnç gösterdiğini belirlenmiştir. Diğer bakteri izolatlarından *P. savastanoi* ve *P. syringae* pv. *phaseolicola*, test edilen tüm uçucu yağlara karşı yüksek düzeyde direnç gösterdiği (düşük ölçüde engelleme zone ile) bildirmişlerdir.

Gill ve ark. (2016), buğdayda başak yanıklık hastalığı etmeni *Fusarium graminearum* hastalık etmenine karşı thymol emülsiyonunun antifungal etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, yağ bileşeni olan ve olmayan thymol emülsiyonları için fungisidal konsantrasyon %0.02 olarak tespit edilmiştir. Thymol emülsiyonun %0.01 dozunda bitkiye püskürtme şeklinde yapılan uygulamasında hastalık çıkışı ciddi düzeyde baskılanırken, yapılan Transmission ve Scanning Elektron mikroskobu gözlemleri sonucunda uygulamanın fungus konidi ve misellerin ultrayapısında önemli morfolojik bozulmalara neden olmuştur. Yapılan denemeler sonucunda thymol emülsiyonlarının %0.06'nın üzerindeki konsantrasyonlarına 10 saniye gibi kısa bir süre maruz bırakılan *F. graminearum*'un etkisiz hale geldiği belirlenmiştir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, thymol emülsiyonlarının buğdayda *Fusarium* başak yanıklığı hastalığının iyileştirmede kimyasal fungusitlere alternatif doğal olarak türetilmiş uygulama olabileceğini göstermiştir.

Hu ve ark. (2017), *Aspergillus flavus*'a karşı zerdeçal (*Curcuma longa* L.) uçucu yağının, *in vitro* şartlarında antifungal aktivitesi ve potansiyel mekanizmasını ek olarak *in vivo* koşullarında anti-aflatoksijenik etkinliğini araştırmışlardır. Bu uçucu yağın antifungal aktivitesinin, misel gelişimi, spor çimlenmesi ve aflatoksin üretimi üzerine etkisinin doza bağlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan detaylı gözlemler sonucunda, zerdeçal uçucu yağının sahip olduğu antifungal etki mekanizmasının, fungusun plazma membranı ile hücre endomembran sistemini bozması, ergosterol sentezinin engellenmesi, mitokondriyal ATPaz, malat dehidrogenaz ve süksinat dehidrogenaz aktivitelerinin bozulması suretiyle gerçekleştirildiğini belirlenmiştir. Sonuç olarak, mısırdaki fungus kontaminasyonu baskılayabilme yeteneğinden dolayı zerdeçal uçucu yağının çevre dostu bir antifungal madde olma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir.

Alam ve ark. (2017), Acı kekik (*Thymus capitatus*) ve servi ağacı (*Tetraclinis articulata*) uçucu yağları ile ana bileşenleri olan carvacrol ve α -pinene antifungal ve insektisidal aktiviteleri açısından değerlendirilmiştir. Bu yağlar *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp., *Alternaria alternata* ve *Botrytis cinerea*'ya karşı oldukça yüksek *in vitro* antifungal aktivite göstermişlerdir. *Alternaria alternata* ve *B. cinerea* tarafından neden olunan hastalık çıkışı *Thymus capitatus* uçucu yağı ve saf carvacrol uygulamaları ile ortalama %55 ile %80 oranlarında azaltılmıştır. *Tetraclinis*

articulata (servi ağacı) uçucu yağı 0.41/l hava dozunda, *Alternaria alternata* tarafından neden olunan hastalık çıkışını %55 *Botrytis cinerea* tarafından neden olunan hastalık çıkışını ise %25 oranında azaltmıştır. Acı kekik ve servi ağacı uçucu yağlarının insektisit olarak iyi bir böcek öldürücü etkinliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Uçucu yağların 0.21/ml hava konsantrasyonda domates güvesi *Tuta absoluta*'nın tüm dönem larvalarında %80 oranında ölümlere neden olurken, 1. dönem larvalarının yalnızca 1.5 saat uçucu yağa maruz kalmaları sonucunda %100 ölüme neden olduğunu belirlenmiştir. Uygulamalar arasında α -pinene ana bileşeninin, acı kekik ve servi ağacı uçucu yağı ile saf carvacrol'a kıyasla daha düşük insektisidal ve antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar uçucu yağların, domates bitkisinin bazı ana zararlıları ve fungal hastalıkları ile mücadelede potansiyel doğal bir kaynak olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Zhang ve ark. (2018), yapmış oldukları çalışmada 20 farklı monoterpen ana bileşeninin 400 μ g/ml konsantrasyonundaki antifungal etkinliklerini *Botryosphaeria dothidea*'ya karşı araştırmışlardır. Test edilen bileşenler arasında cuminaldehide, β -citronellol, nerol, geraniol, citral ve alpha-terpineol bileşenlerin en yüksek antifungal etkinlik gösteren ana bileşenler olduğunu gözlemledikleri çalışmalarında, cuminaldehide, β -citronellol, ve geraniol *B. dothidea* karşı LC50 değerlerinin sırasıyla 105.15, 135.73 ve 132.69 μ g/mL olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda araştırmacılar cuminaldehide, geraniol, ve β -citronellol'un yüksek antifungal etkinliklerinden dolayı gelecekte *B. dothidea* 'ya karşı doğal fungusit olarak *in vivo* koşullarda kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Ammad ve ark. (2018), Asma ağacında 3 farklı fungal hastalık etmeni *Eutypa sp.*, *Botryosphaeria dothidea* ve *Fomitiporia mediterranea*'ya karşı limon (*Citrus limon L.*) uçucu yağının *in vitro* antifungal etkinliklerini araştırdıkları çalışmalarında, uçucu yağın toplamda % 99.9'nu limonen, neral, β -pinen ve gama-terpinen olmak üzere dört ana bileşen tanımlamışlardır. Yapılan antifungal etkinlik çalışmalarında uçucu yağa karşı hastalık etmenleri arasında en duyarlı etmenin *Eutypa sp.* olarak belirlenmiştir.

Sarkhosh ve ark. (2018), sekiz bitki türünden elde edilen uçucu yağların meyve çürümelerini kontrol etmek için 100, 250, 500, 1000 ve 2000 μ g/ml dozları denenmiştir. Kekik uçucu yağları kullanılan tüm konsantrasyonlarda *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Botryosphaeria*'nın misel gelişimini %100 oranında engellemiştir. Nane

ve tarçın yağları 1000 veya 2000 µl/ml'lik uygulama dozlarında beş izolatin misel gelişimini etkili bir şekilde engellemiştir. Çay ağacı, lavanta, mersin ve okaliptüs yağları, test edilen fungal türlerinin misel gelişimini kontrol etmede kısmen etkili olduğu belirtilmiştir. Test edilen uçucu yağlar arasında en büyük antifungal potansiyeli %71.2 oranında carvacrol ve %73.3 oranında thymol ana bileşenini içeren kekik uçucu yağları göstermiştir.

Obianom ve ark. (2018), *Lasiodiplodia theobromae* sap ucu çürüklüğü olarak bilinen hasat sonrası görülen hastalık etmenidir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmalarında, meyvenin raf ömrünü uzatmak ve pazar kalitesini arttırmak için doğal bitki uçucu yağ bileşenlerinden citral, octanal, hexanal ve thymol'in avakado da görülen hastalık etmeni *L. theobromae*'ye karşı *in vitro* ve *in vivo* antifungal aktiviteleri araştırmışlardır. Uygulamalardan hexenal oldukça düşük antifungal etkinlik göstermişken, citral 4 µl/L konsantrasyondaki yüksek düzeyde fungisidal aktivite göstererek spor çimlenmesini tamamen engellemiştir. Citral uygulaması *in vivo* koşullarda hastalık çıkışını %75 oranında azaltmış olup, uygulanan meyvelerde phenol içeriği, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), chitinase ve β -1.3 glucanase enzim aktivitelerinin teşvik edildiği, uygulama yapılan meyvelerin tüketime hazır bir şekilde korunduğu, bu nedenlerden dolayı citral'in hastalıkla mücadelede fungisit prochloraz'a alternatif olabilecek nitelikte doğal bir biyofungusit olabileceği önerilmiştir.

Ji ve ark. (2018), soğan depolama sırasında fungal hastalıklara maruz kalan mahsullerin raf ömrünü uzatmak amacıyla thymol bileşenini kullanarak ortaya çıkan sorunun önüne geçmek için çalışmalar yapmışlardır. *Botrytis aclada* hastalık etmenine karşı sprey şeklinde thymol ile muamele edilen soğanlarda depo koşullarında hastalık çıkışının 16 haftaya kadar önemli ölçüde engellendiği bildirilmiştir. Thymol çözeltisinin fümigasyonu ile soğan yumrularında hastalık şiddetinin %96'ya kadar azaldığını doğrulanmıştır. Mevcut çalışma sonuçları neticesinde, thymol çözeltisinin soğanlarda doğal koruyucu bir fungusit olarak ürünlerin uzun vadeli depolanmasında hastalıkla mücadelede mevcut yöntemlere kıyasla daha çevre dostu bir çözüm olarak kullanılabileceğini önermektedirler.

Zhou ve ark. (2018), uçucu yağ ana bileşenlerinden carvacrol ve eugenol'ün seftali meyvelerinde hasat sonrası *Rhizopus stolonifer* kökenli yaş çürüklük hastalık çıkışının engellenmesi ve patojen gelişiminin engellenmesinde ana rol oynayan etki

mekanizmalarının belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmalarında, carvacrol 2 µl eugenol ise 4 µl konsantrasyonda *in vitro* antifungal etkinlik göstermek suretiyle fungal gelişimi tamamen engellemiştir. İki uçucu yağ ana bileşeninde fungus hifinin hücre zarı geçirgenliğini bozarak morfolojisini modifiye ettiği, hücre plazma zarının parçaladığı sonuçta protein içeriğinin hücre dışına sızmasına neden olduğunu taramalı elektron mikroskobu ve floresan mikroskobu kullanılarak gözlemlemiştir. Ana bileşenlerin *in vivo* hastalık çıkışını engelleme dozları, carvacrol için 0.5 µl/L, eugenol için 1 µl/L olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, carvacrol ve eugenol'ün *R. stolonifer* etmenine karşı etkili antifungal etkiye sahip olduğu, *in vitro* ve *in vivo* koşullarda misel gelişimini ve hastalık çıkışını etkili bir şekilde engellemesi nedeniyle ve şeftalilerde yumuşak çürüklük hastalığı ile mücadelede kimyasallara alternatif olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğinin göstermiştir.

Weisany ve ark. (2019), kekik (*Thymus daenensis* L.) ve dereotu (*Anethum graveolens* L.) uçucu yağlarının sahip oldukları antimikrobiyal potansiyelin nanopartikül teknolojisi kullanılarak dahada yükseltilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Kekik ve dereotu uçucu yağının nanopartikül seviyesinde kapsüllenen formülasyonunda, birçok bahçe bitkisinde antraknoza hastalığına neden olan *Colletotrichum nymphaeae*'ye karşı olan antifungal etkinliğinin %80 > düzeylerinde olduğunu gözlemlemiştir. Yapılan *in vitro* antifungal etkinlik çalışmalarında, nano kapsüllenmiş uçucu yağlar fungusun misel gelişiminin engellenmesinin yanı sıra konidi çimlenmesinde etkili bir şekilde engellediğini gözlemlemiştir. GC-MS analizini sonucunda, p-cymene, thymol, carvacrol and (E)-caryophyllene'nin kekik uçucu yağının, limonene, cis-dihydrocarvone, cyclohexanon ve carvone'nun ise dereotu uçucu yağının ana uçucu bileşenleri olduğu bildirilmiştir. Nano-kapsüllenmiş uçucu yağlar uygulandığı fungus hifinde önemli morfolojik değişiklikler gözlenmiştir. Bu çalışma, kapsüllenmiş uçucu yağların göstermiş oldukları yüksek antifungal etkinliklerinden dolayı hastalık etmenlerini kontrol etmede doğal biyofungisit olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Suleiman ve ark. (2019), yapmış oldukları çalışmalarında patates ve domateste hasat sonrası hastalık etmenlerinden *Geotrichum candidum*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* ve *Mucor hiemalis* karşı karanfil ekstraktının antifungal aktivitesini değerlendirmişlerdir. Bitki ekstraktı test edildikleri fungal etmenlerin tamamını değişen oranlarda engellerken, en yüksek antifungal etkinlik karanfil ekstraktının %2.5 dozunda

M. hiemalis, *A. alternata*, *G. candidum*'a karşı gösterilmiştir. *F. oxysporum* için gösterilen antifungal etkinlik nispeten daha yüksek konsantrasyonda (% 12.5) gerçekleşmiştir. Yapılan GC-MS analizi sonucu bitki ekstraktının kimyasal bileşeninde 18 farklı bileşik tespit edilmiştir. Başlıca bileşikler eugenol (% 17.27), trans- caryophyllene (% 0.50), humulene (% 3.33), anthracenedione (% 3.35), cedran-diol (% 0.61), citroflex A (% 5.45) ve lucenin 2 (% 8.25) olduğunu bildirmişlerdir.

Salehi ve ark. (2019), yapmış oldukları derlemede okaliptüs ve türlerinin sahip oldukları kozmetik, farmasötik, nutrasötik ve antibakteriyel, antiviral, antifungal, antienflamatuar ve böcek kovucu amaçlı özellikleri nedeniyle dünya çapında büyük ilgi gördüğünü, bitkilerinin botanik ve etnofarmakolojik yönlerinin yanı sıra *in vitro* ve *in vivo* antifungal aktiviteye sahip olduğunu derlemişlerdir. Kimyasal analizler sonucunda eucalyptol (1,8-cineole)'ün okaliptüs yağlarında bulunan ana bileşen olduğu bildirilmiştir.

Pedrotti ve ark. (2019), yapmış oldukları çalışmada *Eucalyptus staigeriana* ve *Eucalyptus globulus* uçucu yağlarının kimyasal bileşimini ve bağlarda ciddi sorunlar oluşturan *Botrytis cinerea* ve *Colletotrichum acutatum*'a karşı *in vitro* ve *in vivo* antifungal etkinliklerini belirlemişlerdir. *E. staigeriana* uçucu yağının ana bileşeni citral (%30.91), 1, 8-cineole (% 24.59) ve limonen (% 19.47) iken, *E. globulus* uçucu yağının ana bileşenin % 68.26 oranı ile 1,8-cineole olduğu belirlemişlerdir. Her iki bitki uçucu yağının test edildikleri hastalık etmenine karşı *in vitro* antifungal aktivite gösterdiği, *Eucalyptus staigeriana* 0.5 µL/mL dozunda misel gelişimini ve spor çimlenmesi engellemede diğer uçucu yağa göre daha yüksek aktivite sergilediğini tespit etmişlerdir. Söz konusu uçucu yağın *in vitro* etkinliklerinin yanı sıra *B. cinerea* tarafından neden olduğu gri küf hastalık şiddetini ve *Colletotrichum acutatum* tarafından neden olduğu hastalık belirtilerini azaltabildiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, sonuçların umut verici olduğunu ve *E. staigeriana* uçucu yağının şaraplık üzümlerdeki fungal çürüklerinin kontrolü için kimyasallara alternatif doğal biyofungusit olarak kullanılabileceğini tavsiye etmişlerdir.

Ajayi-Moses ve ark. (2019), Nijerya'da yerel marketlerden rastgele seçilen meyvelerden izole edilen mikroorganizmalara karşı turunçgil yağlarının antimikrobiyal potansiyelleri ile turunçgil uçucu yağındaki biyoaktif bileşikleri GC-MS kullanılarak araştırmışlardır. Turunçgil uçucu yağlarının 100 mg/ml konsantrasyonda test edilen

mikroorganizmalara karşı çapı 3.3 mm ila 26.8 mm arasında değişen engelleme bölgeleri oluşturmuştur. Test edilen tüm izolatlar karşı minimum engelleme konsantrasyon (MIC) 12.5-100 mg/ml arasında değişirken, minimum bakterisidal ve fungisidal konsantrasyonlar 25-100 mg/ml arasında değiştiği belirlenmiştir. Lime ve limon uçucu yağlarının 1:1 karışımları sinerjik etki göstermiş olup, uçucu yağların karışım şeklinde uygulamanın tek tek kullanım ile karşılaştırıldığında daha yüksek antifungal etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yapılan GC-MS analizler sonucu limon ve lime uçucu yağlarının ana bileşenlerinin limonen, β -pinen, α -phellandren, terpinen-4-ol, α -terpineol ve geraniol olduğu belirlenmiştir.

Khan ve ark. (2020), yapmış oldukları çalışmada neem bitki ekstraktının uçucu bileşenlerinden propyl disulphide'in antifungal etkinliklerini mango meyvesinde hasat sonrası meyve uç çürüklük hastalığı etmenleri olan *Lasiodiplodia theobromae* ve *Neofusicoccum parvum*'a karşı araştırdıkları çalışmada, bitki ekstraktlarının kullanıldıkları dozlarda fungal etmenlerin misel gelişimlerini *in vitro* koşullarda önemli düzeyde engellediklerini bildirmişlerdir.

Scariot ve ark. (2020), yaptıkları çalışmalarında yirmi farklı monoterpenoidin *Colletotrichum fructicola* ve *C. acutatum* üzerindeki antifungal etkinliklerini ve etki mekanizmalarını incelemişlerdir. Sonuç olarak oksijenli monoterpenoidlerin (alkoller ve aldehitler) hidrokarbonlar, esterler ve halkalı benzerlerinden daha yüksek antifungal aktivite sergilediğini belirtmişlerdir. Bu anlamda, seçilen monoterpenoidler (citril, citronellol, geraniol, carvacrol ve thymol), *C. acutatum*'un konidial çimlenmesini doza bağımlı bir şekilde engellediğini bildirmişlerdir.

Da silva ve ark. (2020), çilekte hasat sonrası gözlenen *Rhizopus stolonifera* ve *Botrytis cinerea* kökenli hastalıkların kontrolleri için, *Eucalyptus staigeriana* ve *Eucalyptus urograndis*'in yapraklarından elde edilen uçucu yağların, sentetik fungusitlere iyi bir alternatif olabileceğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada her iki okaliptus yağları *Rhizopus stolonifera* ve *Botrytis cinerea*'ya karşı *in vitro* antifungal etkinlikleri değerlendirilmiştir. Yapılan *in vitro* antifungal etkinlik çalışmalarında *E. staigeriana* uçucu yağının her iki fungal etmene karşı karşı diğer uçucu yağla kıyasla daha yüksek etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. *In vitro* antifungal koşulda yüksek aktivite gösteren okaliptüs uçucu yağın ana limonen olarak belirlenmiş olup, limonen'in fungusun hücre duvarı ve membranı üzerinde ciddi morfolojik deformasyonlara sebep olduğu

bildirilmiştir. Yapılan *in vivo* çalışmalarda uçucu yağın carboxymethylcellulose (CMC) ile uygulandığı meyvelerde *Rhizopus stolonifera* tarafından neden olan çürüklüğü etkili bir şekilde engellerken *Botrytis cinerea*'ya karşı etkinlikte başarılı olamamıştır. Elde edilen sonuçlara dayanılarak *E. staigeriana* uçucu yağının CMC ile kaplanarak meyveye uygulanması *Rhizopus stolonifera* tarafından neden olan çürüklüğe karşı kullanılan fungusitlere alternatif olabileceği bildirilmiştir.

Bomfim ve ark. (2020), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağının mikotoksin üreten fungal hastalık etmeni *Aspergillus flavus*'a karşı antifungal ve antiaflatoksigenik etkinliğinin araştırdıkları çalışmalarında, uçucu yağın ana bileşenleri eucalyptol (% 52.2), camphor (% 15.2) ve α -pinene (% 12.4) olarak belirlenmiştir. Uçucu yağın fungus misel gelişimini engelleyen en düşük engelleme (MIC) ve en düşük fungisidal (MFC) dozun 500 μ g/ml olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda *Rosmarinus officinalis* 'un gıdalarda mikotoksin üreten fungal hastalık etmenleri ile mücadelede sentetik fungusitlere alternatif olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Mohamed ve ark. (2020), *Origanum majorana* uçucu yağ veriminin artırılması üzerine askorbik asit (AA), triptofan (Trp) ve *Moringa oleifera* yaparak özütünün (MLE) etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında aynı zamanda uçucu yağların antifungal etkinliklerini pirinç tanelerinden (*Oryza sativa*) izole edilmiş dört farklı tohum kaynaklı fungal hastalık etmenine (*Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Fusarium verticillioides* ve *F. graminearum*) karşıda test edilmiştir. Her iki mevsimde AA, Trp ve MLE uygulamalarının bitkisel büyüme parametreleri ve uçucu yağ üretimimin artışı üzerine etkisinin olduğu, GC-MS analizler sonucunda uçucu yağların ana kimyasal bileşenlerinin terpineol, terpinen-4-ol, 4-thujanol (sabinene hydrate), α -terpineol, cymene ve sabinene olduğunu belirlenmiştir. *F. verticillioides*'e karşı en yüksek antifungal etkinliğin % 94.57 ila % 92.63 engellemenin kayıt edildiği, % 5 ve % 10 MLE uygulaması yapılmış bitkilerden elde edilen uçucu yağlar tarafından gösterilmiştir. Sonuç olarak, Trp, AA ve MLE ile muamele edilmiş *O. majorana* bitki yapraklarından elde edilen uçucu yağların kimyasal içeriği ve antifungal etkinliğinde gözlenen artış, bu tür uçucu yağların gelecekte tohum kaynaklı fungal etmenlere karşı bir biyofungusit olarak faydalı olabileceğini tavsiye etmiştir.

Kara ve ark. (2020), Hatay ilinde doğal olarak yetişen rezene (*Foeniculum vulgare*) ve defne (*Laurus nobilis*) uçucu yağlarının GC-MS ile kimyasal bileşimlerini analiz etmişler, limoni servi ağaçlarında kök çürüklüğü ve solgunluk hastalık etmenleri *F. oxysporum* ve *P. funerea*'ye karşı antifungal aktivitelerini *in vitro* koşullarda belirlemişlerdir. Uçucu yağların fungisidal dozlarda fungus hiflerinin morfolojisi üzerindeki etkisi ışık mikroskobu kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan GC-MS analizler sonucunda, eucalyptol (%52.88) ve α -terpinyl acetate (%11.77) defne uçucu yağının, *trans*-anethole (%81.55) ve limonen (%5.88) ise rezene uçucu yağının ana bileşenleri olduğu belirlenmiştir. Rezene ve defne uçucu yağlarının buhar fazında *F. oxysporum*'un miselyal gelişimini tamamen engelleyen konsantrasyonları sırasıyla 30.0 ve 50.0 μ l/petri olarak belirlenmiştir. Rezene ve defne uçucu yağların *P. funerea*'nin misel gelişimi ise nispeten daha düşük konsantrasyonlarda (sırasıyla 20.0 ve 25.0 μ l/petri) tamamen durdurulduğu gözlenmiştir. Uçucu yağların buhar fazında en etkili konsantrasyonuna maruz kalan hifler üzerinde yapılan ışık mikroskobu gözlemleri sonucunda sitoplazmik pıhtılaşma, vakuolleşme ve protoplazma akıntısı gibi önemli yapısal deformasyonlar görülmüştür. Sonuç olarak uçucu yağların kozalaklı bitkilerin fungal hastalıklarının kontrolünde kullanım potansiyeli bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın temel araştırma materyallerini; Şanlıurfa ilinde yetiştirilen hastalıklı domates bitki örneklerinden izole edilen fungal patojen *Neoscytalidium dimidiatum* izolatu, çeşitli laboratuvar malzemeleri, besi yerleri, uçucu yağ ve ITC bileşenleri oluşturmuştur.

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Hastalık Etmeni, Uçucu Yağlar, ITC Bileşenleri, Kimyasallar ve Aletler

Çalışmalarda domates bitkisinden izole edilmiş ve tanılaması yapılmış fungal hastalık etmeni *Neoscytalidium dimidiatum*, bitki uçucu yağlar, saf ana bileşenler (ITC), besi yerleri, plastik ve cam laboratuvar malzemeleri ana materyaller olarak kullanılmıştır.

Bitki uçucu yağları ve ana bileşenlerin antifungal etkinliklerinin araştırıldığı fungal etmen *N. dimiatum* ND122 izolatu, Şanlıurfa ili domates ekim alanlarındaki hastalıklı bitkilerden (Şekil 1.2) izole edilip moleküler olarak kesin tür tanısı yapılmıştır (Türkölmez ve ark., 2019a). Fungal izolat *in vitro* denemeleri süresince standart fungal genel besi yeri Patates Dekstroz Agar (**PDA**, Merck, Darmstad, Germany) üzerinde +4 °C de muhafaza edilmiştir.

Çalışmanın bir diğer önemli ana materyallerinden bitki uçucu yağlar, daha önceden farklı bitki fungal etmenlere karşı etkinliği araştırılmış olan Hatay ilinin farklı ilçelerinde doğal olarak yetişen bitkilerden hidrodistilasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Çalışmanın bir diğer önemli ana materyallerinden farklı kimyasal yapılarıdaki **Isothiocyanate (ITC)**'lerden; 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (**AITC**), methyl isothiocyanate (**MITC**), ethyl isothiocyanate (**EITC**), phenyl ethyl isothiocyanate (**PEITC**)'lar saf olarak ticari firmadan (Sigma-Aldrich) satın alınmıştır.

Çalışmanın diğer materyallerini mikoloji laboratuvarı alet-ekipmanları, çeşitli cam ve plastik laboratuvar malzemeleri ve kimyasal maddeler oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan besi ortamları kullanılmadan önce 121°C'de 15 dk. otoklav edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitki Uçucu Yağların Ekstraksiyonu

Çalışmalarda kullanılan uçucu yağlar Hatay ilinin farklı ilçe ve köylerinden temin edilen, laboratuvar koşullarında kurutulmuş karabaş kekik (*T. spicata* var. *spicata* L.), kaba kekik (*T. serpyllum* L.), İzmir kekiği (*O. onites* L.), Suriye kekiği (*O. syriacum* L. var. *bevanii*), mercanköşk (*O. majorana* L.), lavander (*Lavandula x intermedia*), adaçayı (*S. officinalis* L.), biberiye (*R. officinalis* L.), limon otu (*L. citriodora* L.), okaliptüs (*E. camaldulensis* Dehnh.), defne (*L. nobilis* L.) ve ardıç (*J. communis* L.) bitkilerin yapraklarından, rezene bitkisinin (*F. vulgare*) ise tohumlarından “Clevenger” uçucu yağ çıkartma aletinin (Şekil 3.1) kullanıldığı 3 saatlik buhar distilasyonu yöntemi ile elde edilmiştir (Soylu ve ark., 2010). Elde edilen uçucu yağlar içerisinde anhydrous sodyum sülfat bulunan koyu renkli cam şişelerde 4 °C de korunmuştur.



Şekil 3.1. Uçucu yağların çıkartılmasında kullanılan Clevenger tipi yağ çıkarma aleti (İldam, Ankara, Türkiye) ve petri çalışmaları. Ok ile gösterilen yer bitki uçucu yağının toplandığı kısmı göstermektedir.

3.2.2. Uçucu Yağların Kimyasal Bileşenlerin Belirlenmesi

Denemelerde etkinliği araştırılan uçucu yağların ana bileşikleri ve % oranları Gaz Kromatografi (GS) (Thermo Scientific Trace Ultra) cihazı ve bu cihaza entegre olmuş kütle spektroskopisi (MS) (Thermo Scientific ISQ) ile önceden bildirildiği şekilde belirlenmiştir (Daferera ve ark., 2000). GS-MS cihazı üzerinde %5-Phenyl Methyl Siloxane (TR FAME MS) capillary kolon (60 m x 0.25 mm x 0.25 µm film kalınlığında) bulunmaktadır. Denemelerde taşıyıcı gaz olarak %99 saflıkta helyum gazı 1.0 ml/dak. akış hızında kullanılmıştır. Kromatografinin fırın sıcaklığı 50 °C de 2 dak. bekletildikten sonra 3 °C/dak. artışla 210 °C'ye ve en son bu sıcaklıkta 5 dak. bekletilecek şekilde programlanmıştır. İyonizasyon voltajı 70 eV ve iç sıcaklık 250 °C olarak ayarlanmıştır. Yağların bileşiminde bulunan bileşikler % olarak ve kolonda alıkonma zamanları (*Retention time*, RT) MS üzerindeki Wiley 275.L kütüphanesi yardımıyla belirlenmiştir (Adams, 2001). Alıkonma indis değerleri (*Retention index*, RI) *n*-alkan serisi (C₈-C₂₀) karışımının aynı sıcaklık programında gösterdiği MS değerleri ile karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

3.2.3. Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine Bitki Uçucu Yağlar ve ITC Bileşiklerin *in vitro* Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi

Bitki uçucu yağların ve farklı kimyasal içerikteki buhar fazındaki ITC'lerin fungal etmen *N. dimiutum*'un misel gelişiminin engellenmesi üzerine antifungal etkinliği, 90 mm çapındaki steril petri kaplarında genel fungus besiyeri PDA ortamı üzerinde araştırılmıştır (Soylu ve ark., 2010). Antifungal etkinliğin belirlendiği petri kapları 100 ml hava hacmine sahip olup, 20 ml besi yeri eklenmesinden sonra toplam kapağı kapalı petride kalan hava miktarı toplam 80 ml olarak belirlenmiştir. PDA içeren (20 ml/petri) petri kabının merkezine mantar delici ile alınan 5 günlük fungal kültürlerinin 6 mm çapındaki diskleri miselli yüzeyi PDA ile temas edecek şekilde yerleştirilmiştir.

Test edilen uçucu yağlardan *Thymbra spicata*, *Origanum syriacum*, *Origanum onites*, *Thymus serpyllus*, *Laurus nobilis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Lippia citridora*, *Salvia officinalis*, *O. marjorona*, *Rosmarinus officinalis* ve *Lavandula intermedia* için 0.25-26.0 µl/petri dozu kullanılmış olup (3.125-325.0 µg/ml hava dozuna eşdeğer),

Juniperus communis ve *Laurus nobilis* uçucu yağları nispeten daha yüksek 5.0-180.0 µl/petri dozu aralığında (62.5-225.0 µg/ml hava dozuna eşdeğer) kullanılmıştır. ITC bileşenleri ise 2.0-26.0 µl/petri dozu aralığında (25.0-325.0 µg/ml hava dozuna eşdeğer) kullanılmıştır.

Uçucu yağ ve ITC'lerin farklı konsantrasyonları petri kabının kapağının merkezine mikro pipet yardımı ile damlatıldıktan sonra petri kabının kenarları parafilm (2-3 kez) ile kapatılıp, ters çevrilerek (kapak altta kalacak şekilde) 25 °C de inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol olarak kabul edilen aynı şekilde inoküle edilmiş petri kapaklarına uçucu yağ yerine saf su damlatılarak aynı işlemler uygulanmıştır. Değerlendirmeler kontrol olarak kabul edilen petrilerinde fungus gelişimi petriyi tamamen kapladığı zaman, uygulama yapılmış tüm petrilerdeki fungal koloni çaplarının ölçülmesiyle yapılmıştır. Her bir uçucu yağın farklı konsantrasyonlarında engelleme oranı, (%) Abbott formülüne göre; **Engelleme (%) = [(K_{FG}-U_{FG})/K_{FG}] x 100** formülü ile hesaplanmıştır.

K_{FG} = Kontrol petrilerdeki fungal gelişim (mm)

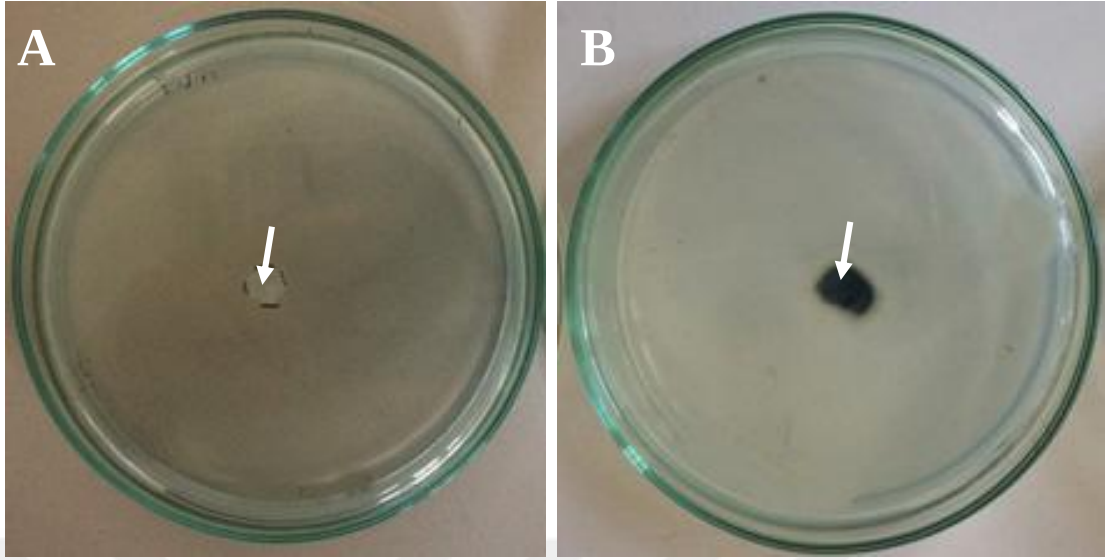
U_{FG} = Uçucu yağ/ITC uygulamaları yapılmış petrilerdeki fungal gelişim (mm)

Denemelerde her petri 1 tekerrür ve her konsantrasyon 3 tekerrür olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulmuştur. Her deneme 2 farklı zamanda tekrar edilmiştir.

3.2.3.1 Bitki Uçucu Yağları ve ITC Bileşenlerinin Fungal Etmenin Misel Gelişimini Engelleyen Minimum Engelleme Konsantrasyonlarının (MIC) Fungisidal ve Fungistatik Özelliklerinin Belirlenmesi

Uçucu yağ ve ITC'lerin MIC'lerde misel canlılığı üzerine olan fungisidal veya fungistatik etkinliği gelişmelerin gözlenmediği uçucu yağ/ITC damlatılmış petrilerin kapağı steril başka kapakla değiştirildikten sonra parafilm sarmadan 25°C' de tekrar 3-4 gün inkübasyona bırakılmıştır.

Gelişme göstermeyen misel diskleri kapak değişimini müteakiben PDA besiyeri üzerinde, misel gelişiminin hala görülmediği konsantrasyonlarda uçucu yağ ve ITC'lerin MIC antifungal etkisi **fungisidal** (tamamen engeleyen, öldürücü), misel gelişiminin tekrar başladığı konsantrasyonlarda ise Uçucu yağ ve ITC'lerin MIC antifungal etkisi **fungistatik** (geçici) olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.2. Rezene (*F.vulgare*) uçucu yağının buhar fazında *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimini tamamen durduran dozlardaki antifungal etkinliği. (A) Uçucu yağın 6.0 µl/petri dozda fungisidal (yeniden misel gelişiminin görülmediği), (B) 4.0 µl/petri dozda fungistatik (yeniden misel gelişiminin görüldüğü) etkinlik (ok).

3.2.3.2 Bitki Uçucu Yağlarının Misel Gelişimini Engelleyen Etkili Konsantrasyon Değerlerinin Belirlenmesi

Test edilen uçucu yağlar ve ITC bileşiklerin kullanıldığı farklı konsantrasyonlarında fungal etmenin misel gelişimini %50 ve %90 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC_{50} ve EC_{90}) her bir kimyasal için farklı konsantrasyonlarda elde edilen değerleri kullanılarak SPSS istatistik programı (Versiyon 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) yardımı ile Probit analizi yapılarak belirlenmiştir. Denemelerde uçucu yağın ve ITC bilşenlerin her konsantrasyondaki misel çapları ölçülmüş, ortalama değerleri kontroldeki gelişmeyle kıyaslanarak suretiyle istatistik programı yardımıyla Probit analizi yapılarak tahmin edilmiştir.

3.2.3.3 Bitki Uçucu Yağlarının Fungus Misellerinde Neden Olduğu Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi

Çalışmalarda fungusun misel gelişimini engelleyen dozların bulunduğu petrilerde geliştirilen fungusların miselleri üzerinde meydana gelen morfolojik değişiklikler,

Nomarski DIC ataçmanlı ışık mikroskobu (OLYMPUS BX – 51) altında önceden bildirildiği şekilde belirlenmiştir (Soylu ve ark., 2010).

Sağlıklı fungus kültürlerinden alınan diskler, öncelikle uçucu yağlar olmaksızın petrilere aktarıldıktan sonra 2 gün ön gelişmeye bırakılmıştır. Fungus miselleri diskten yaklaşık 2-3 cm geliştiğinde, *in vitro* antifungal etkinlik çalışmalarında misel gelişimini %100 engelleyen ve fungisidal etkinlik gösteren dozları, önceden belirtildiği şekilde kapaklara eklenmiş, parafilmlelenmiş ve tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Uçucu yağların etkinliği, petrilere eklenmesinden 1, 2, 4 ve 7 gün sonra doğrudan besi ortamı üzerinde gelişen miseller üzerinde mikroskopik gözlemler yapılmıştır. Uçucu yağların misellerin morfolojik yapılarında olası etkilerini görselleştirmek için, uç kısımlarından alınan PDA kesitlerinden %50 glycerol içinde yarı-preparatlar hazırlanmış ve yapısal değişiklikleri ışık mikroskobu altında belirlenmiştir.

3.2.4. Deneme Deseni ve İstatistik Analizler

Tüm *in vitro* antifungal etkinlik denemeleri tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış, her bir uçucu yağ/ITC konsantrasyonunun antifungal etkinliği 3 farklı petride olacak şekilde kurulmuştur. Farklı ITC ve uçucu yağ konsantrasyonları antifungal etkinliğinin belirlendiği petrillerdeki misel gelişiminin engellenme oranları % oranlarına çevrilmeden SPSS istatistik programı (SPSS Statistics 17.0) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile varyans analizi yapılmış ve uygulamalar arasındaki farklılık Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile analiz edilmiştir ($P \leq 0.05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Bitki Uçucu Yağlarındaki Kimyasal Bileşenler

Antifungal özellikteki bitki uçucu yağlarının kimyasal bileşenleri, Gaz Kromatografi/kütle spektrometresi (GC-MS) ile belirlenmiştir. GC-MS analizine göre, *E. camadulensis* uçucu yağında 39, *F. vulgare* uçucu yağında 44, *L. nobilis* uçucu yağında 45, *O. majorana* uçucu yağında 45, *O. syriacum* uçucu yağında 37, *O. onites* uçucu yağında 37, *R. officinalis* uçucu yağında 45, *S. officinalis* uçucu yağında 39, *T. serpyllus* uçucu yağında 39, *L. nobilis* uçucu yağında 45, *T. spicata spicata* uçucu yağında 34, *J. communis* uçucu yağında 41, *L. intermedia* uçucu yağında 47, *L. citridora* uçucu yağında ise toplam 35 ana bileşen belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2).

Tespit edilen ana bileşenler arasında; carvacrol (%61.3) ve γ -terpinene (%28.5) *T. spicata spicata* uçucu yağında, thymol (%15.0) ve cymene (%15.0) *T. serpyllus* uçucu yağında, carvacrol (%23.9), γ -terpinene (%21.3) ve thymol (%20.6) *O. syriacum* uçucu yağında, carvacrol (%75.9) ve *p*-cymene (%7.6) *O. onites* uçucu yağında, terpinen-4-ol (%21.6) ve *trans*-sabinene hydrate (%8.7) *O. majorana* uçucu yağında, linalyl acetate (%31.1) ve linalool (%29.8) *Lavandula x intermedia* uçucu yağında, limonene (%24.6) ve e-citral (%23.1) *L. citridora* uçucu yağında, eucalyptol (%14.6) ve α -pinene (%14.1) *R. officinalis* uçucu yağında, *trans*-caryophyllene (%19.0) ve camphor (%18.4) *S. officinalis* uçucu yağında, aynı zamanda 1,8-cineole olarak bilinen eucalyptol (%75.7) ve limonene (%5.5) *E. camadulensis* uçucu yağında, *trans*-anethole (%67.2) ve estragole (%10.3) *F. vulgare* uçucu yağında, eucalyptol (%32.4) ve α -terpinyl acetate (%16.9) *L. nobilis* uçucu yağında, α -pinene (%78.1) ve β -myrcene (%3.9) ise *J. communis* uçucu yağında en yüksek oranda bulunan ilk 2 ana bileşenler olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Antifungal etkinlikleri belirlenen bitki uçucu yağlar ve ana bileşenleri

Uçucu yağ	Bileşen Sayısı	GC-MS ile belirlenen ana bileşenler ^a
<i>Thymbra spicata</i> var. <i>spicata</i> L.	34	carvacrol (%61.32), γ -terpinene (%28.53), o-cymene (%5.2)
<i>Thymus serpyllum</i> L.	39	thymol (%14.99), cymene (%14.98), γ -terpinene (%12.71),
<i>Origanum syriacum</i> L. var. <i>bevanii</i>	37	carvacrol (%23.93), γ -Terpinene (%21.33), thymol (%20.64)
<i>Origanum onites</i> L.	37	carvacrol (%75.94), <i>p</i> -cymene (%7.62), γ -terpinene (%4.06)
<i>Origanum majorana</i> L.	45	terpinen-4-ol (%21.58), <i>trans</i> -sabinene hydrate (%8.65), γ -terpinene (%8.36)
<i>Lavandula x intermedia</i>	47	linalyl acetate (%31.04), linalool (%29.77), camphor (%7.89)
<i>Lippia citriodora</i> L.	35	limonene (%24.64), e-citral (%23.09), z-citral (%18.63)
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	45	eucalyptol (%14.62), α -pinene (%14.1), camphor (%13.93)
<i>Salvia officinalis</i> L.	39	<i>trans</i> -caryophyllene (%19.0), camphor (%18.37), eucalyptol (%14.37)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	39	Eucalyptol (%75.69), limonene (%5.49), α -pinene (%5.16)
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	44	<i>trans</i> -anethole (%67.2), estragole (%10.3), limonene (%9.1)
<i>Laurus nobilis</i> L.	45	eucalyptol (%32.42), α -terpineyl acetate (%16.88), sabinene (%8.42)
<i>Juniperus communis</i> L.	41	α -pinene (%78.05), β -myrcene (%3.88), cedrol (%3.17)

^a GC-MS tarafından belirlenen toplam bileşen sayısı ve en fazla % oranda belirlenen ilk 3 ana bileşenler.

Çizelge 4.2. Antifungal etkinlikleri belirlenen bitki uçucu yağlarda GC-MS analizler sonucu belirlenen kimyasal bileşenler (%)

RT	Bileşen	Tss	Os	Oo	Lc	Fv	Tsrp	So	Li	Ec	Ro	Om	Ln	Jc
6.6	α -Thujene		2.52									1.99		
6.63	α-Pinene	1.30		0.78		0.81	3.92	4.40	0.42	5.24	14.54		6.64	81.06
7.71	Camphene		0.12	0.24		0.03	1.86	4.35	0.25		4.20		0.16	0.54
8.52	β -Pinene	0.08	0.13	0.08			0.26	1.95	0.17	0.12		0.11	2.75	2.46
8.83	Sabinene		0.08						0.10			5.75	8.82	
9.01	o-Cymene	4.20									3.59		6.20	
9.08	β-Myrcene	0.80			0.23	0.22			0.38	3.15				3.98
9.08	Myrcene		2.93	0.63			1.46	1.91		0.18	2.30	1.54	0.35	
9.54	α -Phellandrene	0.11	0.49	0.10			0.25				0.25	0.44	0.28	0.07
9.95	α -Terpinene	2.03	6.33	0.85		0.29	3.33	0.17			0.36	6.67		0.04
10.17	Limonene	0.14	0.12	0.07	25.45	9.06	0.29	2.48	0.77	5.57	4.57	1.04	1.82	2.72
10.76	cis-Ocimene			0.02		1.18	0.15		0.85	0.36		0.07		
11.31	γ-Terpinene	27.10	21.54	4.11		0.20	12.71	0.42		0.26	0.93	8.70	0.58	1.35
11.49	α -Ocimene				0.91	0.10			1.55				0.12	
12.11	α -Terpinolene						0.59					5.34		2.01
12.18	Eucalyptol					0.43		14.47	5.98	76.82	17.14		33.96	
12.79	Cymene		13.91	7.72		0.36	14.98	2.37	0.10			7.34		1.27
17.14	1-Octen-3-ol		0.79	0.34			2.40	0.14						
18.84	Butanoic acid								4.28					
19.75	cis Sabinene hydrate		0.67	0.50			0.34	0.07			0.07	3.73	0.37	
20.75	Linalool		0.19	0.68			0.43	0.32	32.14	0.10	5.46	3.68	1.51	0.05
21.02	Fenchone					3.45								
22.00	trans-Caryophyllene	1.26		2.25	6.26		0.04	19.14		0.28				
22.48	d-Isothujone							8.20						0.17
22.5	Linalyl acetate								33.04			2.30		
22.67	Thymol methyl ether						16.56							
23.05	trans Sabinene hydr.			0.19			0.16	0.09	0.07		0.29	9.00	0.14	
24.48	Terpinen-4-ol	0.11	2.82			0.12	3.42			0.56	2.98	22.46	6.05	
24.88	Terpinenol			0.02								2.76	0.09	
25.13	4-Terpinenyl acetate											1.84		
25.48	Fenchyl acetate							2.92			2.77			
25.68	cis-Piperitol											1.18		
26.11	β -Bisabolene						3.11							

Çizelge 4.2. (Devam) Antifungal etkinlikleri belirlenen bitki uçucu yağlarda GC-MS analizler sonucu belirlenen kimyasal bileşenler (%)

26.12	Camphor		0.06					18.50	8.24	0.14	14.37			0.14
26.23	Estragole				10.33									
26.37	Zingiberene			1.66										
26.61	Isopinocamphone										2.10			
26.67	Humulene		0.20	0.12	0.41		2.51			2.16		0.28		
27.1	β-Selinene					1.55								
27.11	α-Terpineol		0.21	0.22		0.04			1.30	0.07	3.87	6.86	4.28	
27.67	Borneol		0.27	1.27			5.84	3.92	5.30	0.12	8.22	0.16		
27.7	α-Terpinyl acetate												17.68	
27.98	cis-Piperitol										0.11	1.57		
28.16	α-Curcumene				3.63									
28.71	Elemene											1.38	2.07	
29.06	Neryl acetate				5.15				3.57					
30.65	Z-Citral				19.27									
32.09	trans-Anethole		0.25	0.05		67.50				0.06				
32.31	Dihydrocarveol										1.04			
32.62	E-Citral				23.89									
33.65	Verbenone										9.24			
38.02	Methyleugenol										0.20		2.44	
38.91	Thymol	0.12	20.84	1.57		14.99	1.25	0.08				0.33		
38.99	Veridiflorol				0.18		3.50							
40.03	Carvacrol	61.32	24.17	76.97		8.73	1.94		1.39	0.31	0.80			
40.33	Caryophyllene oxide	0.28		6.47		0.62	0.68	0.32		0.10	0.61	0.50		
40.55	Spathulenol	0.23				0.22					1.37	0.35		
40.55	α-Cadinol													
40.81	p-Anisaldehyde					3.91								
40.94	Junipene			6.33										
41.47	Cedrol					0.11								3.28
52.74	Manool						1.41							
	Toplam Bileşen Sayısı	14	21	22	13	16	26	24	20	17	24	28	22	14
	Toplam Bileşen %	99.08	98.64	98.79	99.83	98.03	98.32	97.11	98.91	96.58	99.02	99.31	97.17	99.14

Çalışmada kullanılan uçucu yağların ana bileşenleri ve yağ içerisinde bulunma miktarları daha önce aynı bitki türleri için belirlenen sonuçlarla büyük oranda benzerlik göstermiş olup, toplam belirlenen kimyasal sayısı ve oranlarında kısmen farklılıklarda bildirilmiştir (Cavanagh ve Wilkinson, 2002; Khan ve Saeed, 2002; Minija ve Thoppil, 2002; Bouzouita ve ark. 2005; Soylu ve ark. 2006).

Her ne kadar oranları farklı olsa da, gerek çalışmalarımızda gerekse farklı araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarda carvacrol, camphor, 1,8-cineole, thymol, Lamiaceae familyasına dahil bitkilerin uçucu yağlarında yüksek düzeylerde bulunduğu konusunda benzerlik görülmüştür. Ülkemizin farklı bölgelerinde yetişen benzer bitkilerle yapılan çalışmalarda Topal ve ark. (2008) *Melissa officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus serpyllum* ve *Lavandula stoechas* bitki uçucu yağlarının; Tabanca ve ark. (2004), *O. majorana* bitki uçucu yağının; Arslan ve Derviş (2010), *T. serpyllum*, *R. officinalis*, *Salvia officinalis* ve *O. majorana* bitki uçucu yağlarının kimyasal bileşenlerinin türlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini, her türün içerdiği ana bileşenleri ve oranlarını çalışmalarımızda belirlenen sonuçlara benzer şekilde GC-MS ile belirlemişlerdir.

Çalışmalarımızda kullanılan uçucu yağların kimyasal analizlerinden elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar önceden yapılan pek çok çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Yapılan bu çalışmalarda *Thymus serpyllum*'un ana bileşeninin thymol olduğu (Arslan ve Derviş, 2010), *Origanum majorana*'nın ana bileşeninin terpinene-4-ol olduğu (Tabanca ve ark., 2004; Hussain ve ark., 2011), *Rosmarinus officinalis*'in ana bileşeninin eucalyptol (1,8-cineole) olduğu (Kadri ve ark., 2011; Wang ve ark., 2012), *Salvia officinalis*'in ana bileşeninin camphor olduğu (Sokovic ve ark., 2010; Khalil and Li, 2011) bildirilmiştir.

Uçucu yağların kimyasal kompozisyonlarındaki farklılıkların nedeni olarak, bitkinin yetiştiği ülke, toprak, coğrafi yapısı, bitki yaşı ve çıkarıldığı bitki kısmına bağlı olarak değişiklik gösterdiği önceden yapılmış birçok çalışmada rapor edilmiştir.

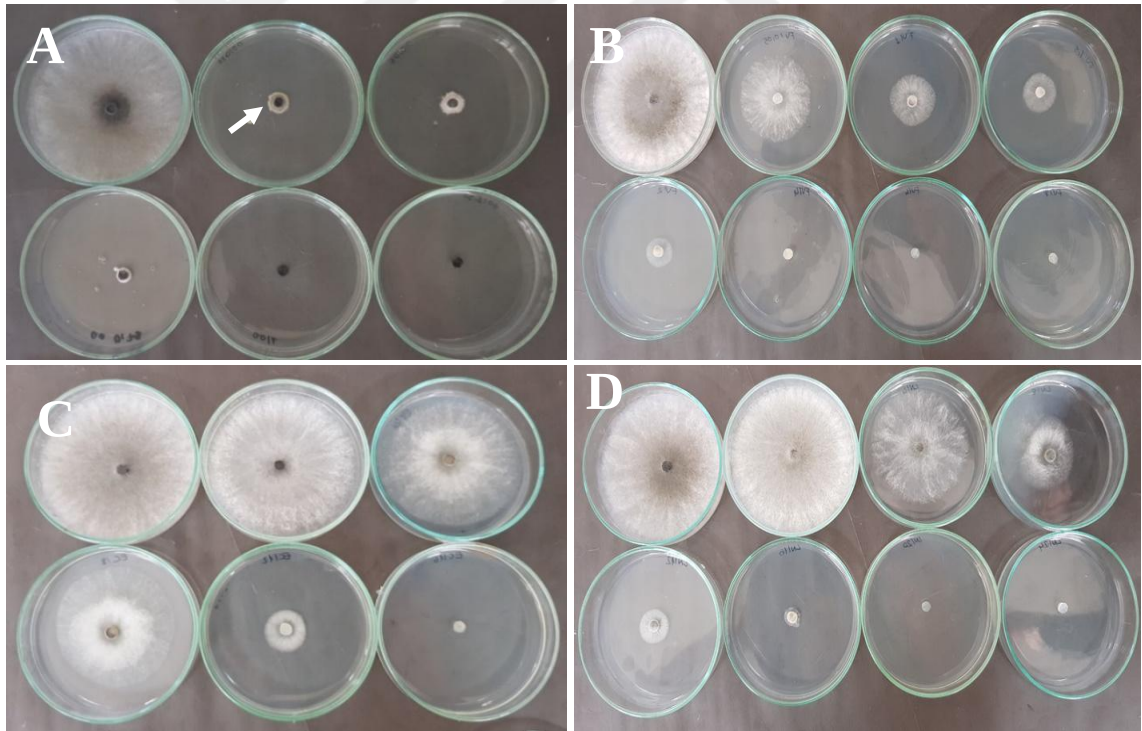
4.2. Bitki Uçucu Yağlarının Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine *in vitro* Antifungal Etkilerinin ve Minimum İnhibe Edici Konsantrasyonlar

Farklı uçucu yağların buhar fazında *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlik sonuçları Çizelge 4.2, Çizelge 4.4 ile Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de verilmiştir. Elde edilen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerlerine bakıldığında en etkili uçucu yağın, 1.0 µl/petri dozla *T.spicata* uçucu yağının

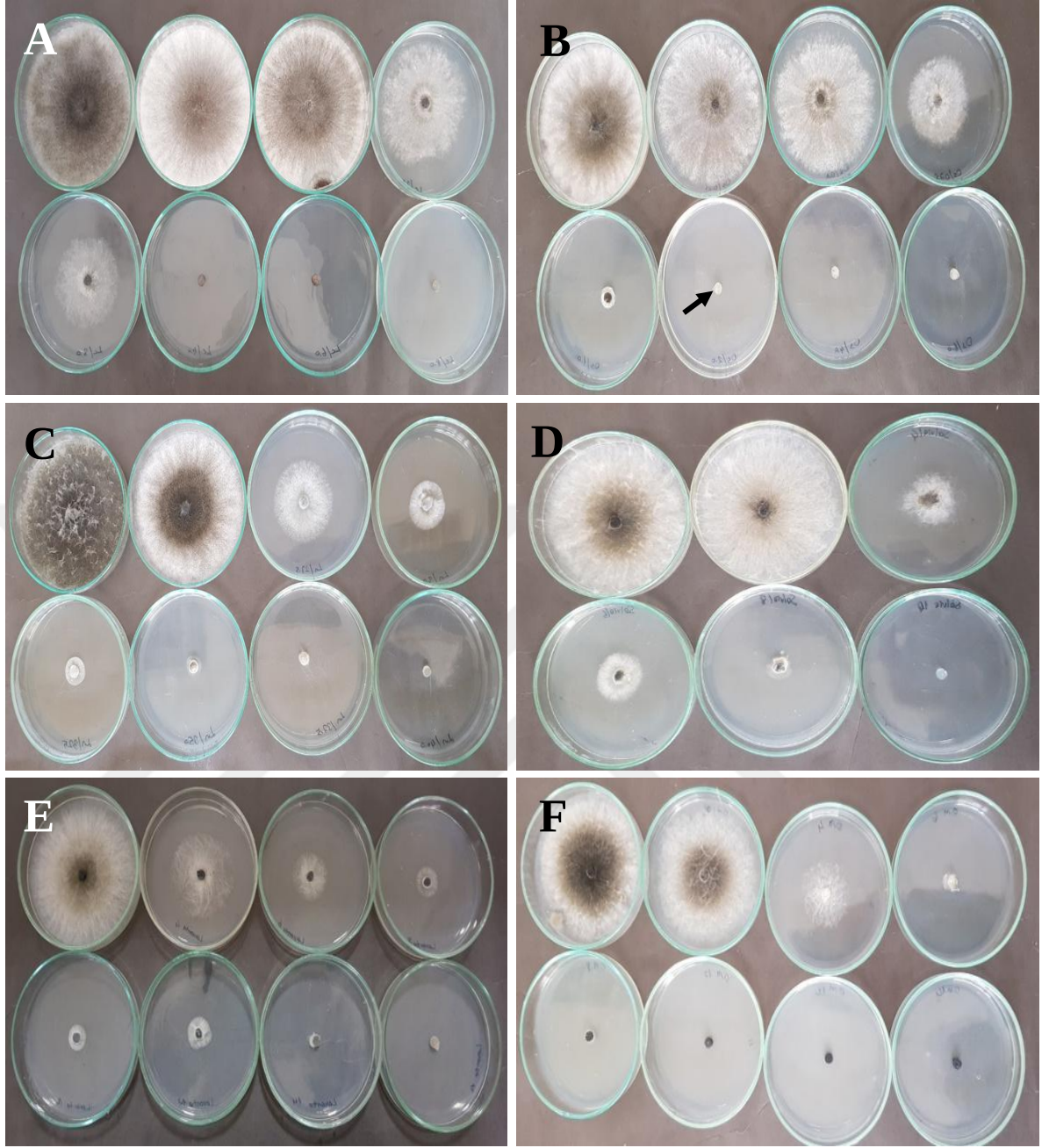
olduğu, bunu sırasıyla 2.0 µl/petri dozla *O. syriacum* uçucu yağı, 4.0 µl/petri dozla *O. onites* uçucu yağı, 4.0 µl/petri dozla *F. vulgare* ve *L. citridora* uçucu yağları, 10.0 µl/petri dozla *T. serpyllus* ve *S. officinalis* uçucu yağları, 14.0 µl/petri dozla *L. intermedia* uçucu yağı, 16.0 µl/petri dozla *E. camaldulensis* uçucu yağı, 18.0 µl/petri dozla *R. officinalis* uçucu yağı ile 26.0 µl/petri dozla *O. majorana* uçucu yağı izlemiştir.

Denemelerde kullanılan *L. nobilis* ve *J. communis* uçucu yağlarının antifungal etkinlikleri diğer yağlara kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiştir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.4). Elde edilen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerlerine bakıldığında *L. nobilis* yağı 50.0 µl/petri dozunda antifungal etkinlik gösterirken, *J. communis* uçucu yağı ise nispeten en yüksek doz olan 160.0 µl/petri dozunda fungal etmenin misel gelişimini tamamen durdurmuştur.

Yapılan istatistik analiz sonucunda aynı yağa ait farklı uçucu yağ konsantrasyonları arasında farkın önemli olduğu gibi, aynı dozda kullanılan farklı uçucu yağlar arasındaki farkında istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.4)



Şekil 4.1. Farklı uçucu yağların buhar fazında *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri. (A) *O. onites*, (B) *F. vulgare*, (C) *E. camaldulensis*, (D) *L. nobilis* uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilere misel gelişiminin (ok) engellenmesi şeklinde tespit edilen antifungal etkinlikler.



Şekil 4.2. Farklı uçucu yağların buhar fazında *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri. (A) *L.citridora*, (B) *O. syriacum*, (C) *L. nobilis*, (D) *S.officinalis*, (E) *L.intermedia*, (F) *O. majorana* uçucu yağlarının farklı dozlarının uygulandığı petrilerde misel gelişiminin (ok) engellenmesi şeklinde tespit edilen antifungal etkinlikler.

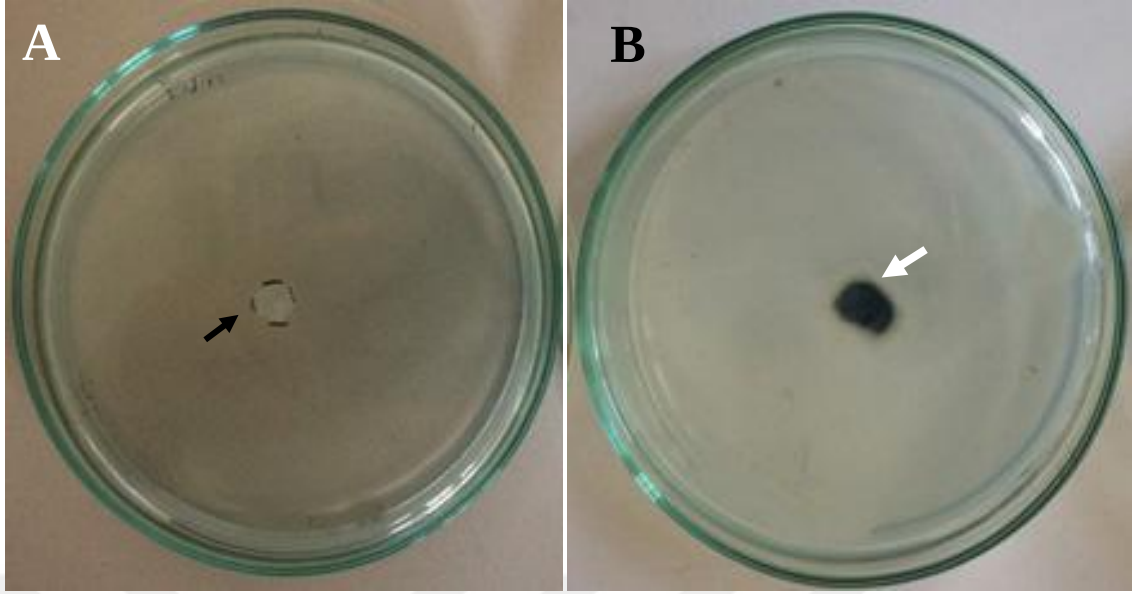
Denemelerde etkinliğinin araştırıldığı fungal hastalık etmeni *N. dimiatum* Ülkemizde ilk kez 2016 yılında Doğu Anadolu bölgelerinde Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin illerinde yetiştiriciliği yapılan domateslerde ortaya çıkmak suretiyle bölgede

üreticileri zor durumda bırakmıştır. Hastalık, sörvey yapılmış alanların %13.9'unda tespit edilmiş olup, sörvey alanlarında rastlama sıklığı %3-75 (ortalama %21.2) arasında değişmiştir. Bölgede yapılan sörvey çalışmalarında tarlada yetişen domates bitkilerinde yaprak yanıklığı ve kök çürüklüğü şeklinde hastalık belirtilerine neden olan fungal etmenin yapılan moleküler ve morfolojik tanımlama çalışmaları sonucunda *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) Crous & Slippers olduğu bildirilmiştir (Türkölmez ve ark., 2016).

Yapılan literatür araştırmasında ülkemizde olduğu kadar hastalığın bildirildiği diğer ülkelerde de söz konusu etmenin domates mücadelesi üzerine yapılmış çalışmaya rastlanılmamıştır. Bildiğimiz kadarı ile denemelerde kullanılan uçucu yağ ve Brassica (lahanagiller) bitki türlerinin ana bileşeni olan isothiocyanate (ITC)'ların antifungal etkinlikleri domateste sorun olan fungal hastalık etmeni *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişiminin engellenmesi üzerine ilk kez bu çalışma ile belirlenmiştir.

4.3. Bitki Uçucu Yağlarının MIC Değerlerinde Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine Antifungal Özelliğinin Belirlenmesi

Uçucu yağların misel gelişimlerini engelleyen MIC değerlerinin antifungal etkinliğinin fungisidal/fungistatik özelliği, fungus misellerinin hiç gelişmediği konsantrasyonların (MIC) bulunduğu petrilerdeki kapakların yeni kapaklar ile değiştirildikten sonra yeniden inkübasyona bırakılması ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *T. spicata spicata*, *O. onites*, *O. syriacum*, *L. citridora*, *O. majorana*, *R. officinalis* ve *L. intermedia* uçucu yağlarının ilk dozlarda göstermiş olduğu antifungal etkinliğinin MIC etkinliklerinin **fungisidal**, *F. vulgare*, *T. serpyllus*, *E. camaldulensis*, *S. officinalis*, *L. nobilis* ve *J. communis* uçucu yağlarının ilk dozlarda göstermiş olduğu MIC etkinliklerinin ise **fungistatik özellikte** olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.4, Şekil 3.4).



Şekil 4.3. Rezene (*F.vulgare*) uçucu yağının buhar fazında *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimini tamamen durduran dozlardaki antifungal etkinliği. (A) Uçucu yağın 6.0 µl/petri dozda fungisidal (yeniden misel gelişiminin görülmediği), (B) 4.0 µl/petri dozda fungistatik (yeniden misel gelişiminin görüldüğü) etkinlik (ok).

4.4. Bitki Uçucu Yağlarının Misel Gelişimini Engelleyen Etkili Konsantrasyon Değerlerinin Belirlenmesi

Test edilen uçucu yağların kullanıldığı farklı konsantrasyonlarındaki antifungal etkinlik değerlerine göre her birinin fungal misel gelişimini %50 ve %90 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC_{50} ve EC_{90}) değerleri Probit analizi ile tahmin edilmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Probit analizler sonucunda belirlenen en düşük EC_{50} ve EC_{90} değerleri *O. onites* uçucu yağı için (0.03 ve 0.0520 µl/petri), en yüksek EC_{50} ve EC_{90} değerleri ise *J. communis* uçucu yağı için (53.61 ve 137.84 µl/petri) belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı uçucu yağ konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni *N. dimiatum*'un misel gelişimi (mm) üzerine *in vitro* koşullarda olan antifungal etkinliği*

Dozlar (µg/ml petri)	Farklı bitki uçucu yağları içeren petrilere fungusun misel gelişimi (mm)										
	<i>Tss</i>	<i>Os</i>	<i>Oo</i>	<i>Lc</i>	<i>Fv</i>	<i>Tsr</i>	<i>So</i>	<i>Li</i>	<i>Ec</i>	<i>Ro</i>	<i>Om</i>
0.0	86.00e	90.00e	89.00g	90.00g	85.00g	80.00i	90.00f	90.00h	90.00i	90.00k	90.00k
0.25	14.67dA	90.00eE	12.33fA	66.67f	73.67fC	61.67hB	90.00fE	90.00hE	90.00iE	85.00jD	73.33jC
0.5	10.67cA	79.67dD	10.67eA	50.67eB	62.67eC	50.00gB	90.00fH	85.00hE	90.00iH	85.00jE	62.33iC
0.8	8.33bA	52.67cE	7.67dA	42.00dD	37.00dC	32.33fB	90.00fİ	75.67gG	90.00iİ	85.00jH	58.00hF
1.0	0.00aA	22.67bD	5.33cB	33.33cE	20.33cCD	18.67eC	90.00fH	68.00fF	90.00iH	85.00jG	33.33gE
2.0	0.00aA	0.00aA	4.00bB	14.00bD	9.67bC	15.00dD	85.00eH	59.33eF	85.00hH	81.67iG	30.00fgE
4.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00a	0.00aA	10.67cB	38.67dC	30.67dC	78.33gE	67.67hD	30.00fgC
6.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	8.67cB	27.67cD	16.67cC	72.33fF	42.67gE	30.00fgD
8.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	5.33bB	13.00bC	13.33cC	62.33eF	27.67fD	30.00fgE
10.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	10.00bcB	22.67dC	22.00eC	30.00fgD
12.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	5.00abB	12.67cC	13.67dD	30.00fgE
14.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	7.00bB	7.67cB	30.00fgC
16.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	3.67bB	29.67fC
18.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	24.00eB
20.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	19.67dB
22.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	12.33cB
24.0	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	0.00aA	4.67bB
26.0	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a

Tss: *Thymbra spicata spicata*, *Os*: *Origanum syriacum*, *Oo*: *Origanum onites*, *Lc*: *Lippia citridora*, *Fv*: *Foeniculum vulgare*, *Tsr*: *Thymus serpyllus*, *So*: *Salvia officinalis*, *Li*: *Lavandula intermedia*, *Ec*: *Eucalyptus camaldulensis*, *Ro*: *Rosmarinus officinalis*, *Om*: *O. Marjorona*

* Sütun içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler ile satır içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı büyük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05). Koyu renkli engelleme değerleri test edilen dozda uçucu yağın fungisidal etkinlik gösterdiğini belirtir.

Çizelge 4.4. Farklı uçucu yağ konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni *N. dimiatum* 'un misel gelişiminin % engellenmesi üzerine *in vitro* koşullarda olan antifungal etkinliği*

Dozlar (µg/ml petri)	Farklı bitki uçucu yağları içeren petrilerde fungusun misel gelişiminin % engellenmesi										
	<i>Tss</i>	<i>Os</i>	<i>Oo</i>	<i>Lc</i>	<i>Fv</i>	<i>Tsr</i>	<i>So</i>	<i>Li</i>	<i>Ec</i>	<i>Ro</i>	<i>Om</i>
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	82.95	0.00	86.14	25.93	13.33	22.92	0.00	0.00	0.00	5.56	18.52
0.5	87.60	11.48	88.01	43.70	26.27	37.50	0.00	5.56	0.00	5.56	30.74
0.75	90.31	41.48	91.39	53.33	56.47	59.58	0.00	15.93	0.00	5.56	35.56
1.0	100.00	74.81	94.01	62.96	76.08	76.67	0.00	24.44	0.00	5.56	62.96
2.0	100.00	100.00	95.51	84.44	88.63	81.25	5.56	34.07	5.56	9.26	66.67
4.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	86.67	57.04	65.93	12.96	24.81	66.67
6.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	89.17	69.26	81.48	19.63	52.59	66.67
8.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	93.33	85.56	85.19	30.74	69.26	66.67
10.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	88.89	74.81	75.56	66.67
12.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	94.44	85.93	84.81	66.67
14.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	92.22	91.48	66.67
16.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.93	67.04
18.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	73.33
20.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	78.15
22.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	86.30
24.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	94.81
26.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
EC ₅₀	0.07	0.79	0.03	0.61	0.67	0.61	4.18	2.47	7.61	4.55	1.58
EC ₉₀	0.53	1.27	0.52	2.61	1.90	4.51	8.16	9.73	14.58	17.14	64.50

Tss: *Thymbra spicata spicata*, *Os*: *Origanum syriacum*, *Oo*: *Origanum onites*, *Lc*: *Lippia citridora*, *Fv*: *Foeniculum vulgare*, *Tsr*: *Thymus serpyllus*, *So*: *Salvia officinalis*, *Li*: *Lavandula intermedia*, *Ec*: *Eucalyptus camaldulensis*, *Ro*: *Rosmarinus officinalis*, *Om*: *O. marjorona*

EC₅₀ ve EC₉₀: Probit analiz sonucunda fungusun misel gelişimini %50 ve %90 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀ ve EC₉₀) değerleri

Çizelge 4.5. Farklı uçucu yağ konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni *N. dimiatum* 'un misel gelişimi (mm) üzerine *in vitro* koşullarda olan antifungal etkinliği*

Dozlar (µg/ml petri)	Farklı bitki uçucu yağları içeren petrilerde fungusun misel gelişimi (mm) ve % engellenmesi			
	<i>Laurus nobilis</i>	% Engellenmesi	<i>Juniperus communis</i>	%Eng
0.0	90.00i	0.00	90.00o	0.00
5.0	90.00i	0.00	90.00o	0.00
10.0	90.00i	0.00	90.00o	0.00
15.0	85.67h	4.81	85.00n	5.56
20.0	75.00g	16.67	80.67m	10.37
25.0	48.00f	46.67	76.67l	14.81
30.0	25.67e	71.48	69.67k	22.59
35.0	15.67d	82.59	64.00j	28.89
40.0	10.33c	88.52	58.33i	35.19
45.0	7.67b	91.48	52.33h	41.85
50.0	0.00a	100.00	45.67g	49.26
60.0	0.00a	100.00	41.33f	54.07
80.0	0.00a	100.00	33.33e	62.96
100.0	0.00a	100.00	22.67d	74.81
120.0	0.00a	100.00	14.33c	84.07
140.0	0.00a	100.00	7.67b	91.48
160.0	0.00a	100.00	0.00a	100.00
180.0	0.00a	100.00	0.00a	100.00
EC ₅₀	26.14		53.61	
EC ₉₀	40.29		137.84	

* Sütun içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05). Koyu renkli engelleme değerleri test edilen dozda uçucu yağın fungisidal etkinlik gösterdiğini belirtir.

4.5. Farklı Kimyasal Yapıdaki ITC Bileşiklerinin Fungal Etmenin Misel Gelişimi Üzerine *in vitro* Antifungal Etkileri

Çalışmanın bir diğer önemli ana materyallerinden olan farklı ITC bileşiklerinin buhar fazında *N. dimiutum*'un *in vitro* koşullarda misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri çalışmaları sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.5 ve Şekil 4.2 de verilmiştir. Elde edilen minimum engelleme konsantrasyon (MIC) değerine bakıldığında en etkili ITC bileşeninin, 10.0 µl/petri dozla methyl isothiocyanate (MITC) olurken, bunu sırasıyla 14.0 µl/petri dozla 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC), 20.0 µl/petri dozları ile ethyl isothiocyanate (EITC) ve 24.0 µg/petri dozu ile phenyl ethyl isothiocyanate (PEITC) bileşiklerinin gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Yapılan istatistik analiz sonucunda farklı kimyasal yapıdaki ITC konsantrasyonlar arasında farkın önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Farklı kimyasal yapılardaki ITC'lerin hastalık etmeninin misel gelişimini engelleyen MIC değerlerinin antifungal etkinliğin fungisidal/fungistatik özellikte olup olmadığının araştırıldığı çalışmada, fungus misellerinin hiç gelişmediği konsantrasyonların (MIC) bulunduğu petrilerin kapakları yeni kapaklarla değiştirilip yeniden inkübasyona bırakıldığında, bütün ITC'lerin minimum engelleme konsantrasyonlardaki antifungal etkinliğinin **fungisidal** özellikte olduğu tespit edilmiştir.

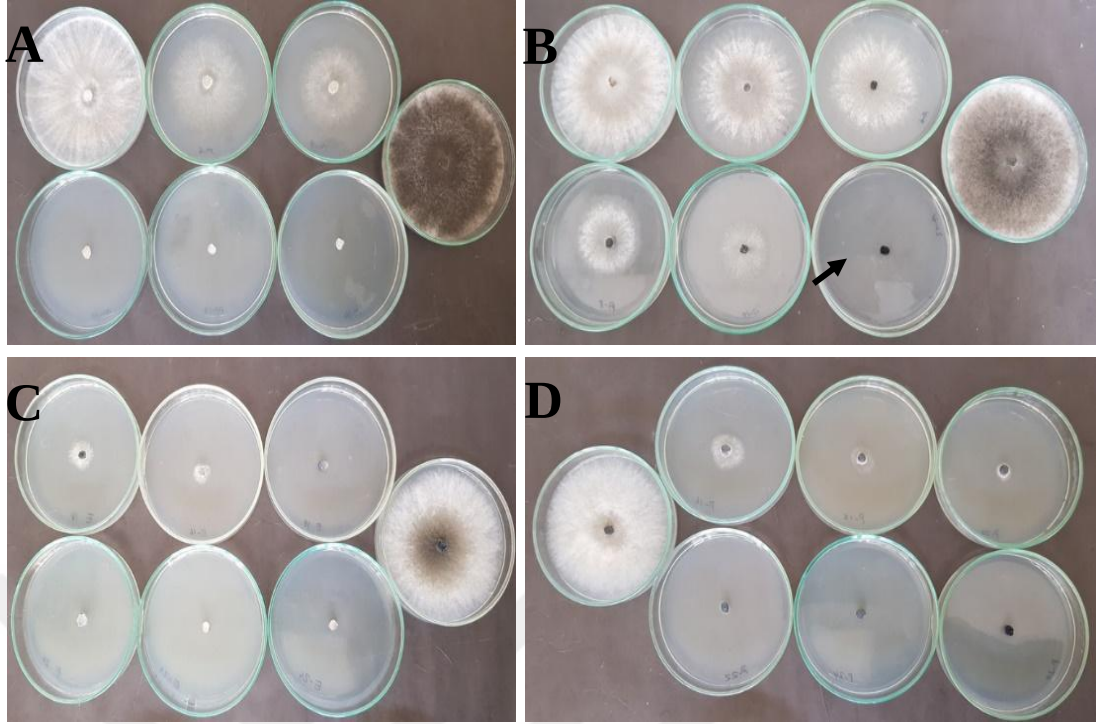
Probit analiz sonucunda fungal misel gelişimini %50 ve %90 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀ ve EC₉₀) değerleri, MITC için 6.34-12.72 µl/petri, AITC için 6.81-13.68 µl/petri, PEITC için 8.61-19.1 µl/petri olarak hesaplanırken, en yüksek EC₅₀ ve EC₉₀ değerleri EITC için 11.32-21.34 µl/petri olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. Farklı kimyasal yapıdaki ITC konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeni *N. dimiutum*'un misel gelişimi üzerine *in vitro* koşullarda olan antifungal etkinliği*

Dozlar (µg/ml petri)	ITC ve Misel gelişimi (mm)				ITC ve Misel gelişiminin engellenmesi (%)			
	MITC	AITC	EITC	PEITC	MITC	AITC	EITC	PEITC
0.0	90.00f	90.00h	90.00g	90.00j	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	85.33e	85.00g	85.00g	85.00i	5.19	5.56	5.56	5.56
4.0	74.00d	76.67f	85.67g	85.00i	17.78	14.81	4.81	5.56
6.0	52.33c	60.00e	86.00g	71.67h	41.85	33.33	4.44	20.37
8.0	48.67b	40.00d	85.33g	55.33g	45.93	55.56	5.19	38.52
10.0	0.00a	27.00c	65.00f	34.00f	100.00	70.00	27.78	62.22
12.0	0.00a	10.67b	46.67e	20.67e	100.00	88.15	48.15	77.04
14.0	0.00a	0.00a	33.33d	18.67e	100.00	100.00	62.96	79.26
16.0	0.00a	0.00a	17.67c	14.33d	100.00	100.00	80.37	84.07
18.0	0.00a	0.00a	5.67b	10.33c	100.00	100.00	93.70	88.52
20.0	0.00a	0.00a	0.00a	7.33bc	100.00	100.00	100.00	91.85
22.0	0.00a	0.00a	0.00a	6.00b	100.00	100.00	100.00	93.33
24.0	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	100.00	100.00	100.00	100.00
26.0	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	100.00	100.00	100.00	100.00
EC ₅₀	6.34	6.81	11.32	8.61				
EC ₉₀	12.72	13.68	21.34	19.10				

MITC: methyl ITC; AITC: allyl ITC; EITC: ethyl ITC; PEITC: phenyl ethyl ITC

* Sütun içinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05). Koyu renkli engelleme değerleri test edilen dozda ITC fungisidal etkinlik gösterdiğini belirtir.



Şekil 4.4. Farklı kimyasal yapıdaki ITC bileşiklerinin buhar fazında *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimini engellemesi üzerine olan antifungal etkinlikleri. (A) MITC, (B) AITC, (C) EITC, (D) PEITC farklı dozlarda misel gelişiminin engellenmesi şeklinde göstermiş olduğu antifungal etkinlikleri (ok).

Farklı konukçu-patojen ilişkilerinde ortaya çıkan hastalıklara karşı önceden yapılmış pek çok araştırmalarında taksonomik açıdan farklı tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağ ve bu bitkilerin değişik organlarından hazırlanan ekstraktlarının antifungal ve antibakteriyal etkinliklerinin daha çok gram pozitif ve gram negatif insan/hayvan/gıda patojenlerine karşı araştırılmıştır. Yapılan literatür araştırmasında domates dışında son yıllarda oldukça farklı bitki ve ağaçlarda kurumlara neden olan fungal hastalık etmeni *Neoscytalidium dimidiatum*' a karşı bitki uçucu yağların antifungal etkinliği konusunda yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamış olup, söz konusu fungal etmene karşı bitki uçucu yağların etkinliği ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre uçucu yağlar arasında en etkili bitki uçucu yağlarının *T. spicata*, *O. onites*, *O. syriacum*, *T. serpyllum*, *L. citridora*, *S. officinalis*, *R. officinalis*, *Lavandula intermedia* gibi Lamiaceae familyasına ait bitki türlerine ait olduğu, bu bitkiler arasında özellikle kekik türleri kullanıldıkları düşük dozlarda fungal etmene karşı yüksek düzeylerde antifungal etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda Lamiaceae familyasına ait *Thymus serpyllum* (Sokolic-Mihalak ve ark., 2012), okaliptüs,

Origanum sp., *Thymbra* spp. (Ghaffar ve ark., 2015; Hossain ve ark., 2016), *Foeniculum vulgare* (Mota ve ark., 2015), *Origanum* spp. (Kocic-Tanackov ve ark., 2012), *O. vulgare* subsp. *hirtum*, *O. minutiflorum* ve *T. spicata* (Askun ve ark., 2008) gibi bitki ekstrakt ve uçucu yağların farklı konsantrasyonlarda farklı fungal etmenlere karşı güçlü düzeyde antifungal etkinlik gösterdiği bildirilmiştir.

Lamiaceae familyasına giren bitki uçucu yağlarının içerik olarak phenol türevi bileşiklerce zengin olduğu, bu bileşiklerin birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal etkinlikten sorumlu bileşenlerin başında geldiği bildirilmiştir (Kordali et al., 2008; Jovanka et al., 2011; Mamadalieva et al., 2017; Kaya et al., 2018; Kachur and Suntres, 2019). Yapılan GC-MS analizleri sonucunda, uçucu yağ ana bileşenlerinden carvacrol, γ -terpinene ve thymol gibi phenol türevli bileşiklerin, fungal etmene karşı yüksek düzeyde antifungal etkinlik gösteren kekik türlerinden *O. syriacum*, *O. onites*, *T. serpyllus* ve *T. spicata* bitkilerinden elde edilen uçucu yağlarının ana bileşenleri olduğu, dolayısıyla yüksek antifungal etkinliklerden bu bileşenlerin sorumlu olduğu düşünülmektedir. Söz konusu bileşenlerin daha önceden yapılan çalışmalarda farklı bitki fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı antimikrobiyal etkinlikten sorumlu bileşenler olduğuna dair yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır.

Adam ve ark. (1998), *Origanum vulgare* ve *Lavandula angustifolia* bitki uçucu yağlarının ana bileşenleri olan carvacrol, linalool, 1,8-cineol, camphor ve α -terpinene bileşenlerinin antifungal etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında carvacrol dışında diğer bileşenlerin tek başlarına kullanıldığında oldukça düşük oranda antifungal özellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde yüksek düzeyde etkinlik gösteren bir diğer uçucu yağ olan rezene (*F. vulgare*) bitki uçucu yağının ana bileşenlerinden olan *trans*-anethole'ün birçok fungal etmene karşı gösterilmiş antifungal etkinlikten sorumlu bileşen olduğu yapılan önceki çalışmalarda da bildirilmiştir. Gerek bitki uçucu yağlar gerekse bunların ana bileşenlerinin bitki fungal ve bakteriyel etmenlerin hücre ve misellerinin duvar ve membranlarında geri dönüşümsüz zararlanmalara neden olarak hücre organellerine zarar vermek suretiyle antimikrobiyal etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Soylu ve ark., 2007; Soylu ve ark., 2010; Lucas et al., 2012; Yong et al., 2015; Kachur et al., 2019; da Silva et al., 2019)

Bitki uçucu yağlarda olduğu gibi, ITC'lerin bitki patojeni hastalık etmenlerine karşı antifungal etkinliğinin araştırıldığı oldukça kısıtlı sayıda çalışma bulunurken,

Neoscytalidium dimidiatum' a karşı ITC'lerin antifungal etkinliği ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Daha önce özellikle hasatsonu depolanmış ürünlerde sorun olan *Aspergillus* spp. (Hontanaya ve ark., 2015), *Penicillium* spp. (Tunç ve ark., 2007) ve *Fusarium* spp. (Nazareth ve ark., 2016) gibi farklı hastalıklara karşı hardal bitkisinin önemli bileşenlerinden olan AITC güçlü antifungal etkinlikler gösterdiğini bildirmişlerdir. Alifatik bir bileşik olan AITC, kara lahana (*Brassica nigra*) ve kahverengi hardal (*Brassica juncea*) bitki uçucu yağlarının ana bileşeni olup, sitoplazmasının içerisinde yer alan thiocyanate ($-N=C=S$) ve sülfürden ($-SH$) dolayı yüksek düzeyde uçuculuğa ve güçlü bir antifungal etkinliğe sahip olduğu çeşitli gıda ve depolanmış ürünlerde sorun olan hastalık etmenlerine karşı önceden yapılmış çalışmalarla bildirilmiştir (Nadarajah ve ark., 2005; Shin ve ark., 2010; Kara, 2015; Atay, 2019; Kara ve Soylu, 2020).

ITC bileşenlerden allyl isothiocyanate'nın (AITC) depolanmış mısır danelerinde *Alternaria alternata*, *Aspergillus parasticus*, *Fusarium tricinctum*, *Fusarium verticillioides* ve *Gibberella zeae* gibi hasatsonu depo hastalık etmenleri tarafından neden olunan çürümelere ve ürün üzerinde toksin oluşumu üzerine etkinliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol uygulamalarında mikotoksin oluşumunun ortaya çıktığını fakat AITC uygulamalarında 12 farklı mikotoksinin oluşumunun etkili şekilde engellendiğini bildirmişlerdir (Tracz ve ark., 2017). Otoni ve ark (2014) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, yerfıstığında *A. flavus* bulaşıklığı allyl isothiocyanate (AITC) içeren ped şeklinde keselerin yer aldığı saklama kutularında kontrol uygulamasına göre 10 kat azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar AITC uygulamasının ürün üzerinde hiçbir şekilde olumsuz etkide ve kalıntı bırakmadığını, bu yüzden AITC'nin depolanmış ürünlerde güvenle ve etkili bir şekilde kullanılabilecek ürün olduğunu belirlemişlerdir. Nitekim FDA tarafından AITC kimyasal yapı bakımından "Kanserojenik Olmayan Güvenilir Kimyasal" sınıfından bir bileşik olarak onaylanmıştır (Tracz ve ark., 2017). Santos ve ark. (2010) hermetik koşullarda mısır danelerinde toksin oluşturan mikroorganizmalara karşı 300 µl/kg dozunda AITC uygulamasının mısır danelerinde toksin oluşumu ve fungal kontaminasyonun önemli düzeyde engellendiğini bildirmişlerdir.

Troncoso ve ark. (2005) lahana bitkisinden elde ettikleri ekstraktların kimyasal analizleri sonucunda, ekstrakt içerisinde allyl (AITC), benzyl (BITC), 2-phenylethyl (PEITC) ve phenyl (PITC) isothiocyanate bileşiklerin 1:3.5:5.3:9.6 oranında bulunduğu,

bu bileşenlerin sentetik saf haldeki bileşiklerinin aynı oranda karıştırıldıklarında biber meyvesinde depo patojeni fungal hastalık etmeni *A. alternata*'ya karşı 0.3 mg/ml dozunda *in vitro* antifungal etkinliğinin oldukça yüksek düzeyde olduğu, misel gelişimini %100 engellediğini, paketlenmiş biber meyvelerinde *A. alternata* tarafından neden olunan çürümeleri 0.56 mg/ml dozunda ticari fungusite oranla daha başarılı bir şekilde engellediğini, uygulamanın biber meyvelerinin kalitesinde herhangi bir olumsuz etkinlikte bulunmadığını bildirmiştir.

4.6. Bitki Uçucu Yağlarının Fungus Misel ve Hif Yapılarında Meydana Getirdiği Morfolojik Değişikler

Çalışmada nispeten yüksek düzeyde antifungal etkinlik gösteren kekik (*T. spicata* var. *spicata*), Suriye kekiği (*O. syriacum*), limonotu (*L. citridora*) ve rezene (*F. vulgare*) uçucu yağların buhar fazında misel gelişimini tamamen engelledikleri fungisidal MIC dozlarında (1.0, 2.0, 4.0 ve 6.0 µl/petri) misel yapıları üzerinde oluşturduğu morfolojik değişiklikler ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Yapılan gözlemlerde seçilen 3 farklı uçucu yağın buhar fazında fungal hif ve sporları üzerinde kontrol petrillerdeki sağlıklı hif gelişimleriyle karşılaştırıldığında oldukça şiddetli morfolojik bozulmalara neden olduğu gözlenmiştir. Kontrol petrillerinde oldukça kalın, pürüzsüz hücre duvarına sahip hifler dallanarak boyuna uzamaya devam ederken (Şekil 4.5), 2 gün ön gelişmeye bırakılmış misellerin bulunduğu petrilere rezene uçucu yağının fungisidal MIC dozunun (6.0 µl/petri) eklenmesinden 3 gün sonra yapılan gözlemlerde uçucu yağ koyulmadan önceki sağlıklı miseller üzerinde genelde hiflerin büyüme noktaları olan uç kısımlarında boğumlaşma, septum aralarında kısaltmalar ve şişmeler şeklinde ortaya çıkan, sonuçta hifin uzamasını yağın konulmadan önceki son noktasında durduran morfolojik deformasyonlara neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.6A-D). Yakın gözlemlerde fungus hiflerinin sitoplazmasında kısmi koagülasyon oluşumları da gözlemlenmiştir.

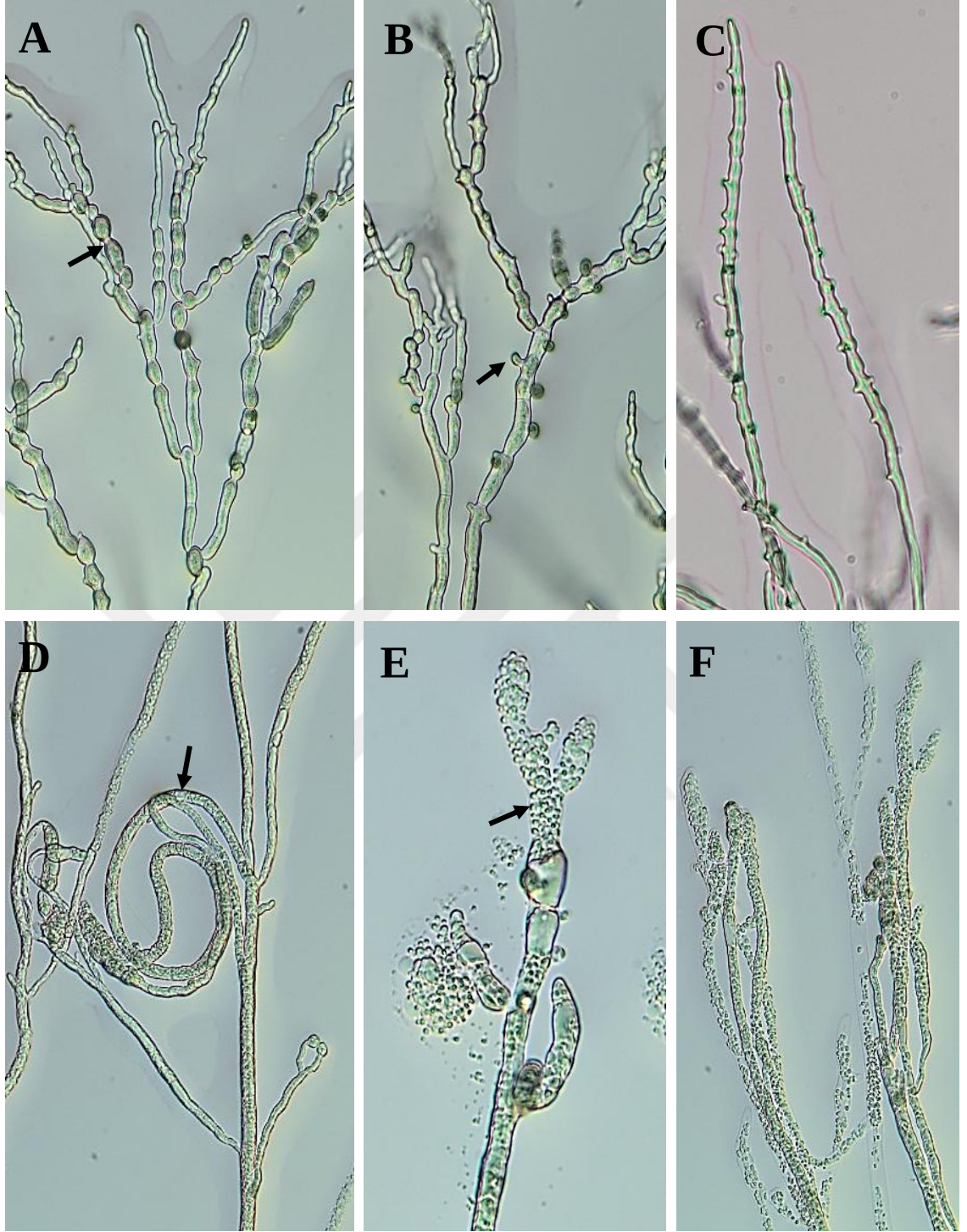
T. spicata, *O. syriacum* ve *O. onites* gibi kekik ve origanum türlerin uçucu yağları kadar yüksek antifungal etkinlik gösteren *L. citriodora* uçucu yağının fungisidal MIC dozunun (4 µl/petri) petrilere ilave edildikten 2-3 gün sonra yapılan incelemelerde, fungal hifler üzerinde kontrol petrillerdeki gelişimlerle karşılaştırıldığında oldukça şiddetli morfolojik değişikliklere neden olduğu gözlenmiştir. Işık mikroskobu ile yapılan

gözlemlerde *L. citridora* uçucu yağının fungisidal dozuna 2-3 gün süre ile maruz kalmış *N. dimidiatum* hiflerinin kontrol petrilerdeki gelişimler (Şekil 4.5) ile karşılaştırıldığında, uygulama görmüş petrilerde hiflerde kıvrılmalar, sitoplazmalarındaki koagilyasyon (Şekil 4.6C) yanı sıra, hiflerin en hassas noktası olan uç kısımlarında hücre duvarlarının erimesi sonucu sitoplazmik içeriğin dışarıya doğru çıktığı daha şiddetli morfolojik anormallikler gözlenmiştir.

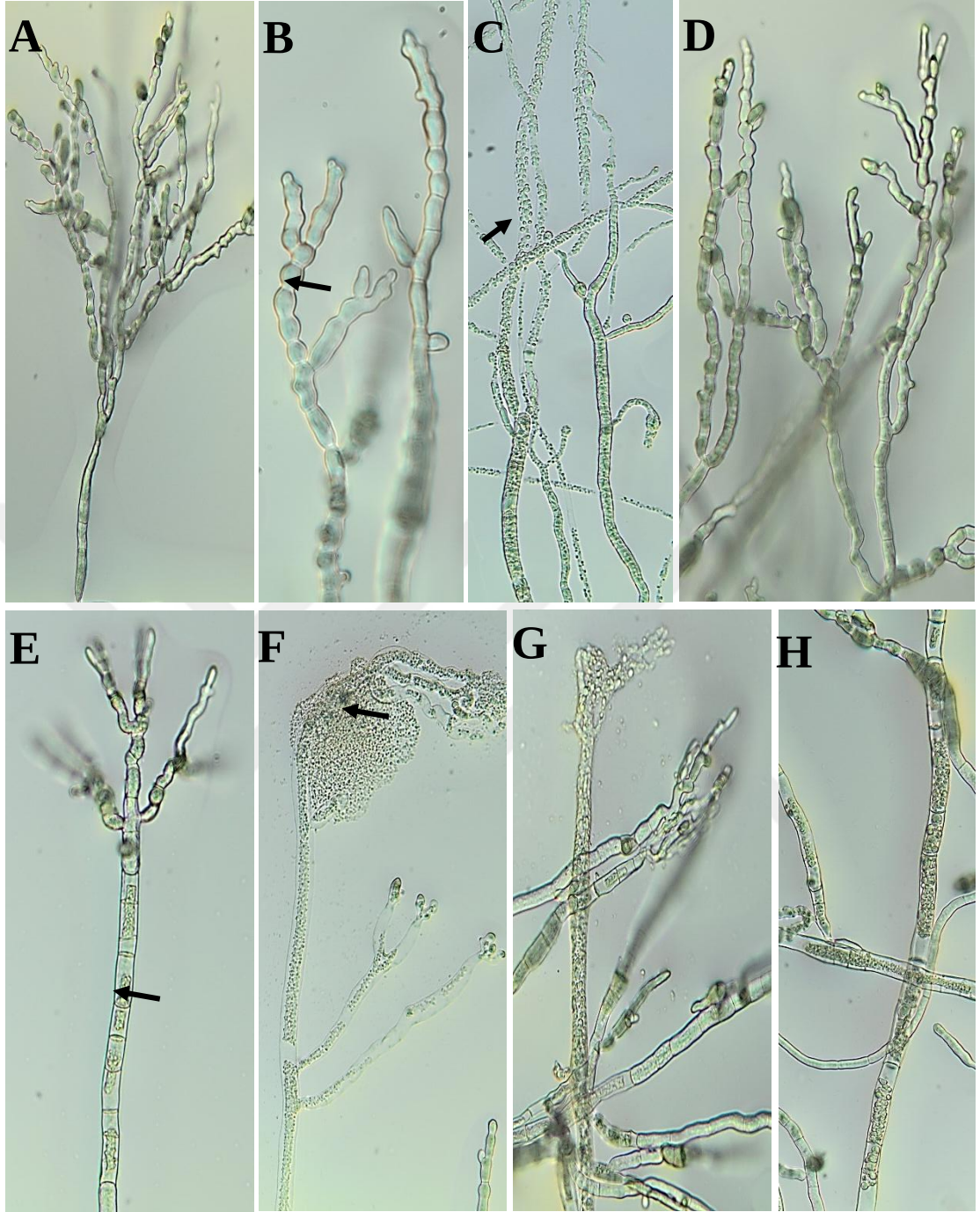
O. syriacum uçucu yağının fungisidal MIC dozuna (2.0 µl/petri) maruz kalmış fungus miselleri üzerinde rezene uçucu yağında gözlenen belirtilere benzer olarak hiflerin septumları arasında kısılma, boğumlaşma, şişme, hiflerin kenarlarında ince çıkıntı şeklinde oluşumların görüldüğü yapısal bozulmalar sebebiyle hiflerde büzüşmeler olduğu (Şekil 4.7 A,B) görülmüştür. *In vitro* antifungal etkinliği en yüksek olarak belirlenen *T. spicata* uçucu yağının fungisidal MIC dozuna (2.0 µl/petri) maruz kalmış fungus miselleri üzerinde ise *L. citridora* uçucu yağında gözlenen morfolojik değişikliklere benzer şekilde hiflerin septumları arasında kısılma, boğumlaşma, şişme, hiflerin kenarlarında ince çıkıntı şeklinde oluşumların (Şekil 4.7 C) yanısıra hiflerin sitoplazmalarında koagilyasyon, hiflerin uç kısımlarında hücre duvarlarının erimesi sonucu sitoplazmik içeriğin dışarıya doğru boşalması şeklinde karakterize edilmiş daha şiddetli morfolojik anormallikler (Şekil 4.7 D) gözlenmiştir.



Şekil 4.5. Uçucu yağ bulunmayan (kontrol) besi yerleri üzerinde *Neoscytalidium dimidiatum*'un tipik sağlıklı misel gelişimi.



Şekil 4.6. (A-C) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan *Neoscytalidium dimidiatum* hiflerinin *Foeniculum vulgare* uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (6.0 µl/petri) maruz bırakıldıktan 3 gün sonra ortaya çıkan boğumlaşma ve küçük çıkıntılar şeklinde gözlenen morfolojik değişiklikler (ok). (D-F) *Lippia citriodora* uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (4.0 µl/petri) maruz bırakılmış hiflerde kıvrılma, koagülasyon, hiflerin uç kısımlarında görülen sitoplazmik boşalmalar (ok) şeklindeki şiddetli yapısal deformasyonlar.



Şekil 4.7. (A-D) PDA besi yeri üzerinde ön gelişmeye bırakılan *Neoscytalidium dimidiatum* hiflerinin *O. syriacum* uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (2.0 μ l/petri) maruz bırakıldıktan 3 gün sonra ortaya çıkan boğumlaşma ve sitoplazmik koagülasyon şeklinde gözlenen morfolojik değişiklikler (ok). (E-H) *Thymbra spicata* uçucu yağının fungisidal konsantrasyonuna (1.0 μ l/petri) maruz bırakılmış hifleri üzerinde yaptığı deformasyonlar, boğumlaşma, sitoplazmik koagülasyon ve hiflerde sitoplazmik boşalmalar (ok) şeklinde gözlenen morfolojik deformasyonlar.

Işık mikroskopunda elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar farklı bitki uçucu yağlar ile yapılan çalışmalarda da gözlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu ile yaptıkları gözlemlerinde kekik uçucu yağının buhar etkisinin *P. digitatum* hif ve konidi morfolojisini değişikliğe uğrattığı görülmüştür (Aras ve Usai, 2001). Origanum ve rezene uçucu yağlarının *S. sclerotiorum* etmeninin gerek hif gerekse sklerot yapısı üzerinde morfolojik değişiklikleri ışık ve elektron mikroskobu altında incelemiş, sonuçta hif üzerinde hifsel deformasyonlar, sitoplazmik koagülasyon ve içeriğin dışarı çıkması gibi benzer belirtilerin olduğunu bildirmişlerdir (Soylu ve ark., 2007). Benzer durum domateslerde sorun olan mildiyö etmeni *P. infestans* ile gri küf hastalık etmeni *Botrytis cinerea* miselleri üzerinde yapılan ışık ve taramalı elektron mikroskop çalışmalarında da bildirilmiştir (Soylu ve ark., 2006; Soylu ve ark., 2010). Perina ve ark. (2015) *Thymus vulgaris* uçucu yağı ve ana bileşeni thymol'ün *Alternaria alternata* hiflerinin hücre duvarı ve mebranının geçirgenliğinde neden olduğu etkinliklerden dolayı çalışmalarımızdaki bulgulara benzer hifler ve konidilerde şiddetli organel deformasyonları, hiflerde erimeler, sitoplazmik bozulmalara neden olduğunu bildirmiştir. Benzer etkinlikler *Thymus eriocalyx* ve *T. x-parlock* tarafından *Aspergillus niger* (Rasooli ve ark., 2006), kekik uçucu yağı tarafından *Geotrichum candida* (Liu ve ark., 2009) etmenlerinin miselleri üzerinde de kayıt edilmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, ülkemizde yetiştiriciliği yapılan domates bitkilerinde yeni bir hastalık etmeni olarak bildirilen *Neoscytalidium dimidiatum*'a karşı kimyasallara alternatif çevre dostu mücadele yöntemlerinden bitkisel kökenli antimikrobiyal etkinliği bilinen farklı tıbbi-aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağların yanısıra, farklı kimyasal yapıdaki isothiocyanate'ların [methyl (MITC), allyl (AITC), ethyl (EITC) ve phenyl ethyl (PEITC) isothiocyanate] antifungal etkinlikleri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır. Yapılan literatür araştırması sonucunda denemede kullanılan *Neoscytalidium dimidiatum* etmenine karşı yapılmış herhangi bir antifungal etkinlik çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu bağlamda, çalışma domates bitkisinden izole edilen fungal etmenlerine karşı alternatif mücadele olanaklarının araştırıldığı ilk çalışma niteliğindedir.

Çalışmada kullanılan ITC ve bitki uçucu yağların tamamı test edilen fungal etmen *Neoscytalidium dimidiatum*'un misel gelişimi üzerine uçucu yağ ve ITC bileşiklerinin dozların artışına bağlı olarak artan oranda antifungal etkinlik göstermiştir.

Uçucu yağlar arasında Lamiaceae familyasına dahil kekik türlerinin (*T. spicata*, *Origanum* spp.) yanısıra, *L. citridora* F. *vulgare* gibi farklı bitki türlerine ait uçucu yağlar denemede kullanılan defne ve ardıç uçucu yağlarına göre daha düşük dozlarda ve güçlü düzeyde antifungal etkinlik göstermiş olup, gösterilen etkinliğin tespit edilen MIC değerlerinde fungisidal olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar ana bileşenlerin antifungal etkinliği tek başlarına denenmiş olmasada, GC-MS analizleri sonucunda yüksek düzeyde etkinlik gösteren bitki uçucu yağlarında özellikle carvacrol, γ -terpinene, thymol, trans-anethole gibi phenol türevli bileşiklerin gösterilen antifungal etkinlikten sorumlu bileşenler olduğu daha önceden teyit edilen çalışmalarda da bildirilmiştir.

Farklı ITC bileşiklerin antifungal etkinlikleri fungal etmenin misel gelişimini engeleyen MIC (Çizelge 4.4) ve EC₅₀ değerleri açısından değerlendirildiğinde fungal etmenlere karşı en yüksek antifungal etkinlik, ITC bileşikleri arasında MITC tarafından gösterildiği, bunu sırasıyla AITC, EITC ve PEITC'in takip ettiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bitkisel kökenli uçucu yağlar ve ITC bileşiklerin domates bitkisinde ciddi kurumlara neden olan fungal hastalık etmenine karşı *in vitro* antifungal etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Güçlü antifungal etkinlik gösteren bitkisel kökenli bileşenlerin (MITC ile özellikle farklı kekik türlerinden elde edilen yağlar) uçucu etkinliği göz önüne

alındığında bitki uçucu yağların ve ITC bileşiklerinin hastalık etmenlerine karşı pestisitlere alternatif olabilecek çevre dostu preparat olarak hastalık yönetiminde kullanılabilecek mücadele aracı olabileceği değerlendirilmiştir. Bitkisel kökenli bileşiklerin sahip olduğu farklı etki mekanizmaları sayesinde antifungal etkinlik göstermesi, söz konusu mücadele şekline karşı hastalık etmenlerinin direnç geliştirmesinin oldukça zordur.

Bitki uçucu yağların uygulamaya aktarılması için bazı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu bitkilerden elde edilecek uçucu yağ ve ekstraktların doğal dengeye zarar vermemesi nedeniyle yapılacak preparat çalışmaları sonucunda geliştirilen formülasyonların zirai ilaçların ortamına kullanılabileceği kuvvetli ihtimaldir. Özellikle uçucu yağların suda çözünürlüğünü sağlayıp, damla sulama ile bitkilerin köklerine verilmesi ile toprak kökenli fungal hastalık etmenlerine karşı mücadelede kullanılabilir. Benzer şekilde özellikle solarizasyon çalışmalarında toprağa verilmesi ile gerek fitopatojen bakteriyel fungal etmenlere gerekse nematod ve yabancı ot tohumları üzerine olan etkinliği araştırılabilir.

Fungal etmene karşı güçlü *in vitro* antifungal etkinliğe sahip olduğu belirlenen ITC bileşiklerin ve uçucu yağların teksele ve/veya karışım halinde preparatları hastalık etmenine karşı tarla ve sera koşullarındaki etkinliklerinin araştırılması bu konuda yapılan çalışmaların geliştirilmesi üzerine ve geliştirilen preparatların hastalıklarla mücadelede kullanılması sonucunda tarımsal üretime katkıda bulunacağı açıkça görülmekte ve önem arz etmektedir. Hatay ili ve çevresinde olduğu kadar Ülkemizde antimikrobiyal etkinliğe sahip bitkilerin doğal olarak yetiştiği dikkate alınacak olursa, çalışmalarımıza benzer konulara yönelik araştırmaların artması muhtemeldir. Artan bilimsel çalışmalara paralel olarak çevre halkı tarafından doğadan bilinçsizce toplanan bu bitkilerin korunmaya alınması göz ardı edilmemesi gereken diğer önemli bir konudur. Bu bağlamda antimikrobiyal etkinliği yüksek olan bu türdeki bitkilerin doğrudan doğal ortamlarından toplanması yerine, bu türlerin özellikle tarımsal faaliyetlerinin yapılmasına engel yerlerde (özellikle dağlık, kıraç arazilerde) kültür bitkilerine alternatif olarak yetiştiriciliğinin teşvik edilmesi, gelecekte bu konu da yapılacak yeni çalışmalara temel teşkil etmesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Abdolahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Javadi, T., Meshkatalasadat, MH., 2010. Essential oils as control agents of postharvest *Alternaria* and *Penicillium* rots on tomato fruits. **Journal of Food Safety**, 30: 341-352
- Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M., 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 46: 1739-1745
- Adams, R., 2001. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Carol stream, IL: **Allured Publishing**. Carol stream, IL: **Allured Publishing**.
- Ajayi-Moses, OB., Ogidi, CO., Akinyele, BJ., 2019. Bioactivity of Citrus essential oils (CEOs) against microorganisms associated with spoilage of some fruits. **Chemical And Biological Technologies In Agriculture**, 6:22
- Aktan, Z.C., 2018. Badem Ağaçlarında Sorun Olan Toprak Kökenli Fungal Hastalık Etmenlerine Karşı Antagonist ve Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakterilerin *in vitro* Etkinliklerinin Belirlenmesi. **Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bitki Koruma Anabilim Dalı**.
- Alam, SB., Dib, ME., Djabou, N., Tabti, B., Benyelles, NG., Costa, J., Muselli, A., 2017. Essential oils as biocides for the control of fungal infections and devastating pest (*Tuta absoluta*) of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Chemistry & Biodiversity**, 14: e1700065
- Al-Tememe, ZAM., Lahuf, AA., Abdalmoohsin, RG., Al-Amirry, AT., 2019. Occurrence, identification, pathogenicity and control of *Neoscytalidium dimidiatum* fungus, the causal agent of sooty canker on *Eucalyptus camaldulensis* in Kerbela province of Iraq. **Plant Archives**, 19: 31-38
- Ammad, F., Moumen, O., Gasem, A., Othmane, S., Hisashi, KN., Zebib, B., Merah, O., 2018. The potency of lemon (*Citrus limon* L.) essential oil to control some fungal diseases of grapevine wood. **Comptes Rendus Biologies**, 341 :97-101
- Amri, I., Gargouri, S., Hamrouni, L., Hanana, M., Fezzani, T., Jamoussi, B., 2012. Chemical composition, phytotoxic and antifungal activities of *Pinus pinea* essential oil. **Journal Of Pest Science**, 85:199-207
- Anonymous, 2019. FAOSTAT, Word Production data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi 02.05.2021)
- Anonim, 2019. TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim Tarihi 02.07.2020)
- Arras, G., Usai, M., 2001. Fungitoxic activity of 12 essential oils against four postharvest citrus pathogens: chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect in subatmospheric pressure conditions. **Journal of Food Protection**, 64: 1025-1029

- Arslan, M., Derviş, S., 2010. Antifungal activity of essential oils against three vegetative-compatibility groups of *Verticillium dahliae*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 26: 1813-1821
- Askun, T., Tumen, G., Satil F., Kilic, T., 2008. Effects of some *Lamiaceae* species methanol extracts on potential mycotoxin producer fungi. **Pharmaceutical Biology**, 46: 688–694
- Atay, M., 2019. Kurutmalık biber (*Capsicum annum* L.) meyvelerinde mikotoksin oluşturan bazı fungal etmenlerin gelişimi üzerine bitki uçucu yağ, isothiocyanate ve antagonist bakteri izolatlarının *in vitro* koşullarda antifungal etkilerinin belirlenmesi. **Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bitki Koruma Anabilim Dalı.**
- Bakhshizadeh, M., Hashemian, HR., Najafzadeh, MJ., Dolatabadi, S., Zarrinfar, H., 2014. First report of rhinosinusitis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Iran. **Journal of Medical Microbiology**, 63: 1017–1019
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Waomar M., 2008. Biological effects of essential oils-A review. **Food Chemical Toxicology** 46: 446-475
- Balandrin, M., Klocke, J., Wurtele, ES., Bollinger, WH., 1985. Natural plant chemicals: sources of industrial and medicinal. **Science**, 228: 1154–1160
- Benjlal, B., Tantaoui-Eleraki, A., Ayadi, A., Ihlal, M., 1984. Method to study antimicrobial effects of essential oil: application to the antifungal activity of six Moroccan essences. **Journal of Food Protection**, 47:748-752
- Bisht, D., Pal, A., Chanotiya C.S., Mishra D., Pandey, K.N., 2011. Terpenoid composition and antifungal activity of three commercially important essential oils against *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*. **Natural Product Research**, 25: 1993-1998
- Bomfim, N.S., Nakassugi, L.P., Oliveira, JFP., Kohiyama, CY., Mossini, SAG., Grespan, R., Nerilo, SB., Mallmann, CA., Filho, BAA., Junior, MM., 2015. Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in *Fusarium verticillioides* (Sacc.). **Nirenberg Food Chemistry**, 166: 330–336
- Bomfim, ND., Kohiyama, CY., Nakasugi, LP., Nerilo, SB., Mossini, SAG., Romoli, JCZ., Mikcha, JMG., de Abreu, BA., Machinski, M., 2020. Antifungal and antiaflatoxigenic activity of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.) against *Aspergillus flavus*. **Food Additives And Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment**, 37:153-161
- Bouzouita, N., Kachouri, F., Hamdi, M., Chaabouni, MM., Ben Aissa, R., Zgoulli, S., Thonart, R., Carlier, A., Marlier, M., Lognay, GC., 2005. Volatile constituents and antimicrobial activity of *Lavandula stoechas* L. oil from Tunisia. **Journal of Essential Oil Research**, 17: 584-586
- Bozkurt., İ.A., Soylu, S., Kara, M., Soylu, EM., 2020. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils isolated from medicinal plants against gall

- forming plant pathogenic bacterial disease agents. **KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi**, 23: 1474-1482.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, 94, 223– 253
- Burton-Freeman, B., and Reimers K. 2011. Tomato Consumption and Health: Emerging Benefits. **American Journal of Lifestyle Medicine**, 5(2):182-191.
- Cavanagh, HMA., Wilkinson, JN., 2002. Biological activities of lavender essential oil. **Phytotherapy Research**, 16: 301-308
- Chang, HT., Cheng, YH., Wu, CL., Chang, ST., Chang, TT., Su, YC., 2008. Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* Florin leaf against plant pathogenic fungi. **Bioresource Technology**, 99:6266-6270
- Císarová, M., Tančinová, D., Medo, J., Kačániová, M., 2016. The in vitro effect of selected essential oils on the growth and mycotoxin production of *Aspergillus* species. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, 51(10), 668-674.
- Crous, P.W., Slippers, B., Wingfield, MJ., Rheeder, J., Marasas, WFO., Philips, AJL., Alves, A., Burgess, T., Barber, P., Groenewald, JZ., 2006. Phylogenetic lineages in the *Botryosphaeriaceae*. **Studies in Microbiology**, 55: 235–253
- Çolak, A., Biçici, M., 2011. Doğu Akdeniz Bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde *Fusarium oxysporum* spesiyal formlarının simptomatolojik ayrımı ile solgunluk ve kök- kök boğazı çürüklüğü hastalıklarının çıkış, şiddet ve yaygınlıklarının belirlenmesi. **Bitki Koruma Bülteni**, 51(4):331-345
- Daferera, DZ. 2000. GC-MS analysis of essential oils from Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, 48: 2576-2581
- da Silva, PPM., de Oliveira, J., Biazotto, AD., Parisi, MM., da Gloria, EM., Spoto, MHF., 2020. Essential oils from *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey and *Eucalyptus urograndis* W. Hill ex Maiden associated to carboxymethylcellulose coating for the control of *Botrytis cinerea* Pers. Fr. and *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. in strawberries **Industrial Crops And Products**, 156:112884
- da Silva RS., de Oliveira MMG., de Melo JO., Blank AF., Correa CB., Scher R., Fernandes RPM., 2019. Antimicrobial activity of *Lippia gracilis* essential oils on the plant pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and their effect on membrane integrity. **Pestic, Biochem, Phys.**, 160: 40-48
- da Silva, RT., Guimaraes, DA., Camargo, ZP., Rodrigues, AM., Maceira, JP., Bernardes-Engemann, AR., Orofino-Costa, R., 2016. *Cutaneous murine* model of infection caused by *Neoscytalidium dimidiatum*: a preliminary study of an emerging human pathogen. **Medical Mycology**, 54: 890–898
- De Lima, CB., Rentschler, LLA., Bueno, JT., Boaventura, AC. 2016. Plant extracts and essential oils on the control of *Alternaria alternata*, *Alternaria dauci* and on the germination and emergence of carrot seeds (*Daucus carota* L.). **Ciência Rural**, 46(5), 764-770

- Dervis, S., Turkolmez, S., Ciftci, O., Serce, CU., Dikilitas, M., 2019a. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing black canker and root rot of walnut in Turkey. **Plant Disease**, 103: 2129-2129
- Dervis, S., Turkolmez, S., Ciftci, O., Serce, CU., Dikilitas, M., 2019b. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing canker, shoot blight, and root rot of pistachio in Turkey. **Plant Disease**, 103: 1411-1411
- Dixon, G.R., 1984. **Vegetable Crop Disease**. Macmillan, London.
- Duran, İ., Özkaya, ÖH., 2016. Kumluca İlçesi Sera Alanlarında Toprak ve Yaprak Kökenli Fungal Hastalık Etmenlerinin Belirlenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 20(1): 111-122
- Dorais, M., Ehret, D. L., Papadopoulos, AP., 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. **Phytochemistry Reviews**, 7(2), 231
- Dwivedy, A. K., Kumar, M., Upadhyay, N., Prakash, B., Dubey, NK., 2016. Plant essential oils against food borne fungi and mycotoxins. **Current opinion in food science**, 11, 16-21.
- Elshafie, HS., Ghanney, N., Mang, SM., Ferchichi, A., Camele, I., 2016. An In Vitro Attempt for Controlling Severe Phytopathogens and Human Pathogens Using Essential Oils from Mediterranean Plants of Genus Schinus. **Journal Of Medicinal Food**, 19:266-273
- Eroğlu, A., Soran, H., 1992. The diseases determined in the tomatoes in Silivri and its surroundings. **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**, 1: 41-44
- Fajinmi, OO., Kulkarni, MG., Benicka, S., Zeljkovic, SC., Dolezal, K., Tarkowski, P., Finnie, JF., Van Staden, J., 2019, Antifungal activity of the volatiles of *Agathosma betulina* and *Coleonema album* commercial essential oil and their effect on the morphology of fungal strains *Trichophyton rubrum* and *T. mentagrophytes* South African **Journal Of Botany**, 122:492-497
- Faria, TD., Ferreira, RS., Yassumoto, L., de Souza, JRP., Ishikawa, NK., Barbosa, AD., 2006. Antifungal activity of essential oil isolated from *Ocimum gratissimum* L. (eugenol chemotype) against phytopathogenic fungi. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, 49:867-871
- Farr, DF., Rossman, AY., 2018. **Fungal databases**. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA URL. <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>, Erişim tarihi: 15 Ağustos 2019
- Feng, W., Chen, J., Zheng, X., Liu, Q., 2011. Thyme oil to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo* as fumigant and contact treatments. **Food Control**, 22, 78–81.
- Ghaffar, A., Yameen, M., Kiran, S., Kamal, S., Jalal, F., Munir, B., Saleem, S., Rafiq, N., Ahmad, A., Saba, I., Jabbar, A., 2015. Chemical Composition and *in vitro* evaluation of the antimicrobial and antioxidant activities of essential oils extracted from seven *Eucalyptus* species. **Molecules**, 20: 20487-20498

- Gill, TA ., Li, J., Saenger, M., Scofield, SR., 2016. Thymol-based submicron emulsions exhibit antifungal activity against *Fusarium graminearum* and inhibit *Fusarium* head blight in wheat. **Journal Of Applied Microbiology**, 121:1102-1116
- Hontanaya, CM., 2015. Inhibition of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 production by *Aspergillus parasiticus* in nuts using yellow and oriental mustard flours. **Food Control**, 47:154-160
- Hossain, F., Follett, P. Vu, KD., Harich, M., Salmieri, S. Lacroix, M., 2016. Evidence for synergistic activity of plant-derived essential oils against fungal pathogens of food. **Food Microbiology**, 53: 24-30
- Hussain, A.L., Anwar, F., Rasheed, S., Nigam, PS., Janneh, O., Sarker, SD., 2011. Composition, antioxidant and chemotherapeutic properties of the essential oils from two *Origanum* species growing in Pakistan. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, 21: 943-952
- Hu, Y., Zhang, J., Kong, W., Zhao, G., Yang, M., 2017. Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxigenic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* L.) on *Aspergillus flavus*. **Food Chemistry**, 220, 1-8
- Isman, BM., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, 19: 603–608
- Ji, SH., Kim, TK., Keum, YS., Chun, SC., 2018. The Major Postharvest Disease of Onion and Its Control with Thymol Fumigation During Low-Temperature Storage. **Mycobiology**, 46:242-253
- Johnson, S., Morris WR., Mandeeki, J., 2002. **Managing Sooty canker**. University of Nevada Cooperative Extension. Nevada, pp.1-8
- Jones, JB., Jones, JP., Stall, RE., Zitter, TA., 1991. **Compendium of Tomato Diseases**. APS Press, St. Paul, Minnesota. 73 pp.
- Jones, JDG., Dangl JL., 2006. The plant immune system. **Nature**, 444(16): 223-229
- Jovanka L., Ivana C., Goran T., Sava P., Slavica S., Tamara CG., Ljiljana K., 2011. *In vitro* antibacterial activity of essential oils from plant family *Lamiaceae*. **Romanian Biotechnology Letters**, 16(2): 6034-6041
- Kachur K., Suntres Z., 2019. The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. **Crit Rev Food Sci Nutr**, doi:10.1080/10408398.2019.1675585
- Kadri, A., Zarai, Z., Ben Chobba, I., Bekir, A., Gharsallah, N., Damak, M., Gdoura, R. 2011. Chemical constituents and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil cultivated from South-Western Tunisia. **Journal of Medicinal Plants Research**, 5: 5999-6004
- Kara, M., Soylu, S., Türkmen, M., Kaya, A. 2020. Determination of chemical compositions and antifungal activities of laurel and fennel essential oils against fungal disease agents of cypress seedlings. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 17: 264 - 275
- Kara, M., 2015. Turunçgillerde ekşi çürüklük hastalığı etmeni *Geotrichum citri-aurantii*' ye karşı isothiocynate bileşiklerinin antifungal etkileri üzerine bir araştırma.

Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bitki Koruma Anabilim Dalı.

- Kara, M., Soylu, EM. 2020. Assessment of glucosinolate-derived isothiocyanates as potential natural antifungal compounds against citrus sour rot disease agent *Geotrichum citri-aurantii*. **Journal of Phytopathology**, 168:279-289
- Kara, M., Soylu, S., Turkmen, M., Kaya, DA., 2020. Determination and antifungal activities of laurel and fennel essential oils against fungal disease agents of cypress seedlings. **Tekirdag Ziraat Fakultesi Dergisi**, 17:264-275
- Kaya, K., Sertkaya, E., Üremiş, İ., Soylu S., 2018. Determination of chemical composition and fumigant insecticidal activities of essential oils of some medicinal plants against the adults of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. **KSU J. Agric. Nat.**, 21: 708-714
- Khalil, R., Li, ZG., 2011. Antimicrobial activity of essential oil of *Salvia officinalis* L. collected in Syria. **African Journal of Biotechnology**, 10: 8397-8402
- Khan, MR., Suwanamornlert, P., Sangchote, S., Chonhenchob, V., 2020. Antifungal activity of propyl disulphide from neem against *Lasiodiplodia theobromae* and *Neofusicoccum parvum* causing stem end rot in mango. **Journal of Applied Microbiology**, 129: 1364-1373
- Khan, ZUD, Saeed, MA., 2002. Antibacterial potentials of some constituents of *Lavandula stoechas* L. **Pakistan Journal of Botany**, 34: 359-366
- Kıran, ÖF., Ertunç, F., 1998. Detection of the diseases of solanaceous plants in Van province. **Journal of Turkish Phytopathology**, 27: 105-111
- Koc, F., Kara, S. 2018. Environmental factors affecting efficacy of some essential oils and potassium sorbate to control growth of *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* on wheat and maize grains.
- Kocic-Tanackov, SD., 2012. The inhibitory effect of oregano extract on the growth of *Aspergillus* spp. and on sterigmatocystin biosynthesis. **LWT-Food Science and Technology**, 49: 14-20
- Koike, SG. 2007. **Vegetable Diseases. A Color Handbook**. Manson Publishing, London., 437 sayfa.,
- Kordali, S., Demirci, E., 1998. *Fusarium* species from various vegetables in Erzincan, Türkiye. **Journal of Turkish Phytopathology**, 27: 131-136
- Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M., Mete, E., 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. **Bioresource Technology**, 99: 8788–8795
- Köse, 2007. Turunçgillerde Hasat Sonrası Patojenlere Karşı Bazı Bitki Uçucu Yağlarının Antifungal Etkinliği. **Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim dalı**, 45 sayfa.
- Kurt, S., Gunes, U., Soylu EM., 2011. *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of synthetic pure isothiocyanates against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pest Management Science**, 67: 869-875

- Liu, X., Wang, LP., Li, YC., Li, HY., Yu, T., Zheng, XD., 2009. Antifungal activity of thyme oil against *Geotrichum citri-aurantii* *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Applied Microbiology**, 107:1450–1456
- Locke, JC., Larew, HG., Walter, JF., 1993. Efficacy of clarified neem seed oil against foliar fungal pathogens and greenhouse whiteflies. **American Chemical Society**, 21: 287-298
- López-Meneses, AK., Plascencia-Jatomea, M., Lizardi-Mendoza, J., Rosas-Burgos, EC., Luque-Alcaraz, AG., Cortez-Rocha, MO., 2015. Antifungal and antimycotoxigenic activity of essential oils from *Eucalyptus globulus*, *Thymus capitatus* and *Schinus molle*. **Food Sci. Technol, Campinas**, 35, 664-671
- Lopez-Reyes, JG., Spadaro, D., Prella, A., Garibaldi, A., Gullino, ML., 2013. Efficacy of Plant Essential Oils on Postharvest Control of Rots Caused by Fungi on Different Stone Fruits *In Vivo*. **Journal of Food Protection**. 76:631-639
- Lucas GC., Alves E., Pereira RB., Perina FJ., de Souza RM., 2012. Antibacterial activity of essential oils on *Xanthomonas vesicatoria* and control of bacterial spot in tomato. **Pesqui Agropecu Bras**, 47(39): 351-359
- Mamadaliyeva, NZ., Akramov, DK., Ovidi, E., Tiezzi, A., Nahar, L., Azimova, SS., Sarker, SD., 2017. Aromatic medicinal plants of the *Lamiaceae* family from Uzbekistan: Ethnopharmacology, essential oils composition, and biological activities. **Medicines**, (Basel) 4(1): 8
- Mathela, CS., Kumar, V., 2018. Antifungal Activities of Essential Oils from Himalayan Plants. **Natural Antimicrobial Agents**, 19:75-94
- Miladi, H., Slama, RB., Mili, D., Zouari, A., Bakhrouf, A., Ammar, E. 2013. Essential oil of *Thymus vulgaris* L. and *Rosmarinus officinalis* Gas chromatography-mass spectrometry analysis, cytotoxicity and antioxidant properties and antibacterial activities against foodborne pathogens. **Natural Science**, 5:729-739
- Minija, J. and Thoppil, J.E., 2002. Studies on essential oil composition and microbicidal activities of two South Indian spices of the Apiaceae. **International Journal of Aromatherapy**, 12: 213-215
- Mohamed, AA., Hefny, M., El-Shanhorey, NA., Ali, HM., 2020. Foliar Application of Bio-Stimulants Enhancing the Production and the Toxicity of *Origanum majorana* Essential Oils Against Four Rice Seed-Borne Fungi. **Molecules** 25:2363.
- Morcía, C., Malnati, M., Terzi, V., 2012. In vitro antifungal activity of terpinen-4-ol, eugenol, carvone, 1,8-cineole (eucalyptol) and thymol against mycotoxigenic plant pathogens. **Food Additives And Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment** , 29:415-422
- Mota, A. M. 2015. Antimicrobial activity and chemical composition of the essential oils of Portuguese *Foeniculum vulgare* fruits. **Natural Product**, 10: 673-67
- Murad, NY., Al-Dabagh, MN., 2014. Evaluation some of pesticides in control of *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz) Crous and Slippers causing wilt and canker on cypress trees in Iraq. **The Iraqi Journal of Agriculture Science**, 19(2): 25-38

- Mutlu, G., Üstüner, T., 2017. Elâzığ ili domates alanlarında fungal hastalıkların yaygınlığı ve şiddetinin saptanması. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi** 4(4): 416–425
- Nadarajah, D., Han, J.H. and Holley, R.A., 2005. Inactivation of *Escherichia coli* O157,H7 in packaged ground beef by allyl isothiocyanate. **International Journal of Food Microbiology**, 99: 269–279
- Nasir, M. U., Hussain, S., Jabbar, S., 2015. Tomato processing, lycopene and health benefits: A review. **Science letters**, 3(1), 1-5
- Nazareth, TM., Bordin, K., Manyes, L., Meca, G., Manes, J., and Luciano, FB., 2016. Gaseous allyl isothiocyanate to inhibit the production of aflatoxins, beauvericin, and enniatins by *Aspergillus parasiticus* and *Fusarium poae* in wheat flour. **Food Control**, 62: 317-321
- Nazareth, TM., Corrêa, JAF., Pinto, ACSM., Palma, JB., Meca, G., Bordin, K., Luciano, FB., 2018. Evaluation of gaseous allyl isothiocyanate against the growth of mycotoxigenic fungi and mycotoxin production in corn stored for 6 months. **Journal Science Food Agric**, 98: 5235-5241
- Nega, A., 2014. Review on concepts in biological control of plant pathogens. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, 4: 33-54
- Nguefacka, J., Tamguea, O., Dongmoa, JBL., Dakolea, C.D., Lethb, V., Vismere, HF., Zolloa, PHA., and Nkengfackd, AE., 2012. Synergistic action between fractions of essential oils from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*. **Food Control**, 23: 377-383
- Obianom, C., Sivakumar, D., 2018. The Major Postharvest Disease of Onion and Its Control with Thymol Fumigation During Low-Temperature Storage. **Journal Of Phytopathology**, 166:1-9
- Oh, SO., Kim, JA., Jeon, HS., Park, JC., Koh, YJ., Hur, H., Hur, JS., 2008. Antifungal activity of eucalyptus derived phenolics against postharvest pathogens of kiwifruits. **Plant Pathology Journal**, 24:322-327
- Oksal, E., Çelik Y., Özer, G., 2019. *Neoscytalidium dimidiatum* causes canker and dieback on grapevine in Turkey. **Journal of the Australasian Plant Pathology Society**, 14(1):1-3
- Otoni, B.C.G., Soares, N.F.F., da Silva, W.A., Medeiros, E.A.A. and Junior, J.C.B., 2014. Use of allyl isothiocyanate-containing sachets to reduce *Aspergillus flavus* sporulation in peanuts. **Packaging Technology and Science**, 27: 549–558
- Ozan, S., Maden, S., 2004. Ankara ili domates ekiliş alanlarında solgunluk ve kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan fungal hastalık etmenleri. **Bitki Koruma Bülteni**, 44(1-4):105-120
- Ozan, S., Aşkın, A., 2006. Orta Anadolu Bölgesi örtüaltı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar üzerine çalışmalar. **Bitki Koruma Bülteni**, 46(1-4): 65-75.
- Paulitz, C.P., Belanger, RR., 2001. Biological control in greenhouse. **Annual Review of Phytopathology**, 39: 103-133

- Pedrotti, C., Marcon, AR., Delamare, APL., Echeverrigaray, S., Ribeiro, RTD., Schwambach, J., 2019. Alternative control of grape rots by essential oils of two *Eucalyptus* species. **Journal of The Science Of Food And Agriculture**, 99:6552-6561
- Perina, FJ., Amaral, DC., Fernandes, RS., Labory, CRG., Teixeira, GA., Alves, E., (2015) Thymus vulgaris essential oil and thymol against *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler: effects on growth, viability, early infection and cellular mode of action. **Pest Management Science**, 71:1371-1378
- Punithalingam, E., Waterston, J.M., 1970. *Hendersonula toruloidea*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, No. 274. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
- Raiola, A., Rigano, M. M., Calafiore, R., Frusciante, L., Barone, A., 2014. Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food. **Mediators of inflammation**, 2014.
- Rasooli, I., Rezaei, M., Allameh. A., 2006. Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* x and *T. x-porlock*. **Food Control**, 17:359–364
- Regnier, T., du Plooy, W., Combrinck, S., Botha, B., (2008). Fungitoxicity of *Lippia scaberrima* essential oil and selected terpenoid components on two mango postharvest spoilage pathogens. **Postharvest Biology And Technology**, 48:254-258
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Quispe, C., Llaïque, H., Villalobos, M., Smeriglio, A., Trombetta, D., Ezzat, SM., Salem, MA., Zayed, A., Castillo, CMS., Yazdi, SE., Sen, S., Acharya, K., Sharopov, F., Martins, N., (2019) Insights into *Eucalyptus* genus chemical constituents, biological activities and health-promoting effects. **Trends In Food Science & Technology**, 91:609-624
- Santos, S. M., 2010. Quality of maize grains treated with allyl isothiocyanate stored in hermetic bags. **Journal of Stored Products Research**, 46: 111-117
- Sarkhosh, A., Schaffer, B., Vargas, AI., Palmateer, AJ., Lopez, P., Soleymani, A., 2018. *In vitro* evaluation of eight plant essential oils for controlling *Colletotrichum*, *Botryosphaeria*, *Fusarium* and *Phytophthora* Fruit Rots of Avocado, Mango and Papaya. **Plant Protection Science**, 54:153-162
- Scariot, FJ., Foresti, L., Delamare, APL., Echeverrigaray, APLS., 2020. Activity of monoterpenoids on the in vitro growth of two *Colletotrichum* species and the mode of action on *C. acutatum* **Pesticide Biochemistry And Physiology** , 170:104698
- Shin, J. H., 2010. Active packaging of fresh chicken breast, with allyl isothiocyanate (AITC) in combination with modified atmosphere packaging (MAP) to control the growth of pathogens. **Journal of Food Science**, 75: 65–71
- Shahi, S.K., Patra, M., Shukla, A.C., and Dikshit, A. 2003. Use of essential oil as botanical-pesticide against post-harvest spoilage in *Malus pumilo* fruits. **Biocontrol**, 48: 223-232

- Singh, G., Maurya, S., De Lampasona, M. P., Catalan,, C. 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. **Food control**, 17(9): 745-752
- Silva, RR., da Silva, AC., Rodella, RA., Marques, MOM., Zanuncio, AJV., Soares, MA., Serrao, JE., Zanuncio, JC., Furtado, EL., 2020. Limonene, a Chemical Compound Related to the Resistance of Eucalyptus Species to *Austropuccinia psidii*. **Plant Disease**,104:414-422
- Smith, I.M., Dunez, J., Lelliott, R.A., Phillips, P.H., Archer, S.A., 1988. **European handbook of plant disease**, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 583 pp.
- Suwannarach, N., Kumla, J., Bussaban, B., Nuangmek, W., Matsui, K., Lumyong, S., 2013. Biofumigation with the endophytic fungus *Nodulisporium* spp. CMU-UPE34 to control postharvest decay of citrus fruit. **Crop Protection**, 45:63-70
- Suleiman, WB., El Bous, MM., El Said, M., El Baz, H., 2019. In vitro Evaluation of *Syzygium aromaticum* L. Ethanol Extract as Biocontrol Agent against Postharvest Tomato and Potato Diseases Egyptian. **Journal Of Botany**, 59:81-94
- Sokovic, M., Glamoclija, J., Marin, P.D., Brkic, D., van Griensven, LJLD., 2010. Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an *in vitro* model. **Molecules**, 15: 7532-7546
- Sokolic-Mihalak, D., Frece, J., Slavica, A., Delas, F., Pavlovic, H. and Markov, K., 2012. The effects of wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) essential oil components against ochratoxin-producing *Aspergilli*. **Arhiv za Higijenu Rada Toksikologiju**, 63: 457-462
- Soylu, S., Soylu, E.M., Kurt, Ş., and Ekici, Ö.K. 2005. Antagonistic potentials of rhizosphere-associated bacterial isolates against soil-borne diseases of tomato and pepper caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani*. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 8: 43-48
- Soylu, E.M., Soylu, S., and Kurt, Ş. 2006. Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*. **Mycopathologia**, 161: 119-128
- Soylu, S., Yigitbas, H., Soylu, E.M. and Kurt, Ş. 2007. Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia Sclerotiorum*. **Journal of Applied Microbiology**,103:1021-1030
- Soylu, E.M., Kurt, S., Soylu, S., 2010. *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. **International Journal of Food Microbiology**, 143: 183-189
- Tabanca, N., Ozek, T., Baser, K.H.C., and Tumen, G., 2004. Comparison of the essential oils of *Origanum majorana* L. and *Origanum x majoricum* Cambess. **Journal of Essential Oil Research**, 16: 248-252
- Tracz, B.L., Bordin, K., Nazareth, T.M., Costa, L.B., Macedo, R.E.F., Meca, G. and Luciano, F.B. 2017. Assessment of allyl isothiocyanate as a fumigant to avoid mycotoxin production during corn storage. **LWT- Food Science and Technology**, 75: 692-696

- Troncoso, R., Espinoza, C., Sánchez-Estrada, A., Tiznado, M.E. and García, H.S., 2005. Analysis of the isothiocyanates present in cabbage leaves extract and their potential application to control *Alternaria* rot in bell peppers. **Food Research International**, 38: 701–708
- Tyagi, A.K. and Malik, A., 2011. Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globules* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. **Food Chemistry**, 126: 228–235
- Tunç, S., C. B., 2007. Combined effect of volatile antimicrobial agents on the growth of *Penicillium notatum*. **International Journal of Food Microbiology**, 113: 263–270.
- Tuncer, G., and Erdiller, G. 1990. The identification of *Rhizoctonia solani* Kuhn anastomosis groups isolated from potato and some other crops in Central Anatolia. **Journal of Turkish Phytopathology**, 19: 89–93
- Turkolmez, S, Dervis, S, Ciftci, O, Serce, CU, Turkolmez, CG, Dikilitas, M, 2019a. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing dieback, shoot blight, and branch canker of willow trees in Turkey. **Plant Disease**, 103: 2139–2139
- Turkolmez, S., Dervis, S., Ciftci, O., Serce, C.U., Dikilitas, M. 2019b. New disease caused by *Neoscytalidium dimidiatum* devastates tomatoes (*Solanum lycopersicum*) in Turkey. **Crop Protection**, 118: 21–30
- Turkolmez, S., Soylu, EM, 2014. Antifungal Efficacies of Plant Essential Oils and Main Constituents Against Soil-Borne Fungal Disease Agents of Bean. **Journal Of Essential Oil Bearing Plants**, 17:203–211
- Vairinhos, J., Miguel, MG., 2020. Essential oils of spontaneous species of the genus *Lavandula* from Portugal: a brief review. *Zeitschrift Fur Naturforschung Section C-A Journal Of Biosciences*, 75:233–245
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez., JA. 2008. Antifungal activities of thyme, clove and oregano essential oils. **Journal of Food Safety**, 27: 91–101
- Vilela, GR., de Almeida, GS., D'arce, MABR., Moraes, MHD., Brito, J. O., da Silva, MFDG., da Gloria, EM., 2009. Activity of essential oil and its major compound, 1, 8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. **Journal of Stored Products Research**, 45(2), 108–111
- Von Arx, J.A., 1987. **Plant Pathogenic Fungi**. J. Cramer, Berlin.
- Wang, W., Li, N., Luo, M., Zu, Y.G., Efferth, T., 2012. Antibacterial activity and anticancer activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to that of its main components. **Molecules**, 17: 2704–2713
- Yanar, Y., Sırma, M., Kadioğlu, İ., 2002. Tokat yöresinde domates üretim alanlarında sorun olan fungal etmenlerin belirlenmesi. *GOU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19:5–8.
- Yıldız, A., and Döken, M. T., 2002. Anastomosis group determination of *Rhizoctonia solani* Kuhn (Teleomorph: *Thanatephorus cucumeris*) isolates from tomatoes grown in Aydin, Turkey and their disease reaction on various tomato cultivars. **Journal of Phytopathology**, 150: 526–528

- Yıldız, F., Yıldız, M., Delen, N., Coskuntuna, A., Kinay, P., and Türküsay, H. 2007. The effects of biological and chemical treatment on gray mold disease in tomatoes grown under greenhouse conditions. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 31: 319-325
- Yılmaz, A., Ermis, E., Boyraz, N., 2016. Investigation of *in vitro* and *in vivo* anti-fungal activities of different plant essential oils against postharvest apple rot diseases - *Colletotrichum gloeosporioides*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. **Journal of Food Safety and Food Quality**, 67:122-131
- Yong A.L., Ooh K.F., Ong H.C., Chai T.T., Wong F.C. 2015. Investigation of antibacterial mechanism and identification of bacterial protein targets mediated by antibacterial medicinal plant extracts. **Food Chem** 186: 32-36
- Yücel, S., 1994. Akdeniz bölgesi örtü altı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar. **Bitki Koruma Bülteni**, 34: 23-34
- Weisany, W., Amini, J., Samadi, S., Hossaini, S., Yousefi, S., Struik, P.C., 2019. Nano silver-encapsulation of *Thymus daenensis* and *Anethum graveolens* essential oils enhances antifungal potential against strawberry anthracnose. **Industrial Crops And**, 141:111808
- Zhang, ZL., Xie, YJ., Hu X., Shi, HA., Wei, M., Lin, ZF. 2018. Antifungal activity of monoterpenes against *Botryosphaeria dothidea*. **Natural product communications**, 13:1721-174
- Zhou, D., Wang, Z., Li, M., Xing, M., Xian, T., Tu, K., 2018. *Carvacrol* and *eugenol* effectively inhibit *Rhizopus stolonifer* and control postharvest soft rot decay in peaches. **Journal Of Applied Microbiology**, 124:166-178